

# Tema 1 La cèl·lula

## **1. Introducció**

Les cèl·lules són estructures normalment invisibles a l'ull humà a causa de la seua petitesa; per aquesta raó el món cel·lular passà ignorat fins el segle XVII en què els pioners de la investigació microscòpica van construir els primers microscopis: l'holandès *Antonie Van Leeuwenhoek* construí el primer microscopi i realitzà nombroses observacions de microorganismes. Poc després, el 1665, *Robert Hooke* va introduir el terme **cèl·lula** (cel·la) en descriure una làmina fina de suro.

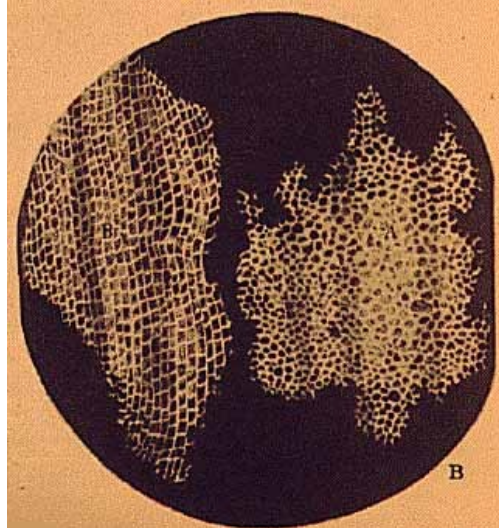


Fig.1: Gravat de Robert Hooke on apareix l'estructura cel·lular d'una làmina de suro

## **1.1. Tipus de microscopis**

Tots els microscopis utilitzen radiacions amb les quals il·luminen la mostra. La capacitat d'ampliació d'un microscopi serà tant més gran quant menor sigui la longitud d'ona de la radiació utilitzada. Per aquest motiu, es van inventar microscopis que usen electrons, que tenen una longitud d'ona molt més petita que la llum visible. Segons el tipus de radiació que utilitzen en el seu funcionament, podem diferenciar:

### **1) Microscopis òptics,**

Aquests microscopis que usen llum visible, pot observar cèl·lules vives o mortes. Els materials observats mostren colors, bé sigui els seus naturals o els que han adquirit al sotmetre'ls a un procés de tinció. El microscopi òptic té un límit de resolució al voltant de 200 nm (0.2  $\mu\text{m}$ ). aquest límit es deu a la longitud d'ona de la llum (0.4-0.7  $\mu\text{m}$ ).

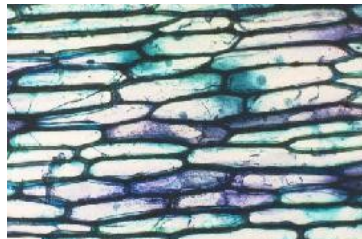


Fig.2: Cèl·lules epidèrmiques de ceba, tenyides i observades al microscopi òptic

## **Components del microscopi òptic**

Part òptica:

- La **font de llum** pot ser elèctrica, però també la podem trobar solar amb l'ajut

d'un espill.

- El **diafragma** ens permet regular la intensitat de llum que sorgeix de la font de llum.
- L'**objectiu**, que consta d'una sèrie de lents per les quals passa la llum i que preparen la imatge de la mostra. Poden variar segons la graduació.
- Els **oculars** són les lents més properes a la visió per la persona i són situades a la part superior del tub.

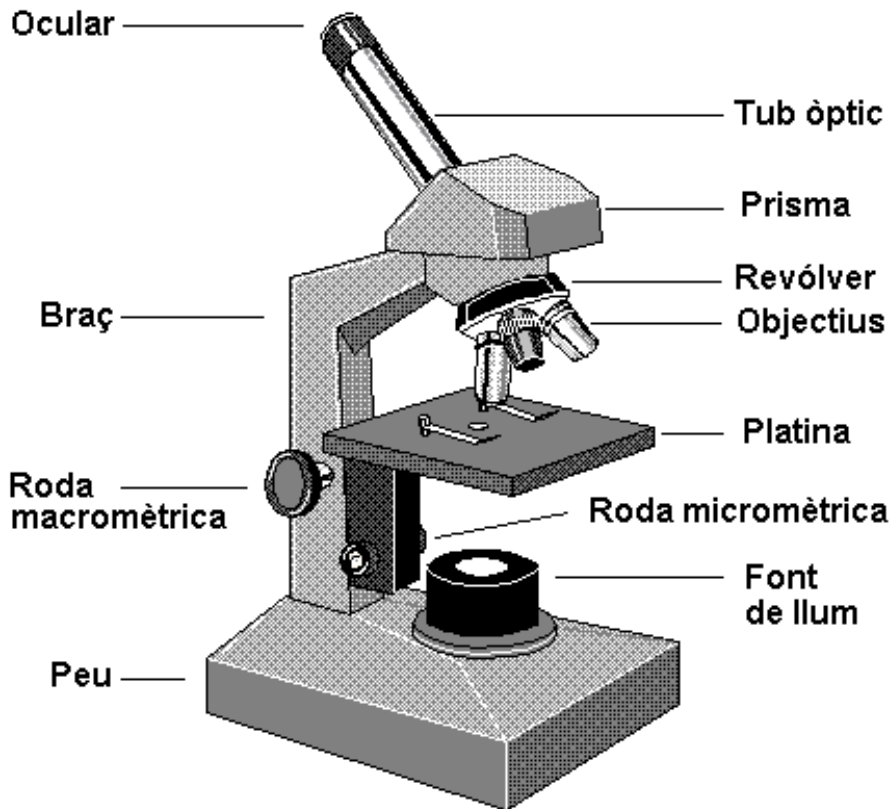


fig.3: Components del microscopi òptic.

Part mecànica:

- El **peu**, que és la peça que subjecta tota l'estructura del microscopi.
- La **platina**, que conté una placa petita i metàl·lica que és la que conté la mostra. Aquesta pot variar la posició per col·locar bé la mostra.
- El **tub**, que és una prolongació del peu i que guarda les estructures òptiques.
- El **revólver** i que situat a la part inferior del tub, conté els uns tubs més petits on es troben els objectius. Es mou 360 graus.
- Les **rodes micromètrica i macromètrica** amb les quals s'ajusta l'imatge.

## 2) Microscopis electrònics

Els microscopis electrònics utilitzen feixos d'electrons. En aquest cas els materials no presenten cap coloració, només són més o menys opacs front als electrons, el que es veu com diferents tons de gris. Únicament es pot observar cèl·lules mortes. En distingirem de dos tipus. m.e. de transmissió (MET) i m.e. d'escombrada o scanning (MES)

### ME de transmissió



### ME de barrido

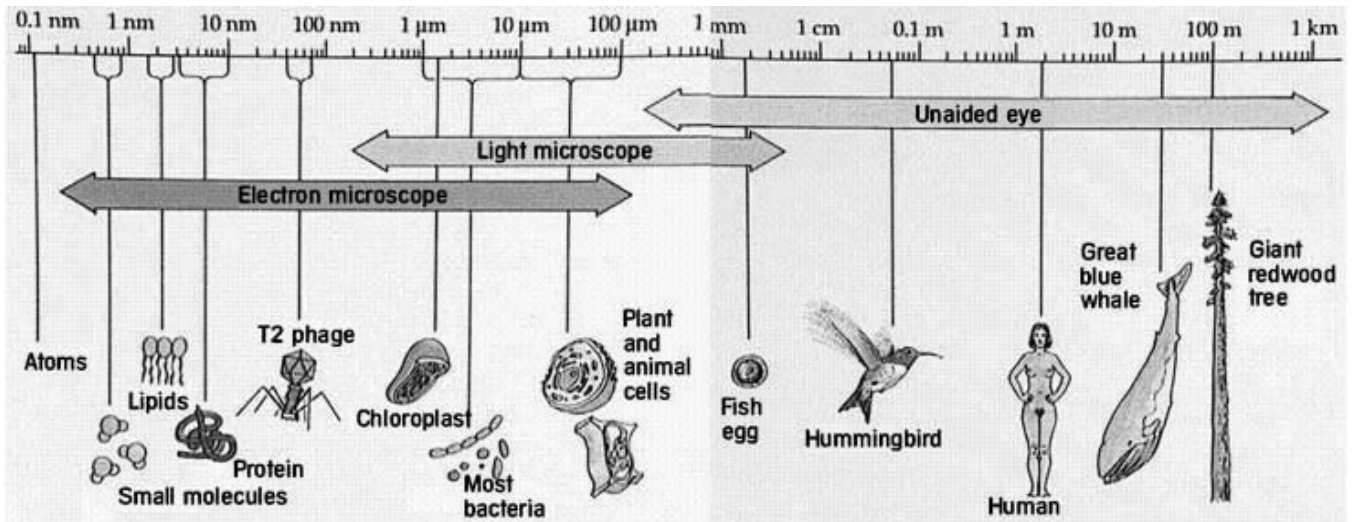
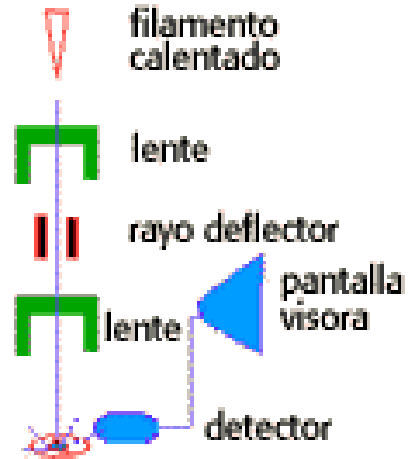


Fig.4: Mides relatives de diferents tipus d'èssers vius i els seus components

## **2. Teoria cel·lular**

Els anys 1838-39, el botànic *M. Schleiden* i el zoòleg *T. Schwann* van aportar les proves definitives, basades en les seues investigacions i en les dades que hi havia acumulades, que van permetre establir l'enunciat fonamental de la **teoria cel·lular: les plantes i els animals són constituïts per una o més unitats fonamentals, les cèl·lules**. Uns anys després *Virchow* va completar aquest enunciat quan va proclamar que cada cèl·lula procedeix d'una altra cèl·lula "*omnis cellula ex cellula*"

L'enunciat actual de la teoria cel·lular es pot resumir en tres punts:

**1-** La cèl·lula és la **unitat anatòmica** de tots els éssers vius, ja que tots estan constituïts per una o més cèl·lules (a excepció del virus)

**2-** La cèl·lula és la **unitat de funcionament** dels éssers vius: tota cèl·lula duu a terme les funcions bàsiques de tots els éssers vius: l'obtenció de matèria i energia (funcions de nutrició) i l'aplicació d'aquesta energia a autopropietat les seues estructures al llarg del temps (funcions de relació i reproducció).

**3-** La cèl·lula és la **unitat d'origen** dels éssers vius, és a dir, que cada cèl·lula procedeix d'una altra preexistent, per divisió d'aquesta.

## **3. Nivells d'organització cel·lular**

El nivell cel·lular està constituït per un conjunt de molècules, les quals han arribat a atènyer un grau de complexitat suficient per manifestar propietats vitals. Un organisme viu no és simplement un mosaic d'estructures moleculars independents, sinó un sistema integrat i autoregulat, en el qual estructura i funció són inseparables.

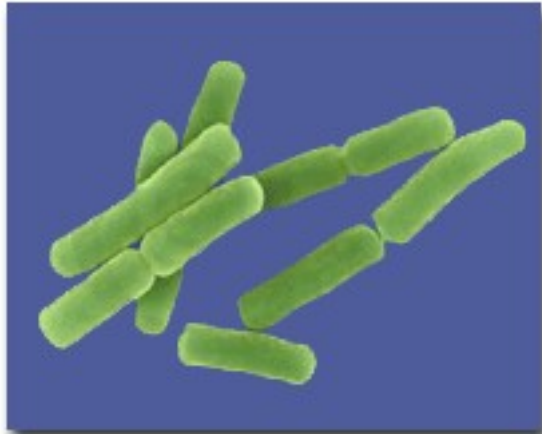
En estudiar les cèl·lules procedents de diferents organismes o teixits, es pot observar un cert grau de diversitat cel·lular, sobre tot pel que fa a la forma i la grandària, tot i que totes presenten unes característiques bàsiques comunes:

- a) un embolcall que separa la cèl·lula de l'exterior i que regula l'intercanvi amb l'exterior
- b) Un contingut cel·lular on es realitzen tots els processos químics (citoplasma).
- c) Un material hereditari (ADN) que codifica tota la informació genètica.

Segons el grau de complexitat, però, es poden considerar dos tipus d'organització cel·lular: la **cèl·lula procariota** i la **cèl·lula eucariota**. A més d'aquests dos tipus d'organització cel·lular es considera un tercer tipus d'organització: el que formen els **virus**, l'extraordinària simplicitat dels quals, al costat de la seva manca de metabolisme propi, els converteix en organismes que se situen en la frontera entre les estructures vives i les inertes.

### 3.1. Característiques de la cèl·lula procariota

Els procariotes són el conjunt d'organismes unicel·lulars que constitueixen el regne dels monera, en el qual s'inclouen els bacteris i les algues cianofícies.



Bacillus Bacteria

Fig.5: Cèl·lules procariotes

La principal característica de la cèl·lula procariòtica es l'absència d'una membrana nuclear que aïlli el seu ADN de la resta de la cèl·lula. El seu material genètic està constituït per una única molècula d'ADN bicatenari, circular i nu (no associat amb histones). Són cèl·lules molt més menudes i d'estructura molt senzilla ja que manquen de la major part dels orgànuls típics de la cèl·lula eucariota. Parlarem breument de les principals característiques estructurals dels bacteris:

<i>Elements estructurals dels bacteris</i>			
<b>Bacteri</b>	Càpsula bacteriana (Pot mancar)		
	Paret bacteriana		
	Membrana plasmàtica (amb mesosomes)		
	Citoplasma	Hialoplasma	
		Morfoplasma	Ribosomes
			Inclusions
ADN bacterià			
		Flagell	

La **càpsula bacteriana** és una capa gelatinosa formada per polisacàrids i proteïnes. Presenta dues funcions: regulació dels processos d'intercanvi de substàncies i defensa front als anticossos, bacteriòfags i fagocitosi. Únicament apareix en alguns tipus de bacteris.

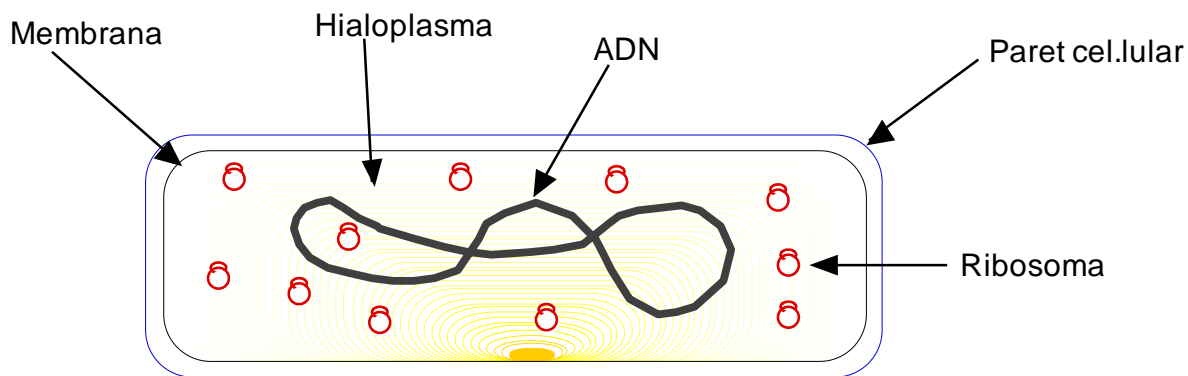
La **paret cel·lular bacteriana** és rígida i presenta una estructura i composició diferent a la paret de les cèl·lules eucariotes vegetals. El component fonamental és el peptidoglicà, que es pot considerar com una molècula gegant en forma de xarxa. Manté la forma del bacteri i permet el pas d'aigua i ions al seu través.

La **membrana plasmàtica** presenta una estructura semblant a la de les cèl·lules eucariotes, tot i que varien algunes de les molècules presents. Les funcions bàsiques també són les mateixes. Una peculiaritat de la cèl·lula bacteriana és l'existència d'un conjunt de replecs membranosos interns que reben el nom de **mesosomes**. Els mesosomes, que incrementen la superfície de membrana, s'uneixen al cromosoma bacterià i posseeixen una gran quantitat d'enzims que regulen la replicació del cromosoma bacterià i processos metabòlics com la respiració cel·lular o la fotosíntesi o fixació del  $N_2$ .

Els **ribosomes** funcionen de la mateixa forma que en les cèl·lules eucariotes, però sempre estan lliures pel citoplasma i tenen lleugeres diferències de composició i grandària.

Les **inclusions** són substàncies que la cèl·lula sintetitza en èpoques d'abundància, o bé són residus del seu metabolisme.

Els **flagells** són estructures de locomoció formades per fibres de natura proteica.



ESTRUCTURA D'UN BACTERI (CÈL·LULA PROCARIOTA)

## **Fisiologia dels bacteris.**

### **Funcions de nutrició**

Els bacteris són cèl·lules molt heterogènies, ja que les diferents espècies poden dur a terme tots els tipus de metabolisme possibles. Alguns poden utilitzar-ne, facultativament, més d'un tipus en funció de les característiques ambientals.

Els bacteris poden ser autòtrofs (fotosintètics o quimiosintètics), heteròtrofs (paràsits, simbiòtics, sapròfits), aeròbics o anaeròbics (estrictes o facultatius). Més endavant estudiarem el significat d'aquestes paraules

### **Funcions de reproducció**

La reproducció bacteriana es realitza mitjançant bipartició (no mitosi), prèviament hi ha una duplicació del material genètic (ADN).

### 3.2. Característiques de la cèl·lula eucariota

La cèl·lula eucariota està present en els altres regnes dels éssers vius, protistes (algues i protozoous), metazous (animals), metàfits (vegetals) i fongs.

La cèl·lula eucariota es caracteritza perquè el citoplasma manifesta un grau elevat de complexitat i organització: el **nucli**, separat del citoplasma per una membrana nuclear, conté 2 o més molècules d'ADN bicatenari lineal associat a histones, cosa que li permet empaquetar-se millor. El citoplasma conté nombrosos orgànuls i sistemes de membranes com els mitocondris, cloroplasts, reticle endoplasmàtic, etc, que estableixen tota una xarxa de compartiments cel·lulars interrelacionats que es reparteixen les funcions metabòliques (**compartimentació cel·lular**); això permet més especialització i més eficàcia en la realització de les seues funcions (hi poden tindre lloc alhora reaccions contraposades en diferents estructures tancades de la cèl·lula).

### 3.3. Comparació entre organismes procariotes i eucariotes

	<i>PROCARIOTES</i>	<i>EUCARIOTES</i>
Organismes	Bacteris, cianofícies, micoplasmes	Protistes, fongs, plantes i animals
Grandària	1-10 µm de llarg	10-100 µm de llarg
Metabolisme	Aeròbic o anaeròbic	Aeròbic (anaeròbic facultatiu)
Orgànuls	Pocs o cap	Nucli, cloroplast, mitocondri, etc
ADN	Circular en el citoplasma; no combinat amb histones; sense separació de la resta del citoplasma	ADN lineal, molt llarg i associat a histones; organitzat en cromosomes i envoltat d'una membrana nuclear
ARN i proteïnes	ARN i proteïnes sintetitzades al mateix compartiment	ARN sintetitzat i transformat al nucli; proteïnes sintetitzades al citoplasma
Citoplasma	Compartimentació citoplasmàtica escassa (mesosomes). Sense citoesquelet, corrents citoplasmàtics ni exocitosis	Compartimentació citoplasmàtica desenvolupada (orgànuls membranosos). Citoesquelet format per filament proteics; corrents citoplasmàtics
Divisió cel·lular	Per bipartició	Per mitosi (o meiosi)
Organització cel·lular	Unicel·lular	Principalment pluricel·lular amb diferenciació de les cèl·lules, encara que hi ha organismes eucariotes unicel·lulars (protista)

## 4. La cèl·lula eucariota

### COMPONENTS DE LA CELULA EUCARIOTICA

<b>COMPONENT</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>FUNCIÓ</b>
Membrana cel·lular	Mosaic fluid: bicapa lipídica amb proteïnes ( + glicocàlix extern en	Límit de la cèl·lula i permeabilitat selectiva

	cèl·lules animals)	
Paret cel·lular	Paret primària i paret secundària de fibres de cel·lulosa	Responsable de la forma de las cèl·lules; les atorga suport mecànic i manté l'equilibri osmòtic
Hialoplasma	Solució aquosa amb alta concentració de proteïnes, principalment enzimàtiques	Participació en processos metabòlics
Citoesquelet	Xarxa tridimensional formada per filaments proteics.	Organització i control de l'espai interior. Involucrat en la forma, moviment i divisió cel·lular.
Centríols	Microtúbuls i petites fibres	Centre organitzador de microtúbuls. Formació del fus acromàtic. Formació de cil·lis i flagells.
Ribosomes	Dues subunitats formades per ARN i proteïnes	Síntesi de proteïnes
R.E. Rugós	Cisternes de membrana intercomunicades i amb ribosomes adherits.	Síntesi, processament i emmagatzemament de proteïnes
R.E. Llis	Cisternes de membrana intercomunicades	Síntesi, emmagatzemament i transport de lípids. eliminació de substàncies tòxiques.
Aparell de Golgi	Sistema de cisternes de membrana aplanades	Maduració, emmagatzemament i transferència de glicoproteïnes. Formació de membranes, i paret cel·lular.
Lisosomes	Vesícules esfèriques de membrana que contenen enzims digestius.	Digestió cel·lular
Peroxisomes	Vesícules esfèriques de membrana que contenen enzims oxidatius	Protecció contra productes tòxics del metabolisme
Vacúols	Vesícules arrodonides	Emmagatzemen substàncies: aigua, nutrients, substàncies de rebuig.
Mitocondris	Orgànuls amb doble membrana. Presenten gran quantitat d'enzims, ADN i ribosomes	Centrals energètiques de la cèl·lula: duen a terme la respiració cel·lular, consistent en l'oxidació de nutrients per a obtenir ATP.
Cloroplasts	Orgànuls amb doble membrana més una tercera en el seu interior (tilacoidal). Conté enzims, ADN i ribosomes.	Responsable de la fotosíntesi.
Membrana nuclear	Doble membrana amb porus	Separar i protegir l'ADN de la resta de la cèl·lula.
Nucleoplasma	Composició semblant a l' hialoplasma.	Conté enzims involucrats en la replicació de l'ADN i en la transcripció de l'ARN
Cromatina	ADN més proteïnes densament empaquetats	Portador de la informació genètica
Nuclèol	Regió esferoïdal amb alta concentració d'ARN i proteïnes	Lloc de síntesi de les subunitats ribosòmiques.

## 4.1. Membrana plasmàtica

La membrana plasmàtica que envolta totes les cèl·lules defineix l'extensió d'aquesta i manté les diferències essencials entre el seu contingut i el del medi extern. La membrana és però, qualche cosa més que una simple barrera passiva: és un filtre altament selectiu que manté la desigual concentració d'ions a l'exterior i l'interior de la cèl·lula i permet l'entrada de nutrients a la cèl·lula, així com l'eixida de productes residuals. Totes les membranes biològiques, incloses la **membrana plasmàtica** i les **membranes internes** de les cèl·lules eucariotes presenten una estructura comú: una agrupació de molècules lipídiques i proteïnes unides per enllaços no covalents.

Segons el **model de mosaic fluid** desenvolupat per **Singer** i **Nicolson**



(1972) les molècules lipídiques es presenten en forma de una doble capa contínua (**bicapa lipídica**) que constitueix l'estructura bàsica de la membrana i actua de barrera relativament **impermeable** al pas de la majoria de molècules hidrosolubles (aquesta impermeabilitat és relativa ja que s'ha desenvolupat tota una sèrie de sistemes de transport de substàncies a través de membrana). Les molècules de proteïnes es trobem immerses en la bicapa lipídica. Totes les membranes cel·lulars són estructures **fluides**, flexibles, **dinàmiques**: la majoria de les seues molècules lipídiques i proteïques poden desplaçar-se pel pla de la membrana (no hi ha enllaços covalents entre els fosfolípids ni entre fosfolípids i proteïnes sinó que tota l'estructura de la bicapa es manté per l'acció d'enllaços dèbils). A més a més, són estructures **asimètriques** ja que la composició de les dues cares és diferent com a resposta de les diferents funcions realitzades per les dues superfícies.

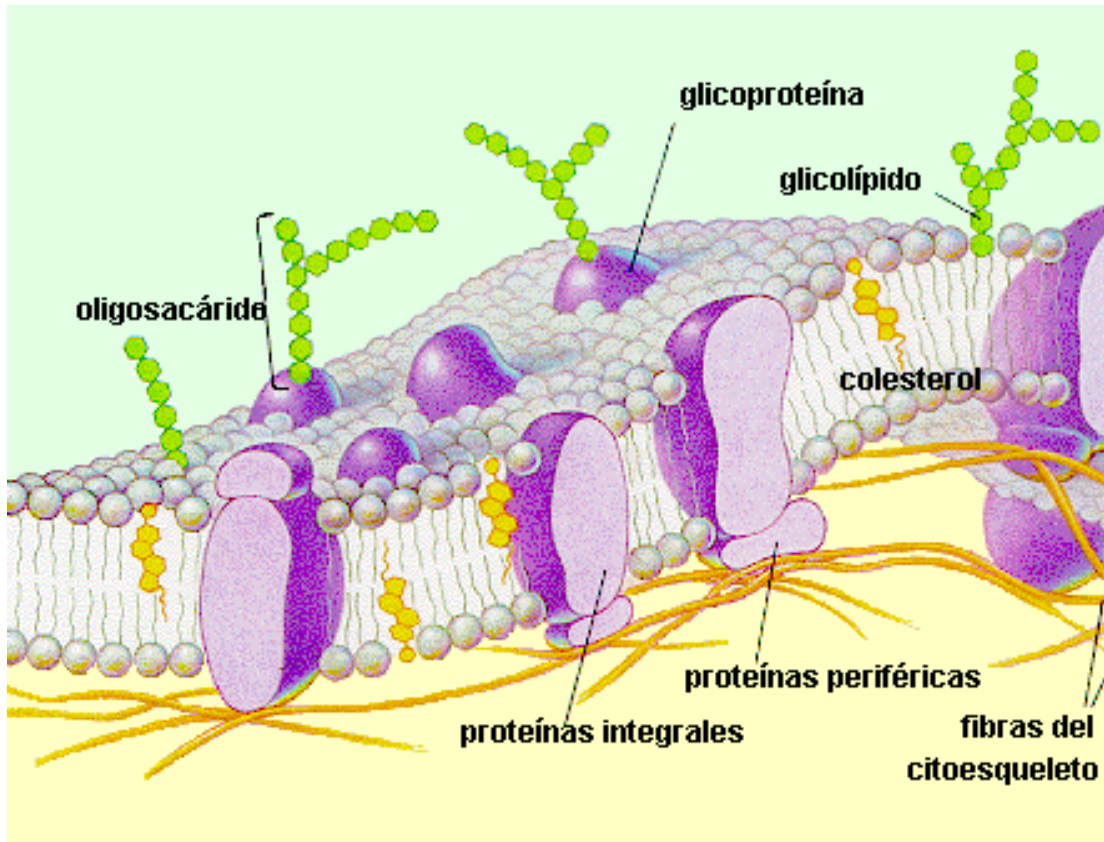


Fig.7: Components i estructura de mosaic fluid de la membrana plasmàtica

## Components de la membrana

- A la bicapa de la membrana plasmàtica hi ha dos tipus principals de molècules lipídiques: **fosfolípids i colesterol**. Els **fosfolípids** són les molècules lipídiques més abundants i constitueixen la base de la bicapa. presenten la seua part polar en contacte amb el medi aquós mentre que les cues apolars corresponents a les cadenes hidrocarbonades dels àcids grassos romanen a l'interior de la bicapa. El **colesterol** augmenta la resistència de la membrana ja que s'intercala entre els fosfolípids i tendeix a estabilitzar les seues cues.
- Les **proteïnes** són les responsables de la majoria dels processos de transport selectiu de substàncies a banda i banda de la membrana.

## 4.2. Paret cel·lular

La paret cel·lular és una estructura rígida, fabricada per la pròpia cèl·lula

adossada a l'exterior de la membrana plasmàtica de les cèl·lules vegetals.

La paret cel·lular està formada fonamentalment per de cel·lulosa. La paret cel·lular està estructurada per una sèrie de capes de creixement uniforme cap a l'interior; la primera capa és la **làmina mitjana**, comuna a les dos cèl·lules. A continuació, entre la làmina mitjana i la membrana es disposa la **paret primària**. Quan la cèl·lula deixa de créixer diposita normalment, noves capes de cel·lulosa a l'interior de la paret primària i forma la **paret secundària**. El número de capes de la paret secundària és variable; no totes les cèl·lules vegetals disposen de paret cel·lular secundària.

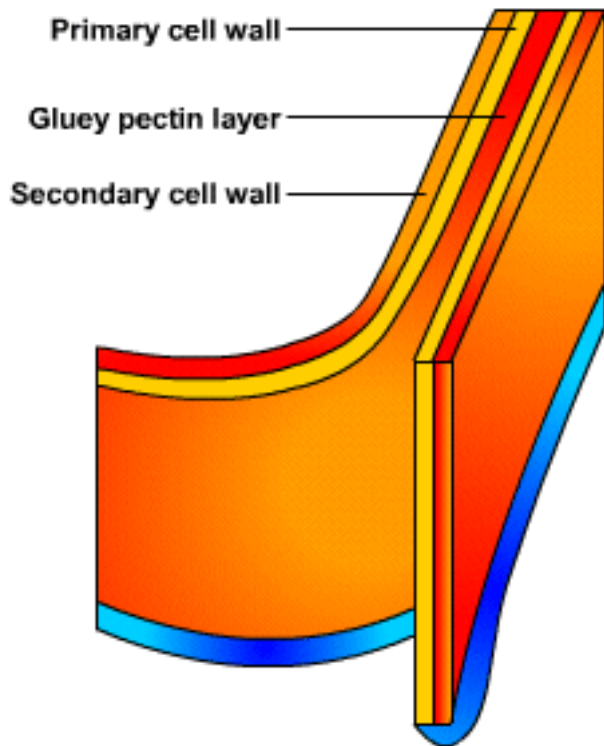


Fig.8: Diagrama d'una paret cel·lular: les diferents capes creixen cap a l'interior de la cèl·lula.

Funcions La paret cel·lular és un exosquelet que protegeix la cèl·lula vegetal dels esforços mecànics i manté la integritat cel·lular. També protegeix la cèl·lula dels processos osmòtics ja que la seua rigidesa impedirà l'entrada contínua d'aigua al citoplasma de la cèl·lula, hipertònic respecte al medi. Aquest procés es diu turgència.

En determinats teixits vegetals, la paret secundària es pot impregnar de diferents substàncies per tal d'augmentar la seua rigidesa i resistència o bé la seua impermeabilitat; En els teixits conductors que formen el xil·lema es produeix un dipòsit de lignina (**lignificació**), mentre que en determinades cèl·lules epidèrmiques pot produir-se una **mineralització**, impregnació de la paret amb carbonat calcis o sílice. Si el que interessa és la impermeabilització de les cèl·lules la modificació s'anomena **cutinització** o **suberització**, segons es diposita cutina o suberina : el primer cas explica la brillantor de fulles i fruits i el segon la formació del suro.

### **4.3. El citoplasma cel·lular**

El citoplasma constitueix la major part de la massa d'una cèl·lula. Es tracta d'una barreja molt complexa de molècules constituïda aproximadament per un 70% d'aigua i un 15-20 % de proteïnes. Una cèl·lula animal típica conté uns deu mil milions ( $10^{10}$ ) de molècules proteiques d'uns 10.000 tipus diferents.

Si observem al microscopi òptic una cèl·lula, el seu citoplasma sembla una substància amorfa, gelatinosa, on podem distingir una sèrie d'estructures anomenades orgànuls. El citoplasma que envolta els orgànuls rep el nom de **hialoplasma** o **citosol** i està marcat per una densa xarxa de filaments proteics que en el seu conjunt forma el **citoesquelet**

Les cèl·lules eucariòtiques posseeixen extensos **sistemes de membranes intracel·lulars** que envolten gairebé la meitat del seu volum total, i el divideixen en un conjunt de compartiments intracel·lulars funcionalment diferents -els **orgànuls**: cada compartiment es com un matràs de reacció subcel·lular separat, amb funcions específiques que son dutes a terme per un grup característic d'enzims que es troben concentrats dintre de la membrana limitant del compartiment. Així doncs, els compartiments intracel·lulars permeten la cèl·lula dur a terme alhora moltes reaccions químiques incompatibles sense que aquestes no puguin interferir entre si: per exemple les proteïnes són sintetitzades als ribosomes i hidrolitzades als lisosomes; els àcids grassos són sintetitzats al hialoplasma per ser utilitzats en la biosíntesi de membranes o com a reserva d'energia, mentre que són degradats als mitocondris com a font d'energia. La major part d'aquests sistemes membranosos estan interrelacionats estructuralment i dinàmica entre ells.

## 4.4 Ribosomes

El ribosomes, orgànuls responsables de la síntesi de proteïnes, són partícules globulars de 15 a 30 nm de diàmetre. Estan constituïts per un complex de gairebé cent proteïnes diferents associades a algunes molècules d'ARNr. Cada ribosoma està constituït per dos subunitats, una major i una altra menor, les quals es dissocien reversiblement després de cada cicle de síntesi proteica.

Totes les cèl·lules, procariotes i eucariotes posseeixen ribosomes. A les cèl·lules eucariotes, els ribosomes es troben a l' hialoplasma o adossats a les parets externes del reticle endoplasmàtic. Es poden trobar en grups de 5 a 20, units per un filament d'ARNm; aquests grups de ribosomes reben el nom de **polisomes**.

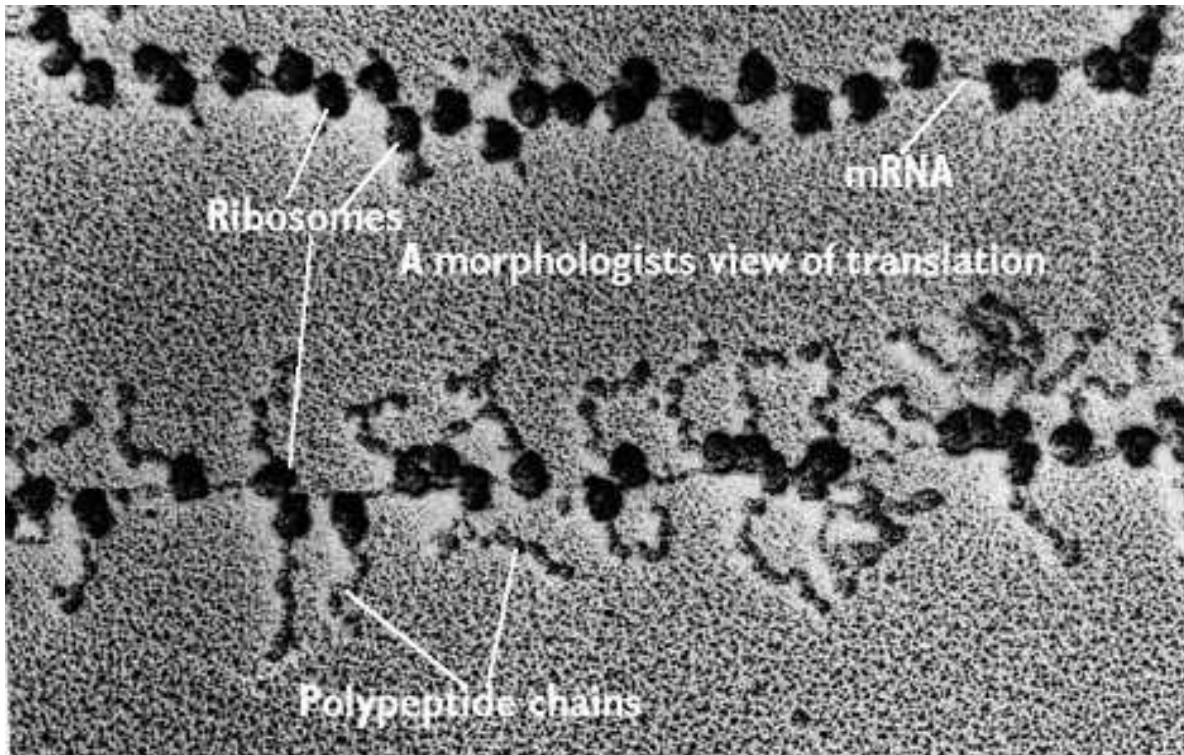
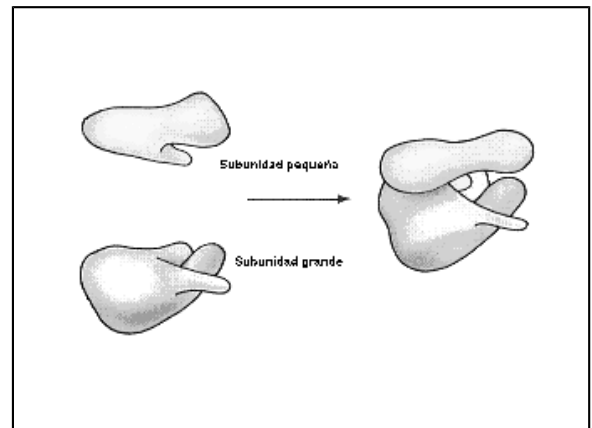


Fig.10: Estructura d'un polirribosoma on podem distingir diferents ribosomes llegint un mateix ARNm i les proteïnes que van originant-se

També trobem ribosomes a l'interior de cloroplasts i mitocondris, ja que aquests orgànuls presenten ADN i poden realitzar la síntesi de les seues proteïnes. Aquests ribosomes presenten una semblança als ribosomes de les cèl·lules procariotes (Recordeu la teoria endosimbiòtica)

Funcions: Participen en la síntesi de les proteïnes, concretament a l'etapa de traducció.

## 4.5. Reticle endoplasmàtic (RE)

El RE està format per un conjunt de membranes que constitueix més de la meitat de la membrana total de la cèl·lula; aquest sistema membranós delimita un espai intern anomenat **lumen** del RE que, de vegades, apareix fragmentat en forma

de cavitats planes interconnectades o bé en forma de cisternes, túbuls i vesícules.

Hi ha una zona del RE que conté ribosomes associats a la cara externa de la seua membrana i pel seu aspecte al microscopi electrònic rep el nom de **RE rugós** (RER), mentre que la zona que no té ribosomes s'anomena **RE llis** (REL). Aquestes dos regions també difereixen pel que fa a la seua forma: el RER està organitzat en piles de sàculs aplanats mentre que el REL està constituït per una sèrie de túbuls fins, molt sovint ramificats. Una part del RE rugós continua amb la membrana externa del nucli mentre que una altra part es comunica dinàmicament amb l'aparell de Golgi, a través de vesícules transportadores .

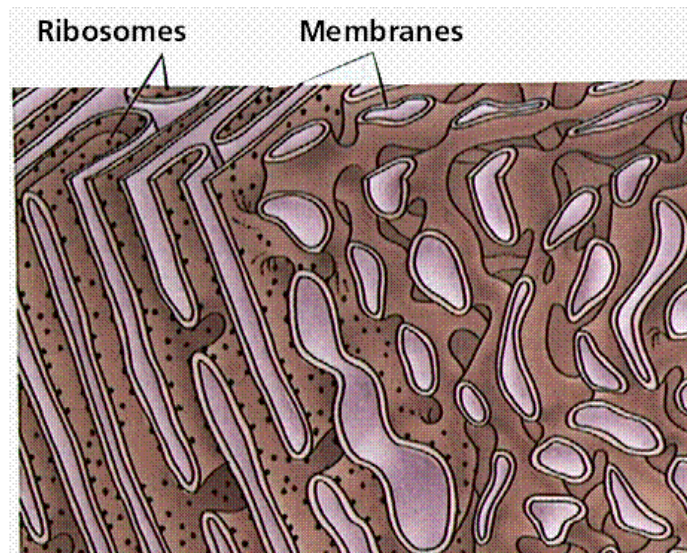


Fig.12: Diferències estructurals entre els dos tipus de RE: RER a l'esquerra i REL a la dreta

### **Funcions**

Al **RER**, els ribosomes adossats a la seua superfície són els encarregats de realitzar la síntesi proteica. La majoria d'aquestes proteïnes passarà al lumen del RE on seran transformades i posteriorment seran exportades a altres compartiments cel·lulars (Golgi) o secretades a l'exterior.

El **REL** no participa en la síntesi proteica. Malgrat que es abundant en determinades cèl·lules (hepatòcits, cèl·lules secretores) normalment constitueix una petita part del RE. A la membrana del REL es fa la síntesi de diverses substàncies lipídiques com el colesterol (i els seus derivats) i els fosfolípids que formen part de les bicapes de totes les membranes de la cèl·lula.



## 4.6. L'aparell de Golgi

L'aparell de Golgi està format per conjunts de sacs aplanats de forma discoïdal envoltats d'un gran nombre de menudes vesícules sorgides per gemmació dels bords dilatats de les cisternes. Cada conjunt de sàculs rep el nom de **dictiosoma**. El nombre de dictiosomes varia d'una cèl·lula a una altra i és més gran en les cèl·lules especialitzades en la secreció.

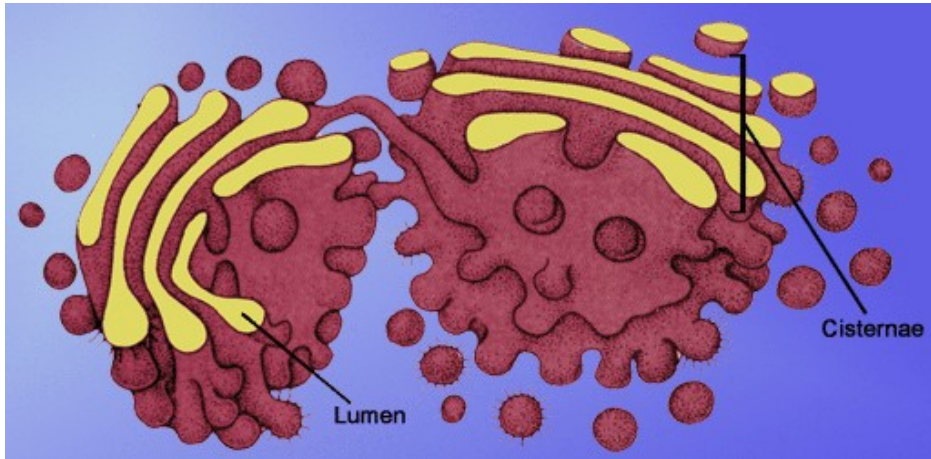


Fig13: estructura de l'aparell de Golgi

L'aparell de Golgi es troba polaritzat estructuralment i bioquímica: presenta dos cares, la **cara cis** o de formació i la **cara trans** o de maduració. La cara cis es localitza prop de les membranes del RE; les seues membranes són molt fines i de composició semblant a les del RE. Al voltant d'aquesta es troben les **vesícules de Golgi o de transició** que deriven del RE. La cara trans es troba més sovint a prop de la membrana plasmàtica; les seues membranes són més gruixudes i semblants a la plasmàtica. En aquesta cara es localitzen unes vesícules més grans, les **vesícules secretores**. En la cara trans també s'han trobat enzims lisosòmics, fet que indica la seua relació amb els lisosomes.

### Funcions

1\* **Secreció dels productes sintetitzats al RE.** L'aparell de Golgi és el principal director de la circulació macromolecular per l'interior de la cèl·lula: diferents tipus de molècules passen a través d'alguna porció del complex de Golgi en algun moment de la seua maduració, generalment poc després de la seua síntesi al RE. Aquestes molècules s'incorporen a les cisternes de l'aparell de Golgi a través de les vesícules de transició originades per gemmació de les membranes del RE; després emigraran cap a la cara trans on passaran a les vesícules de secreció formades per la fragmentació de les cisternes, les quals es dirigiran a la membrana plasmàtica on lliuren el seu contingut mitjançant un procés d'exocitosi.

2\* **Reciclatge de la membrana plasmàtica.** La fusió de les vesícules de secreció procedents dels dictiosomes amb la membrana plasmàtica contribueix a la regeneració d'aquesta.

3\* **Síntesi dels components de la paret de les cèl·lules vegetals**

4\* **Transformació en lisosomes**

## 4.7. Lisosomes

Són compartiments del citoplasma que contenen enzims hidrolases que realitzen la ruptura o lisi de diferents tipus d'enllaç que uneixen les macromolècules.

La membrana dels lisosomes és resistent a l'acció d'aquests enzims.

Aquests orgànuls es poden considerar en conjunt com el estómac de la cèl·lula ja que al seu interior es realitza la digestió de les proteïnes, hidrats de carboni, lípids i àcids nucleics. Es poden distingir dos classes de lisosomes: primaris i secundaris.

\* **Lisosomes primaris**, acabats de formar i que provenen de petites vesícules carregades d'enzims hidrolítics, sintetitzats en primer lloc al RER i que més tard completen la seua síntesi a l'aparell de Golgi i que s'originen per gemmació a partir de la cara trans de les cisternes l'aparell de Golgi.

\* **Lisosomes secundaris** que resulten de la fusió repetida dels lisosomes primaris amb altres estructures. Hi podem distingir els **vacúols digestius** que provenen de la fagocitosi de grans partícules o les **vesícules autofàgiques** que són estructures lisosòmiques que contenen (i digereixen) membranes o orgànuls intracel·lulars

### **Funcions**

\*Els lisosomes són els responsables de la **digestió cel·lular**. Els lisosomes poden digerir macromolècules d'origen extern i intern. Aquesta funció pot realitzar-se de dos maneres:

- Digestió extracel·lular: els lisosomes vessen els seu contingut a l'exterior de la cèl·lula on té lloc la digestió; aquest tipus de digestió és típica dels fongs.

- Digestió intracel·lular: l'acció digestiva té lloc a l'interior del lisosoma. Aquesta digestió intracel·lular es fa per heterofàgia o per autofàgia, segons la procedència del material que serà hidrolitzat.

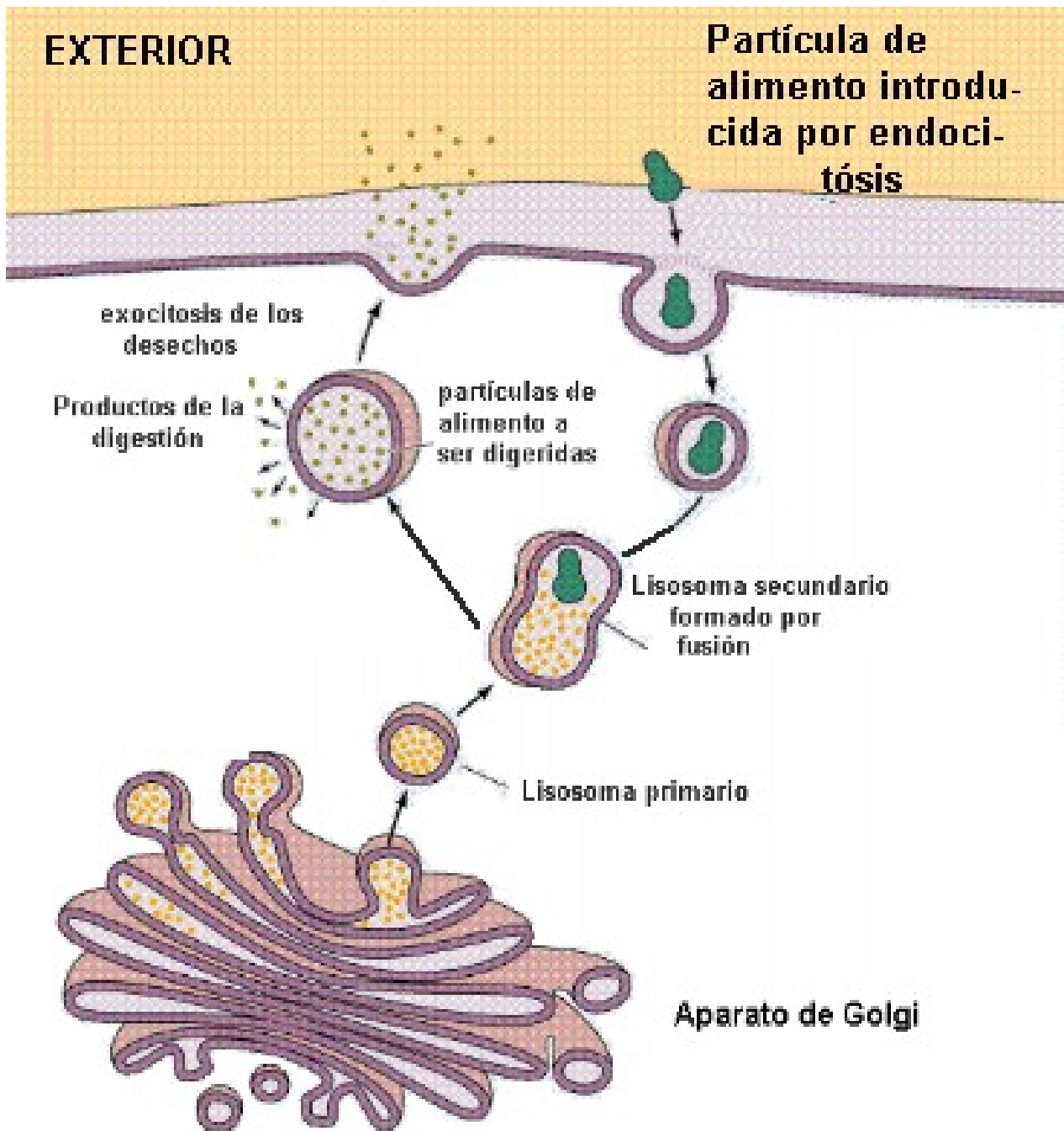


Fig.14: Procés de digestió intracel·lular. Paper de l'aparell de Golgi en la formació dels lisosomes

#### 4.8 Peroxisomes

Aquests orgànuls reben el nom de **microsomes** i són un conjunt de orgànuls esfèrics envoltats d'una membrana que allotja a l'interior una matriu densa i compacta on apareixen sovint inclusions d'estructura cristal·lina.

Els **peroxisomes** contenen al seu interior enzims oxidatius. L'enzim més abundant és la **catalasa**. Aquest enzim utilitza el peròxid d'hidrogen (aigua oxigenada), obtingut per l'oxidació de diferents substrats per oxidar-ne uns altres.

Aquesta darrera reacció és considerada com a un dispositiu de seguretat que impedeix una acumulació perillosa de  $H_2O_2$ , que es comporta com un fort agent oxidant. Els peroxisomes són molt abundants a les cèl·lules hepàtiques i renals i on tenen una important funció destoxificant ja que allí s'oxida a acetaldehid gairebé la meitat de l'etanol que bevem.



## 4.9. Vacúols

Els vacúols de les cèl·lules vegetals són compartiments separats del citosol per una membrana. Generalment ocupen un 50% del contingut cel·lular i poden arribar a ocupar fins un 95%. El conjunt dels vacúols d'una cèl·lula rep el nom de **vacuoma**.

Els vacúols es formen en cèl·lules joves, per fusió de vesícules derivades del RE i l'aparell de Golgi.

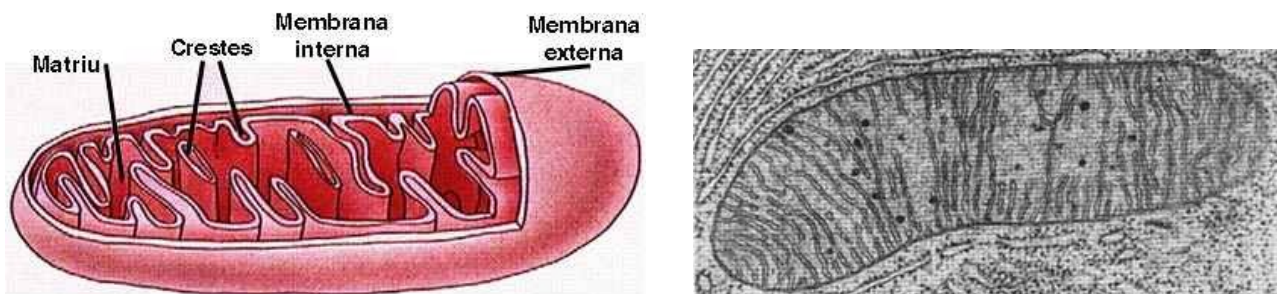
A les cèl·lules meristemàtiques les vacúols són menuts i nombrosos, mentre que a les cèl·lules més diferenciades, aquests es fusionen i ocupen la major part del citoplasma. Entre les seues funcions destaquem:

- **Emmagatzematge** de diferents tipus de substàncies: productes de rebuig, substàncies de reserva, colorants, verins, etc.
- Permeten que **augmenti la grandària de la cèl·lula** per l'acumulació d'aigua:

## 4.9. El mitocondri

Els mitocondris són orgànuls de forma cilíndrica de 0,5 a 1  $\mu\text{m}$  de diàmetre i es troben presents a la totalitat de les cèl·lules eucariotes. Hi trobem de 1000 a 2000 mitocondris per cèl·lula. El conjunt de mitocondris d'una cèl·lula rep el nom de **condrioma**.

Els mitocondris estan delimitats per dues membranes molt especialitzades les quals envolten i defineixen dos compartiments mitocondrials separats: la matriu i l'espai intermembranós .



La **membrana externa** és molt permeable ja que conté nombroses proteïnes de canal que faciliten el pas de molècules. Aquestes poden entrar a **l'espai intermembranós** químicament semblant al citosol. però la majoria no pot travessar la membrana interna molt impermeable.

La **membrana mitocondrial interna** es troba plegada en nombroses **crestes mitocondrials** que augmenten la seua superfície unes cinc vegades. És molt rica en proteïnes , de les quals podem destacar aquelles que catalitzen reaccions

d'oxidació de la respiració cel·lular

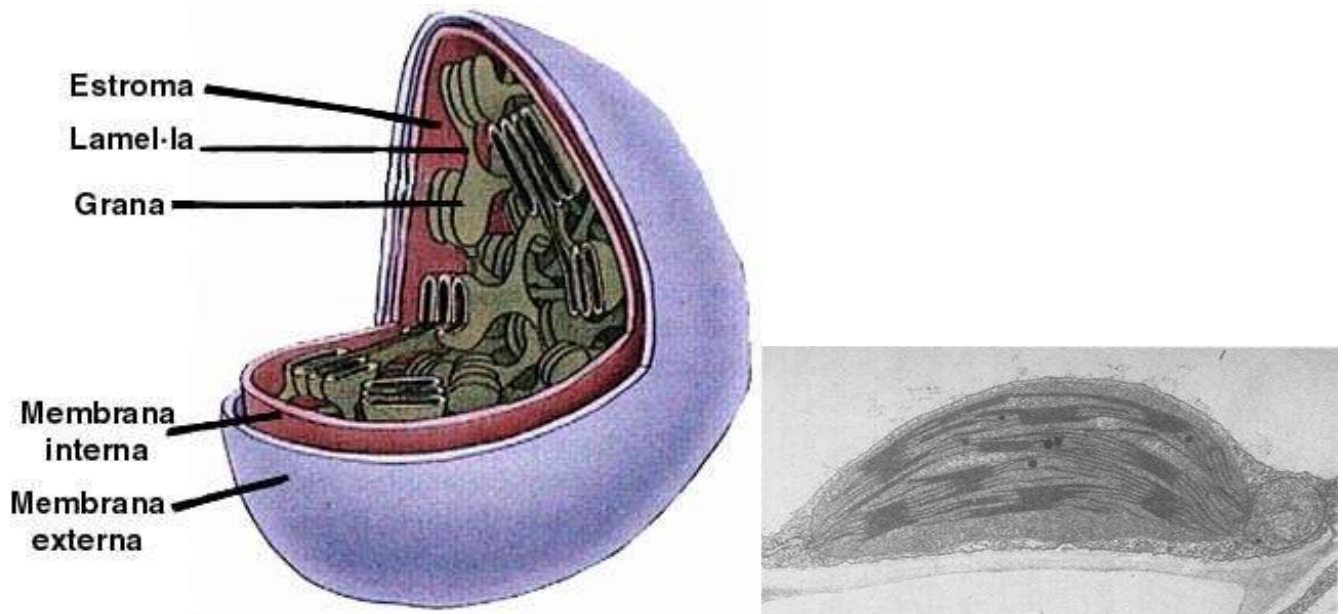
La **matriu** conté una mescla molt concentrada centenes d'enzims , inclosos els encarregats de l'oxidació del piruvat i dels àcids grassos i els que participen al cicle de Krebs. Conté varies còpies d'**ADN mitocondrial** (bicatenari i circular) , ribosomes mitocondrials ( **mitoribosomes**) -lliures o adossats a la membrana interna , ARNt i enzims necessaris per a la síntesi de proteïnes mitocondrials (hem de fer notar que la majoria de les proteïnes presents al ribosomes han estat sintetitzades al citosol).

**Funció:** respiració aeròbia (respiració cel·lular) per la qual s'obté l'energia necessària per fer les funcions vitals (ATP)

#### **4.10. El cloroplast**

Els **cloroplasts** són orgànuls citoplasmàtics que es localitzen a les cèl·lules vegetals fotosintètiques. Tot i que pot presentar diverses formes , als vegetals superiors són lenticulars amb una grandària de 3-10  $\mu\text{m}$  x 1-2  $\mu\text{m}$ . Són de color verd i es poden trobar uns 40 per cèl·lula. Evolutivament són descendents de **cianobacteris** que posteriorment a un procés d'endocitosi , van establir una endosimbiosi amb una cèl·lula eucariota primitiva.

L'estructura del cloroplast recorda la del mitocondri. Cada cloroplast està limitat per una doble membrana . La **membrana plastidial externa** és molt permeable; la **membrana plastidial interna** , al contrari del mitocondri , no està plegada en crestes ni conté una cadena de transport electrònic. Entre aquestes dos membranes apareix un estret **espai intermembranós**. La membrana plastidial interna delimita un gran espai central anomenat **estroma** (anàleg a la matriu mitocondrial) que conté nombrosos enzims solubles responsables de la fase fosca de la fotosíntesi i que banya un tercer tipus de membrana , la **membrana tilacoïdal** , prou impermeable als ions i que forma sacs tancats i aplanats , semblants a disquets apilats anomenats **tilacoides** , el conjunt dels quals rep el nom de **grana**. Aquesta membrana es troba orientada segons l'eix major del cloroplast , tot i que la seua distribució pel estroma no és uniforme L'interior dels tilacoides està connectat amb el dels altres , de manera que delimiten un tercer espai intern , l'**espai tilacoïdal**. És en aquesta membrana tilacoïdal on trobem els elements responsables de la fase lumínica de la fotosíntesi



Funció: Fotosíntesi

## 4. 11- Citosquelet

El citoplasma de la cèl·lula eucariota no és una massa amorfa on es troben dispersos els orgànuls i el nucli. El funcionament ordenat i harmoniós de tots els components cel·lulars no es podria donar sense l'existència d'una complexa organització interna, formada per xarxes de filaments proteics anomenada **citosquelet**.

Els diferents tipus de filaments que formen el citosquelet són:

- 1- **Microfilaments** o filaments d'actina, fibres primes típiques de les cèl·lules musculars
- 2- **Microtúbuls** o fibres més gruixudes i buides que poden presentar-se disperses a l'hialoplasma o formant estructures més complexes com el fus mitòtic.

## 4.12- Nucli

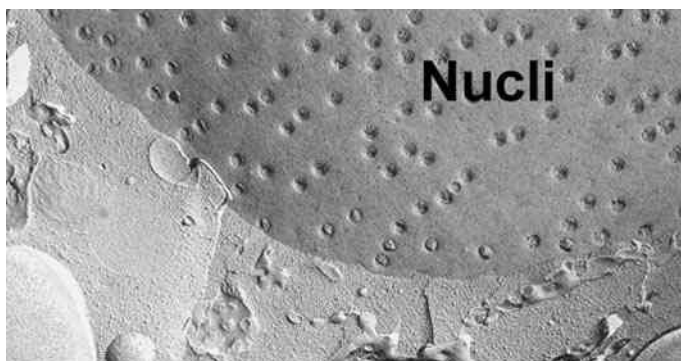
Les cèl·lules eucariotes separen el seu ADN de la resta del citoplasma mitjançant un **embolcall** o membrana **nuclear** que delimita un nou espai intern de la cèl·lula - el nucli -. Cada cèl·lula té un nucli , tot i que podem trobar cèl·lules multinucleades (fibres musculars estriades). La seua forma sol ser esfèrica o discoïdal; de vegades adopta d'altres com els nuclis dels glòbuls blancs amb forma de rosari.

Al llarg del cicle cel·lular el nucli pot trobar-se en estat d'aparent repós (**interfase**) o bé participar activament en la formació i repartiment dels cromosomes a les cèl·lules filles. (**mitosi**). Tanmateix l'activitat metabòlica essencial del nucli té lloc al període d'interfase on dirigeix el funcionament cel·lular. És en aquest període que té lloc la síntesi de proteïnes.

A l'interior del nucli es distingeix una o dos taques fosques , els **nuclèols** , i una matriu interna o **nucleoplasma** on es pot entreveure amb el microscopi òptic tota una sèrie de filaments embolicats i grumolls (**cromatina**) que es poden tenyir amb colorants bàsics i que atorguen un aspecte reticular al nucli . La cromatina , com ja van dir anteriorment , és l'associació d'ADN amb histones i als períodes de divisió cel·lular es condensarà i originarà unes estructures individualitzades , els **cromosomes**.

### **Embolcall nuclear**

Està format per un parell de membranes disposades com dos esferes concèntriques i travessades per nombrosos porus. La seua funció és la de regular l'intercanvi de substàncies entre el nucleoplasma i l'hialoplasma La **membrana externa** està connectada amb el reticle endoplàsmic , del qual és continuació i conté ribosomes adossats a la seva cara citoplasmàtica. Els **porus** són estructures proteïques de 800 A que regulen el pas de molècules grosses entre el citoplasma i el nucli ( com per exemple l' ARNm ). Les bicapes lipídiques de les dos membranes nuclears es troben fusionades a nivell dels porus.



### **Nucleoplasma**

El contingut intern del nucli - nucleoplasma a matriu nuclear- és anàleg al del citosol o a la matriu mitocondrial: és una solució col·loïdal formada per una gran varietat de biomolècules, especialment nucleòtids i d'enzims que participen en la transcripció i replicació de l'ADN. Immersos en aquesta matriu es troben el nuclèol i la cromatina.

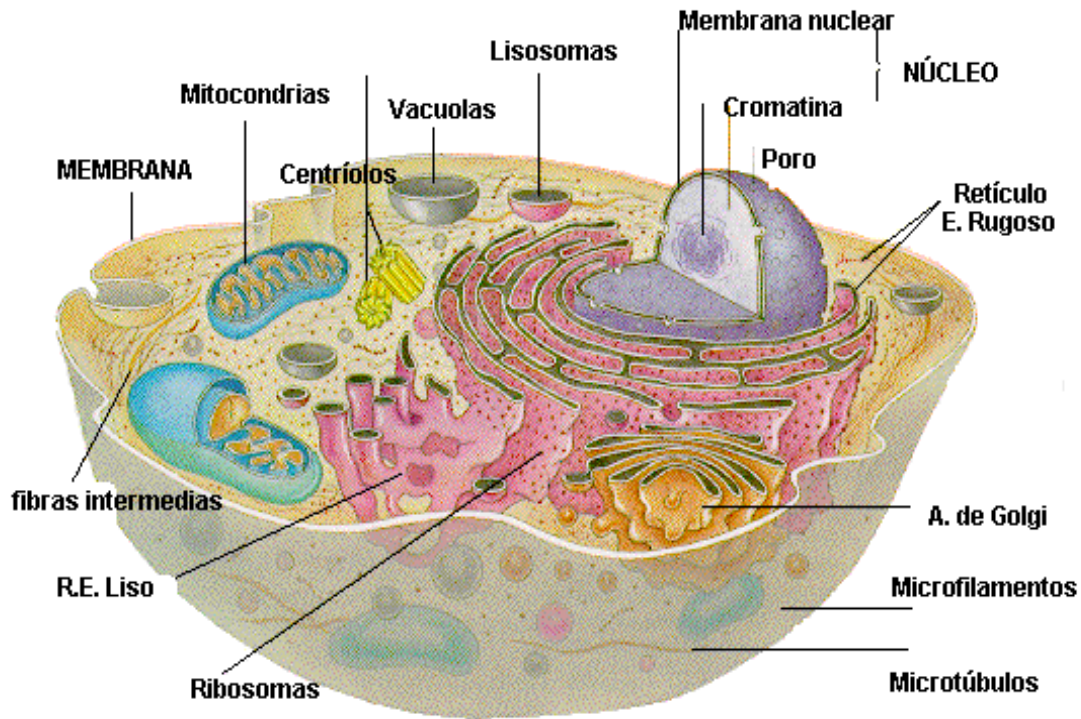
### **Nuclèol**

És un corpuscle esfèric localitzat a l'interior del nucli tot i que en algunes cèl·lules se n'aprecien més d'un. El nuclèol està format, doncs, per una associació de seqüències d'ADN que participen en la codificació d'aquest ARN nucleolar que posteriorment hi madura i origina ARN ribosòmic. La funció del nuclèol és la de formar els ribosomes, formats per ARNr i proteïnes.

### **Cromatina**

La cromatina és la substància fonamental del nucli, i rep aquest nom per la capacitat que té de tenyir-se amb diferents colorants bàsics. Es tracta d'ADN combinat amb proteïnes històniques en un estat de condensació mitjà. En forma de cromatina, l'ADN és capaç de dirigir les funcions cel·lulars mitjançant la transcripció de les proteïnes.

## Cèl·lula animal



## Cèl·lula vegetal

