

ORGÁNULOS CELULARES

- 
1. Ribosomas
 2. Proteosoma
 3. Retículo endoplasmático
 - 3.1. Retículo endoplasmático rugoso
 - 3.2. Retículo endoplasmático liso
 4. Aparato de Golgi
 5. Lisosomas
 6. Peroxisomas
 7. Vacúolos
 8. Mitocondrias
 9. Plastos
 10. Teoría da endosimbiose
- Cuestionario de repaso

1. RIBOSOMAS

Son orgánulos non membranosos, só observables ao microscopio electrónico. Están formados a partes iguais por ARNr e proteínas; son, por tanto, ribonucleoproteínas.

LOCALIZACIÓN

- Libres no citosol, illados ou unidos entre si mediante un fragmento de ARNm, formando polisomas ou polirribosomas.
- Adheridos á cara externa da membrana do RER ou á cara citoplasmática da membrana nuclear externa.
- Libres na matriz de mitocondrias (mitorribosomas) e cloroplastos (plastorribosomas), con características similares aos ribosomas de procariotas.

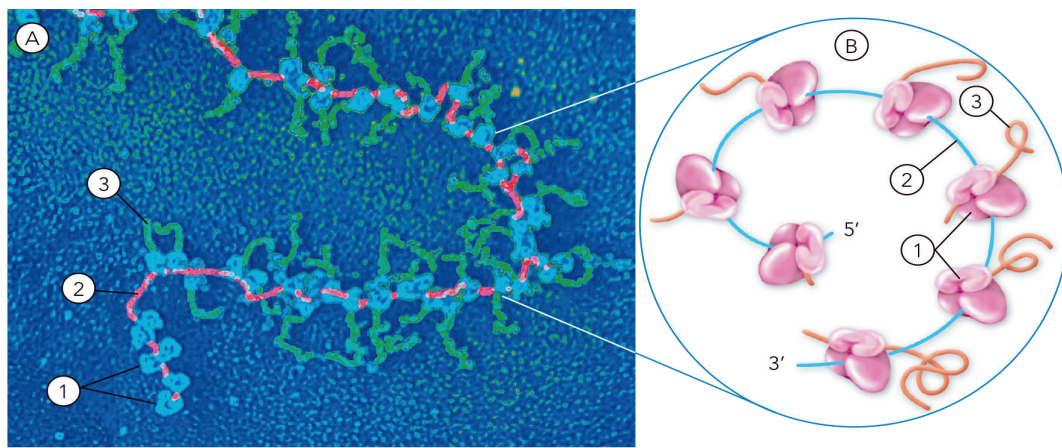


Figura 1. Os polirribosomas son estruturas macromoleculares non recubertas por membrana, formadas por un ARNm (2) unido a varios ribosomas (1) que levan a cabo a tradución proteica de forma simultánea. As cadeas polipeptídicas (3) que sobresaen dos ribosomas son tanto máis longas canto máis próximo se atope o ribosoma ó extremo 3' do ARNm. Estas estruturas poden observarse co MET como estruturas alongadas das que saen perpendicularmente segmentos de distintas lonxitudes en orde crecente dende un extremo cara o outro.

ESTRUTURA

Son corpúsculos esféricos constituídos por dúas subunidades: unha maior e outra menor, que se disocian reversiblemente despois da síntese proteica.

Os ribosomas das células eucariotas son de maior tamaño que os das células procariotas.

Ribosoma	Procariotas		Eucariotas	
	 70 S $2,52 \times 10^6$ D		 80 S $4,22 \times 10^6$ D	
Subunidades	 30 S $(0,93 \times 10^6$ D)	 50 S $(1,59 \times 10^6$ D)	 40 S $(1,40 \times 10^6$ D)	 60 S $(2,82 \times 10^6$ D)
ARNr	16 S	23 S, 5 S	18 S	28 S, 5,8 S, 5 S
Proteínas	21	31	33	49

BIOXÉNESE

Nas células procariotas, tanto a síntese dos seus compoñentes como a ensamblaxe das subunidades teñen lugar no citosol.

Nas células eucariotas, as dúas subunidades fórmanse no nucléolo, onde se unen os seus dous compoñentes, ARNr e proteínas que proceden do citoplasma. Estas son posteriormente exportadas do núcleo ao citosol e alí asocíaranse para a tradución.

No caso dos mitorribosomas e plastorribosomas, algúns dos seus compoñentes, como o ARN ribosómico e a maior parte das proteínas ribosómicas, sintetízanse no interior doutros orgánulos celulares e son transportados ata as mitocondrias ou os cloroplastos, onde se producirá a súa ensamblaxe.

FUNCIÓN

Os ribosomas encárganse da síntese de proteínas. Os ribosomas únense a un punto do ARNm e vanse desprazando ao longo del, así vaise traducindo a secuencia de nucleótidos que posúe o ARNm á secuencia de aminoácidos da proteína. Unha vez acabada a síntese da proteína, as dúas subunidades sepáranse.

2. PROTEOSOMAS

Son complexos moleculares formados por múltiples subunidades proteicas cuxa función é degradar proteínas defectuosas ou de vida curta. Os proteosomas das células eucariotas están formados por un cilindro central oco constituído por proteases conformando unha cámara proteolítica. Nos extremos hai dous complexos proteicos cuxa función é recoñecer os sinais que marcan as proteínas que deben ser degradadas e pasalas ó interior da cámara proteolítica, onde son destruídas.

Estes orgánulos son esenciais para a célula, pois a acumulación de proteínas defectuosas provocaría un mal funcionamento da célula que podería desencadear na morte da mesma.

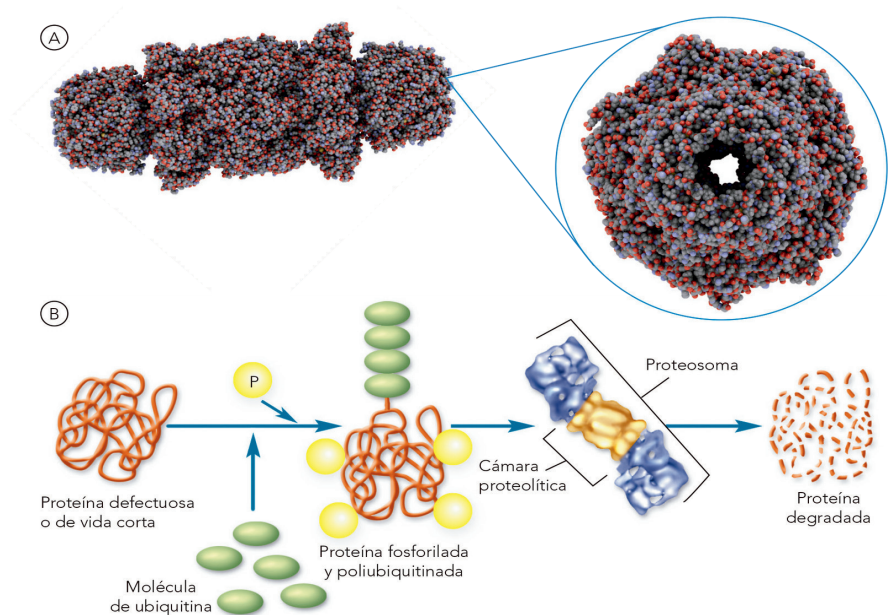


Figura 2. (A) Estrutura do proteosoma. (B) As proteínas que deben eliminarse levan sinais (normalmente fosforilacións dos aminoácidos de arxinina) que son recoñecidas por un sistema encimático que as une a ubiquitina. Estas proteínas son recoñecidas polos complexos proteicos dos extremos dos proteasomas e internalizadas na cámara proteolítica para a súa degradación. O deterioro desta maquinaria proteolítica está vinculado ó envellecemento celular e a múltiples patoloxías como algunhas enfermidades neurodegenerativas, enfermidades autoinmunes e inflamatorias e incluso con algúns tipos de cancro.

3. INCLUSIÓNS CITOPLASMÁTICAS

Son substancias inertes de natureza hidrofóbica, en ocasións cristalizadas, que aparecen tanto en células eucariotas animais como vexetais.

As inclusións cristalinas obsérvanse co microscopio óptico con formas xeométricas situados en calquera compartimento celular. En moitas ocasións están formadas por depósitos proteicos, pero tamén poden estar constituídas por sales cristalizados.

As inclusións hidrofóbicas son, normalmente, produtos sintetizados polas células. Nas eucariotas vexetais adoitan localizarse no seo dos vaocúolos ou dispersas polo citoplasma. Os grans de amidón son os máis abundantes en células parenquimáticas de reserva; as gotas de graxa están presentes nas sementes; os aceites esenciais sitúanse no pericarpo dalgúns froitos como a laranxa; etc. Nas eucariotas animais as máis destacables son o glicóxeno, moi abundante nos hepatocitos e nas fibras musculares; os triglicéridos, que se almacenan como gotiñas individuais nos adipocitos; e os pigmentos de diversa natureza (melanina na pel, lipofucsina nas células nerviosas e cardíacas envellecidas, etc.).

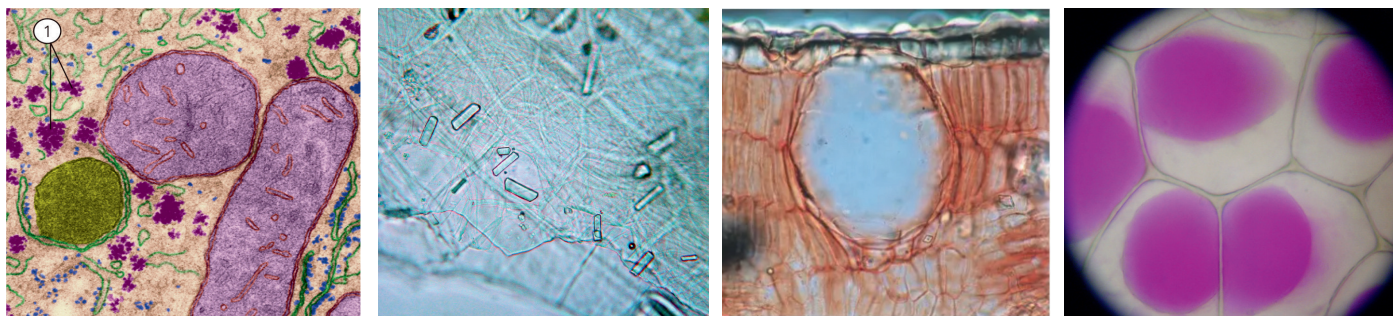


Figura 3. De esquerda a dereita: inclusión de glicóxeno (1) nun hepatocito; cristais de oxalato de calcio na pel externa endurecida da cebola; inclusión de aceite esencial nunha folla de romeu; inclusións de pigmento en células do pétalo dunha flor.

4. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

O retículo endoplasmático é un sistema membranoso que se estende por todo o citoplasma e que se acha en comunicación coa membrana nuclear externa e coa membrana plasmática.

A membrana do RE forma cisternas ou sáculos aplanados e túbulos sinuosos que definen un único espazo interno, denominado lumen do RE. A estrutura da membrana do RE é similar á da membrana plasmática, aínda que é máis delgada e presenta unha menor proporción de lípidos e unha maior proporción de encimas e proteínas estruturais.

Existen dúas clases de RE: retículo endoplasmático rugoso (RER) e retículo endoplasmático liso (REL).

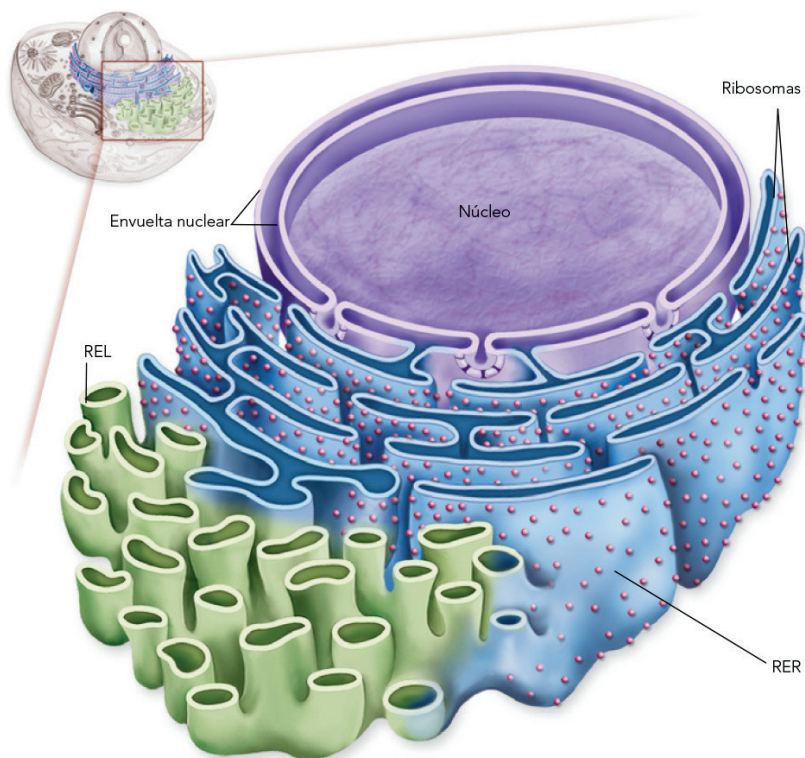


Figura 4. Tipos de retículo endoplasmático. O RE rugoso, máis próximo ó núcleo, leva ribosomas adheridos, mentres que o RE liso, situado a continuación do anterior, non os leva.

4.1. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO RUGOSO

ESTRUTURA

Denomínase así porque leva adheridos ribosomas na cara citosólica das súas membranas. Está constituído por sáculos aplanados ou cisternas e vesículas. Atópase comunicado co REL e a membrana externa da envoltura nuclear.

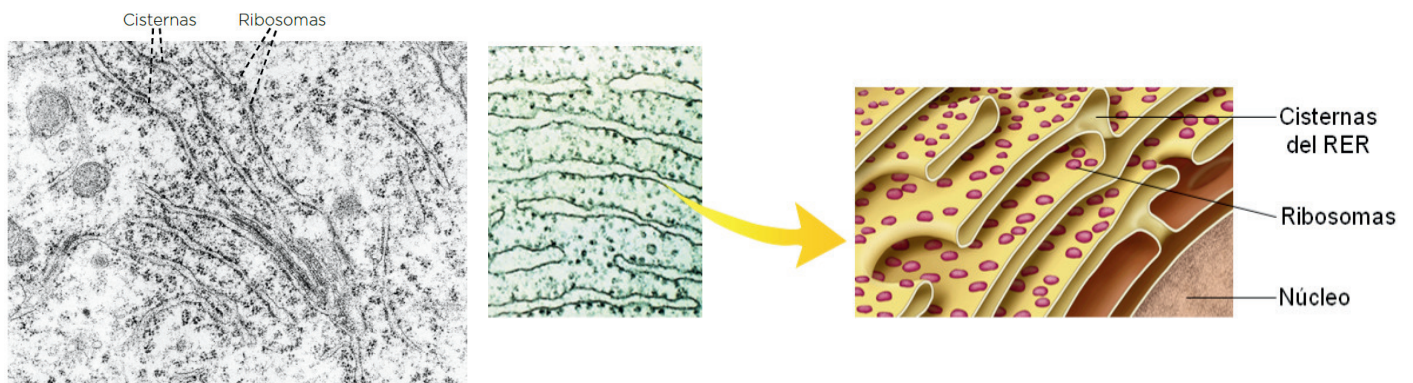


Figura 5. Co MET o RER obsérvase como unha serie de sacos aplanados paralelos cuxas membranas están rodeadas de gránulos que son os ribosomas adheridos.

FUNCIONES

- Síntese de proteínas. Isto realízase mediante os ribosomas adheridos á súa membrana. As proteínas sintetizadas poden quedar ancoradas na membrana do RE, como proteínas transmembrana, ou pasar ao lumen intermembranoso para ser exportadas a outros orgánulos ou ao exterior celular.

- Glicosilación das proteínas. As proteínas, antes de ser transportadas a outros orgánulos citoplasmáticos, á membrana plasmática ou ao exterior da célula, deben ser glicosiladas para converterse en glicoproteínas. Este proceso iníciase no RER e complétase no interior do aparato de Golgi.

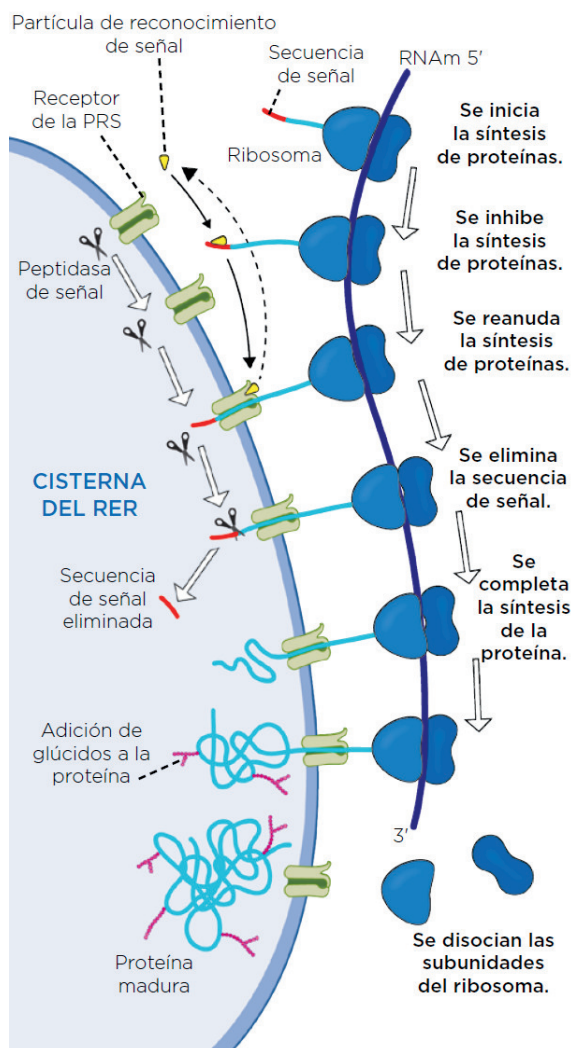


Figura 6. As proteínas que se sintetizan no RER inician o proceso de tradución no citosol, en ribosomas libres. O primeiro que se sintetiza nelas é un pequeno péptido sinal que é recoñecido por unha partícula citosólica que conduce ó ARNm, o ribosoma e a proteína en formación cara unhas canles proteicas situadas na membrana citosólica do RER. Estas canles están normalmente pechadas, ata que o ribosoma se sitúa sobre elas; neste momento, ábrese e a proteína en formación entra cara a luz do retículo. Unha vez dentro, o péptido sinal é eliminado. Unha vez finalizada a síntese, a proteína queda no interior do RER e o ribosoma libérase e volve ó citosol, á vez que se pechan de novo as canles.

4.2 RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO LISO

ESTRUTURA

Constituído por unha rede de túbulos unidos ao RER, pero sen levar adheridos ribosomas.

FUNCIÓNS

- Síntese da maioría dos lípidos celulares (fosfolípidos, colesterol, ácidos biliares, hormonas esteroideas, etc.), que almacena e transporta. Esta síntese ten lugar na cara citoplasmática da súa membrana a partires dos ácidos graxos que proceden do citosol.
- Detoxificación, a través de encimas localizadas nas súas membranas e que son capaces de inactivar toxinas liposolubles procedentes do exterior (medicamentos, etanol, insecticidas, herbicidas, conservantes, etc.) e formar substancias hidrosolubles gracias á actividade de encimas detoxificantes ubicadas nas súas membranas.

- Regulación dos niveis de intracelulares de ións Ca^{2+} gracias á existencia de bombas e canles de calcio que facilitan a súa captación desde o citosol ou a súa liberación, respectivamente, en resposta a diferentes estímulos. Os niveis intracelulares de calcio regulan procesos como a secreción de substancias, a proliferación celular ou a contracción muscular, polo que resulta moi abundante nas células dos músculos estriados, onde recibe o nome de retículo sarcoplasmático.
- Intervén no metabolismo dos minerais e na produción de pigmentos.
- Participa na degradación de glicóxeno que ten lugar nos hepatocitos.

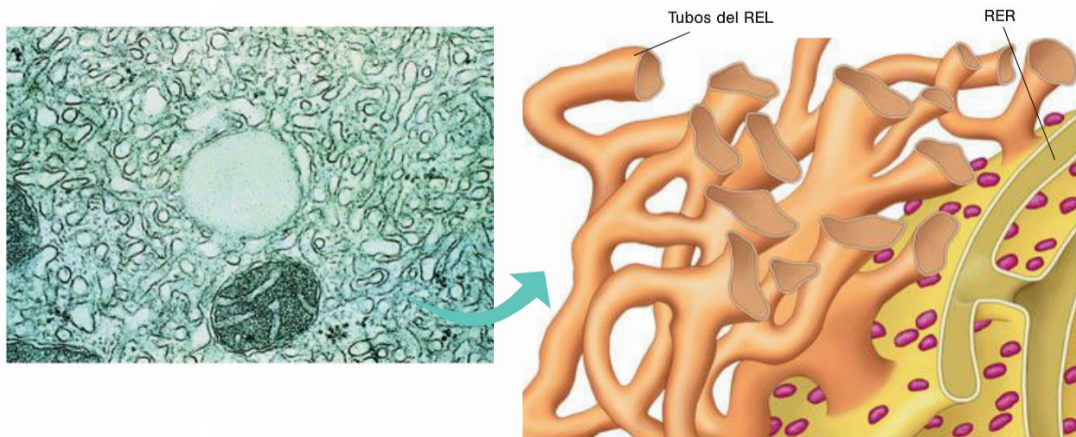


Figura 7. Retículo endoplasmático liso visto co MET (esquerda) e a súa representación esquemática (dereita). Debido á súa función detoxificadora está especialmente desenvolvido nos hepatocitos do fígado. Ás veces estas reaccións de detoxificación poden ter efectos nocivos; é o caso do benzopireno, un composto pouco nocivo que se forma ó brasear alimentos como a carne, e que se converte nun potente canceríxeno por acción das encimas detoxificantes.

5. APARATO DE GOLGI

O aparato de Golgi está formado por un ou varios DICTIOSOMAS (agrupación en paralelo de 4 a 8 sáculos discoidais denominados cisternas), acompañados dunha serie de vesículas que se dispoñen a ámbolos dous lados e entre os sáculos.

Atópase en tódalas células eucariotas. Nas células animais, localízase próximo ao núcleo rodeando aos centríolos, xenerando un tránsito de vesículas moi dirixido. Porén, nas células vexetais ten una localización máis dispersa no citoplasma e o tránsito de vesículas é máis deslocalizado.

ESTRUTURA

O aparato de Golgi está estrutural e fisiolóxicamente polarizado, xa que o dictiosoma presenta dous extremos diferentes:

- Unha cara cis ou de formación, próxima ao RER, xeralmente convexa, constituída por sáculos de menor diámetro e de membrana máis fina.

- Unha cara trans ou de maduración, próxima á membrana citoplasmática, xeralmente cóncava, e caracterizada por presentar cisternas de gran tamaño, de membrana grosa e aspecto reticular.

A cara cis ou de formación recibe vesículas (vesículas de transición) procedentes da envoltura nuclear e do RE, que alimentan ao aparato de Golgi. O contido molecular do dictiosoma vai avanzando cara á cara trans ou de maduración. Esta progresión realízase de cisterna a cisterna, mediante pequenas vesículas (vesículas intercisternas) que, unha vez que chegan á cara trans, concentran as substancias no interior dunhas vesículas moito maiores que as anteriores (vesículas de secreción) que liberan o seu contido no interior ou no exterior da célula.

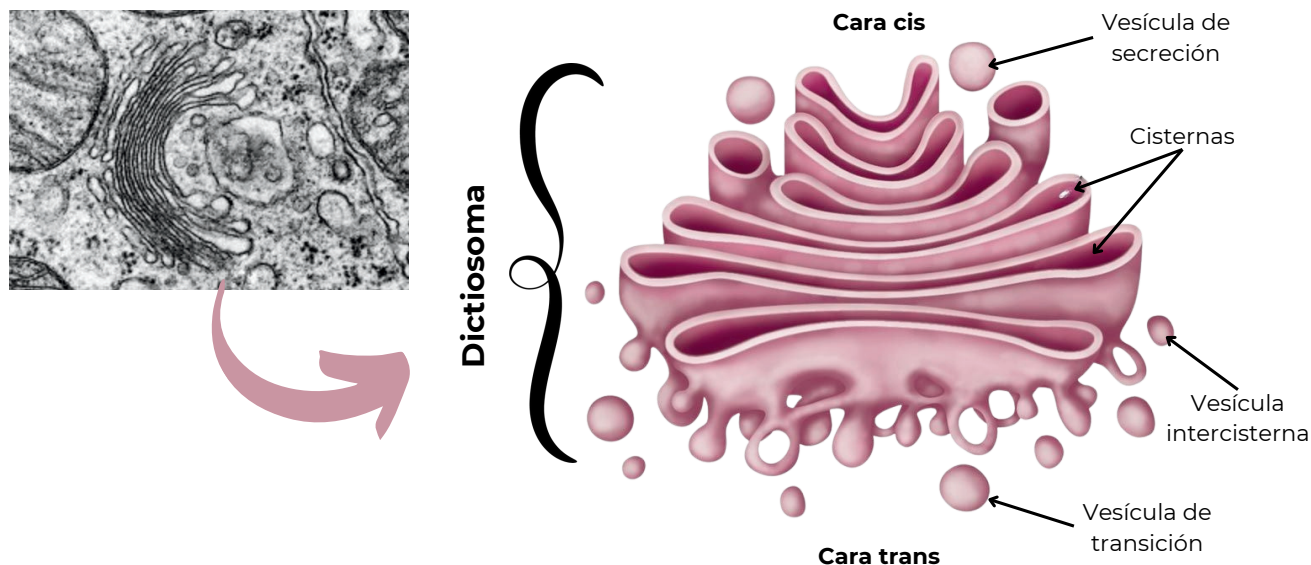


Figura 8. Aparato de Golgi visto co MET (esquerda) xunto á súa representación esquemática (dereita)

FUNCIÓNS

- Intervén nos procesos de secreción. As proteínas destinadas a ser excretadas ao exterior sintetízanse no RER e son transferidas ao aparato de Golgi, onde son modificadas, acumuladas e posteriormente empaquetadas en vesículas de secreción. Ditas vesículas fusiónanse coa membrana plasmática e verten o seu contido ao exterior por exocitose.
- Glicosilación de lípidos e proteínas, mediante a unión a estes de cadeas de oligosacáridos, dando lugar a glicoproteínas ou glicolípidos de membrana, ou de secreción.
- Síntese de proteoglicanos (mucopolisacáridos), que son parte esencial da matriz extracelular, e de glúcidos constitutivos da parede celular vexetal (pectina, hemicelulosa e celulosa).
- Reciclaxe de membranas. As vesículas de secreción únense á membrana plasmática, descargando o seu contido por exocitose. As membranas das vesículas fusiónanse coa membrana plasmática contribuíndo así á súa rexeneración e a aumentar a superficie celular (tamén das membranas dos orgánulos).
- Forma lisosomas a partir de vesículas que xorden da rede do trans Golgi.
- Nalgunhas especies forma o acrosoma dos espermatozoides, que se orixina pola unión de vesículas de secreción.

6. LISOSOMAS

Os lisosomas son vesículas procedentes do aparato de Golgi que conteñen encimas dixestivas chamadas hidrolases ácidas. Estas fórmanse no RER, pasan ao aparato de Golgi onde se activan e se concentran, e acumúlanse no interior dos lisosomas.

ESTRUTURA

Posúen unha membrana sinxela recuberta internamente por unha grosa capa de glicoproteínas que impiden a destrución da propia membrana por acción das encimas que conteñen.

FUNCIÓN

A función dos lisosomas é intervir na dixestión intracelular ou extracelular de macromoléculas.

Poden ser de tres tipos:

- Lisosomas primarios: son os lisosomas recentemente formados, polo que só conteñen no seu interior encimas dixestivas.
- Lisosomas secundarios: son os que se uniron a unha vesícula que contén materia orgánica. Dependendo da orixe da materia orgánica distinguimos:
 - Vacúolos dixestivos heterofáxicos, fagolisosomas ou heterolisosomas: proceden da fusión dun lisosoma primario con material esóxeno fagocitado (fagosoma). A heterofaxia intervéen en procesos tales como a nutrición e a defensa contra agresións patóxenas.
 - Vacúolos dixestivos autofáxicos ou autolisosomas: proceden da fusión dun lisosoma primario con autofagosomas, é dicir, vesículas que rodean materiais endóxenos. Este proceso, coñecido como autofaxia, desempeña un papel importante na vida da célula, xa que destrúe zonas danadas ou innecesarias, intervéen nos procesos de desenvolvemento e asegura a nutrición en condicións desfavorables (por exemplo, deste xeito degrádase o exceso de moléculas producidas pola célula).

Nalgunhas células, como as das glándulas dixestivas dos animais, os lisosomas verten o seu contido ao exterior celular para dixerir moléculas que se atopan nese medio externo mediante un proceso de dixestión extracelular.

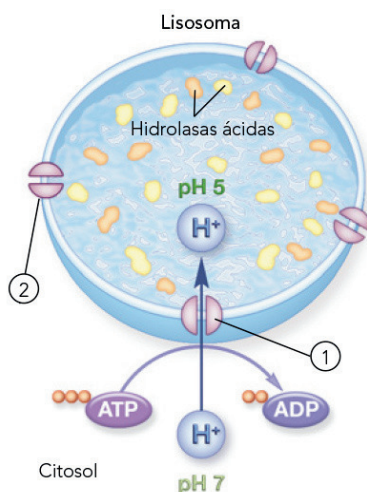


Figura 9. Os lisosomas manteñen o seu interior cun pH ácido gracias á presenza dunha bomba na súa membrana que introduce H^+ en contra de gradiente electroquímico. As encimas dixestivas sintetízanse en ribosomas do RER pero permanecen inactivas ata que se atopan no medio ácido do interior do lisosomas. Desta forma, evítase que a súa acción dixestiva destrúa as estruturas celulares.

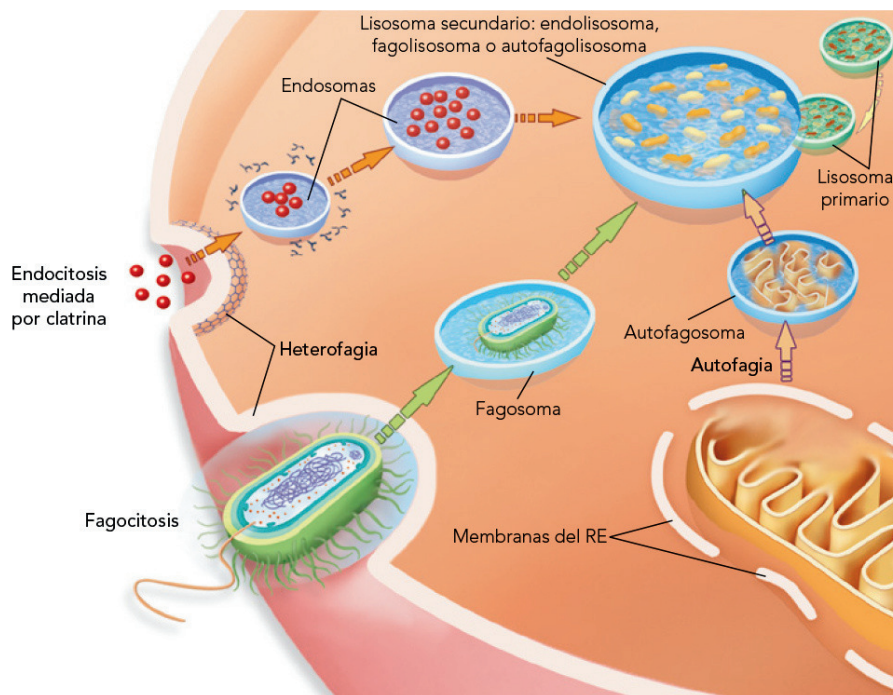


Figura 10. Procesos de digestión celular mediada polos lisosomas

O tránsito de vesículas no citoplasma celular

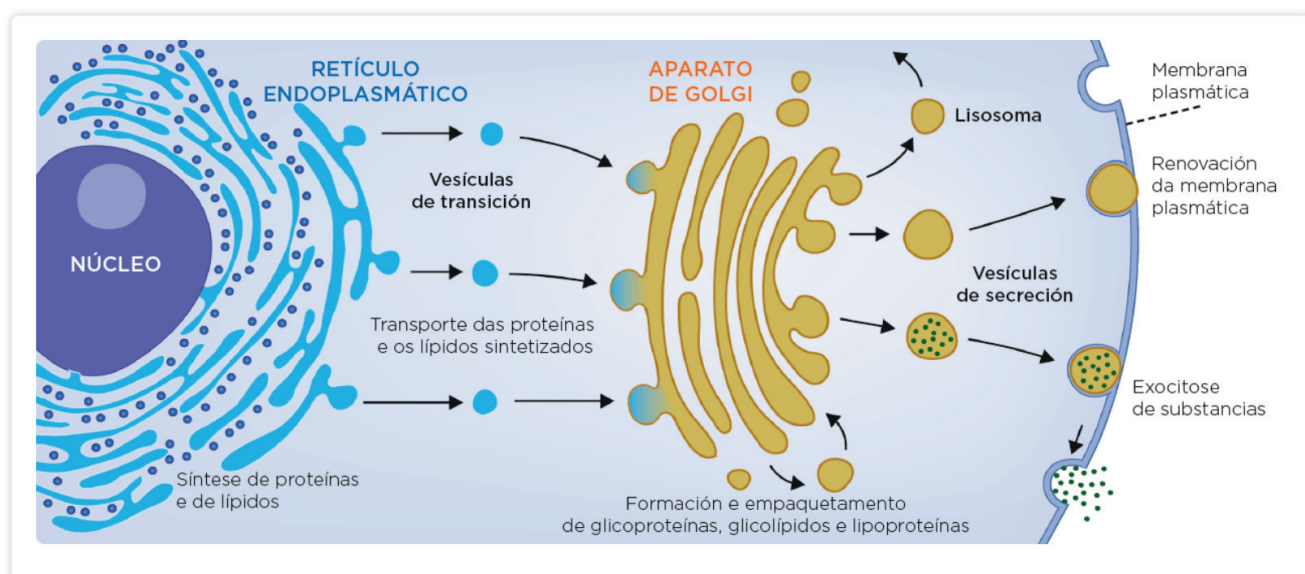


Figura 11. As proteínas sintetizadas no RER e os lípidos sintetizados no REL son empaquetados en vesículas de transición que se dirixen desde estes orgánulos cara o aparato de Golgi, fusionándose coas cisternas da cara cis. O contido destas vesículas vaise modificando conforme vai avanzando o seu percorrido polas cisternas do dictiosoma en vesículas intercisterna. Cando acadan as cisternas da cara trans empaquetáanse novamente en vesículas, que poden ter diversos destinos: poden formar lisosomas e quedar no citoplasma, poden dirixirse cara a membrana plasmática e fusionarse con ela para renovar as súas estruturas (fosfolípidos, colesterol, proteínas de membrana, etc) ou poden constituir vesículas de secreción que verten o seu contido ó medio extracelular mediante exocitose.

7. PEROXISOMAS

Son pequenos orgánulos ovais, presentes tanto en células vexetais como animais, que se forman a partir da membrana do retículo endoplasmático ou por crecemento e división de peroxisomas preexistentes. Son moi parecidos aos lisosomas, pero conteñen encimas oxidativas, entre as que destaca a peroxidase e a catalase.

FUNCIÓN

- Oxidación de moléculas e protección da célula fronte a peróxidos e moléculas oxidativas prexudiciais. Nos peroxisomas, as moléculas orgánicas oxídanse pola acción das encimas oxidativas, formándose peróxido de hidróxeno (H_2O_2 ; auga osixenada), que é tóxico para a célula. Gracias á catalase, o peróxido de hidróxeno é descomposto en auga e osíxeno, substancias inócuas para a célula.
- Interven na síntese de determinadas substancias, como colesterol, hormonas, ácidos biliares ou antibióticos.
- Interven na β -oxidación (degradación) dos ácidos graxos. Nas plantas e nos fungos, esta ruta metabólica, que permite obter enerxía, lévase a cabo exclusivamente nos peroxisomas, mentres que nas células animais tamén se realiza nas mitocondrias.
- A degradación dalgunhas substancias, aminoácidos, purinas ou, no caso dos fungos, o metanol.
- Nos animais, interven na produción de bioluminiscencia e participan na defensa fronte aos virus.
- Nas plantas, uns peroxisomas especiais chamados glioxisomas transforman en glícidos os lípidos almacenados nas sementes, para que o embrión poida utilizalos na xerminación. Cando saen as follas da nova planta e comeza a fotosíntese, os glioxisomas transfórmanse en peroxisomas normais e participan na fotorrespiración.

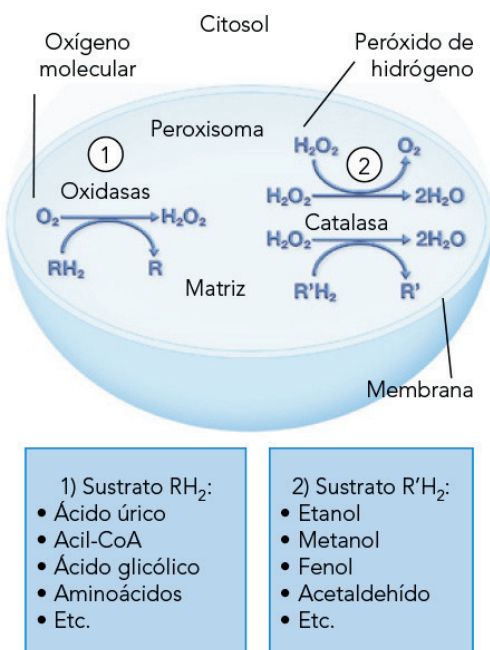


Figura 12. Reaccións de oxidación que ocorren no interior dos lisosomas. As oxidases empregan o osíxeno molecular para oxidar moléculas orgánicas producindo peróxido de hidróxeno. Este composto resultaría moi tóxico para as células se quedara libre no citosol, polo que é degradado inmediatamente no mesmo orgánulo por acción da catalase, que emprega o peróxido de hidróxeno para oxidar outras moitas substancias. Desta forma, o peróxido de hidróxeno redúcese formando auga e desprendendo osíxeno. Estas reaccións son especialmente relevantes en órganos como o fígado e o ril, xa que os lisosomas interven na detoxificación de moitas substancias como o etanol que se consume coas bebidas alcólicas.

8. VACÚOLOS

Os vacúolos son unhas vesículas rodeadas por unha membrana chamada tonoplasto. Aparacen en todos os tipos celulares, pero nas células vexetais adoitan ser de gran tamaño, ocupando con frecuencia a maior parte do citoplasma e desprazando o núcleo e outros orgánulos cara a superficie da célula.

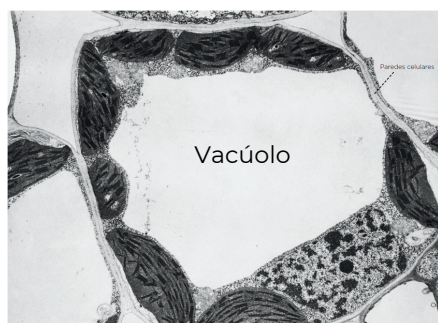


Figura 13. *Célula vexetal vista co MET. O vacúolo obsérvase como unha gran estrutura clara (densidade electrónica case nula) no centro da célula, e o resto das estruturas celulares apertadas cara a parte periférica do citoplasma.*

FUNCIÓN

- Almacenan gran variedade de substancias: nutritivas, produtos de refugallo, substancias tóxicas, pigmentos...
- Posúen actividade dixestiva, xa que poden conter gran variedade de encimas hidrolíticas que levan a cabo procesos de dixestión intracelular similares aos dos lisosomas.
- Acumulan no seu interior gran cantidade de auga. Con iso conséguese o aumento de volume da célula vexetal (turgescencia celular) sen variar a cantidade de citosol nin a súa salinidade. A auga, que realiza unha función estrutural, entra por osmose debido á elevada concentración de substancias que hai inicialmente nos vacúolos.
- Nalgúns animais, como nalgúns protozoos dulceacuícolas, existen “vacúolos pulsátiles” que, a través dun mecanismo de transporte activo, expulsan ao exterior a auga que entrou mediante un mecanismo de ósmose debido a que o interior celular é hipertónico respecto do medio externo no que vive.

9. MITOCONDRIAS

As mitocondrias atópanse en todas as células eucariotas. Nelas ten lugar a respiración celular, proceso que implica a obtención de enerxía en forma de ATP a partir da oxidación completa de moléculas orgánicas.

As mitocondrias varían de tamaño, forma e número. Normalmente son como cilindros alongados que se atopan en elevado número (1000-2000) na célula, sendo especialmente abundantes naquelas células que pola súa actividade posúen unha elevada demanda de enerxía bioquímica (ATP). Ao conxunto de mitocondrias dunha célula denomínaselle condrioma.

ESTRUTURA

As mitocondrias posúen 2 membranas: unha membrana externa lisa e unha membrana interna moi repregada cuxas invaginacións reciben o nome de cristas. Estas membranas definen dous compartimentos diferentes: o espazo intermembranoso entre ambas as membranas e a matriz que está limitada pola membrana interna.

Membrana mitocondrial externa

A súa estrutura é a mesma que a do resto das membranas celulares: unha bicapa lipídica e numerosas proteínas asociadas. Entre as súas proteínas destacan:

- Porinas: proteínas transmembrana que actúan como canles de penetración, facendo esta membrana especialmente permeable.
- Encimas: como as que activan os ácidos graxos para que sexan oxidados na matriz.

Espazo intermembrana

A súa composición é similar á do citosol, debido á permeabilidade da membrana externa. Contén encimas que utilizan o ATP para fosforilar o AMP ou outros nucleótidos.

Membrana mitocondrial interna

Presenta repregamentos ou cristas que incrementan a súa superficie e, por tanto, a súa capacidade metabolizadora. Ditas cristas adoitan disporse en sentido transversal ao eixo maior. A membrana mitocondrial interna é bastante impermeable. Contén un 20% de lípidos, entre os que non aparece o colesterol, do mesmo xeito que a membrana plasmática bacteriana. É máis rica en proteínas (80%) que outras membranas celulares, o que lle confire unha ampla gama de funcións. Destacan:

- As proteínas da cadea transportadora de electróns ata o osíxeno.
- Un complexo encimático, a ATP-sintetase, que cataliza a síntese de ATP.
- Proteínas transportadoras específicas, que regulan o paso de metabolitos que son necesarios na matriz.

Matriz mitocondrial

Medio interno rico en encimas no que levan a cabo numerosas reaccións bioquímicas. Contén:

- Moléculas de ADN mitocondrial, que é bicatenario e circular.
- Ribosomas mitocondriais ou mitorribosomas, similares aos bacterianos (70S).
- Ións calcio, fósforo, ADP, ATP.
- Encimas:
 - As que interveñen na replicación, transcrición e tradución do ADN mitocondrial.
 - As que interveñen no ciclo de Krebs e a β -oxidación dos ácidos graxos.

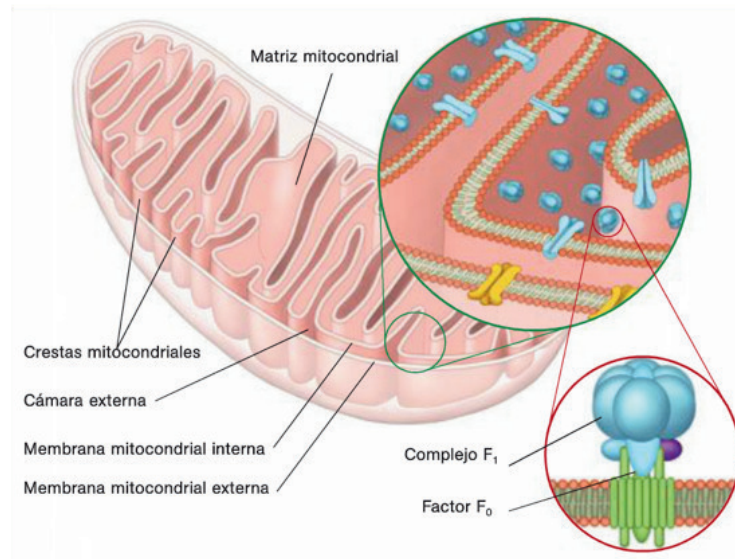


Figura 14. Mitocondria vista con MET (esquerda) e en forma esquemática (dereita).

Nas cristas da membrana mitocondrial interna destaca a presenza dunha ATP-sintetase formada por unha cabeza esférica (factor 'F1') que sobresaia cara a matriz mitocondrial. O factor 'F1' ten actividade catalítica e é a responsable da formación do ATP durante a fase final da respiración celular. Esta cabeza esférica está unida a un pedúnculo (factor 'F0'), que a ancla á unha base hidrofóbica que se inserta na membrana mitocondrial interna.

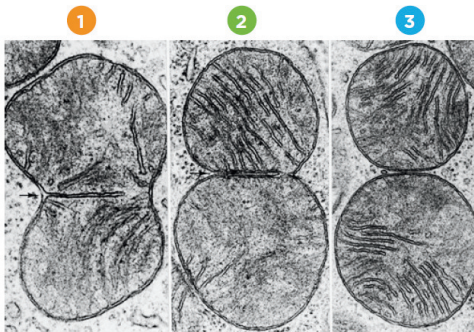


Figura 15. As mitocondrias poden multiplicarse nas células mediante fisión binaria, tal e como se observa nesta secuencia de imaxes obtidas con MET. Nun estudo publicado recentemente, descubriuse que despois de dividirse, as mitocondrias diferencianse en dúas poboacións diferentes especializadas ben na produción de ATP (con cristas) ben na produción de biomoléculas (sen cristas, con filamentos mitocondriais)

FUNCIÓN

- A súa actividade principal é a respiración celular, proceso que consiste na oxidación das moléculas combustibles polo osíxeno molecular para obter enerxía en forma de ATP; esta enerxía é fundamental para levar a cabo todas as actividades celulares. A respiración celular desenvólvese en tres etapas, dúas das cales ocorren neste orgánulo: o ciclo de Krebs na matriz, e a cadea respiratoria ou cadea de transporte electrónico, na membrana interna. A cadea respiratoria está asociada á fosforilación oxidativa, mecanismo que permite utilizar a enerxía das reaccións de oxidación-redución da cadea de transporte de electróns para a síntese de ATP grazas á ATP-sintetase da membrana interna.
- Na matriz mitocondrial lévase a cabo a β -oxidación dos ácidos graxos.
- No seu interior almacénanse diversas substancias: proteínas, lípidos, etc.

10. PLASTOS

Son orgánulos exclusivos de células vexetais. Clasifícanse en dous grupos:

- Indiferenciados:
 - Proplastos: son plastos pequenos presentes nas células meristemáticas. Son os precursores dos demais plastos.
- Diferenciados:
 - Leucoplastos: son plastos carentes de pigmentos. Almacenan diversas substancias: os amiloplastos almacenan amidón; os oleoplastos, almacenan graxas; e os proteinoplastos almacenan proteínas.
 - Cromoplastos: son plastos pigmentados que posúen carotenoides, responsables da cor amarela, alaranxada ou vermella de moitas flores, follas vellas, froitos e raíces.
 - Cloroplastos: son plastos de cor verde porque conteñen como pigmento a clorofila.
 - Nitroplastos: son plastos recentemente descubertos nun alga unicelular e que teñen capacidade de fixar o nitróxeno, unha capacidade que, ata o de agora, se cría exclusiva dalgunhas especies bacterianas.

CLOROPLASTOS

Son os plastos de maior importancia biolóxica, xa que por medio da fotosíntese transforman a enerxía lumínica en enerxía química. A súa morfoloxía é diversa, aínda que nos vexetais superiores adoitan ser ovoides ou lenticulares.

Estrutura

Están constituídos por unha dobre membrana: a membrana plastidial externa e a membrana plastidial interna, situándose entre ela o espazo intermembranoso. A membrana interna encerra un gran espazo central, o estroma, no que se acha un terceiro tipo de membrana, a membrana tilacoidal, que forma a parede duns sáculos aplanados denominados tilacoides ou lamelas, cuxa cavidade interior se chama espazo tilacoidal ou lumen.

Os tilacoides poden ser de dous tipos:

- Tilacoides de estroma. Son alongados e preséntanse estendidos por todo o estroma.
- Tilacoides da grana. Son pequenos, con forma de disco e preséntanse amoreados coma se fosen moedas superpostas. Cada pía recibe o nome de gránulo ou grana (en latín).

As membranas plastidiais externa e interna teñen unha estrutura moi similar á que presentan o resto de membranas. A externa é moi permeable, mentres que a interna é case impermeable, polo que presenta proteínas transportadoras. Do mesmo xeito que nas mitocondrias, entre os seus lípidos non se atopa o colesterol.

A membrana tilacoidal contén os seguintes elementos:

- Pigmentos fotosintéticos, encargados da captación da enerxía luminosa. Dous tipos: Clorofilas (pigmentos verdes) e carotenoides: β -carotenos (alaranxados) e xantofilas (amarelas).
- Proteínas da cadea fotosintética de transporte electrónico.
- Complexo ATP-sintetase, cuxa estrutura e función son semellantes ao da mitocondria.

O estroma é unha disolución concentrada de encimas. Contén:

- Moléculas de ADN cloroplástico, que é bicatenario e circular.
- Ribosomas cloroplásticos ou plastorribosomas, similares aos bacterianos (70S).
- Encimas:
 - As que interveñen na replicación, transcrición e tradución do ADN do cloroplasto.
 - As encargadas da fixación do CO₂ ou Ciclo de Calvin.

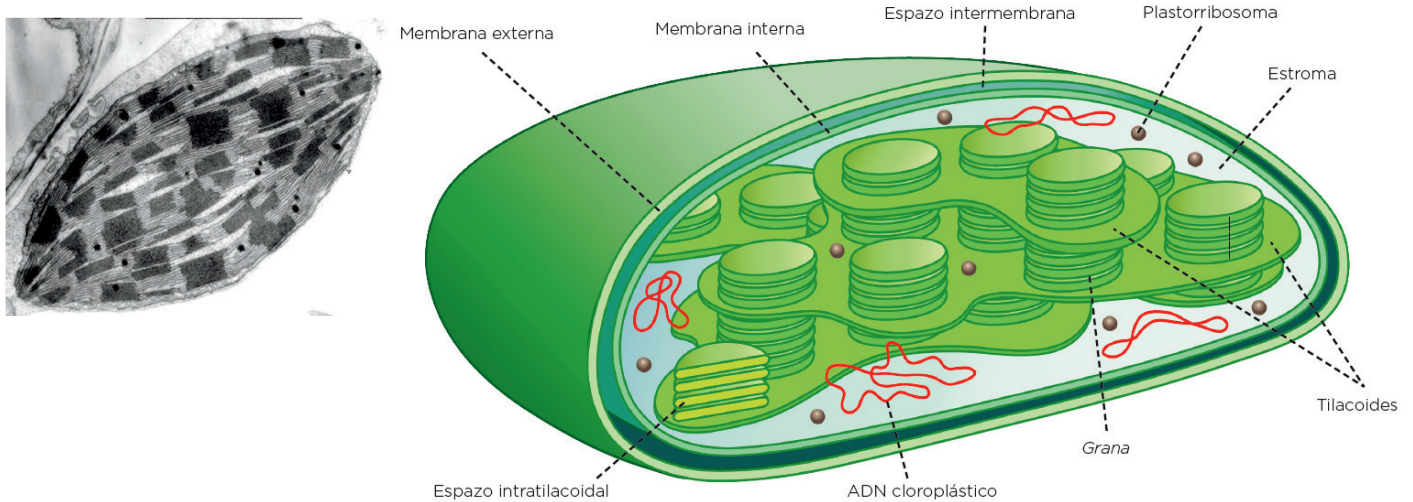


Figura 16. Cloroplastos vistos co MET (esquerda) xunto coa súa representación esquemática (dereita).

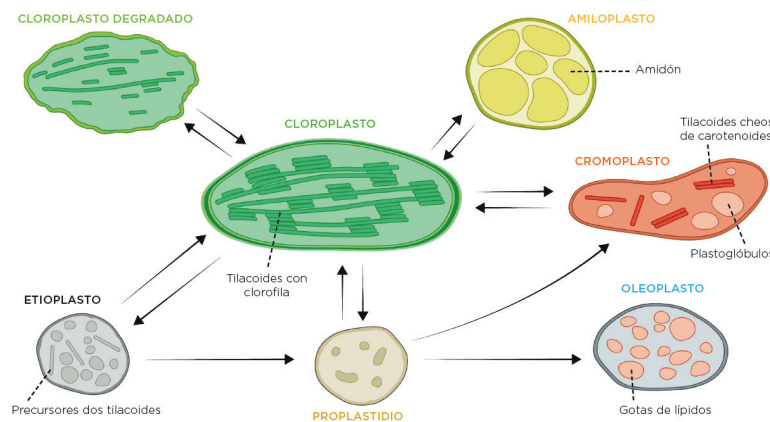


Figura 17. Ó igual que as mitocondrias, os plastos poden dividirse mediante fisión binaria e posteriormente diferenciarse nos distintos tipos de plastos. Esta diferenciación é reversible xa que uns tipos de plastos poden transformarse noutros en función das necesidades da célula. Por exemplo, os amiloplastos poden transformarse en cloroplastos se reciben luz, como ocorre nas raíces dunha planta que quedan fóra do solo.

Función

A súa actividade principal é a fotosíntese. Neste proceso teñen lugar reaccións dependentes da luz, como a produción de ATP e NADPH, e reaccións independentes da luz, que empregan a enerxía producida polas primeiras na fixación de CO₂ e na formación de glúcidos principalmente.

11. TEORÍA DA ENDOSIMBIOSE

A teoría da endosimbiose, elaborada pola bióloga Lynn Margulis en 1968, relaciona as bacterias coas mitocondrias e os cloroplastos. Segundo esta teoría, a orixe da célula eucariota produciuse a partir dunha primitiva célula procariota (célula hóspede), que nun momento dado englobaría a outros organismos procariotas, establecéndose entre ambos unha relación de endosimbiose. Estas células procariotas englobadas serían a orixe das mitocondrias (que procederían de bacterias aerobias) e dos cloroplastos (bacterias fotosintéticas). De feito, as mitocondrias e os cloroplastos posúen un tamaño moi similar ao das bacterias, reproducense por división binaria, presentan o seu propio ADN bicatenario circular e ribosomas 70S.

O recente descubrimento dos nitroplastos fai que se reformule e complete esta teoría, pois estes orgánulos tamén se orixinarían por endosimbiose a partir de células procariotas fixadoras de nitróxeno.

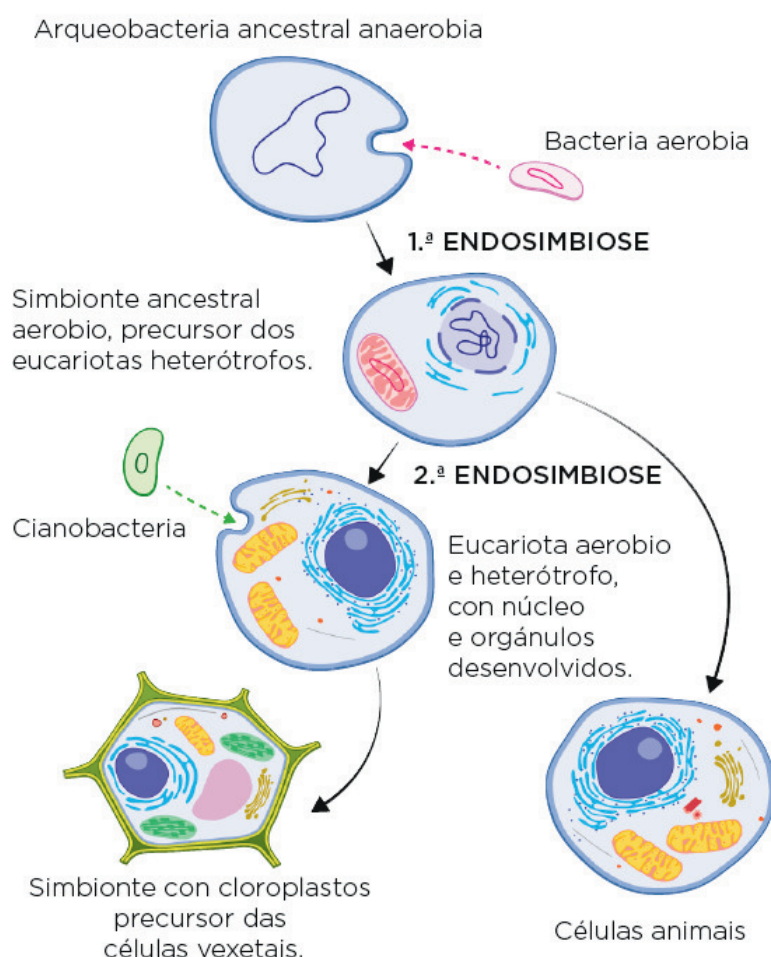


Figura 18. Esquema da teoría endosimbiótica enunciada por Lynn Margulis