



Bloque II. BIOLOXÍA CELULAR

A) MORFOLOXÍA E FUNCIÓN CELULAR

ORGANIZACIÓN CELULAR

Unidade 9 Estrutura e función da célula. As envolturas.

1. MÉTODOS DE ESTUDIO DA CÉLULA.
2. ORGANIZACIÓN E ESTRUTURA CELULAR.
 - 2.1. Teoría celular
 - 2.2. Modelos de organización.
 - 2.3. Estrutura celular eucariota.
3. ENVOLTURAS CELULARES
 - 3.1. Membrana plasmática
 - 3.2. Membranas de secreción
 - Glicocalix
 - Parede celular



Unidade 10 Citoplasma e orgánulos. O núcleo.

4. CITOPLASMA
 - 4.1. Citosol e citoesqueleto
 - 4.2. Orgánulos celulares
 - (a) Sen membrana
 - Ribosomas
 - (b) Membrana simple
 - Retículo endoplasmático
 - Aparato de Golgi
 - Lisosomas, peroxisomas, vacúolos
 - (c) Membrana dupla
 - Mitocondrias
 - Cloroplastos
5. NÚCLEO CELULAR
 - 5.1. Envoltura nuclear
 - 5.2. Nucleoplasma e nucléolo
 - 5.1. Cromatina e cromosomas

Unidade 9

Estructura e función da célula. As envolturas.

Para o progresivo coñecemento da organización e función celular foi necesartio o progresivo desenvolvemento de técnicas e de instrumentación.

1. MÉTODOS DE ESTUDIO DA CÉLULA.

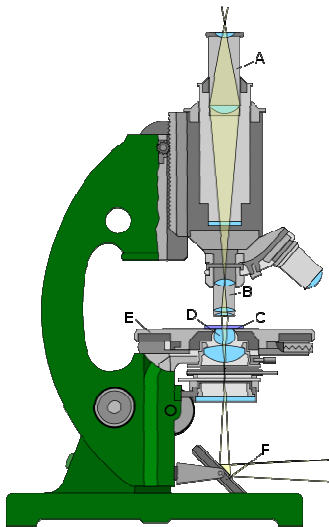
Podemos distinguir dous métodos de estudio das células: métodos citolóxicos e métodos citoquímicos.

1.1. Métodos citolóxicos

Consisten na utilización de instrumentos –microscopios- que aumentan a imaxe e que precisan técnicas específicas para o estudo das mostras: cortes moi delgados, fixación, coloración específicos e tinción.

Microscopios ópticos.

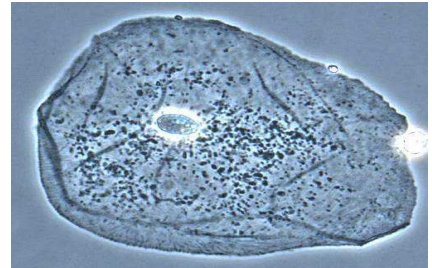
Utilizan luz na porción visible do espectro, que debe atravesar diversas lentes: funciona por refracción. Isto permite unha ampliacións de 1 500 aumentos, con resolucións máximas (distancia entre detalles distinguibles) de 0,2 micras ($0,2\ \mu\text{m} = 200\ \text{nm}$).



Microscopio óptico composto.

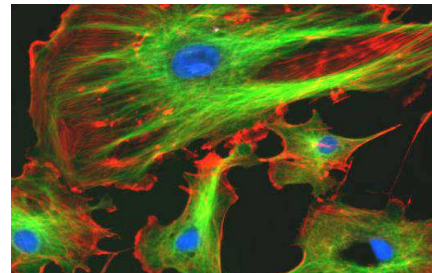
Nun microscopio de **contraste de fases** pódense observar células sen necesidade de tinguir. Isto permite a observación de células vivas.

Célula do epitelio bucal humano →



Microscopio de fluorescencia: Utiliza iluminación ultravioleta e detecta a fluorescencia emitida por marcadores.

Células do endotelio dunha arteria amosan o citoesqueleto: fibras de actina (vermello), microtúbulos (verde). O núcleo vése en azul.

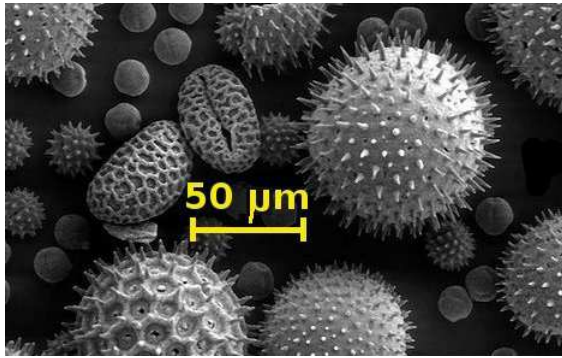


Microscopios electrónicos.

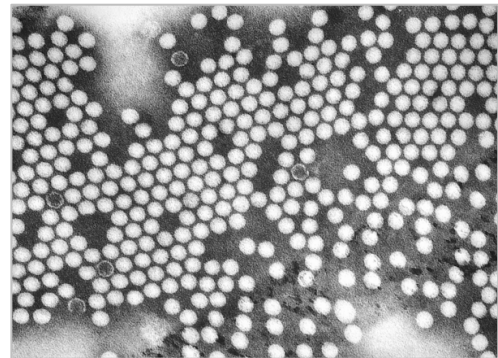
Utilizan un feixe de electróns para visualizar o obxecto, que pode atravesar a mostra un ser reflectido. As lentes son electroimáns.

No **microscopio electrónico de transmisión (MET)**, o aumento pode ser de 500 000 veces, con resolución de 1 nanómetro ($1\text{nm} = 0,001\ \mu\text{m}$). Estes microscopios necesitan a preparación de seccións ultrafinas.

No **microscopio electrónico de varrido (MEV)**, as imaxes reflicten a textura superficial despois de facer un sombreado metálico. Presentan unha gran profundidade de campo, polo que o aspecto é tridimensional. A resolución está entre 3 e 20 nm.



Grans de pole vistos ao **microscopio electrónico de varrido** (50 micrómetros = 0,05 mm)



Poliovirus vistos ao **microscopio electrónico de transmisión**. Trátase dun ARN virus moi simple, cun diámetro de só 30 nanómetros.

1.2. Métodos citoquímicos

Pretenden separar os compoñentes celulares sen alterar a súa estrutura, indentificar as substancias químicas e determinar a súa dinámica.

Entre as técnicas que se utilizan están:

- ⇒ **Cultivo celular** e cultivo de tecidos, que permiten realizar análise in vitro de sistemas controlados e simplificados

Os cultivos utilízanse para estudar actividades celulares como tráfico a través de membranas, división e movemento celular, síntese de macromoléculas, etc.

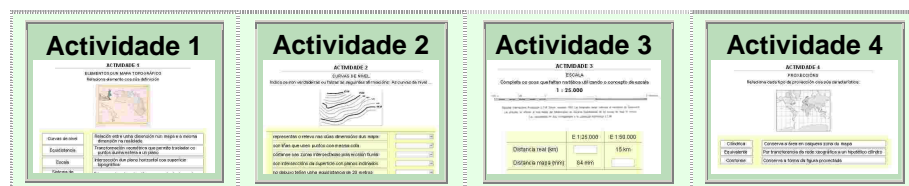
- ⇒ A **ultracentrifugación** permite o fraccionamento do contido celular. Segundo a súa *velocidade de sedimentación*, separa os orgánulos celulares (mitocondrias, núcleo), complexos supramoleculares (membranas, ribosomas) ou macromoléculas.

- ⇒ Para separar os compoñentes nunha mestura de materiais disolvidos utilízanse técnicas que aproveitan a diferente velocidade de desplazamento das moléculas nun medio determinado:

- na **cromatografía** segundo a afinidade que teñan as moléculas polo disolvente utilizado e coa matriz porosa pola que flúen.
- na **electroforese**, o movemento realízase en presenza dun campo eléctrico, poe que dependerá da carga eléctrica dos grupos funcionais presentes nas moléculas a separar.

- ⇒ A **marcaxe con radioisótopos** utilízase como trazador, é dicir, para seguir o percorrido dun elemento durante un experimento.

Por exemplo, deste xeito establecéuse que o osíxeno desprendido na fotosíntese procedía da fotólise da auga (marcada como H_2^{18}O), ou Melvin Calvin demostraba que o carbono do dióxido de carbono (marcado como $^{14}\text{CO}_2$) formaba na fase escura fosfoglicerato (PGA).



2. ORGANIZACIÓN E ESTRUCTURA CELULAR

2.1. Teoría celular

O primeiro en utilizar a palabra célula foi, en 1665, o científico inglés **Robert Hooke**. Describe, nunha publicación, as celiñas que constitúen a cortiza, ás que denominou **células**.

En realidade estas celiñas eran a parede celular de células mortas, non contiñan no seu interior nada. **Hooke, sen sabelo, deu o nome de célula á parede celular dunha célula morta.**

O descubrimento da célula e do seu interior foi ligado á observación microscópica e á mellora das técnicas de observación:

- En 1673, o holandés **Antón van Leeuwenhoek** utiliza un microscopio simple -similar a unha lupa- con 270 aumentos, e observa por primeira vez as células de microorganismos, logo do que describe os glóbulos vermellos do sangue. Leeuwenhoek é o primeiro en afirmar que as células son “unidades viventes”.
- Durante o século XVIII outros investigadores como Corti ou Fontana, con microscopios compostos, descubren a presenza de un medio interno celular e de corpúsculos - orgánulos celulares- nese medio.

No século XIX realízanse importantes observacións complementarias que permiten establecer os postulados da teoría celular:

- en 1831, **Brown** descobre o núcleo nas células das orquídeas, e en 1838 **Purkinje** propón o termo de “protoplasma” para denominar ao medio interno da célula, onde observara certos movementos.
- En 1838 o microscopista alemáns **Schleiden** reconece que a célula é a unidade elemental da estrutura de tódalas plantas, e que éstas medran por multiplicación de células. En 1839 **Schwann** estende a idea de célula como unidade constitutiva ao conxunto dos seres vivos: unifica botánica e zooloxía
Schleiden e Schwann foron os primeiros en reunir probas convincentes para establecer a “teoría celular”.
- Máis tarde, a mediados do século XIX, **Rudolf Virchow** afirma que *toda célula procede doutra célula* e resolveu o tema de cómo se reproducían as células
(Para Schleiden e Schwann as células propagaríanse a partir de “núcleos” das células vellas)
- Dende finais do século XIX e xa no s. XX, o investigador **Santiago Ramón y Cajal** fixo grandes descubrimentos sobre a neurona, grazas a eles puidéronse xeralizar os postulados da teoría celular. Pensábase entón que o tecido nervioso era unha excepción á teoría celular.

TEORIA CELULAR

A teoría celular considera que as células son a unidade morfolóxica, fisiolóxica e xenética dos seres vivos.

Podemos resumir a teoría celular en:

- 1. Todos os seres vivos están formados por células. É a unidade estrutural mínima e pode ser suficiente para constituír un organismo.**
- 2. A célula é a unidade fisiolóxica da vida, posto que realiza tódalas funcións vitais.**
- 3. Todas as células derivan doutras células preexistentes (omnis cellula e cellula).**
- 4. A célula é a unidade xenética, posto que contén toda a información hereditaria para o control do seu ciclo.**

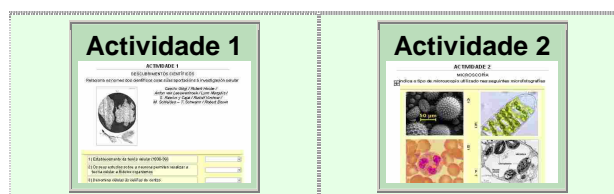
A teoría celular segue sendo válida hoxe na maioría dos seus aspectos. Os avances científicos permiten aclarar determinados aspectos como:

1. Hoxe sábese que os *virus*, non están formados por células. No século XIX aínda se descoñecía a súa existencia.
2. Hoxe ao protoplasma non se lle pode considerar como unha estrutura “perfectamente homoxénea e sen organización”, como se consideraba antes: sábese que ten estrutura.

BREVE RESUMO DOS AVANCES CIENTÍFICOS PARA ESTABLECER A “TEORÍA CELULAR”

- 1665 **Robert Hooke**, publica un artigo sobre a natureza celular do cortizo. Denomina células ás celiñas do cortizo.
- 1673 **Leeuwenhoek**, mestre na arte de pulir lentes, visualiza células co microscopio simple: microorganismos, células sanguíneas, espermatozoides
- 1774 **Corti**, descobre a presenza dun medio interno celular.
- 1781 **Fontana**, comproba a existencia de corpúsculos no medio interno celular.
- 1831 **R. Brown**, descubre o núcleo nas células de orquídeas.
- 1835 **Dujardin**, estudando seres unicelulares, di que o contido celular é unha substancia xelatinosa, elástica, contráctil, homoxénea e sen organización.
- 1838 **Purkinje**, describe o medio interno como unha substancia mucilaxinosa e denomínaa protoplasma
- 1838 **Matthias Schleiden**, establece que:
1. A célula é a unidade elemental das plantas.
 2. A célula orixínase dentro das antigas células.
 3. O crecemento das plantas débese a unha multiplicación das células.
- 1839 **Theodor Schwann**, estende os postulados de Schleiden aos animais e emprega por vez primeira o termo “teoría celular”
- 1841 **Kolliker**, aplicou a “teoría celular” á embrioloxía e demostrou o carácter celular dos espermatozoides.
- 1844 **Kolliker**, demostra o carácter celular dos óvulos.
- 1855 **Virchow**, postula que só poden aparecer novas células a partir da división das existentes.
- 1861 **Bucke**, define a célula como un organismo elemental, como o ser vivo máis pequeno e sinxelo.
- 1879 **E. Strasburger**, postula que todo núcleo procede doutro núcleo
- 1888 **S. Ramón y Cajal**, fixo grandes descubrimentos sobre a neurona, grazas aos que se puideron xeneralizar os postulados da teoría celular a todos os organismos.

Antes de 1900 coñécese xa a mitose ou división celular das células somáticas, identifícanse o retículo endoplasmático, as mitocondrias, os plastos, o aparato de Golgi,...



2.2. Modelos de organización

A maioría dos seres vivos presentan organización celular, pero existen organismos máis simples, cun nivel de organización inferior (complexos supramoleculares) que se comportan como parásitos da maquinaria molecular das células das que dependen.

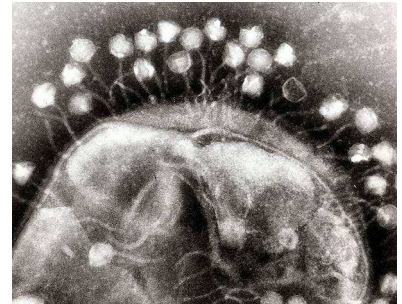
❖ ORGANIZACIÓN ACELULAR

Os virus están formados por agregados complexos de macromoléculas.

Os **virus** son organismos acelulares, constituídos por moléculas de ácidos nucleicos (ADN ou ARN) e proteínas, que carecen de citoplasma e de metabolismo propio.

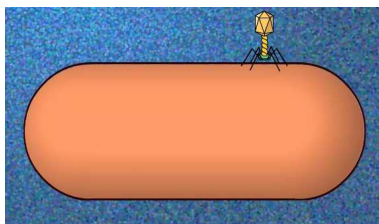
Precisan dun hóspede para reproducirse e son polo tanto parásitos obrigados dos seres vivos.

Bacteriófagos infectando a unha bacteria, vistos ao microscopio electrónico de transmisión →

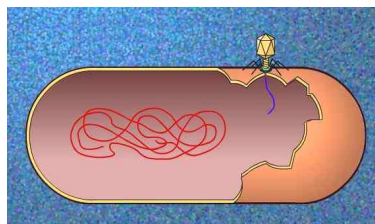


Os **viroides** son moléculas de ARN monocatenario circular sen ningún tipo de recubrimento protéico. Son parásitos exclusivos de plantas superiores, producen clorose, ananismo, malformacións...

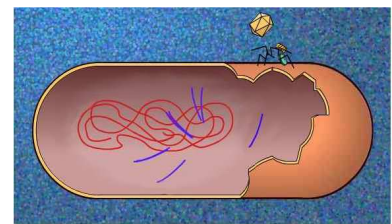
CICLO LÍTICO DUN BACTERIOFAGO



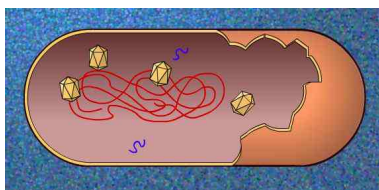
1. **Fixación** do bacteriófago á parede bacteriana



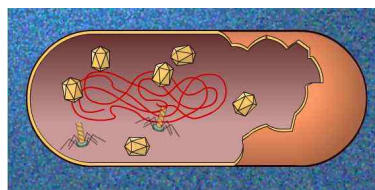
2. **Inxección** do material xenético viral



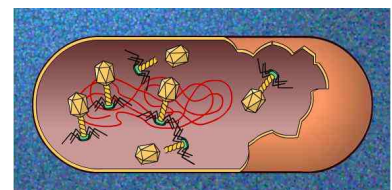
3. **Síntese de enzimas virais e replicación** do seu material xenético



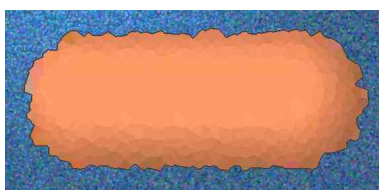
4. **Síntese das cubertas proteicas e**



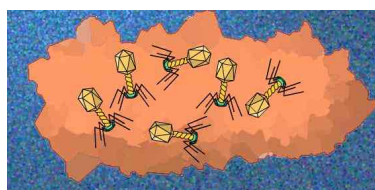
5. **Encapsulación** do material xenético viral



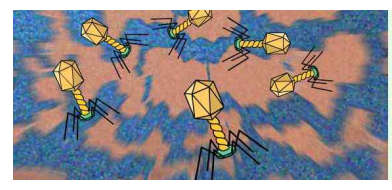
6. **Ensamblaxe** do virus



7. **Lise** da célula bacteriana



8. **Liberación** das partículas virais



9. **Extensión** da infección

❖ ORGANIZACIÓN CELULAR

A célula é unha estrutura constituída por tres elementos básicos: **membrana plasmática**, **citoplasma**, e **material xenético (ADN)**.

A célula ten a capacidade de realizar tres funcións básicas dos seres vivos: **nutrición**, **relación e reprodución**.

Dentro dos seres vivos formados por células podemos atoparnos con dous tipos básicos de organización: a procariota e a eucariota.

Células PROCARIOTAS propias do Reino Moneras (bacterias e algas verde-azuladas ou cianofíceas). Son de organización moi simple, normalmente unicelulares con algunha excepción multicelular.

Teñen en común co resto das células de outros organismos vivos unha membrana plasmática, citoplasma e material xenético. Tamén presentan, unha grossa **parede celular** ríxida por fora da membrana plasmática. Algúns poden presentar órganos de movemento que sobresaen da célula como **flaxelos**.

No seu interior teñen **ribosomas** e unhas pequenas invaginacións da membrana, chamados **mesosomas**, onde se realizan funcións que os eucariotas realizan en orgánulos específicos. Non presentan núcleo e o seu ADN está no citoplasma.



Bacterias intestinais: bacilos, espirilos, cocos, estreptococos

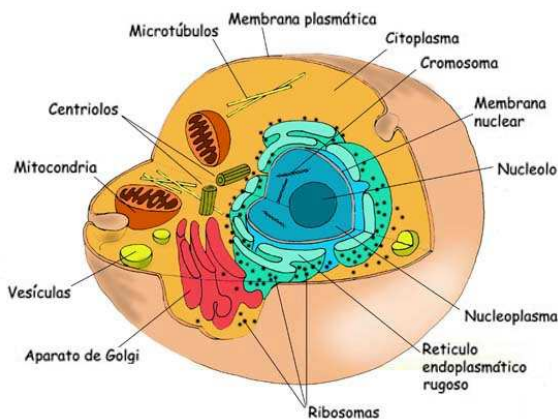
Células EUCARIOTAS son propias do resto dos Reinos: Protocista, Fungos, Plantas e Animais.

Son formas celulares de maior tamaño e máis complexas, correspondentes a organismos unicelulares ou pluricelulares (neste último caso diferéncianse para formar tecidos).

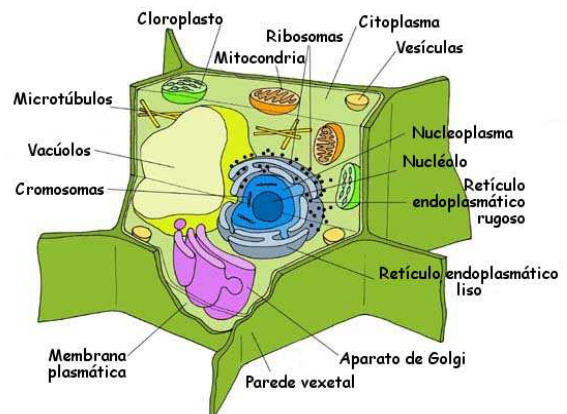
Presentan **membrana plasmática**, **citoplasma** (máis complicado que en procariotas) que contén diversos **orgánulos membranosos** (aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacúolos, mitocondrias, cloroplastos...) e estruturas carentes de membrana (centríolos, ribosomas, microtúbulos e microfilamentos).

O **núcleo** destas células está independente do resto do citoplasma por unha membrana nuclear con numerosos poros. Este núcleo contén o ADN da célula en forma de **cromosomas** ou **cromatina**, segundo o momento do ciclo celular.

CÉLULA EUCARIOTA ANIMAL



CÉLULA EUCARIOTA VEXETAL



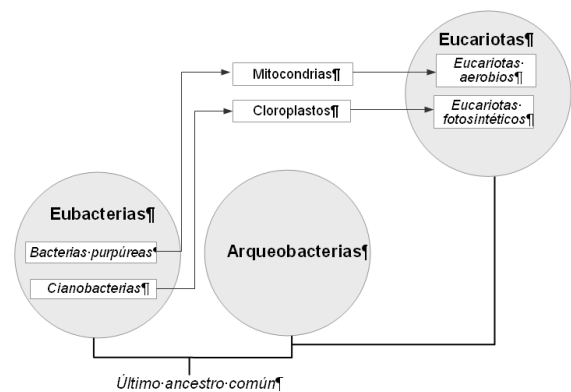
Á luz dos coñecementos científicos actuais parece que as células procariotas e eucariotas proceden dun antepasado común. O salto evolutivo da célula procariota á eucariota debeuse dar hai 2.000 millóns de anos.

Os eucariotas máis primitivos debían ser organismos unicelulares co seu ADN pechado nun núcleo, pero de metabolismo heterótrofo e anaerobio.

As *mitocondrias* e *plastos*, procederían de bacterias que se instalaram no interior de células procariotas despois da súa captura.

Isto explicaría tamén a presenza nestes orgánulos de ADN circular e ribosomas, similares aos dos seres de organización procariota

Con esta **endosimbiose**, a célula eucariota podería realizar a respiración aerobia (oxidación completa en presenza de osíxeno) e tamén realizar a fotosíntese (nos fotótrofos).



Diferenzas morfolóxicas e estruturais entre células procariotas e eucariotas

PROCARIOTA	EUCARIOTA
Células de pequeno tamaño 1-10 micras	Células normalmente grandes: 10-100 micras
Células sen citoesquelete	Células con citoesquelete
Célula sen núcleo e sen nucléolo	Células con núcleo e nucléolo.
Células que non forman tecidos	Células que forman tecidos
Células sen mitocondrias, sen centriolos	Células con diversos orgánulos celulares
Ribosomas pequenos 70S	Ribosomas maiores que os das procariotas 80S
Presentan división celular directa: fisión binaria	Presentan división celular por mitose
O metabolismo pode ser aerobio ou anaerobio	Todos son aerobios, precisan osíxeno
ADN circular no citoplasma	ADN lineal organizado en cromosomas
ARN e proteínas sintetizados no mesmo compartimento	ARN sintetizado no núcleo. Proteínas sintetizadas no citoplasma
Unicelulares	Unicelulares e pluricelulares

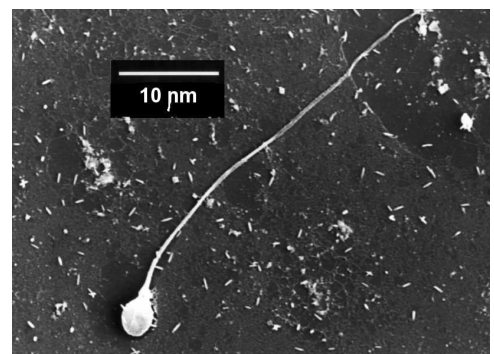
2.3. Estrutura celular eucariota.

Cunha mesma estrutura básica, a célula eucariota presenta unha morfoloxía moi variada:

❖ **FORMA.** As células teñen forma variada en función de factores como: a tensión superficial, a viscosidade do protoplasma, a presión das células contiguas, a rixidez da membrana e sobre todo da *función* que desempeña.

Existen células esféricas (sangue), en forma de fuso (musculares, protozoos), estreladas (neuronas), etc. Cada tecido ten os seus tipos celulares característicos

Espermatozoide humano (M.E. de varrido) →



❖ **TAMAÑO.** As células varían en tamaño: poden ser enormes como os ovos das aves (o da avestruz miden decenas de cm), ou medir só unhas micras, como sucede coa maioría delas. O tamaño medio das células oscila entre 10-100 micras.

O tamaño celular vén condicionado polas relacións: volume/superficie, volume do núcleo/citoplasma.

No corpo humano atopámonos con células de tamaño moi variable que se miden en micras

- glóbulos vermellos = 7,5 micras
- células do fígado = 20 micras
- células musculares = 40- 200 micras
- neuronas, que co seu axón poden alcanzar un metro.

❖ **VOLUME.** O volume da célula é moi variable, dependendo de cada tipo de célula. Non depende do órgano do cal forma parte.

Independente da forma, dimensión ou función das células, estas teñen un conxunto de estruturas comúns como son *membrana plasmática*, *citoplasma* e ADN ou *material xenético*, máis os **orgánulos** que as fan diferentes segundo sexan animais ou vexetais

Diferenzas entre célula vexetal e célula animal

CÉLULA VEXETAL	CÉLULA ANIMAL
Con parede celular	Sen parede celular
Con plastos	Sen plastos
Sen centríolo	Con centríolo
Forma corrente: poligonal	Forma moi variada: esférica, alongada
Con grandes vacúolos	Sen vacúolos, ou de tamaño moi pequeno
Posición do núcleo: lateral	Posición do núcleo: central

3. ENVOLTURAS CELULARES

As **envolturas celulares** son capas que separan o medio interno do exterior. Aquí inclúese á *membrana plasmática* (presente en células eucariotas e procariotas) e ás *membranas de secreción* (que poden faltar).

Son membranas de secreción: a *matriz extracelular* (de animais), a *parede vexetal* (de vexetais) e a *parede de fungos e bacterias*.

3.1. Membrana plasmática

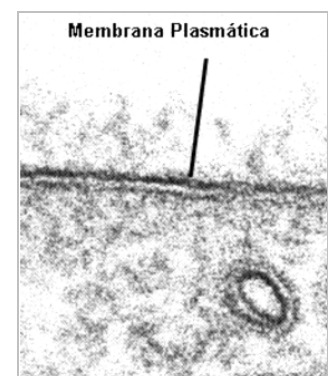
A membrana é unha lámina delgada de aproximadamente 75-100 Å que envolve a célula e a separa do medio externo, encerra ao citoplasma.

❖ **ESTRUTURA**

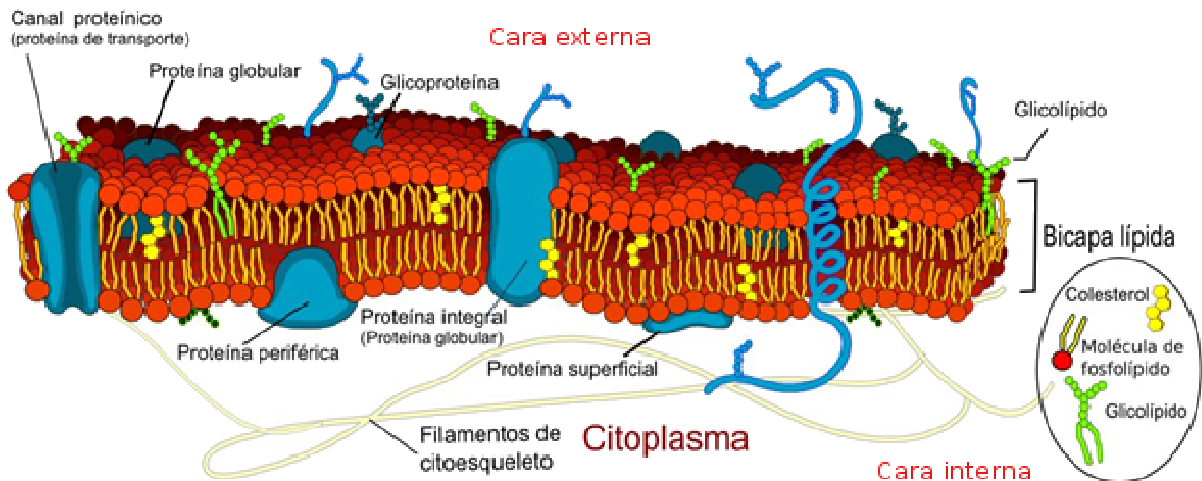
A membrana vista ao microscopio electrónico aparece como composta por tres capas, dúas escuras e unha clara no medio. A membrana consta dunha dobre capa de lípidos onde se incrustan moléculas de natureza proteica (principalmente proteínas globulares), e glúcidos.

Admítese actualmente a estrutura ou modelo de membrana coñecido como *modelo en mosaico fluído* ou lípido-proteínico, proposto por **Singer e Nicolson** (1966) onde a membrana está constituída por:

- Unha dobre capa de *fosfolípidos* (**bicapa lipídica**).
- *Proteínas integrais*, que ocupan todo o espesor da membrana (proteínas transmembranas) e están fortemente ligadas a ela.



- *Proteínas periféricas* que sobresaen nunha das dúas capas da membrana -por dentro ou por fora- e en ambos casos están debilmente unidas á membrana.



❖ COMPOSICIÓN

A membrana ten a seguinte composición química: 50% de proteínas, 40% de lípidos e 10% de azúcar.

⇒ LÍPIDOS

Son principalmente heterolípidos e constitúen da orde do 40% da masa da membrana:

- **Fosfolípidos** (lecitinas, esfingomielinas,...).
- **Glicolípidos** (cerebrósidos e gangliósidos)
- **Esteroides** (colesterol).

Os lípidos oríentanse de maneira que os seus radicais *hidrófilos* -amantes da auga- quedan no exterior e os radicais *hidrófobos* quedan no interior.

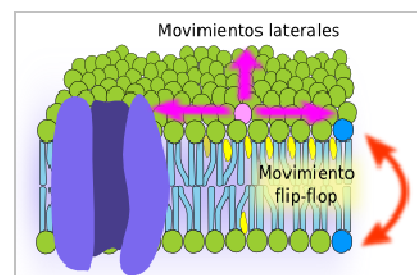
Os lípidos son responsables de diversas propiedades das membranas como **asimetría** e **fluidez**.

Asimetría. Os lípidos da cara externa da membrana son distintos dos da cara interna.

- (por exemplo no exterior da membrana os lípidos conteñen fosfatidilcolina, mentres que na cara interna están os fosfolípidos que conteñen fosfatidilserina)
- isto determina unha asimetría de gran importancia biolóxica ao participar os fosfolípidos en labores de recoñecemento e comunicación intracelular e mesmo influír na actividade dalgúns enzimas.

Fluidez. Os *fosfolípidos* da membrana son capaces de efectuar movementos libres (rotación, flexión, translación).

- A causa está nos enlaces débiles que presentan (forzas de Van der Waals, interaccións electrostáticas e hidrofóbicas...)
- Debido a estes movementos dos fosfolípidos, as membranas non se consideran estruturas ríxidas senón todo o contrario: **estruturas “cuasi- fluídas”**



Os movementos laterais dos lípidos son continuos. Os movementos “flip-flop” son raros en lípidos e non existen en proteínas.

O **colesterol** é un lípido de membrana que contrarresta en parte a fluidez que producen os fosfolípidos, fai as membranas menos fluídas pero tamén impide a rixidez total.

A fácil adaptación dos microorganismo e de algúns animais a climas extremos débese tamén aos lípidos, xa que as membranas plasmáticas modifícanse cando se acurtan as cadeas de ácidos graxos dos fosfolípidos ou cando se incorporan a elas ácidos graxos saturados de cadea longa, fenómeno que favorece a adaptación citada.

⇒ **PROTEÍNAS**

As proteínas son un dos compoñentes fundamentais das membranas, constitúen da orden do 50-52 % da masa das membranas. Nas membranas das mitocondrias as proteínas poden representar da orde do 75% do total.

As proteínas oriéntanse de forma similar aos lípidos: os radicais hidrófobos permanecen en contacto cos radicais hidrófobos dos lípidos.

As proteínas poden se de dous tipos:

- Proteínas integrais.** Son as que están atravesando todo o espesor da membrana (proteínas *transmembranosas*) formando hélices alfa e firmemente unidas aos lípidos por interaccións hifrofóbicas.
- Proteínas periféricas.** Localizadas *na superficie externa ou interna* da membrana, podendo sobresaír a cada lado.

Algúns das funcións das proteínas de membrana son:

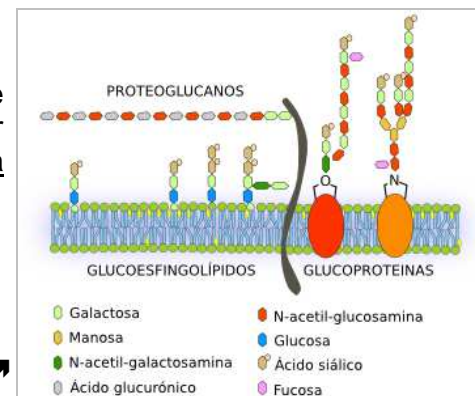
- Transporte a través da membrana (canaís iónicos, transportadores, bombas)
- Receptores de sinais químicos (de neurotransmisores, hormonas)
- Estructural, participan na adhesión das células á matriz extracelular.
- Enzimática, por exemplo para formar compoñentes da matriz extracelular

⇒ **GLÍCIDOS** (Glicocalix)

Os glúcidos da membrana son oligosacáridos que se unen a lípidos e a proteínas para formar **glicolípidos e glicoproteínas**. Están localizados na cara externa.

A maioría están ligados a proteínas (levan glúcidos case tódalas proteínas de membrana, pero só o 5% dos lípidos)

Esquema da disposición dos glúcidos nas membranas en asociación con lípidos e proteínas. ➔

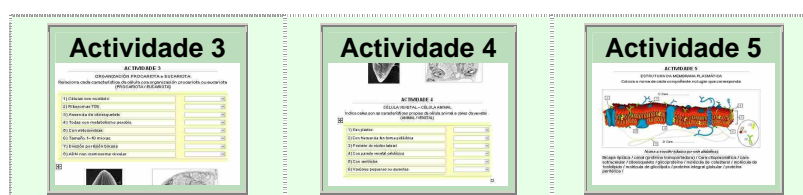


Chámase **glicocalix** ao conxunto dos glúcidos da membrana plasmática. Nalgúns tipos celulares hai tanto que forman unha envoltura (observable al m. electrónico), e pode representar entre o 2 e o 10% da masa da membrana.

A súa **función** reside en actuar como lugares de *recoñecemento e unión*.

- Actuar como *antíxeno*, (determinan os grupos sanguíneos), inducendo unha resposta inmunitaria tal como a unión de anticorpos.
- Lugares de recoñecemento por parte de patóxenos (virus, bacterias, protozoos) onde se adhíren á membrana para comezar a infección da célula.

As células do cancro teñen un glicocalix diferente das células normais, e a compatibilidade ou rexeite no caso de transplante de órganos depende dos glúcidos que forman o glicocalix.



3.2. Membranas de secreción

3.2.1. MATRIZ EXTRACELULAR

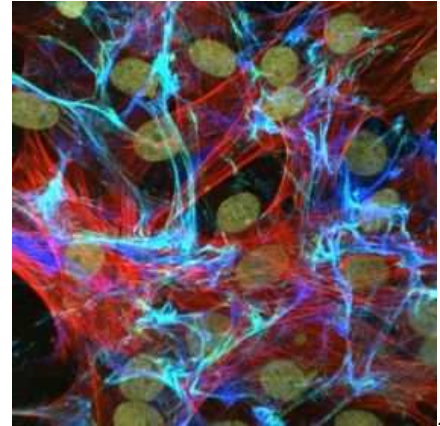
Matriz extracelular é o entramado de macromoléculas (polisacáridos e proteínas como o coláxeno, elastinas, glicoproteínas, etc.) dispostas no espazo intercelular, é que son sintetizadas e secretadas polas propias células.

A cantidade, composición e disposición desta matriz depende do tecido: no conectivo constitúen a maioría do volume, no epitelial e nervioso apenas existe.

As súas funcións son:

- Mantemento da forma celular
- Permitir a adhesión das células para formar tecidos
- Aportar propiedades mecánicas aos tecidos
- Permitir a comunicación intercelular
- Modular a diferenciación celular e a súa fisioloxía.

*Os fibroblastos secretan e organizan as fibras da **matriz extracelular** (azul). As proteínas contráctiles do interior das células véñse en vermello, os seus núcleos ovalados en pardo.*

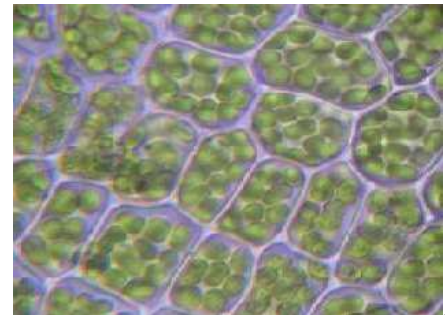


3.2.2 PAREDE CELULAR

A parede celular é unha estrutura propia das plantas, das algas, dos fungos e das bacterias, pero en cada caso ten unha natureza diferente.

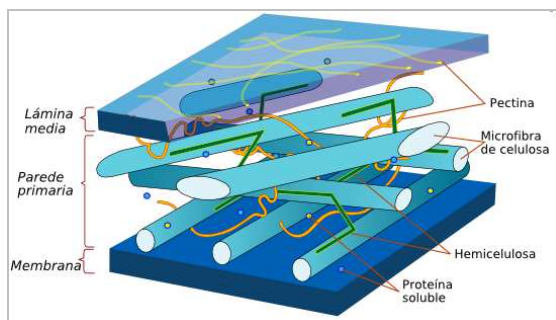
Actúa como un esqueleto externo, xa que é unha película dura e ríxida, formada nos vexetais principalmente por celulosa.

*A **parede celular** confírelle forma xeométrica a moitas células vexetais*



a) PAREDE CELULAR VEXETAL

É unha envoltura grossa e ríxida propia das células vexetais. Constitúe o seu sostén, determina a forma da célula, o tamaño e as características dos tecidos vexetais.



Composición e Estrutura. O estudo da parede co microscopio permite observar tres capas:

1. Lámina media, situada entre dúas células contiguas. Actúa como un cemento que une as paredes primarias das células. É de aspecto xelatinoso. Esta lámina é rica en **pectinas**, e imprégñase de **lignina** nos tecidos condutores.

2. Parede primaria, é unha cuberta delgada e flexible que está pegada á lámina media, formada por **celulosa**, **proteínas**, e **monosacáridos** libres. Nas paredes de células mortas deposítase **lignina**, que dá resistencia. Esta lignina aglutina fibrillas de celulosa que forman a madeira.

3. Parede secundaria, é unha cuberta máis ríxida que a parede primaria. Só se forma nalgúns células vexetais coa finalidade de dar maior resistencia mecánica. Esta parede é máis rica en **celulosa** que a parede primaria. A estrutura é en capas e pode chegar até a ter 20. Ademais impide o crecemento da célula vexetal.

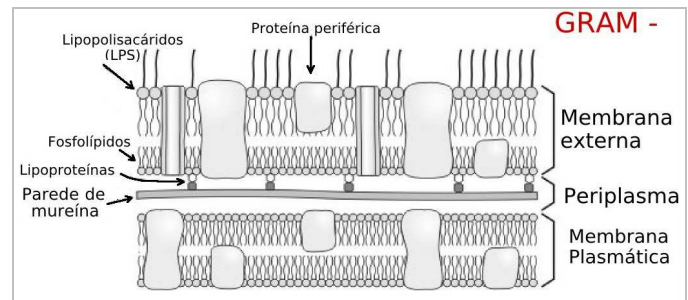
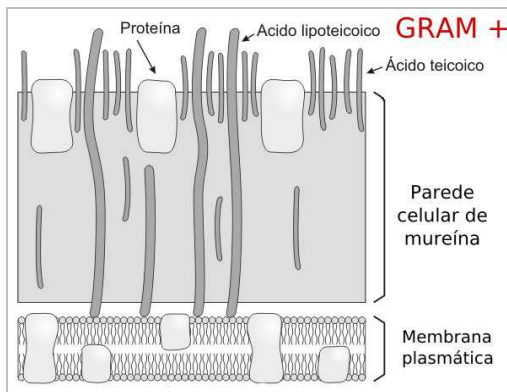
Aínda que existen todas estas capas, a célula vexetal presenta unha comunicación ou unhas pontes de comunicación coas veciñas, que chamamos **plasmodesmos**. Mesmo pode adelgazarse a parede celular en determinados puntos producíndose **punteaduras**.

b). PAREDES CELULARES DE BACTERIAS E FUNGOS.

❖ BACTERIAS

A parede das bacterias está formada por combinación de glúcidos e aminoácidos. Podemos distinguir ente bacterias Gram-negativas e Gram-positivas

(a técnica Gram baséase no emprego dun colorante básico: as Gram-positivas coloréanse as Gram-negativas non).



A división das bacterias en dous grupos segundo a súa resposta á **tinción de Gram** corresponde a unha diferente estrutura e composición da parede bacteriana.

Bacterias Gram-negativas (Gram -). Presentan unha parede delgada biestratificada, formada por dúas capas.

A capa externa é semellante a unha bicapa típica (con fosfolípidos e proteínas), pero é moi asimétrica: a semicapa externa está composta por lipopolisacáridos.

A capa interna, ou basal, presenta aminoácidos e azucres como os peptidoglicanos (**mureína**).

Este tipo de bacterias son máis resistentes aos antibióticos que as Gram +.

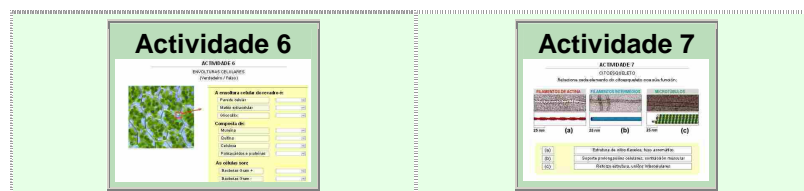
Bacterias Gram-positivas (Gram +). Presentan unha parede monoestratificada de moito maior grosor que a parede das bacterias Gram negativas (até 8 veces máis grossa).

A natureza desta parede é similar a parede interna das Gram-negativas, presenta peptidoglicanos asociados a proteínas, polisacáridos,....

❖ FUNGOS

A parede dos fungos é de natureza moi variada. Está formada por glúcidos, lípidos e proteínas. A **quitina** está presente na maioría dos fungos.

Función da parede: dar rixidez á célula e impedir a súa ruptura.



Unidade 10

Citoplasma e orgánulos. O Núcleo.

A célula eucariota caracterízase por unha compartimentación do espazo, mediante a existencia de membranas internas, que permite a especialización funcional. Parte destas endomembranas constitúen a envoltura do núcleo, outras delimitan orgánulos.

4. CITOPLASMA

O citoplasma é o medio intracelular situado entre a membrana plasmática e a envoltura nuclear. Consta dunha solución líquida que inclúe unha serie de estruturas e orgánulos.

4.1. Citosol, citoesqueleto e estruturas non membranosas

❖ **CITOSOL**

O **citosol** considerase que é a zona do citoplasma que non está incluída dentro de ningún orgánulo celular. É un medio rico en auga (85% do total), no cal están disoltas gran cantidade de moléculas: glúcidos, lípidos, proteínas e enzimas, ácidos nucleicos (ARNm, ARNt, ARNr, ADN), sales minerais, ións, etc.

O citosol (coñecido tamén como **hialoplasma**) é unha solución coloidal que pode estar en estado de “sol”, se está case fluído ou en estado de “xel” cando está viscoso (denominándose citosol e citoxel respectivamente).

O citosol cambia temporalmente de estado (de sol a xel ou de xel a sol), isto permite que se formen correntes no interior do citoplasma coñecidas como **ciclose**, correntes que arrastran moléculas e orgánulos dun a outro lado e homoxeneizan o citoplasma.

Ao mesmo tempo a solución coloidal que forma o citosol presenta organización e contén elementos fibrosos que forman o **citoesqueleto**. Tamén pode presentar **inclusiones citoplasmáticas** (dependendo do tipo de célula acumulará determinadas substancias: glicóxeno, lípidos, pigmentos...)

Funcións. O citosol actúa como regulador do pH intracelular. Coa participación das proteínas que contén, o citosol intervéen en numerosos procesos metabólicos:

- **Glicólise**, a ruta básica catabólica de degradación da glicosa, e **fermentación láctica**.
- **Glicoxenoxénese e glicoxenólise** (síntese e degradación do glicóxeno)
- **Biosíntese de aminoácidos e modificacións das proteínas** formadas.
- **Biosíntese dos ácidos graxos**.

No apartado 4.2 veránse os diversos orgánulos membranosos que se atopan no citosol (mitocondrias, plastos, retículo endoplasmático, aparato de Golgi).

❖ **CITOESQUELETO**

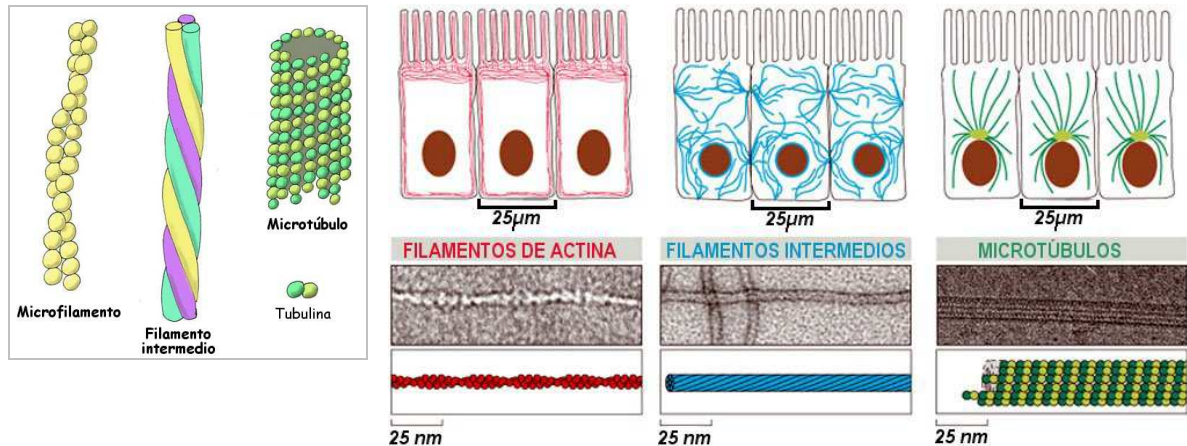
O **citoesqueleto** é unha estrutura tridimensional dinámica que se estende polo citoplasma, entre o núcleo e a cara interna da membrana plasmática.

Equivale ao esqueleto e “musculatura” da célula, xa que ademais de darlle forma, desempeña funcións relacionadas co movemento (locomoción, división celular, disposición e movemento dos orgánulos).

O **citoesqueleto** aparece en todas as células eucariotas. A súa **composición química** é unha rede de fibras de proteína (microtúbulos, microfilamentos e filamentos intermedios)

⇒ Os **microtúbulos** son estruturas cilíndricas longas e ocas de escaso diámetro (250 Å), poden estar dispersas no citosol ou formar estruturas como **cilios**, **flaxelos**, **centríolos**, **fuso acromático**,...etc..

Están constituídos por proteínas globulares coñecidas co nome de **tubulinas** (*tubulina alfa e beta*). Fórmanse e destrúense continuamente en función das necesidades da célula e poden alongarse por un extremo e acurtarse polo outro.



Distribución dos compoñentes do citoesqueleto na célula: **1)** Microfilamentos no polo apical da célula (actina en microvelosidades), **2)** Filamentos intermedios unidos a desmosomas, **3)** Microtúbulos dende o centrosoma,

Función. Os microtúbulos interveñen na formación do fuso mitótico e no movemento tanto da célula como dos cromosomas no interior da célula. Asímesmo son responsables de diferenciacións morfolóxicas, do mantemento da forma da célula, do transporte de substancias polo citosol e da localización do retículo endoplasmático e do aparato de Golgi.

⇒ Os **microfilamentos**, coñecidos tamén como *filamentos de actina*, están formados por proteínas globulares igual que os microtúbulos, sitúanse na periferia celular e dispóñense como raios por todo o citoplasma mantendo así a forma da célula.

Os filamentos de actina -*actina F e G* - asóciáanse a outras proteínas e dependendo desta proteína a que se asocian poden ter **funcións** diferentes:

- contráctil si a actina se asocia a miosina (células musculares)
- de soporte como sucede nas microvelosidades (intestinais por exemplo)
- formación de pseudópodos.

Igual que sucedía cos microtúbulos, os microfilamentos fórmanse ou destrúense en función das necesidades da célula.

⇒ Os **filamentos intermedios**, están formados por proteínas fibrosas moi resistentes e estables. Son os elementos máis resistentes do citoesqueleto, e a súa **función** é estrutural. Son especialmente importantes en células sometidas a esforzos mecánicos (tamén nos axóns das neuronas)

Microtúbulos, microfilamentos e filamentos intermedios están unidos máis ou menos entre si, e forma unha estrutura tridimensional que ocupa o volume celular.

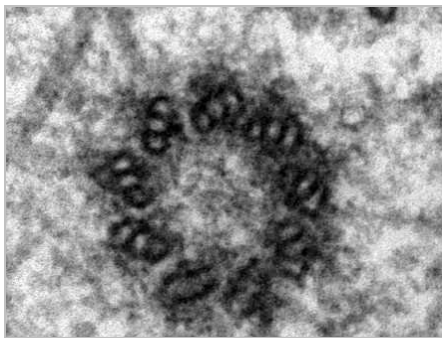
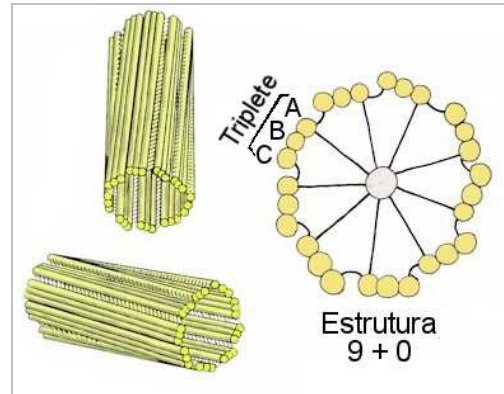
❖ **CENTROSOMA e outras ESTRUTURAS ESTABLES DE MICROTÚBULOS**

O **centrosoma**, é unha estrutura complexa formada por microtúbulos estables é exclusivo de células animais. Está próximo ao núcleo en interfase e duplicase antes da mitose. Chámase tamén **centro organizador de microtúbulos**.

O **centrosoma** esta constituído por dous **centríolos** e por unha zona amorfa que os rodea chamada **centrosfera**. Na periferia estan os **microtúbulos do áster** “como raios solares”

Cada célula animal presenta dous centriolos en posición máis ou menos perpendicular, formando o diplosoma. A parede do centriolo está constituída por 9 grupos de tres túbulos ou tripletes.

Esquema da disposición dos centriolos, e sección transversal que mostra a estrutura de nove tripletes sen microtúbulos no eixe (9+0) ➔



➔ Ao microscopio electrónico de transmisión, o centriolo aparece como un cilindro oco de 0.2 micras de diámetro e un máximo de 7 micras de lonxitude.

Nos centriolos atópanse proteínas (50% do total) como a **tubulina** formando os microtúbulos, e ademais glícidos lípidos, ADN, ARN, auga,.

Función. O centrosoma é un centro organizador de microtúbulos.

- Forma o **fuso mitótico**, estrutura encargada de separar e repartir os cromosomas esencial na mitose e meiose.
- Do centriolo derivan os **cilios** e **flaxelos**, que son prolongacións citoplasmáticas ou estruturas piliformes (cortas e numerosas = **cilios**; longas e poucas = **flaxelos**) dotadas de movemento no seu extremo libre.

Cilios e flaxelos permiten o desprazamento da célula, como no caso dos espermatozoides que presentan un activo flaxelo para moverse ate alcanzar ao óvulo para realizar a fecundación.

❖ **RIBOSOMAS**

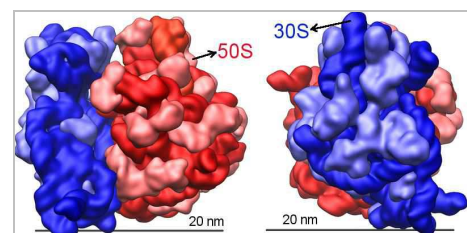
Os ribosomas, son complexos supramoleculares de forma redondeada ou esférica, constituídos por proteínas asociadas a ácido ribonucleico ribosómico (ARNr).

Foron descubertos por Claude e Palade en 1953 e tamén son coñecidos como gránulos de Palade. Están presentes nas células eucariotas e nas procariotas e mesmo atopámolos no interior das mitocondrias e cloroplastos.

Os ribosomas son a suma de dúas subunidades de distinto tamaño, que están separadas no citosol e únense cando o ribosoma vai ler o ARN mensaxeiro procedente do núcleo.

As unidades designanse polo seu **coeficiente de sedimentación S** cando se centrifugan (S = Svedberg).

Modelo de ribosoma 70S da bacteria E. Coli. ➔



O tamaño é duns 20 nm, e son maiores nas células eucariotas que nas procariotas.

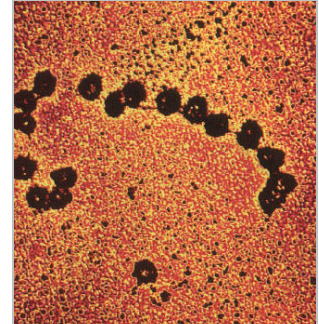
Ribosomas 70S (procariotas), subunidade grande de 50S, pequena de 30 S

Ribosomas 80S (eucariotas), subunidade grande de 60S, pequena de 40 S

Os ribosomas fórmanse no nucléolo e poden estar libres no citosol ou agrupados constituíndo os **polisomas** ou **polirribosomas**. Poden estar unidos por medio de proteínas á membrana do núcleo e ao retículo endoplasmático, dándolle a éste un aspecto rugoso e formando o *Retículo Endoplasmático Rugoso* (RER).

Para a síntese de proteínas os ribosomas asóciáanse en grupos mediante un filamento de ARNm,

Polisoma visto ao microscopio electrónico de transmisión →



Función. A función dos ribosomas é a *biosíntese ou fabricación de proteínas*.

- Os *polirribosomas libres* no citosol elaboran as proteínas destinadas a célula: proteínas do citosol, proteínas periféricas da membrana plasmática, proteínas do citoesqueleto, as destinadas a mitocondrias, as histonas dos cromosomas, etc.
- Os *polirribosomas ligados á membrana* do retículo endoplasmático (unión que depende do magnesio) sintetizan proteínas que se van a empacar e modificar no citosol, retículo endoplasmático rugoso ou no complexo de Golgi ou mesmo se modifican cando se expulsan fora da célula.

4.2. Orgánulos celulares

As células eucariotas presentan diversos tipos de orgánulos membranosos que delimitan compartimentos especializados nalguna función metabólica. Moitos dos orgánulos celulares están interrelacionados e complementan a súa función.

Pódese distinguir entre :

- a) **Orgánulos de membrana simple** individualizados ou ben formando un complexo sistema de membranas internas que chega a ocupar a metade da célula.
(Retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, peroxisomas, vacúolos)
- b) **Orgánulos de dobre membrana.**
(mitocondrias e cloroplastos)

4.2.1. ORGÁNULOS DE MEMBRANA SIMPLE

❖ RETICULO ENDOPLASMÁTICO

En 1950 descóbrese unha serie de conductos membranosos interconectados entre sí (e coas membranas nuclear externa e plasmática). A este sistema chamóuselle **retículo endoplasmático**.

Está formado por túbulos e sáculos ou vesículas aplanadas ue atravesan o citoplasma. Dentro dos sacos aplanados existe un espacio chamado **lúmen** que almacena substancias.

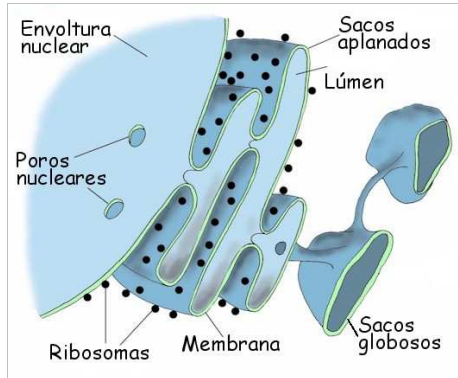
Existen dúas clases de Retículo Endoplasmático:

- *R. E. Rugoso*, de estrutura laminar e con ribosomas adheridos
- *R.E. Liso*, de estrutura tubular e libre de ribosomas asociados.

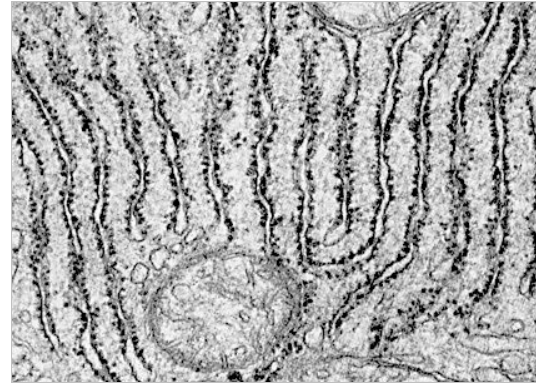
⇒ **Retículo Endoplasmático Rugoso (RER)**

Os elementos característicos do RER son unhas finas láminas compostas de dúas membranas unidas polos seus bordes, que limitan unhas cavidades en forma de saco aplastado ou **cisterna**.

O retículo endoplasmático asociado a ribosomas presenta ao microscopio electrónico un **aspecto rugoso**. Atópámolo en todas as células eucariotas, excepto nos glóbulos vermellos -células moi especializadas- dos mamíferos.



Esquema do R.E.R



Retículo endoplasmático rugoso visto ao m.e. de transmisión

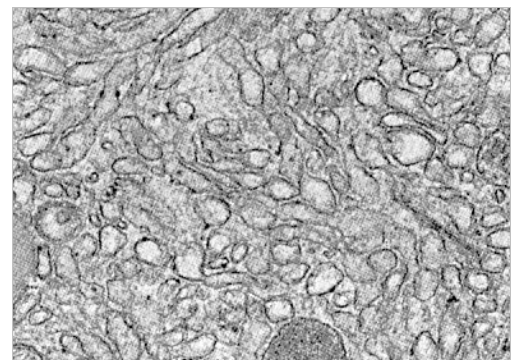
Función do Retículo Endoplasmático Rugoso.

- A función principal é **almacenar e transportar proteínas** sintetizadas nos ribosomas pegados a súa membrana, co obxecto de pasalas a outro orgánulo membranoso (Aparato de Golgi por exemplo) ou secretalas ao exterior.
Para poder transportar a proteínas fai falla empaquetalas con glúcidos (glicosilación) formando glicoproteínas, algúns dos glúcidos (N acetilglucosamina) son incorporados polo Retículo Endoplasmático Liso (REL), pero a función de **empaquetalos** realízaa o Retículo Endoplasmático Rugoso (RER).
- O RER intervéñ tamén na **síntese de membranas**, as proteínas e fosfolípidos ensámblanse no RER, despois transpórtanse.

⇒ **Retículo Endoplasmático Liso (REL)**

O REL é un labirinto de **túbulos** ou canálculos conectados que recorren todo o citoplasma, en realidade é un sistema de membranas sen ribosomas pegados, cuxas funcións teñen relación co metabolismo de substancias lipídicas (síntese, degradación, transporte).

Retículo endoplasmático liso visto ao microscopio electrónico de transmisión ➔



O REL é abundante nas células que forman as glándulas sebáceas e en todos os lugares onde se sintetizan lípidos. Tamén nas células musculares (o REL acumula Ca^{2+}).

Funcións do Retículo Endoplasmático Liso

- **Síntese de lípidos:** Fosfolípidos, colesterol, hormonas esteroideas, lipoproteínas...
- **Detoxificación,** metaboliza substancias tóxicas (herbicidas, drogas, etanol, medicamentos,...) e fainas menos tóxicas.

As células hepáticas son ricas en REL que realiza procesos de **detoxificación** consistentes en engadir moléculas hidrosolubles a un metabolito tóxico insoluble en auga. Así a substancia tóxica pode saír da célula e ser eliminada vía aparato excretor.

- **Liberación de glicosa** a partir de **glicóxeno** presente en gránulos adheridos ás membranas do REL nas células hepáticas.
- **Contracción muscular**, mediante a liberación de calcio acumulado no REL.

❖ APARATO DE GOLGI

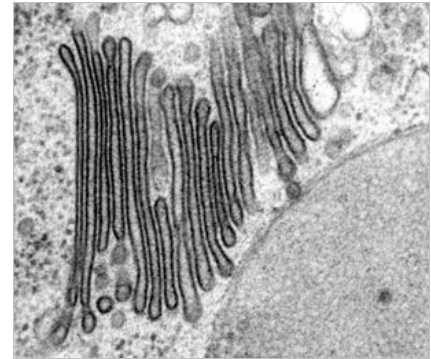
O aparato ou sistema de Golgi son orgánulos de estrutura membranosa similar ao retículo endoplasmático presentes nas células animais e vexetais. Reciben o seu nome do histólogo italiano Camilo Golgi que os descubriu a finais do século XIX (1898).

Sitúase próximo ao núcleo e está formado por unha serie de sáculos ou vesículas aplastadas, unhas enriba doutras, probablemente conectadas entre si.

A súa forma varía dunha célula a outra e dentro da mesma célula dependendo do seu estado funcional.

Os sáculos aplanados están perforados por poros, cada sáculo denomínase **cisterna**, e cada grupo de cisterna forma unha unidade funcional chamada **dictiosoma**.

Dictiosoma nas cercanía do núcleo (M.E. de transmisión) ➔

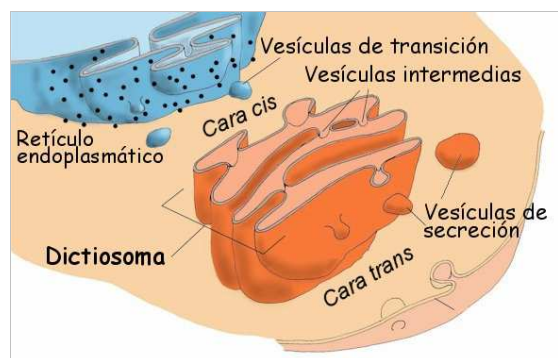


a) **Cisternas**. Teñen forma de compartimento aplanado limitado por membranas lisas. Nos seus bordes os sáculos emiten “hernias” que se estrangulan e se soltan formando as **vesículas**.

Poden presentar continuidade con outras endomembranas, como as do RER.

b) **Dictiosomas**. É un sistema laminar formado pola asociación de varias cisternas ou sáculos, cun mínimo de catro (xeralmente o número oscila de cinco a oito).

O dictiosoma presenta unha cara cis próxima ao RER, convexa e de membranas finas, e unha cara trans próxima á membrana citoplasmática, cóncava e de cisternas grandes e grosas.



Relacións entre RER, dictiosomas e secreción de vesículas por exocitose.

O **aparato de Golgi** está conectado co retículo endoplasmático e co exterior da célula, e durante o envellecemento da célula diminúe progresivamente de tamaño até desaparecer.

Funcións do aparato de Golgi.

- A función principal do aparato de Golgi ten relación coa **secreción** é o **almacenamento**, modificación e empaquetado de substancias de secreción.
- Mecanismo de **transporte e concentración de proteínas**, as proteínas exportadas polo RER, engóbanse en vesículas na **cara cis**. A concentración de proteínas increméntase ate a súa saída pola **cara trans**.
- **Glicosilación** de lípidos e proteínas; este proceso comezaba no RER, pero no Golgi sintetízanse e ensámbanse oligosacáridos para formar glicolípidos e glicoproteínas.
- **Formación do tabique telofásico** nas células vexetais, orixinado pola asociación no plano ecuatorial de vesículas procedentes do Golgi.
- **Renovación da membrana**, as vesículas procedentes do Golgi fúsiónanse coa membrana plasmática, incorporando así a ésta diversos compoñentes.

❖ LISOSOMAS

Os lisosomas, foron descubertos por C. Duvan a mediados do século XX, son vesículas de membrana sinxela, como os sáculos dos dictiosomas, de onde se orixinan por estrangulación. Son de forma moi variable e de maior tamaño que os ribosomas, podendo atoparse lisosomas de 0,25 a 0,8 micras de diámetro.

O termo lisosoma engloba a numerosas estruturas que teñen en común o ter unha membrana e estar cheos de **enzimas dixestivos** ou hidrolíticos (proteases, ADNase, ARNase, etc) enzimas que teñen que permanecer sempre no interior do orgánulo, pois do contrario dixerían aos compoñentes celulares (proteínas, ácidos nucleicos, lípidos,...).

Os propios lisosomas están protexidos da autodestrución por conter unha grosa capa de glicoproteínas na cara interior da membrana.

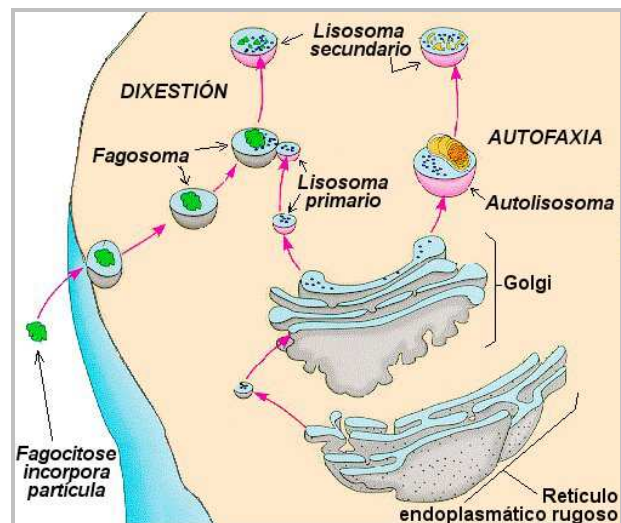
En circunstancias especiais como sucede en persoas afectadas por **silicose** -enfermidade común entre os mineiros por respirar po e cristais de sílice- rómpense as membranas dos lisosomas e os enzimas dos lisosomas provocan a destrución do tecido pulmonar e ocasionan a morte.

Os lisosomas son moi abundantes nos glóbulos brancos - fagocitos-, mentres que os glóbulos vermellos carecen deles.

Os **lisosomas primarios** son os que posúen enzimas dixestivos no seu interior. Os **lisosomas secundarios** son aqueles que se unen a un vacúolo con materia orgánica, e conteñen substratos en vía de dixestión.

Funcionamento dos lisosomas

- Por **fagocitose** a célula pode capturar alimentos, microorganismos, etc. que quedan en vacúolos dixestivos ou **fagosomas**.
- Enzimas producidos no RER desprázanse ate o aparato de Golgi, que forma vesículas con enzimas dixestivos. Independízanse como **lisosomas primarios**.
- Os lisosomas fúsiónanse cos vacúolos dixestivos e verten os seus enzimas que dixire o contido vacuolar (**lisosomas secundarios**), pasando os compoñentes ao citoplasma.
- Outros lisosomas forman **vacúolos autofágicos** ou **autolisosomas** que dixiren restos vellos da propia célula



Os lisosomas conteñen hidrolases ácidas, o seu pH óptim é de 4,6. Para isto deben manter protóns no interior en contra do gradiente de concentración, polo que consumen ATP.

Algunhas disfuncións dos lisosomas producen patoloxías, como é o caso da **artrite reumatoide**, unha enfermidade autoinmune.

Función dos lisosomas. Realizan a dixestión da materia orgánica.

- Os lisosomas participan na **dixestión intracelular** e son os encargados de destruír certas estruturas xa inservíbles para a célula (mitocondrias, partes do retículo...), fenómeno coñecido como **autofaxia**.
- Ao mesmo tempo participan na defensa contra organismos invasores (virus, bacterias) e na súa posterior dixestión intracelular. Cando dixiren macromoléculas de orixe externa o fenómeno denomínase **heterofaxia**, e os lisosomas secundarios reciben o nome de **vacúolos dixestivos** ou **fagosomas**.

❖ **PEROXISOMAS ou MICROCORPOS**

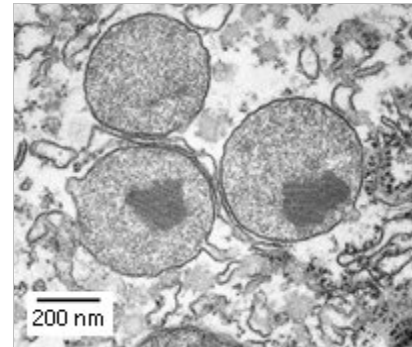
Os peroxisomas son orgánulos presentes en todas as células eucariotas. Son vesículas esféricas, similares en aspecto e tamaño (0,5 micras) aos lisosomas, e igual que estes moi ricos en enzimas, pero en vez de hidrolasas, conteñen **enzimas oxidases** entre as que máis abundan están as **catalases** e **peroxidases**.

As oxidases interveñen na **desaminación oxidativa dos aminoácidos**, reacción imprescindible para a conversión de proteínas noutros compostos.

O proceso producen e utiliza **peróxido de hidróxeno**, que debe ser que debe ser degradado a auga e osíxeno mediante ao enzima **catalase**.

Tamén **oxidan ácidos graxos** de cadea longa antes de que completen o proceso as mitocondrias.

Os **Peroxisomas** teñen un contido de aspecto denso, con frecuencia teñen **inclusiones cristalinas** (M.E.T) →



Os peroxisomas moi pequenos (diámetro 0,15-0,25 micras) reciben o nome de **microperoxisomas** e observáronse en diversas células (esófago, estómago), especialmente en células que elaboran esteroides.

Función dos peroxisomas

- Interven na destrución de radicais libres de osíxeno extremadamente oxidantes.
- Participan no catabolismo de ácidos graxos de cadeas longas.
- Síntese de colesterol e outros esteroides.
- Degradación de aminoácidos.
- Detoxificación de alcohol e outros tóxicos en células hepáticas.
- Interven na fotorrespiración.

❖ **GLIOXISOMAS**

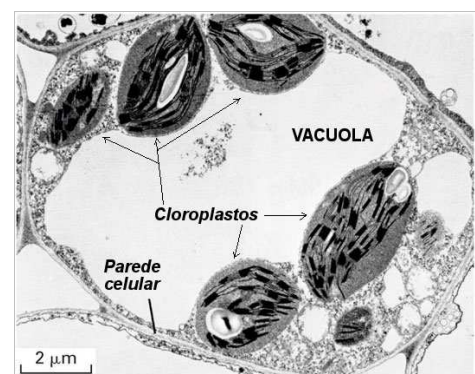
Os **glioxisomas** son unha clase de peroxisomas que só existen en células vexetais. Posúen enzimas do ciclo do ácido glioxílico que é unha variante do ciclo de Krebs das mitocondrias que permite sintetizar azúcreos a partir de graxas en sementes en xerminación.

❖ **VACÚÓLOS**

Orgánulos que aparecen en vexetais e fungos ocupando máis do 30% do volume celular e chegando a veces a preto do 90%.

Son grandes cisternas ou vesículas ben delimitadas por unha membrana e que conteñen auga e materiais disoltos.

En células xóvenes son pequenas e numerosas, e logo fúndense nun único vacúolo que chega a desprazar ao núcleo da posición central da célula.



Ademais dos vacúolos vexetais pódense distinguir en algúns animais distintos tipos de vacúolos:

- ⇒ **Vacúolos dixestivos dos protozoos**, que funcionan como si fosen estómagos accidentais da célula.
- ⇒ **Vacúolos** ou **vesículas pulsátiles** propias de dinoflaxelados mariños e protistas de auga doce (amebas), estes vacúolos pulsan ritmicamente como un corazón, cargándose e descargándose de auga.

Función dos vacúolos vexetais

- **Almacenar** substancias de reserva alimenticia ou substancias de excreción.
 - Os vacúolos vexetais almacenan líquidos , sales, azucres (amidón como nas células das sementes), proteínas, pigmentos (células dos pétalos das flores),... .
 - Estes produtos poden estar cristalizados e teñen a finalidade de reserva, protección ou son desfeitos que non pode expulsar fora da célula.
 - Algunhas substancias contidas nos vacúolos poden actuar como velenos para determinados herbívoros.
- Os vacúolos tamén poden influír no tamaño da célula aumentando e mesmo poden controlar a presión de turgencia da célula
- Nalgúns casos poden realizar procesos de dixestión.

4.2.2. ORGÁNULOS DE DOBRE MEMBRANA

❖ MITOCONDRIAS

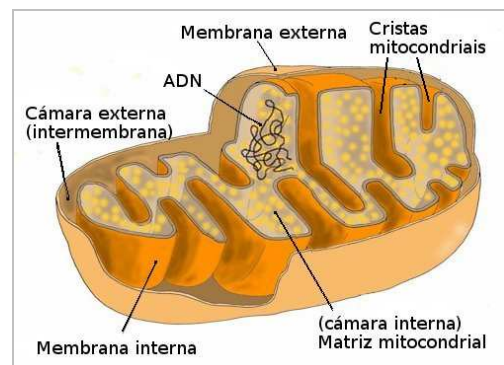
Son orgánulos descubertos a finais do século XIX e presentes en células vexetais e animais. As súas características principais son:

- ♦ **Forma.** Moi diversa, xeralmente esféricos ou ovalados e mesmo poden presentar forma algo alargada ou filamentosa en función do momento. As mitocondrias están en continuo movemento, pódense dobrar, dividir ou asociar. Cando están activas sofren contraccións e dilatacións importantes.
- ♦ **Dimensión,** Variables de 1 a 7 micras de lonxitude e menos de 1 micra de ancho.
- ♦ **Número,** é tamén moi variable. Xeralmente elevado en células con gran actividade celular, como sucede nas células do miocardio ou músculo do corazón onde poden existir varios miles de mitocondrias.
- ♦ **Composición química.** Auga (66%), proteínas (22%), lípidos (11%) e ácidos nucleicos (1%). As mitocondrias teñen o seu propio ADN e ARN (ADN circular, ARNm, ARNr, ARNt), e ademais nas mitocondrias están presentes numerosos complexos enzimáticos, coenzimas (ATP, ADP, NAD, NADP, FAD,...) e ións diversos (K^+ , Ca^{2+} , Cl^-)
- ♦ **Estrutura.** As mitocondrias presentan dúas membranas (ricas en proteínas: 60% a externa e 80% a interna) do tipo da membrana plasmática:

→ A **membrana externa** é lisa e permeable as proteínas grandes. A **membrana interna** é impermeable a ións e moléculas grandes; está moi pregada con repliegues ou prolongacións que se proxectan cara o interior e coñécense como **cristas mitocondriais**.

Estas cristas son ricas en enzimas que participan na degradación de moléculas orgánicas para producir enerxía que necesita a célula: ATP-sintase, proteínas da cadea respiratoria, enzimas da β -oxidación de ácidos graxos, etc..

→ A **cámara externa** ou **espazo intermembrana** contén moléculas como **carnitina** que participan no transporte de ácidos graxos.

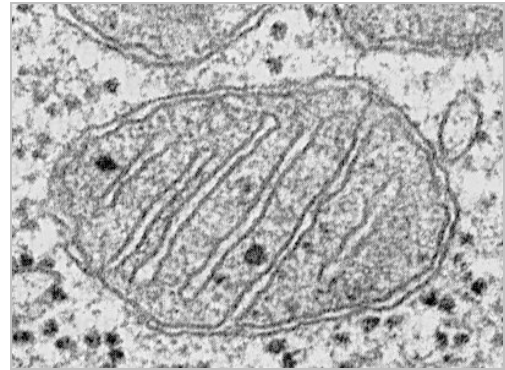


Esquema dunha mitocondria

→A cámara interna ou **matriz mitocondrial** ten aspecto granuloso e contén:

- ADN mitocondrial, circular e bicatenario
- ARN mitocondrial, formando mitorribosomas, e ARNt
- Enzimas necesarios para a replicación, transcripción e tradución do seu ADN
- Enzimas do ciclo de Krebs e da β -oxidación
- Ións de calcio, fosfato

Mitocondria vista a o M.E.T →



Función das mitocondrias

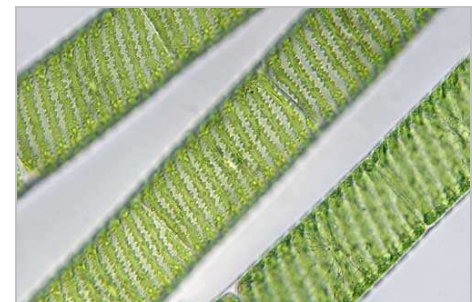
- **Respiración celular** ou *oxidación respiratoria*, a fin de recuperar a enerxía almacenada nas biomoléculas e obter ATP. Na mitocondria oxidanse glúcidos e ácidos graxos.
- Na matriz mitocondrial lévanse a cabo as reaccións do **Ciclo de Krebs**, e a **β -oxidación** dos ácidos graxos.
 - Tamén os procesos de replicación, transcripción e tradución do ADN mitocondrial.
- Na membrana interna localízanse as enzimas relacionadas coa **Cadea Respiratoria** (*transporte de electróns e fosforilación oxidativa*)
 - Tamén *metabolismo de ácidos graxos* (alongamento das cadeas).
- As mitocondrias tamén **concentran substancias** no interior (lípidos, proteínas, ións como ferro, calcio, fosfatos).

❖ CLOROPLASTOS

Son orgánulos propios dos vexetais, teñen forma moi variada, sendo a mais frecuente ovoidea con dimensión de 6 micras de diámetro maior.

Nalgunhas algas o cloroplasto é único e ten a forma de cinta espiralada, ou mesmo de estrela. O número varia de célula a célula.

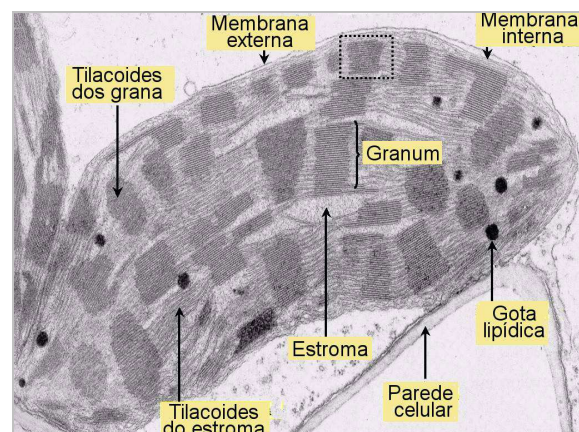
Cloroplastos en espiral na alga *Spirogyra* →



Igual que sucedía nas mitocondrias, os cloroplastos teñen dobre membrana de tipo da membrana plasmática, unha **externa** (permeable aos ións e moléculas pequenas debido ao contido en proteína porina), e unha **interna** máis impermeable pero con proteínas de transporte selectivo.

No interior hai vesículas aplanadas e alongadas que reciben o nome de lamelas ou **tilacoides**. Estes poden estar superpostos e apilados, formando conxuntos denominados **grana**. Outros tilacoides conectan distintos grana. É o lugar no que se realiza a fase lumínica da fotosíntese:

Ultraestrutura dun cloroplasto
(m.e. transmisión) →



- na cara externa das súas membranas están os *pigmentos fotosintéticos* e os complexos F_1 da *ATP-sintetase*.
- incrustados na membrana están os compoñentes da *cadea transportadora de electróns*.
- no lumen ou espazo interno dos tilacoides acumúlanse protóns

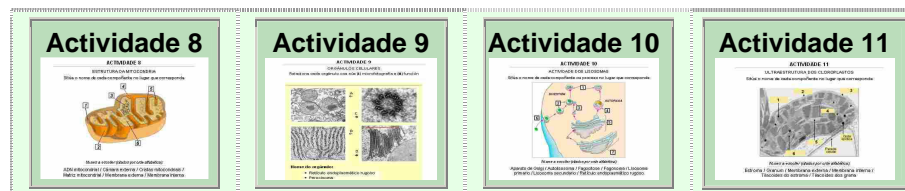
A matriz interna chámase **estroma**, contén o seu propio ADN circular (acompañado de ARN, ribosomas e toda a ferramenta enzimática para realizar os procesos de replicación-transcrición-tradución). Contén tódolos enzimas da fase escura, sendo especialmente abundante o **rubisco** (que fixa o CO_2 na ribulosa-difosfato). Tamén pode haber reservas de glúcidos en forma de amidón.

Función dos cloroplastos

- Os cloroplastos son os órganos encargados de realizar a **fotosíntese**, captan a enerxía luminosa e utilízana na *síntese de materia orgánica*, empregando materia inorgánica (sales, CO_2 e auga). A fotosíntese presenta dúas fases: a fase lumínica e a escura.
 - ♦ A *fase lumínica* da fotosíntese realízase nos grana - máis exactamente nas membranas tilacoidais- que é onde se localiza o pigmento clorofila.
 - ♦ A *fase escura* da fotosíntese realízase no estroma do cloroplasto.

Os cloroplastos sintetizan glúcidos, ácidos graxos, lípidos, aminoácidos, bases púricas, bases pirimidínicas, vitaminas,...

- Nas células tamén se atopan plastos similares aos cloroplastos pero especializados en **almacenar substancias** como **amiloplastos** que conteñen amidón, **oleoplastos** que conteñen aceites, **proteoplastos** que conteñen proteínas, e ademais existen **cromoplastos** que dan color a pétalos de flores e froitos,...



TEORÍA ENDOSIMBIÓNTICA da ORIXE dos CLOROPLASTOS e MITOCONDRIAS

A teoría endosimbiótica proposta por Lynn Margulis propón unha orixe procariota dos cloroplastos e das mitocondrias.

As células eucariotas serían anaerobias nun principio nunha atmosfera reductora - pobre en osíxeno- e carecerían deste orgánulos , posteriormente nunha atmosfera rica en osíxeno estableceríase unha simbiose - endosimbiose- con bacterias aerobias, simbiose que trouxo consigo a situación celular eucariótica actual.

A base desta teoría esta en que as mitocondrias e os cloroplastos presentan moitas similitudes coas bacterias: tamaño, forma, estrutura, presenza de ADN e ribosomas, fabricación de proteínas, reprodución, etc. Moitas bacterias respiran igual que as mitocondrias e as cianobacterias realizan a fotosíntese de forma similar aos cloroplastos.

Parece probable polo tanto que as células eucariotas descendan de organismos anaerobios primitivos que incorporaron - captura fagocitaria- bacterias aerobias nunha **relación endosimbiótica**.

5. NÚCLEO

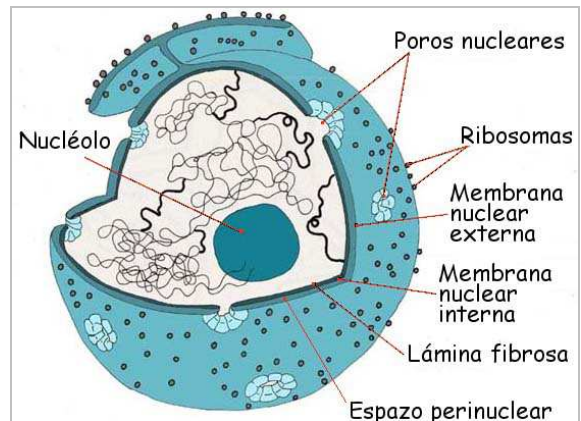
O científico Brown, en 1830, descubriu o núcleo nas células eucariotas. O núcleo é vital para a célula, esta morrería en poucas horas si se extrae o núcleo. Dirixe as actividades celulares e determina a morfoloxía das células.

5.1. Características do núcleo.

Nas células procarióticas non existe núcleo verdadeiro, senón unha zona citoplasmática denominada **nucleoide**. As células eucarióticas presentan **núcleo** que pode ocupar o 10% do volume celular.

O núcleo é unha estrutura constituída por unha dobre membrana, denominada **envoltura nuclear** que rodea ao material xenético –ADN– e o separa do citoplasma. O núcleo ten un medio interno denominado **nucleoplasma** e nel están as fibras de ADN en estado de cromatina (ou como **cromosomas** se a célula está en división). Hai tamén uns corpúsculos ricos en ARN, os **nucléolos**.

Esquema da organización do núcleo) →



Características do Núcleo: forma, número, posición, tamaño e volume.

Forma

- O núcleo da célula animal, visto ao microscopio, aparece con forma esférica ou oval na zona central da célula.
 - Sen embargo a forma do núcleo é variable, *sempre vai estar relacionada coa actividade celular*.
 - Pode ser esférico (células epiteliais), alongado (músculo liso), irregular,...
 - Pode estar dividido en lóbulos, como nalgúns glóbulos brancos do sangue.
- As células vexetais presentan un núcleo discoidal.

Tamaño e Volume

- O tamaño do núcleo é moi variable, oscila entre 5 e 25 micras. O volume celular varía dun tipo de célula a outra, pero é estable en cada tipo.
- Existe unha *relación núcleo-citoplasmática (RNP)* entre o volume nuclear e o volume da célula: se este último aumenta tamén aumenta o do núcleo, sobrepasado certo límite indúcese a división celular.

$$RNP = \frac{\text{volume.nuclear}}{\text{volume.celular} - \text{volume.nuclear}}$$

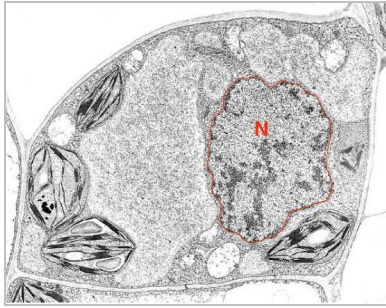
Posición

- O núcleo nas **células animais** ocupa xeralmente o centro xeométrico da célula, pero a súa situación é variable, nos adipocitos - células que almacenan graxa - o núcleo esta algo desprazado cara a periferia.

Na **célula vexetal** o núcleo sitúase lateralmente debido a presión e desprazamento que exerce o vacúolo.

Número

- Normalmente cada célula presenta un núcleo, pero outras presentan varios núcleos (como as células musculares estriadas)
- Algunhas células poden perdelo porque están moi especializadas; é o caso dos glóbulos vermellos do sangue humano e da maioría dos mamíferos.



← Nas **células vexetais** o núcleo pode estar desprazado da posición central debido a presenza de grandes vacúolos.

Entre as células do sangue, os **hematíes** (glóbulos vermellos) non teñen núcleo. →
Alguns glóbulos brancos como os **granulocitos**, teñen o núcleo dividido en lóbulos.



5.2. Componentes do núcleo.

❖ ENVOLTURA NUCLEAR

A envoltura do núcleo é un complexo membranoso formado por dúas membranas concéntricas trátase dunha especialización do retículo endoplasmático.

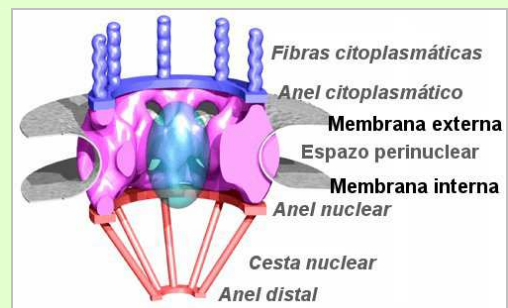
A envoltura nuclear está atravesada por **poros nucleares**. Controla os intercambios entre o núcleo e o citoplasma e encerra ao material xenético dos cromosomas separándoos do citoplasma.

COMPLEXO DE PORO NUCLEAR

A dobre membrana do núcleo está atravesada por poros, estes non son meros orificios, están constituídos por unha abertura ou zona onde se interrompe a envoltura nuclear e uns aneis que limitan a perforación. Estes complexos poden ocupar até o 25% da superficie, o seu número (o normal son 3000-4000) modifícase dependendo da actividade celular.

Estrutura do poro. No poro as membranas fusiónanse entre si, e presentan:

- ♦ **Material anular**, constituído por 8 masas proteicas insertadas na dobre membrana, cubertas por un anel na cara citoplasmática e outro na cara nuclear.
- ♦ **Gránulo central**, ou diafragma de aspecto variable, que regula o paso de substancias polo complexo de poro.



Función do poro. A través dos poros realízanse os principais intercambios do núcleo co citoplasma.

- en dirección ao citoplasma atravesan macromoléculas elaboradas no núcleo: ARN mensaxeiro, unidades ribosómicas
- en dirección inversa as moléculas elaboradas polo citoplasma como AMP cíclico, proteínas.

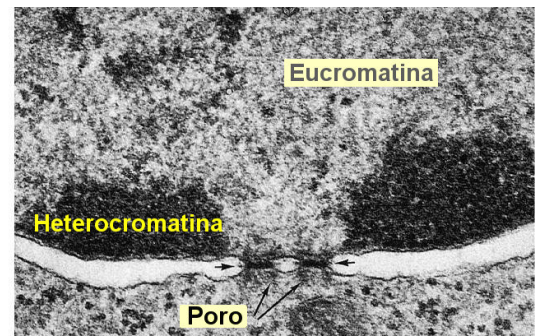
Estrutura da membrana

É do tipo da membrana plasmática, pero é unha dobre membrana, formada por unha **membrana externa** e outra **interna** que delimitan un **espazo perinuclear**.

- ♦ **Membrana externa.** Esta en continuación co retículo endoplasmático rugoso e presenta unha serie de ribosomas que a recobren.
- ♦ **Espazo perinuclear.** Disposto entre a membrana externa e a interna, presenta estruturas filamentosas. O espazo perinuclear ten unha anchura superior á das membranas.

- ♦ **Membrana interna.** É lisa e non presenta ribosomas. Ten asociado un material máis denso ou **lámina fibrosa**, que participa na desaparición da envoltura durante a división celular e na súa posterior reconstrución. A esta membrana péganse os cromosomas ou masas de cromatina.

Fragmento da membrana nuclear, interrompida por un poro. Obsérvase a cromatina adherida á cara interna. (m.e. transmisión) ➔



Función da envoltura nuclear:

- A envoltura nuclear *regula o intercambio núcleo-citoplasma*. Do medio exterior ao interior do núcleo poden pasar aminoácidos, enzimas, proteínas, histonas,...etc,
- Separa o nucleoplasma do citosol, delimitando dous compartimentos funcionais: o da transcrición do ADN e o da súa tradución a proteínas.

❖ **NUCLEOPLASMA**

É o medio interno do núcleo onde se atopa o material xenético e que está limitado pola membrana nuclear. Tamén se lle chama xugo nuclear ou **carioplasma**.

De natureza similar ao hialoplasma e constituído por unha disolución coloidal sol-xel de aminoácidos, enzimas implicados na replicación e transcrición do ADN, nucleótidos, glúcidos, lípidos, sales,...etc.

No nucleoplasma observouse unha rede de proteínas fibrilares -similar ao citoesqueleto do citosol- que mantén fixo o nucléolo e os diferentes sectores da cromatina.

Función do nucleoplasma

- No nucleoplasma *síntetízanse os ácidos nucleicos* (ADN, ARNm, ARNt, ARNn).

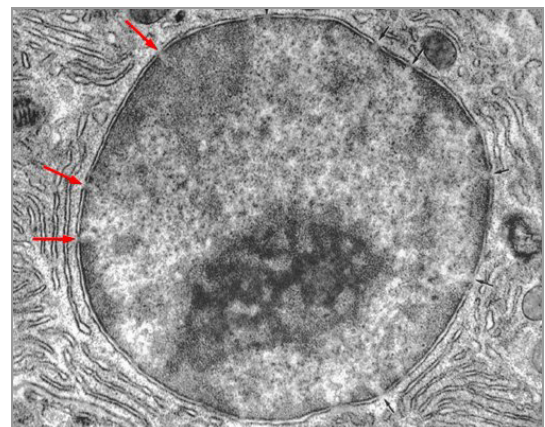
❖ **NUCLÉOLO**

Dentro do núcleo pódense observar un ou máis **nucléolos**, de forma máis ou menos arredondada, e 1 a 3 micras de diámetro, e situado xeralmente nas proximidades da envoltura nuclear.

O nucléolo só se observa ao microscopio cando a célula está en interfase. Durante a mitose desaparece (simultaneamente á condensación dos cromosomas).

Ten unha ultraestrutura reticulada constituída por unha **zona granular** (subunidades dos ribosomas en procesos de maduración) e outra **zona fibrilar** (moléculas de ARN asociadas á proteínas).

Ademais ten cromatina asociada (as rexións do ADN chamadas *rexións organizadoras nucleolares*)



Na fotografía de m.e. de transmisión distínguense a dobre **envoltura nuclear** e as cisteranas do **retículo endoplasmático** que a rodean. As frechas indican a situación de **poros nucleares**. O **nucléolo** apreciase como unha mancha ovalada máis densa de aspecto reticulado.

O nucléolo sofre un aumento de tamaño e modificacións estruturais por efecto das radiacións, infeccións virais, substancias químicas e mesmo no transcurso de enfermidades como cancro onde varía o volume, número e forma dos nucléolos.

Función do nucléolo

- É o lugar onde se **sintetiza o ARN ribosómico** (ARNr) e de ensamblado das subunidades dos ribosomas, que serán exportadas ao citosol.
- Indispensable para o desenvolvemento normal da mitose, alteracións dos nucléolos provocan un bloqueo da célula na fase G2, fase anterior a mitose.

❖ **CROMATINA e CROMOSOMAS.**

⇒ **CROMATINA**

A cromatina é a substancia fundamental do núcleo e chámase así pola capacidade que ten de tinguírse con colorantes básicos.

Está formada pola asociación de **ADN** e proteínas **histonas**. Ademais está asociada a proteínas non histonas (sobre todo enzimas encargados da replicación, transcrición e regulación do ADN).

A cromatina e os cromosomas son dous estados diferentes dunha mesma substancia formada por nucleoproteínas, durante a interfase o material xenético aparece en estado de cromatina, cando a célula vai a dividirse a cromatina organízase en estruturas individualizadas chamadas cromosomas.

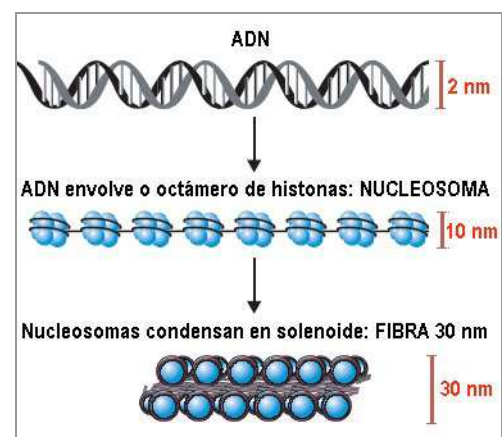
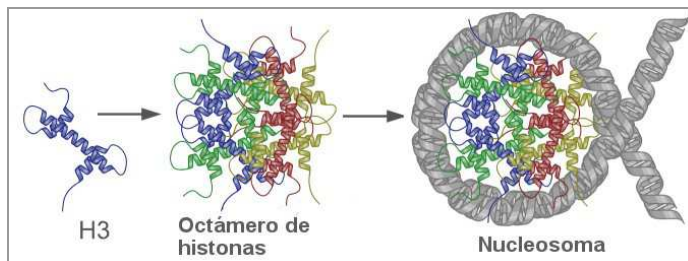
No núcleo interfásico pódense distinguir zonas de granulacións intensas ou rexións condensadas de cromatina que forma o que se coñece como **heterocromatina** e zonas de granulación menos intensa ou desespiralizadas coñecidas como **eucromatina**, estas zonas correspóndense con porcións de ADN reprimido e activo respectivamente.

A cromatina pode atoparse illada no nucleoplasma, pero tamén pode estar asociada ao nucléolo ou a membrana interna do núcleo formando gránulos.

Nucleosoma

O nucleosoma é a unidade estrutural da cromatina.

Morfolóxicamente son estruturas de 10 nanómetros de diámetro unidas por fibrilas de ADN de 2 nanómetros. Esta estrutura lembra a un “colar de perlas” e cada esfera (ou “perla”) recibe o nome de nucleosoma.



Cada **nucleosoma** consta dun centro ou corazón formado por histonas (H2A, H2B, H3, H4) organizadas nun **octámero** (oito moléculas formadas por catro pares de cada unha de estas histonas). Esta rodeado dun segmento de ADN enrolado en hélice duns 140 pares de bases (mentres que o ADN comprendido entre dous nucleosomas ten só de 40 a 54 pares de bases).

⇒ CROMOSOMAS

Os cromosomas aparecen individualizados na división celular. Presentan forma de bastón e están constituídos por ADN e proteínas. O cromosoma metafásico é o mellor estudado.

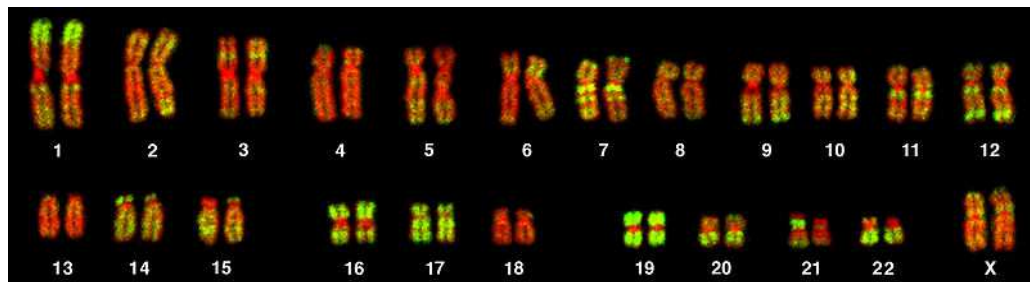
O número de cromosomas (dotación cromosómica) varía segundo a especie, pero non garda relación coa complexidade do organismo. As células somáticas dos animais teñen un xogo completo de cromosomas herdados de cada proxenitor, polo que son **diploides** ($2n$). Naturalmente, os gametos terían un único xogo **haploides** (n), pero tamén hai organismos que teñen células **poliploides**.

Na especie humana existen 23 pares de cromosomas **homólogos** ($2n = 46$).

En numerosas especies animais e vexetais existe un par de cromosomas homólogos, diferentes nos machos e nas femias; son **heterocromosomas** ou **cromosomas sexuais**. O restos dos cromosomas, común para os dous sexos, chámanse **autosomas**.

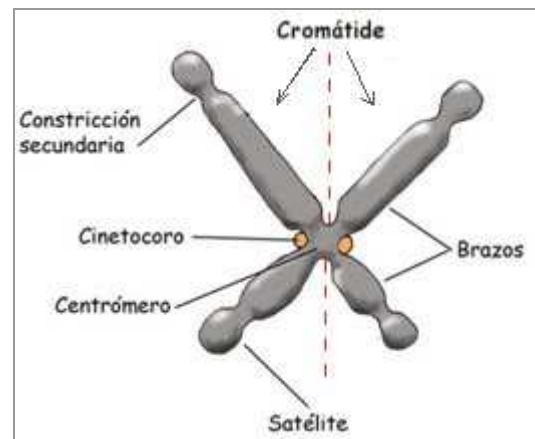
Na especie humana, hai dous cromosomas sexuais idénticos na muller **XX** e dous diferentes no home **XY**.

Tanto número como forma dos cromosomas son característicos de cada especie. O conxunto de cromosomas dunha célula, dispostos ordenadamente segundo os seu tamaño e forma a partir dunha microfotografía, é o **cariotipo**.



Morfoloxía do cromosoma metafásico:

- Dúas **cromátidas**, paralelas entre si, resultado da duplicación do material xenético previamente á mitose (o cromosoma anafásico só ten unha cromátide). Os seus extremos reciben o nome de **telómeros**.
- Un **centrómero** ou constricción primaria que divide ao cromosoma en dous **brazos**. Aos seus lados está unha estrutura proteica coñecida como **cinetocoro** que organiza microtúbulos (encargados de separar os cromosomas na anafase).
- **Constriccións secundarias** que son **organizadores nucleolares**, interveñen na formación do nucléolo ao final da mitose.



- Poden aparecer as veces **satélites**, elementos redondeados ou alongados conectados a extremidade do brazo por un fino filamento.

Segundo a posición do centrómero danse catro tipos de cromosomas

- **Metacéntricos**: Cando os dous brazos teñen a mesma ou similar lonxitude. O centrómero sitúase no centro.
- **Submetacéntricos**, a lonxitude dun brazo é algo maior.
- **Acrocéntricos**, se os brazos son moi desiguais.
- **Telocéntricos**, cando o centrómero está na zona do telómero

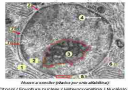
Función da cromatina e dos cromosomas

- Síntese de ARN a partir do ADN: Controlar e dirixir o interior da célula
- Conservar e transmitir a información xenética do ADN

Actividade 12

ALTERNATIVA 12

REGULACIÓN CELULAR



Proceso celular que permite la expresión de la información genética.

Actividade 13

ALTERNATIVA 13

PROCESOS DE REGULACIÓN

Proceso	Definición
Transcripción	Proceso de síntesis de un transcrito a partir de un molde de ADN.
Traducción	Proceso de síntesis de una proteína a partir de un molde de ARN.
Regulación	Proceso de control de la expresión génica.