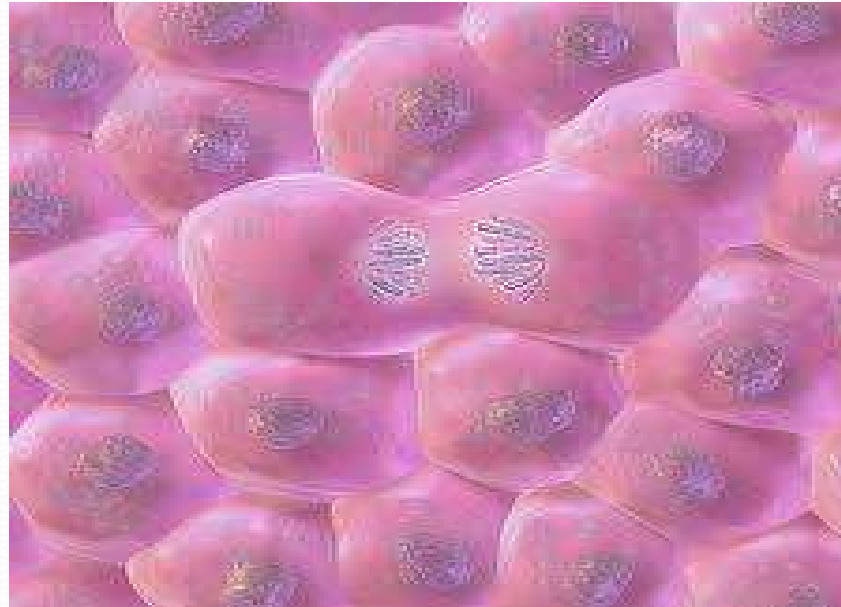


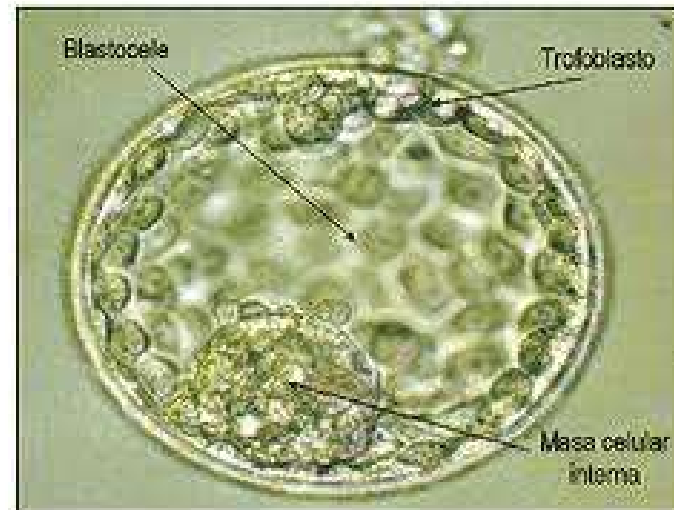
DIVISIÓN CELULAR



Un ser humano adulto está constituido por cerca de 100 billóns de células e cada minuto estanse a substituir cerca de 300 millóns delas.

A FUNCIÓN DE REPRODUCCIÓN

- Célula: unidade reprodutora dos seres vivos.
“*Onmis cellula ex cellula*” (Virchow)
- O crecemento, desenvolvemento e reprodución dos organismos pluricelulares e unicelulares veñen condicionados pola división celular.
- A frecuencia da división celular é inversamente ao grao de diferenciación celular.
- Nos pluricelulares adultos hai células que non son quen de dividirse (neuronas, células musculares...) e outras que se dividen constantemente **blastemas** ou **células nai**.



CONTROL DA DIVISIÓN CELULAR

CAUSAS DA DIVISIÓN CELULAR

- **Relación tamaño núcleo-tamaño citoplasma:** cando se desequilibra por un maior crecemento do citoplasma.
- **Necrohormonas:** liberadas por células que sufriron unha ferida, inducen a división de células próximas.
- **Substancias químicas:** ex. Nitrato de manganeso favorece a división dalgúns ciliados.

CONTROL DO CICLO CELULAR

- O ciclo celular está controlado por unhas proteínas chamadas **quinasas** ou **ciclinas**, que activan e desactivan as distintas fases en resposta a distintos sinais.
- Algunhas alteracións no control do ciclo provocadas por virus, radiacións ou substancias tóxicas poden desencadear a multiplicación incontrolada das células e a formación de **tumores**.

CICLO CELULAR

- Período de tempo desde que unha célula se forma ata que se divide dando novas células.
- A duración do ciclo é variable (hepatocitos: 1-2 anos, células embrionarias: 8 min)
- Comprende:

INTERFASE (período de repouso)

Fase G_1 ou postmitótica.

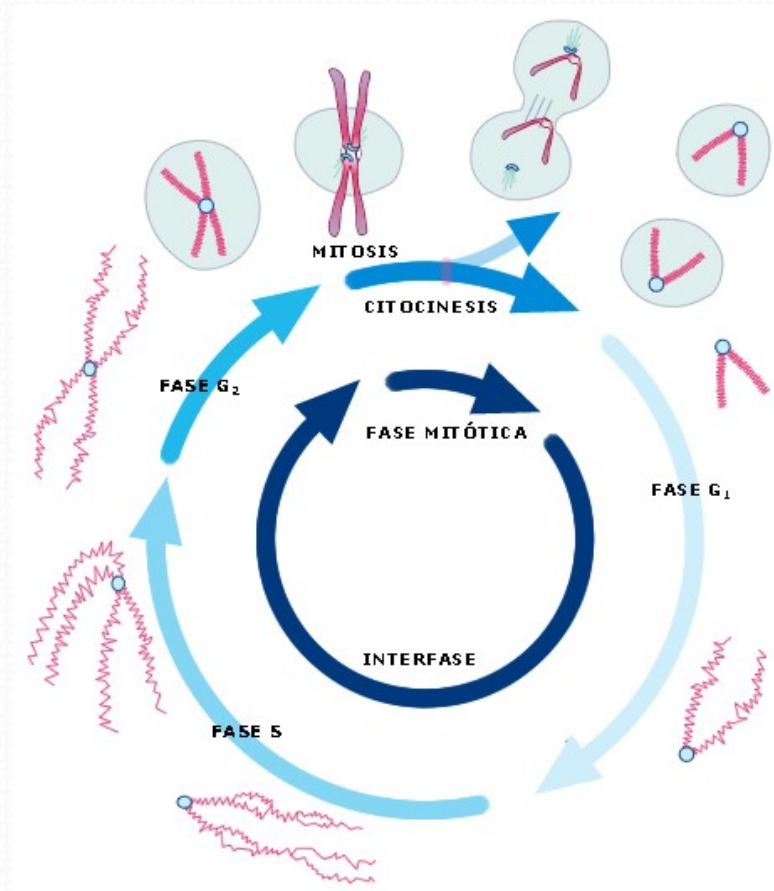
Fase S ou de síntese

Fase G_2 ou premitótica

DIVISIÓN ou FASE M

CARIOCINESE: división do núcleo

CITOCINESE: división do citoplasma

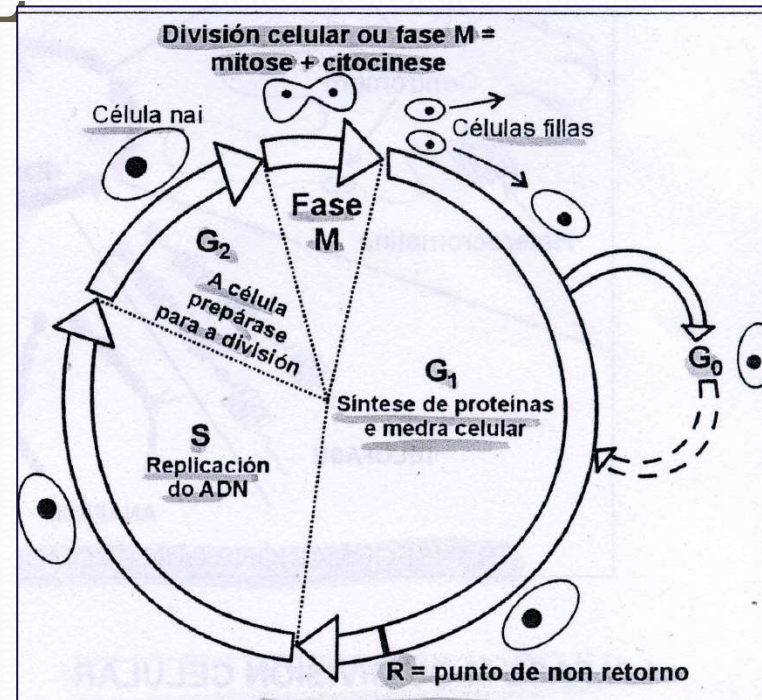


INTERFASE

- Etapa máis longa do ciclo celular (90-95%)
- 3 períodos: G_1 , S e G_2

FASE G_1 ou POSTMITÓTICA

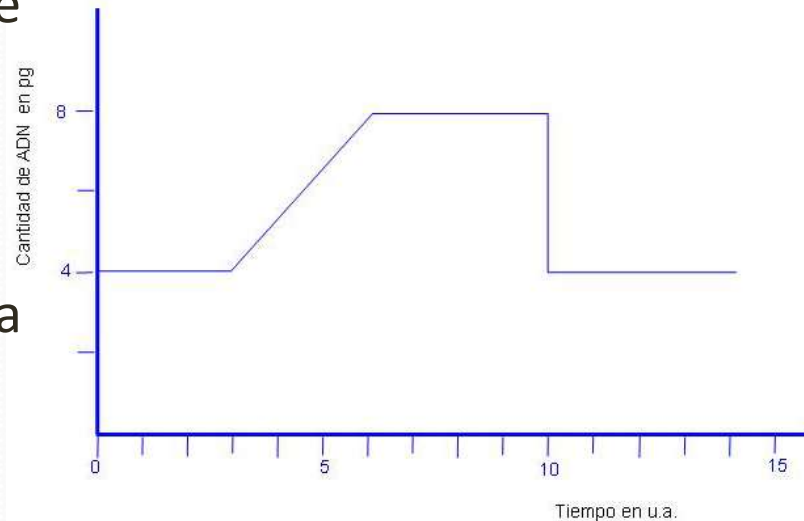
- **Intensa actividade metabólica:** produción de ARNm e proteínas para a medra celular e a formación de orgánulos.
- Ao final de G_1 acádase o **punto R**, de **non retorno** que dispara a sucesión dos períodos S, G_2 e M.
- Hai células que quedan nun **período de repouso** especial, G_0 : no que se dan transformacións para a diferenciación celular; durante días ou meses esperando a activadores mitóticos que den continuidade ao ciclo. Outras células moi especializadas e diferenciadas como as neuronas e as fibras musculares poden permanecer nesta fase de por vida.



INTERFASE

FASE S ou DE SÍNTESIS

- Período de **replicación do ADN**, aparecendo **dúas** fibras de ADN ou **cromátidas** en cada cromosoma que se unen polo centrómero
- Continúase a síntese de **ARNm** e tamén se sintetizan **histonas**.
- Xunto a cada centríolo do diplosoma fórmase un **procentríolo**.

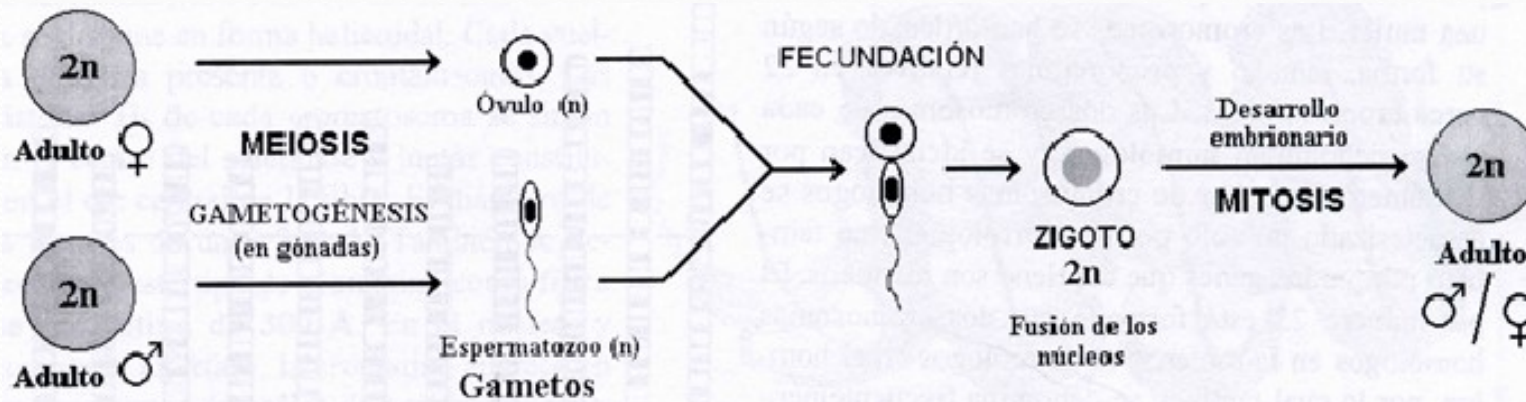


FASE G2 ou PREMITÓTICA

- **Reparación do ADN** xa duplicado.
- Síntese de **ARNm**.
- Remata cando os cromosomas inician a súa condensación.

DIVISIÓN CELULAR

- **MITOSE:** a partir dunha célula nai fórmanse dúas células fillas xenéticamente idénticas á proxenitora.
- **MEIOSE:** da lugar a gametos. Prodúcese dúas divisións sucesivas despois dunha interfase na que se duplica o ADN só unha vez.



- Imprescindible na reproducción sexual; de non darse, os gametos terían $2n$ cromosomas e ao unírse para formar o cigoto crearían individuos co dobre de cromosomas ($4n$) caos proxenitores e en cada xeración iría duplicándose o nº de cromosomas.

MITOSE

Ten lugar na fase M do ciclo celular

Etapas

Profase, metafase, anafase e telofase

División celulares na que se orixinan células iguais á célula nai

Orixina todas as células diploides dun organismo.

Reproducción das células somáticas.

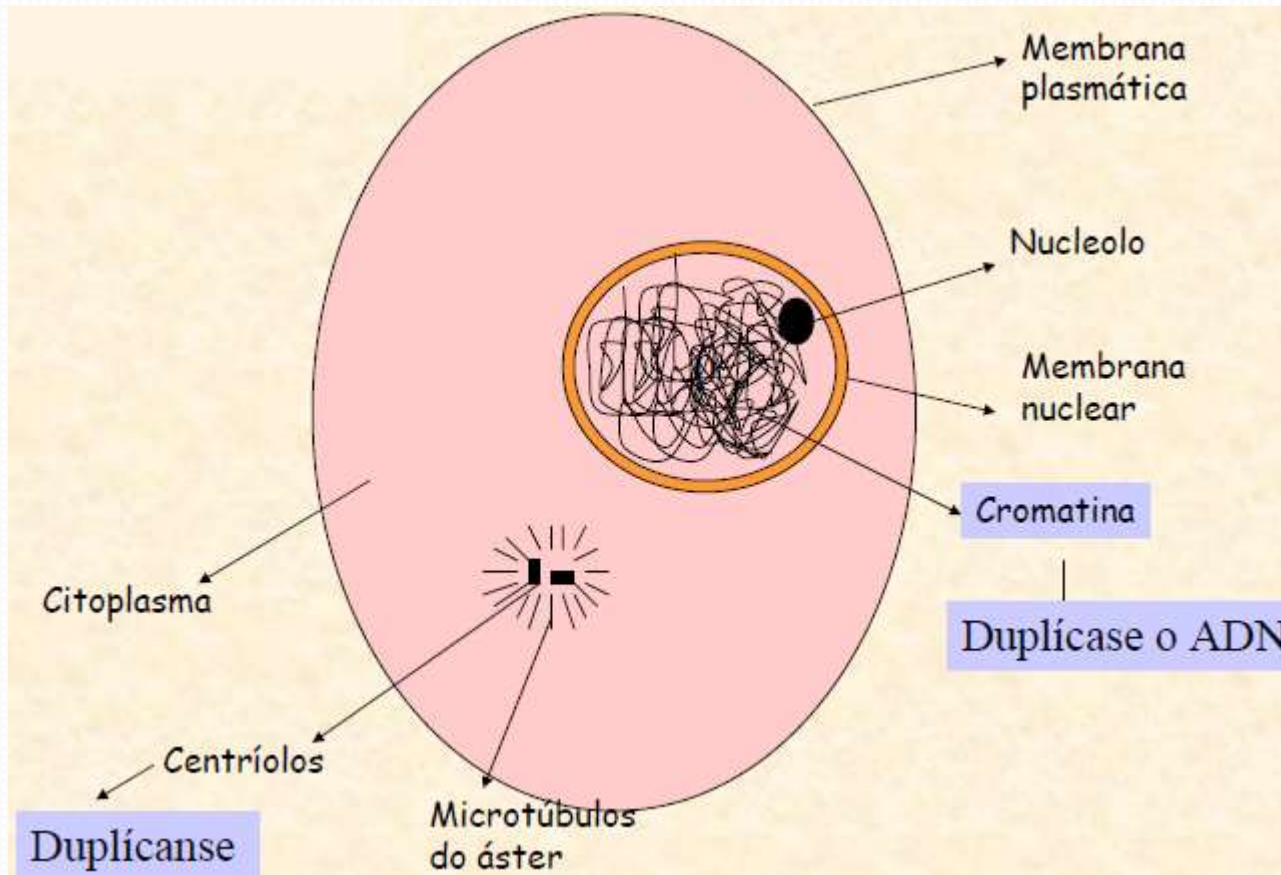
Require previa
duplicación do
DNA

MITOSE

- Período de gran actividade celular no que se produce a **división do núcleo**, distribuíndose os cromosomas (xa duplicados no período S) equitativamente entre cada unha das células fillas.
- Serve para:
 - **Reproducción asexual** dos eucariotas unicelulares
 - Desenvolvemento e **medra** do cigoto nos pluricelulares (medra indefinida no caso das plantas superiores)
 - **Rexeneración de células, tecidos e órganos** en pluricelulares
- Hai que sinalar que as células procariotas como as bacterias carecen de mitose, producíndose a súa reprodución por bipartición.
- A mitose é un proceso contínuo pero divídese en etapas por razóns didácticas: **PROFASE, METAFASE, ANAFASE e TELOFASE**

INTERFASE

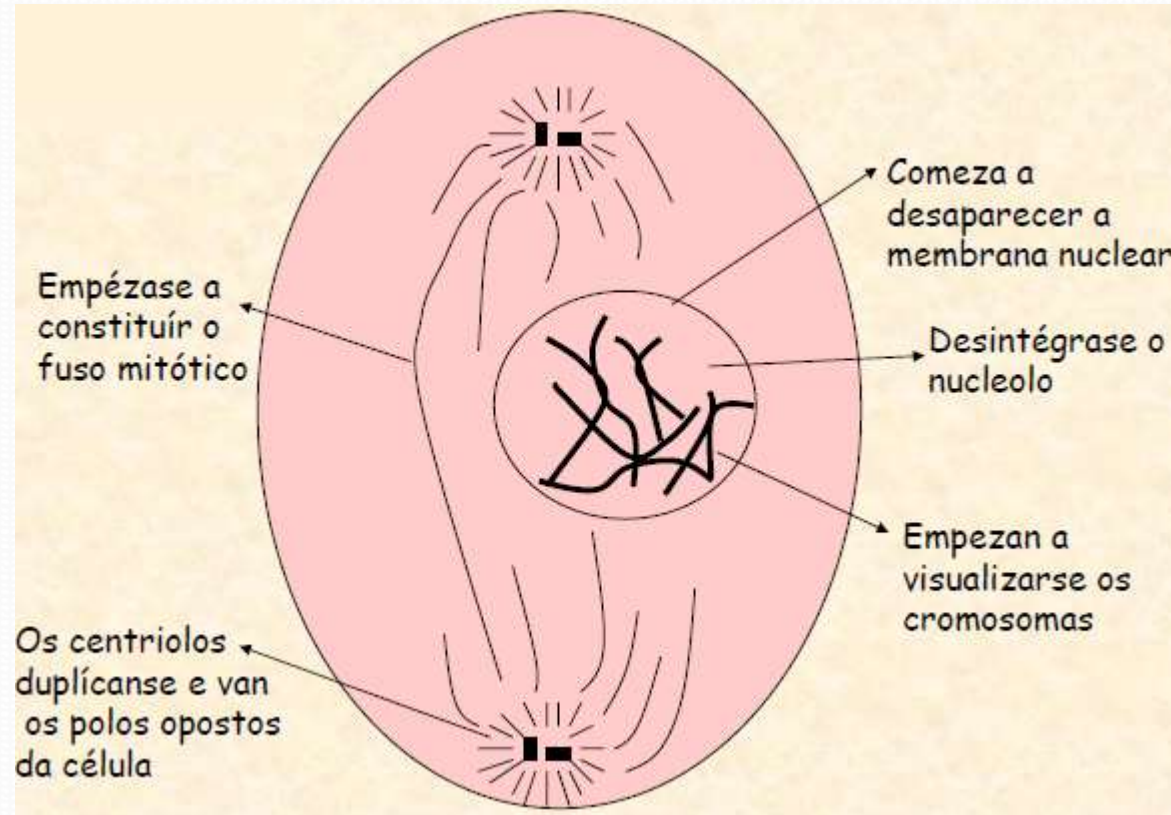
(Aprox. 23 horas)



MITOSE

(Aprox. 1 hora)

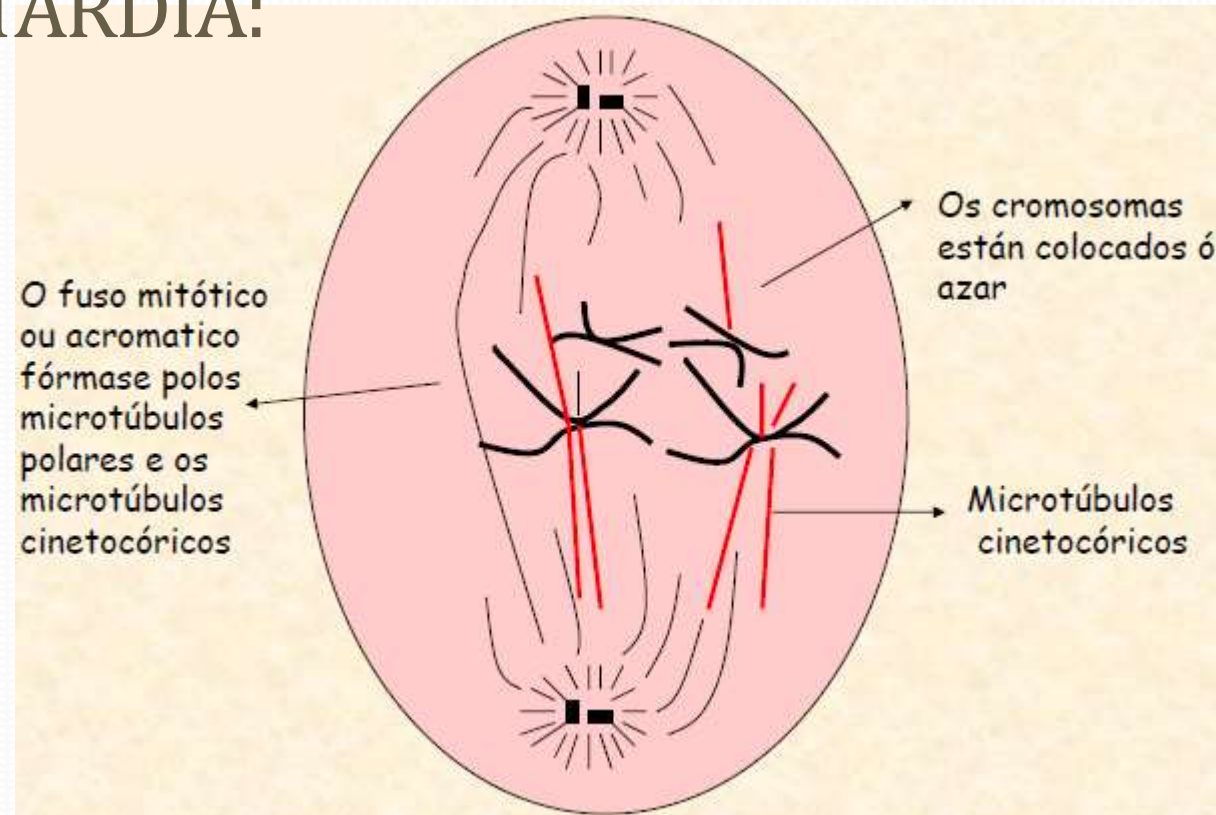
PROFASE:



- Os **cromosomas** vanse visualizando con dúas cromátidas cada un unidas polo centrómero.
- O **fuso mitótico** fórmase a partir das fibras contínuas que son filamentos de microtúbulos que unen ambos centriolos e foron formadas a partir das fibras de áster destes.
- Nas células vexetais, carentes de centriolos, o fuso acromático ou mitótico crece a partir de rexións densas do citoplasma chamadas centros organizadores de microtúbulos.

MITOSE

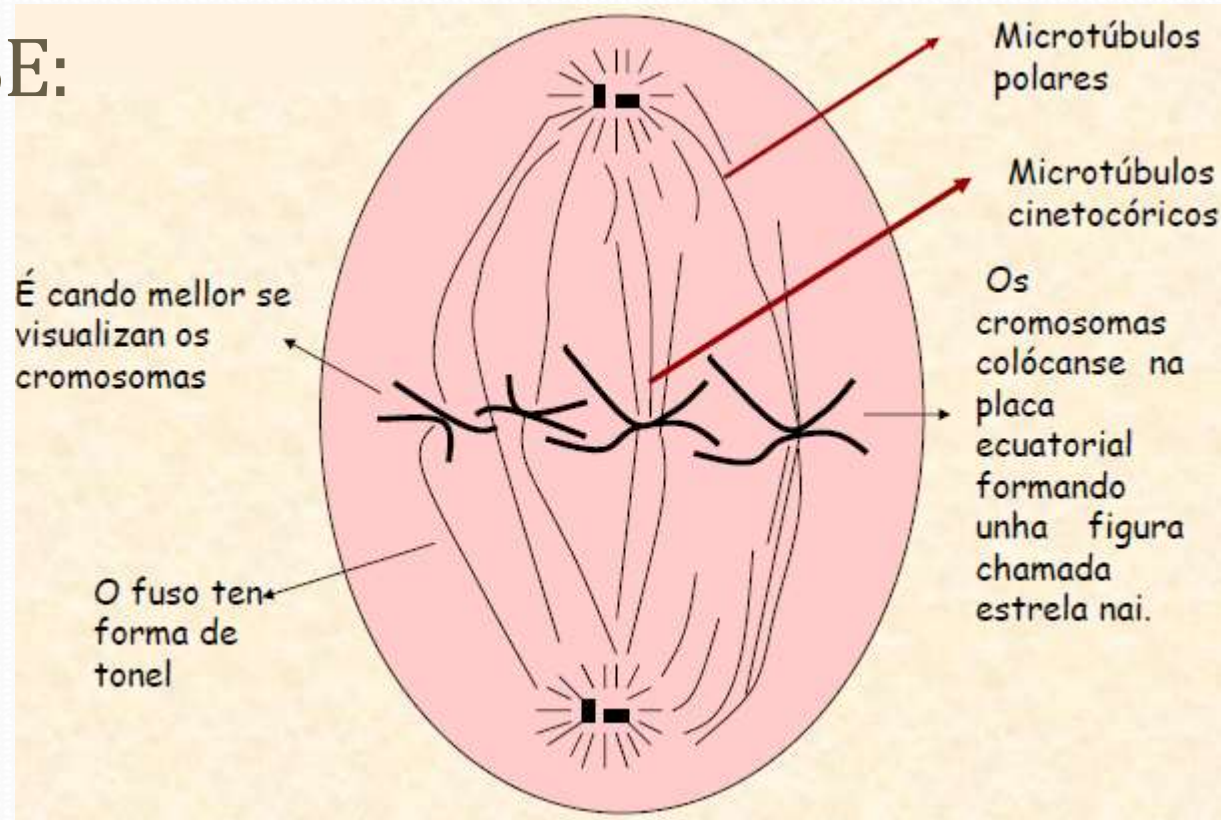
PROFASE TARDÍA:



- Completa **desaparición** do **nucléolo** e da **envoltura nuclear**.
- Os microtúbulos cinetocóricos ou cromosómicos son aqueles aos que se unen os cromosomas mentres que os microtúbulos polares non teñen cromosomas asociados.

MITOSE

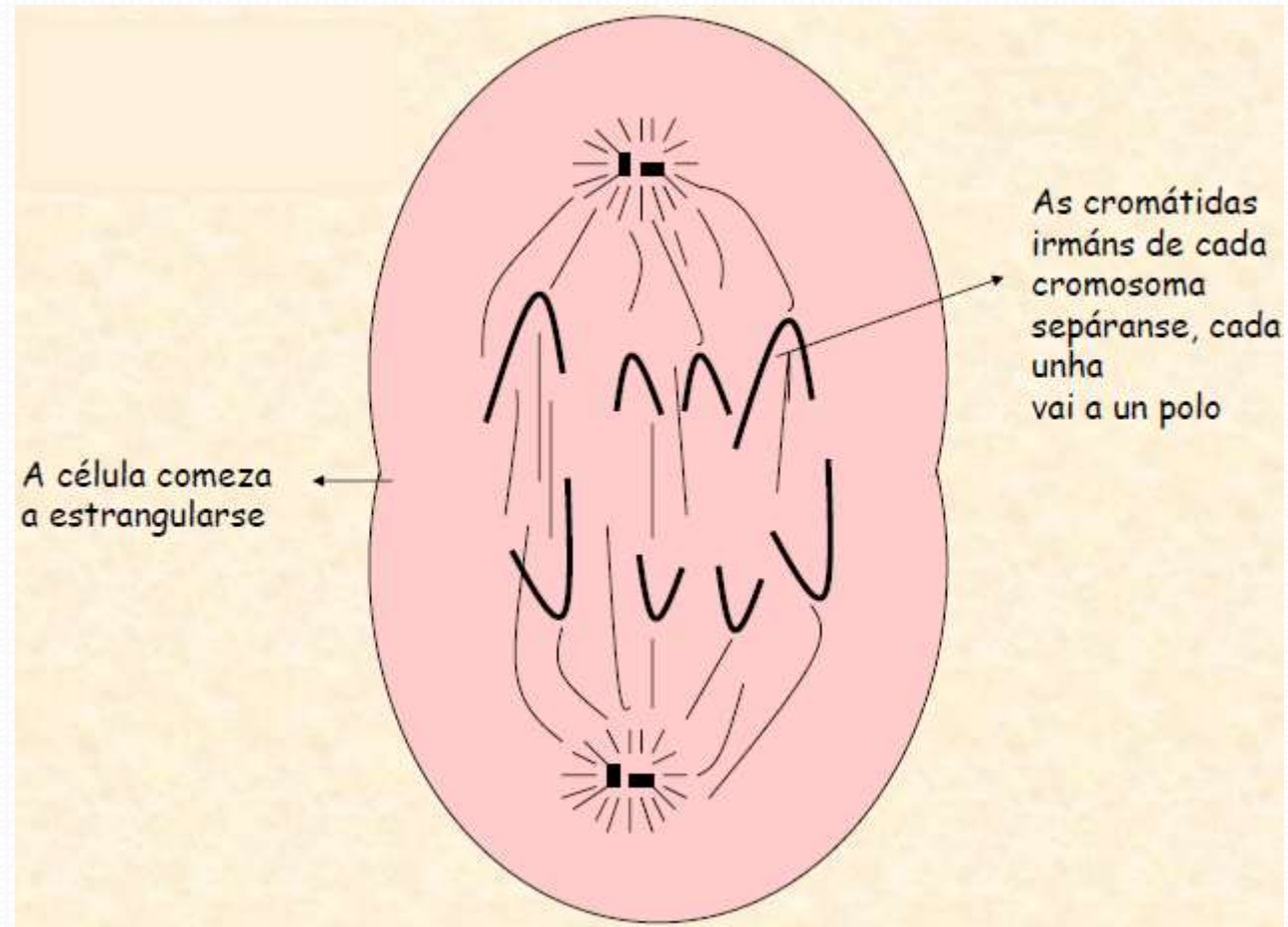
METAFASE:



- Condensación máxima dos cromosomas.
- Asóciase ao centrómero un complexo discoidal proteico (cinetocoro) que serve para engarzar os cromosomas aos microtúbulos cinetocóricos.
- Os cromosomas sitúanse na zona central da célula formando a chamada **placa ecuatorial** ou **placa metafásica**.

MITOSE

ANAFASE:

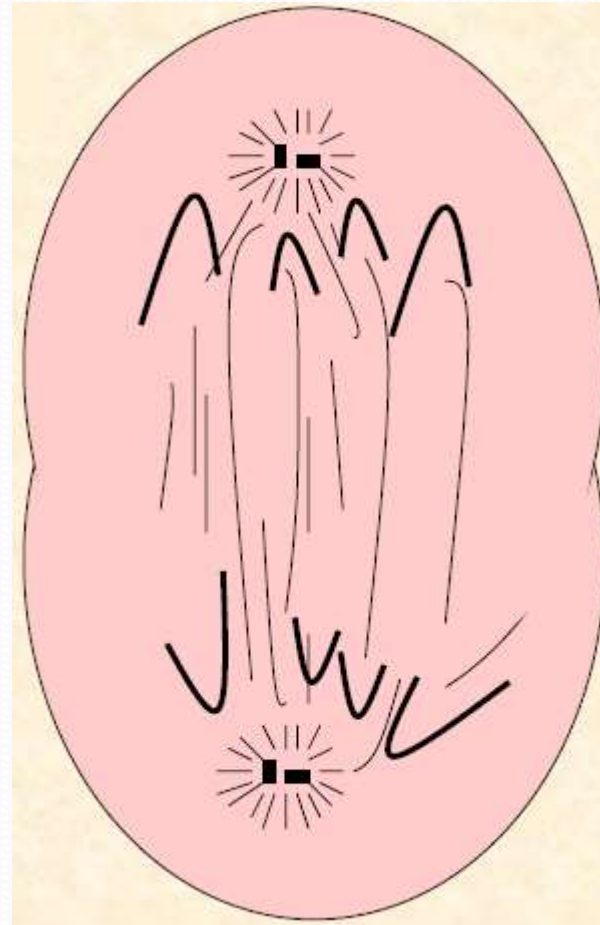


- Os microtúbulos cinetocóricos acúrtanse por despolimerización arrastrando ás cromátidas irmás cada unha cara a cada un dos polos da célula.
- **Separación das cromátidas** irmás que se dirixen aos polos da célula.

MITOSE

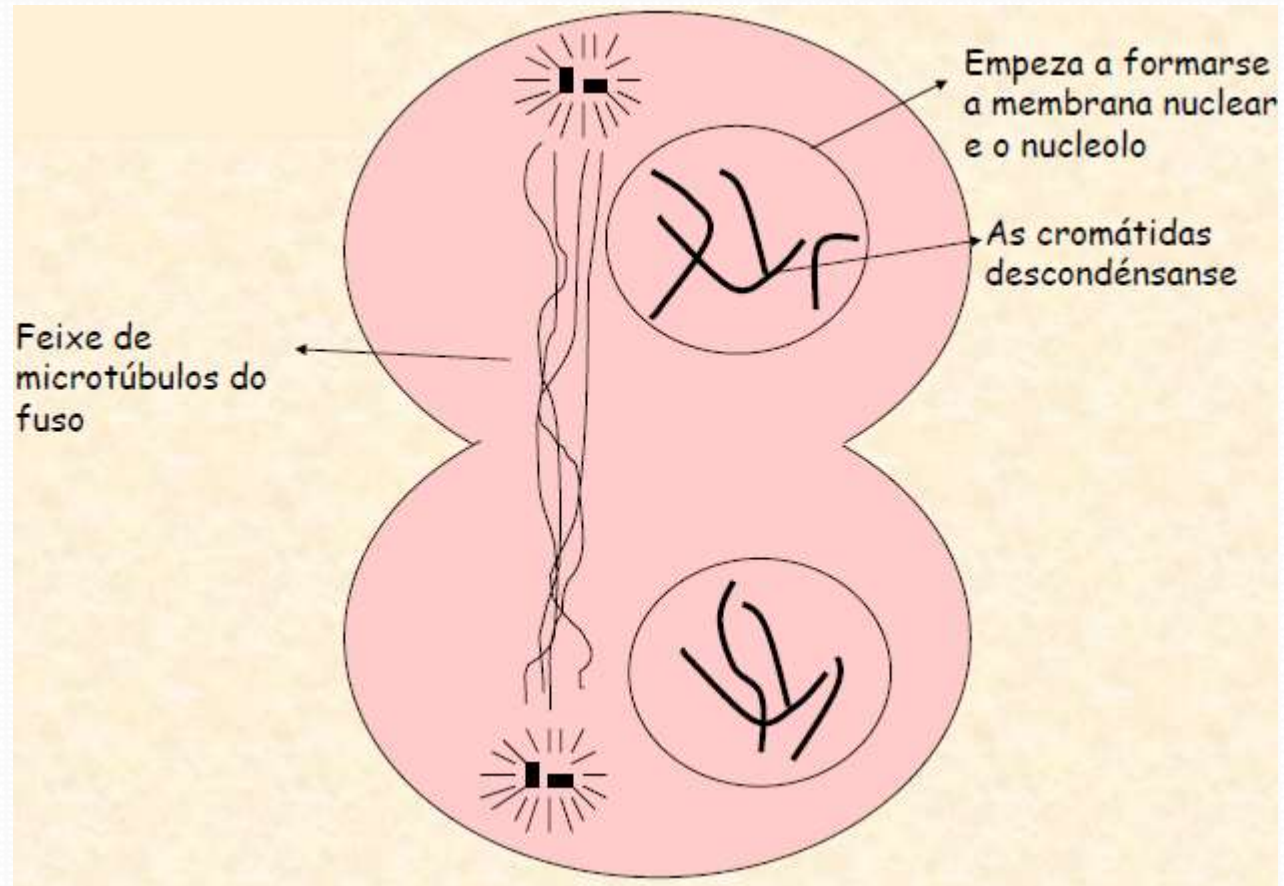
ANAFASE TARDÍA:

- As cromátidas pasan a denominarse cromosomas fillos ou **cromosomas anafásicos**.
- Os cromosomas adoptan unha forma de "V" característica.



MITOSE

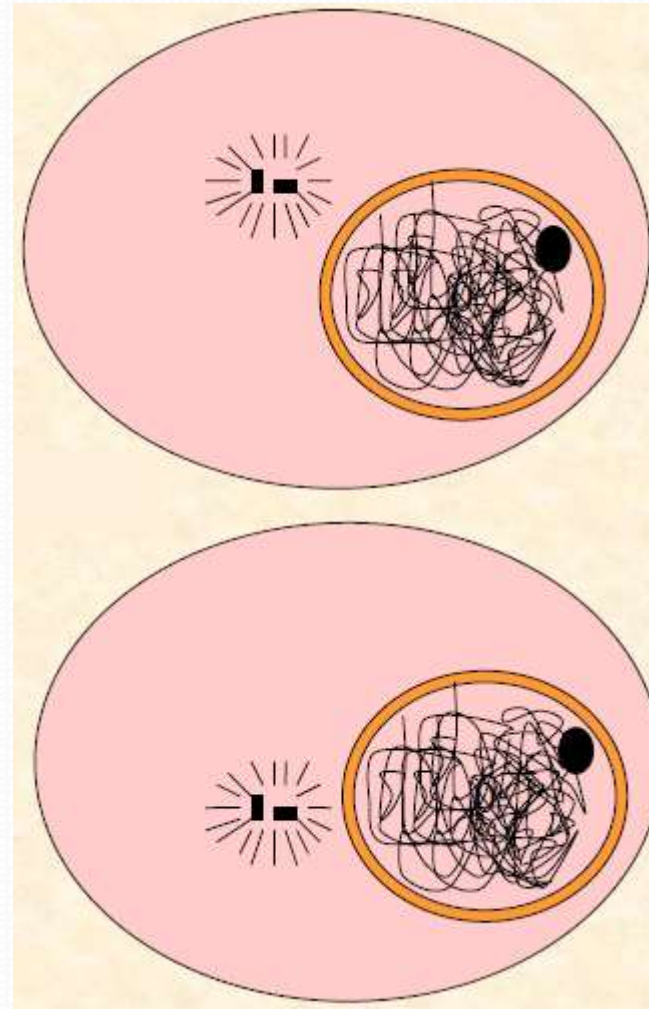
TELOFASE:



- Fase inversa á profase.
- **Desespiralización** (descondensación) dos **cromosomas** para formar a cromatina.
- **Reconstrución** da envoltura nuclear e do nucleolo.
- **Despolimerización dos microtúbulos** que conformaron o fuso mitótico.

CITOCINESE ANIMAL

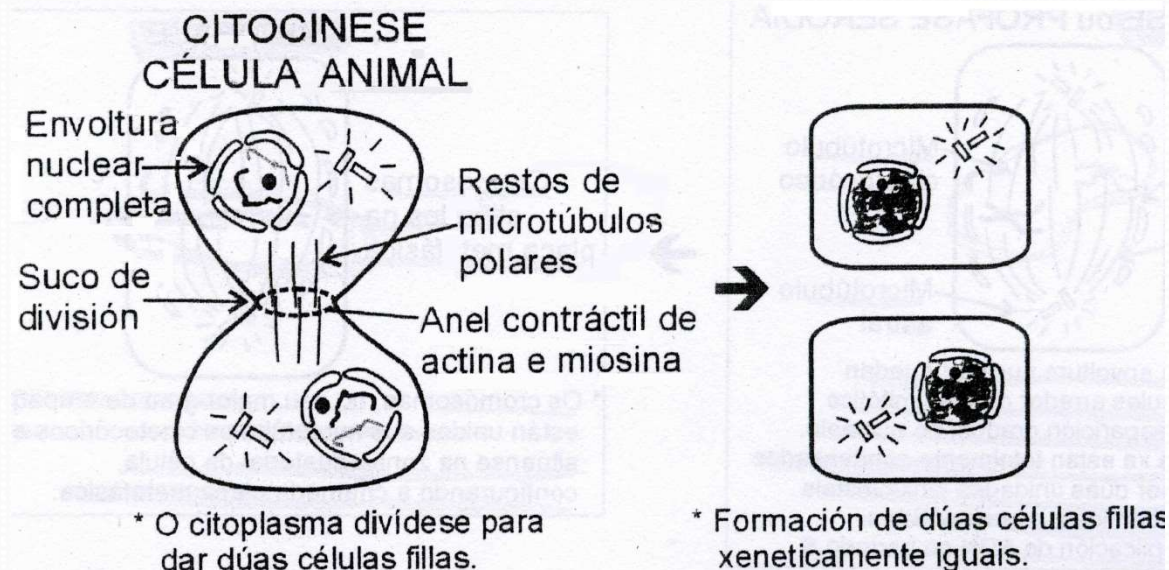
- Iníciase ao final da anafase e continúa durante a telofase.
- Consiste na **división do citoplasma** para dar lugar a dúas células fillas.
- O reparto do material citoplasmático non é equitativo senón que se realiza ao chou e, daquela, a distribución dos orgánulos é desigual, podendo variar en máis dun 10 %.



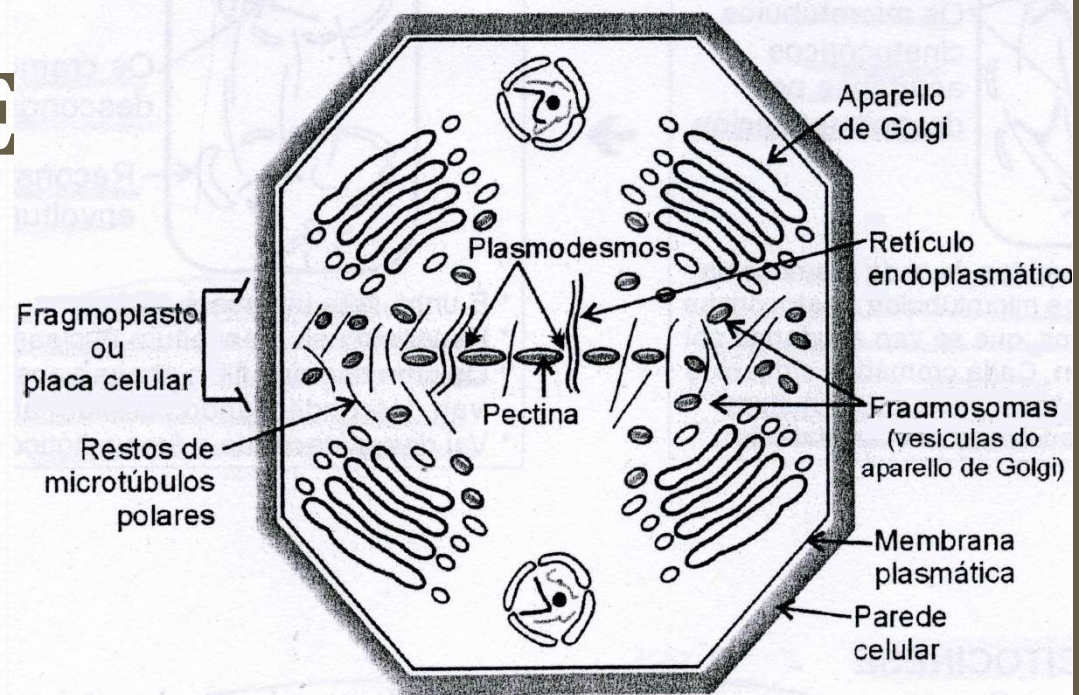


CITOCINESE ANIMAL

- Formación dun **anel contráctil** ou suco anular a partir de microfilamentos de actina e miosina que se sitúan baixo a MP.
- Este anel contráctil vai producindo o estrangulamento da célula.
- Aínda poden observarse restos dos microtúbulos polares na zona onde se produce o estrangulamento celular.



CITOCINESE VEXETAL

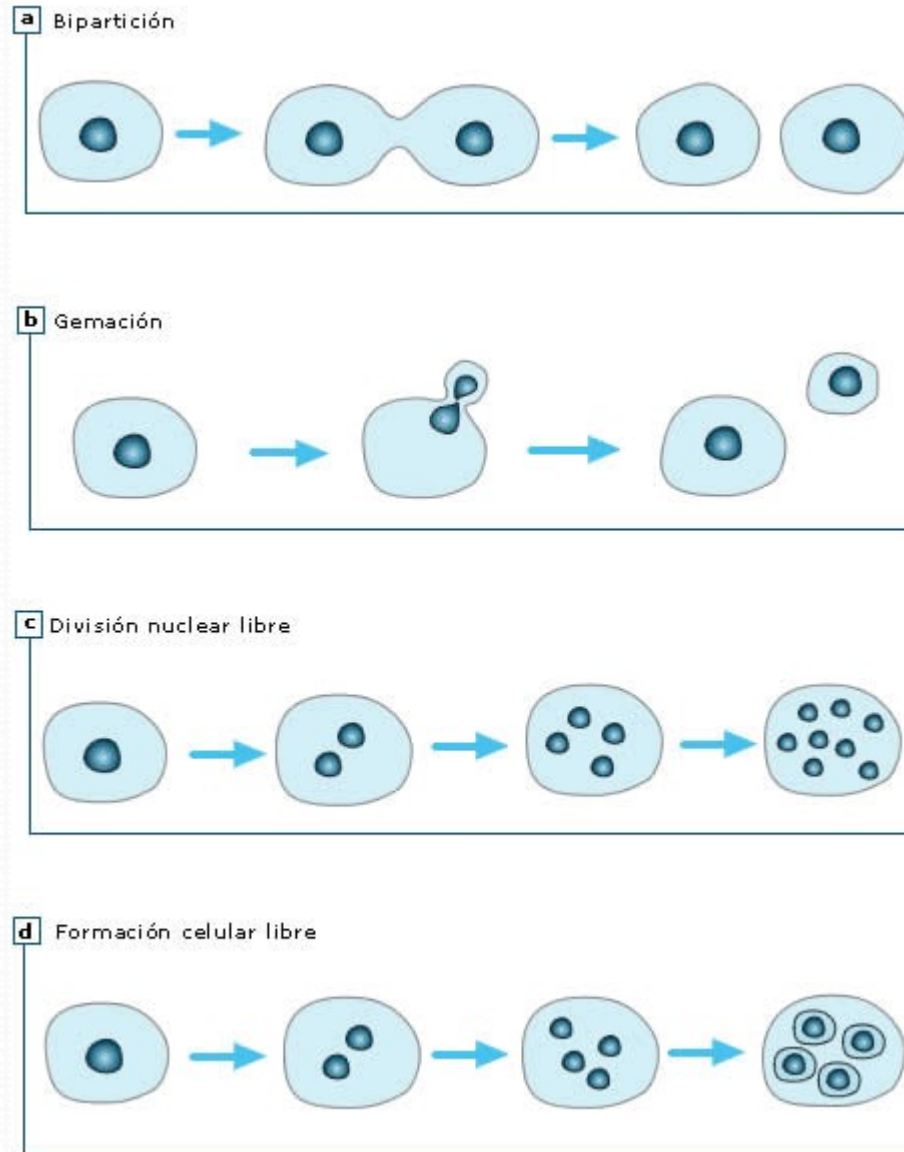


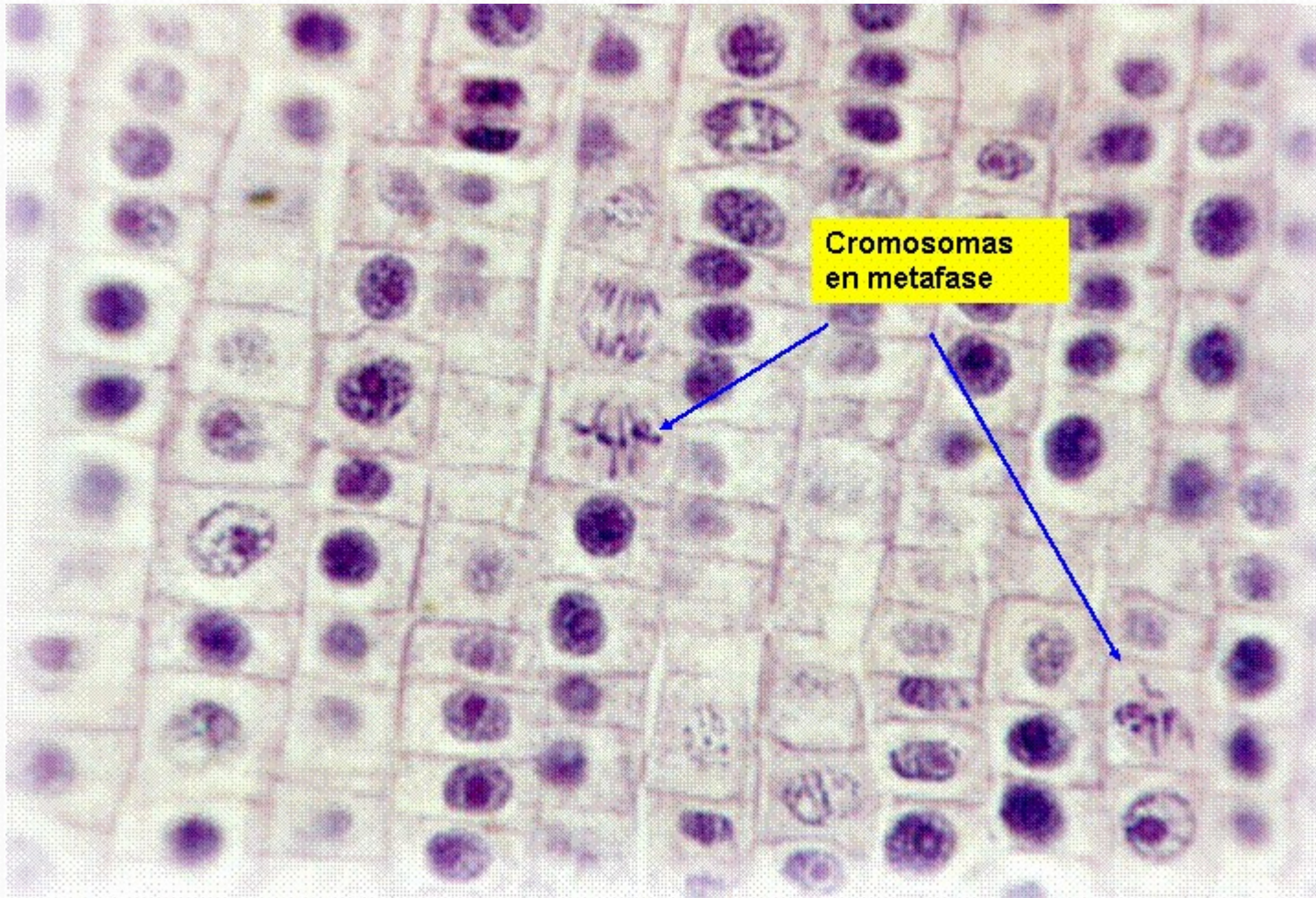
CITOCINESE NA CÉLULA VEXETAL

- Formación dun tabique celulósico denominado **fragmoplasto** a partir de vesículas desprendidas do ap. de Golgi (fragmosomas), de restos de microtúbulos polares e de cisternas do RE.
- Ao cabo dun tempo, o fragmoplasto transfórmase en lámina media (parede celular en formación) na que existirán pontes citoplasmáticos chamadas plasmodesmos polas que discorren cisternas do RE.

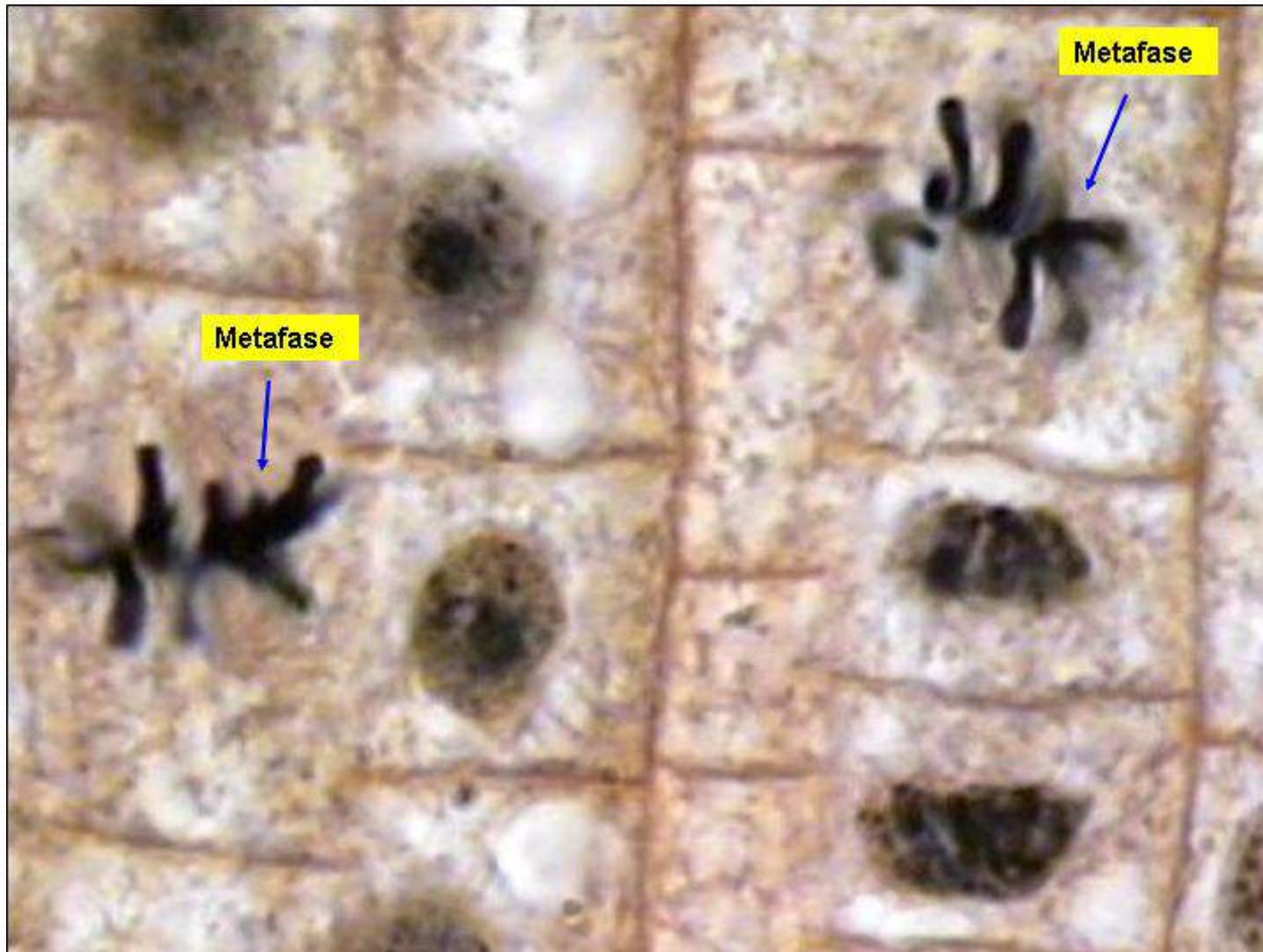
OUTROS TIPOS DE CITOCINESE

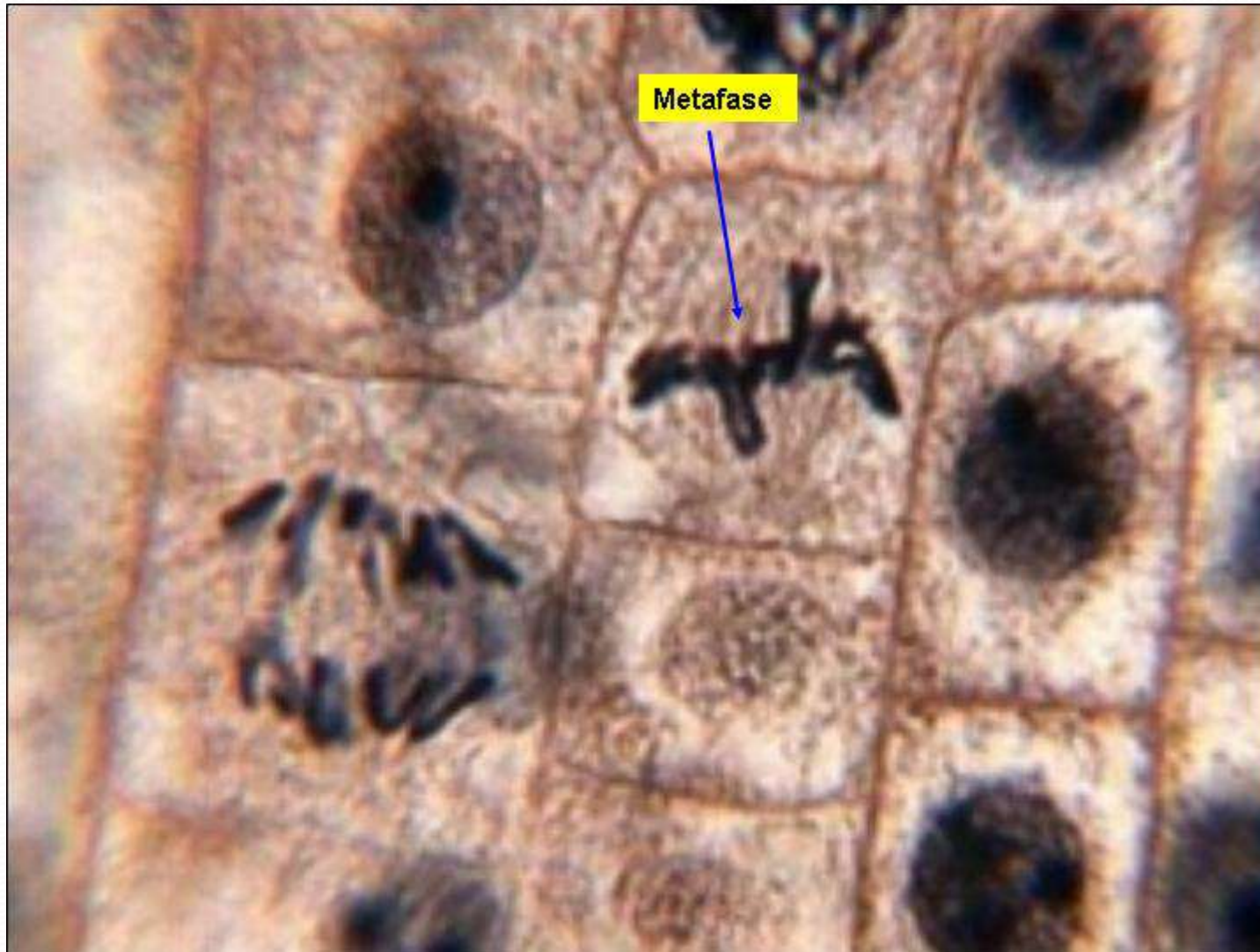
- **Bipartición** (reproducción asexual de procariotas): división do ADN seguida dunha división do citoplasma. Reproducción asexual.
- **Xemación**: Formación de prominencias sobre o individuo proxenitor. División desigual. Reproducción asexual.
- **División nuclear libre**: O núcleo divídese varias veces dentro da célula nai sen que se divida o citoplasma, co que se forman estruturas plurinucleadas.
- Formación de células libres (**esporulación**): Tras unha división nuclear libre, cada núcleo rodéase dunha membrana celular.

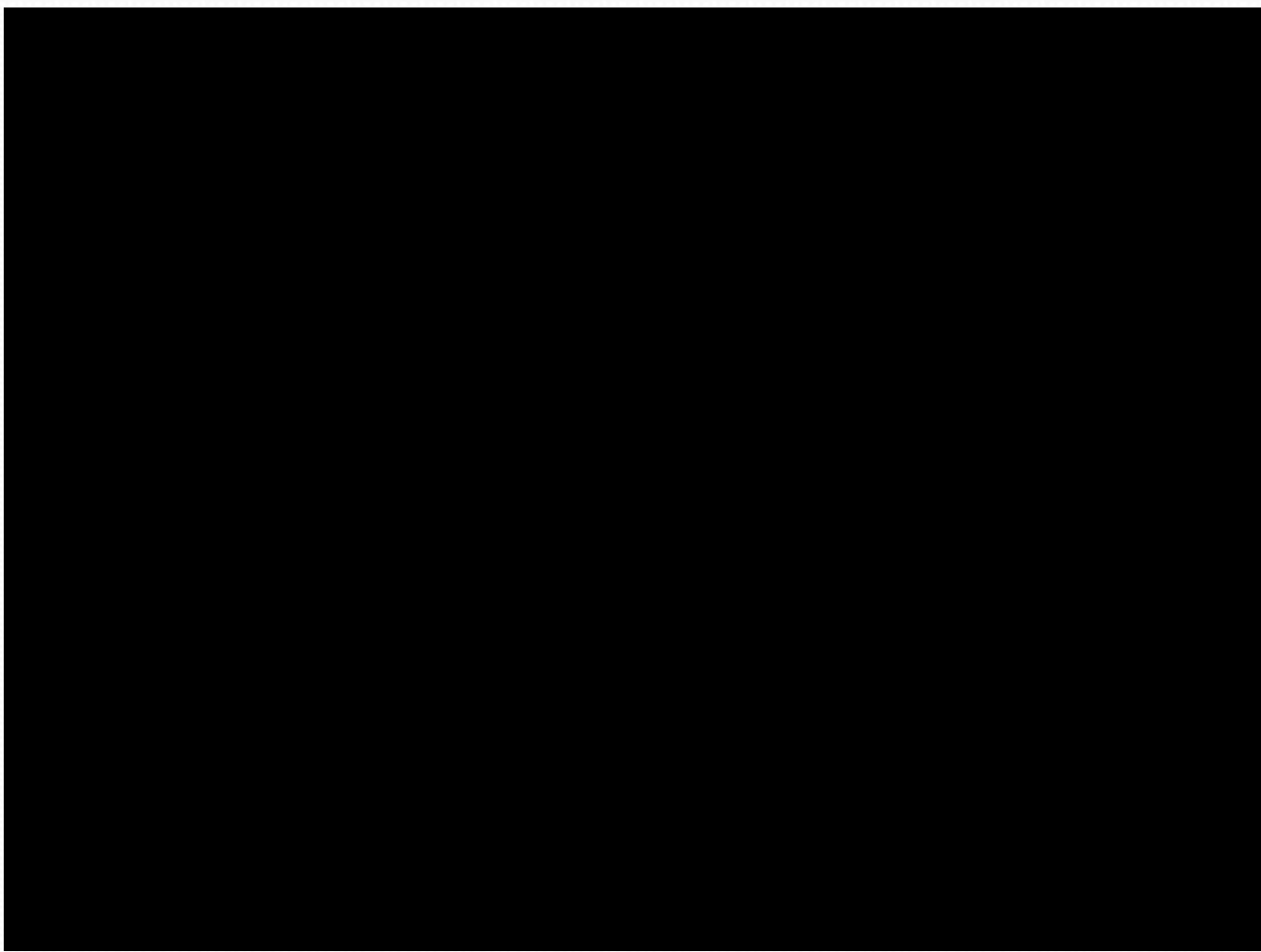




Células do ápice da cebola em distintas fases do ciclo celular.







MEIOSE

- Mecanismo de división que permite que a partir dunha única **célula nai diploide** (gametogonia) se formen **catro células fillas haploides** chamadas gametos despois de sufrir dúas divisións celulares consecutivas.
- Permite a formación de gametos para a **reproducción sexual**.
- Na fase S da interfase unha gametogonia duplicará o seu material xenético, aparecendo dúas cromátidas en cada cromosoma e presentando unha dotación cromosómica de 2(2n) o que explica o resultado final de 4 células haploides (n).
- Na meiose tras unha única duplicación do material xenético (ADN), hai dúas divisións sucesivas:
 - **Primeira división meiótica ou meiose I**
 - **Segunda división meiótica ou meiose II**

MEIOSE

- Mientras que na mitose a división é ecuacional, separándose as cromátidas dos cromosomas; na meiose:

- a **1ª división meiótica ou meiose I** é reducional, redúcese á metade o nº de cromosomas que existía na célula proxenitora

n cromosomas con 2 cromátidas



- a **2ª división meiótica ou meiose II** é ecuacional, separándose as dúas cromátidas dos cromosomas

n cromosomas con 1 cromátida



Meiose

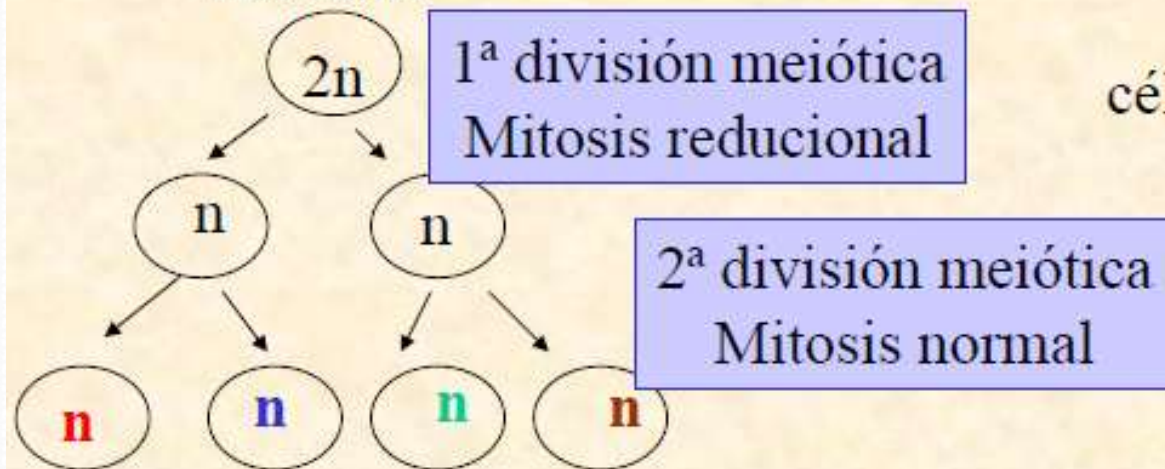
Proceso polo
que unha célula
diploide da
orixe a catro
células
haploides todas
distintas

Orixina células
haploides

Gametos

ou

células reproductoras



MEIOSE

1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

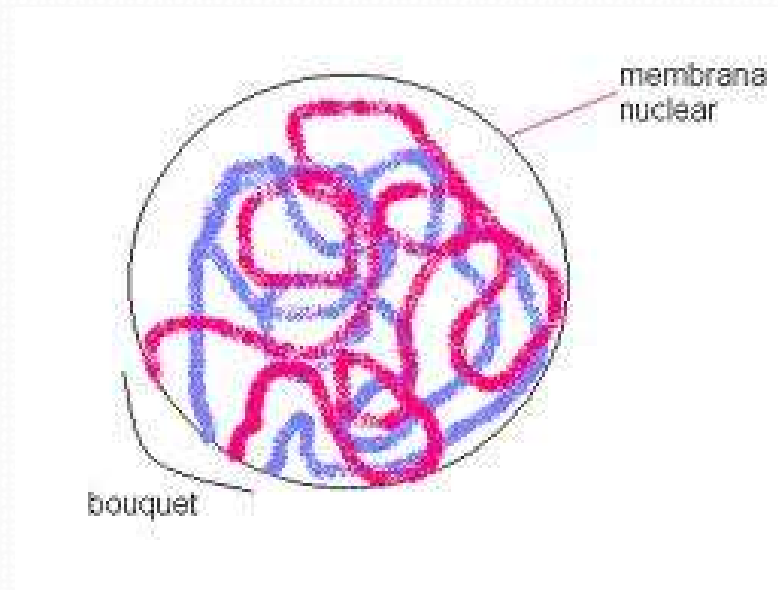
PROFASE I:

- Etapa máis longa da meiose. Nela ten lugar o **entrecruzamento ou sobrecruzamento** (crossing over).
- A envoltura nuclear permanece intacta, desaparece ao final, ao tempo que se desintegra o nucleolo e se forma o fuso mitótico.
- Divídese en 5 períodos:

Leptotena; de *leptos* = delgado.

Cromosomas: longos e delgados

Non se distinguen as 2 cromátidas (aínda que xa se duplicou o ADN na interfase)



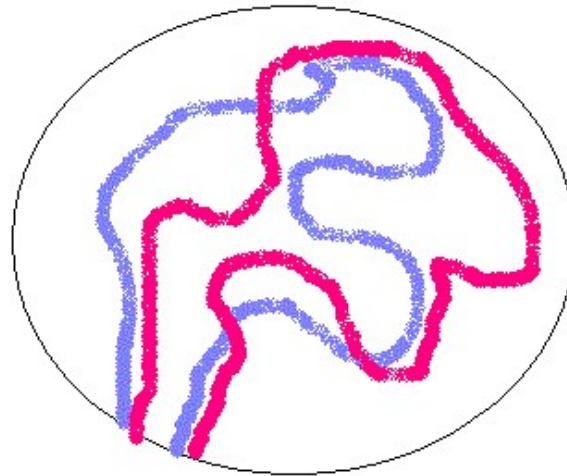
MEIOSE

1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

PROFASE I:

- **Cigotena**; de *zigos* = xugo. Apareamento de cromosomas homólogos ou sinapse. Para que se dea, fórmase unha estrutura proteica entre ambos cromosomas homólogos chamada complexo sinaptonémico, que permite a xustaposición de cada xene co seu homólogo no cromosoma oposto.

A sinapse adoita comezar polos telómeros e de aí cara ao centro os cromosomas vanse unindo como unha cremallera.



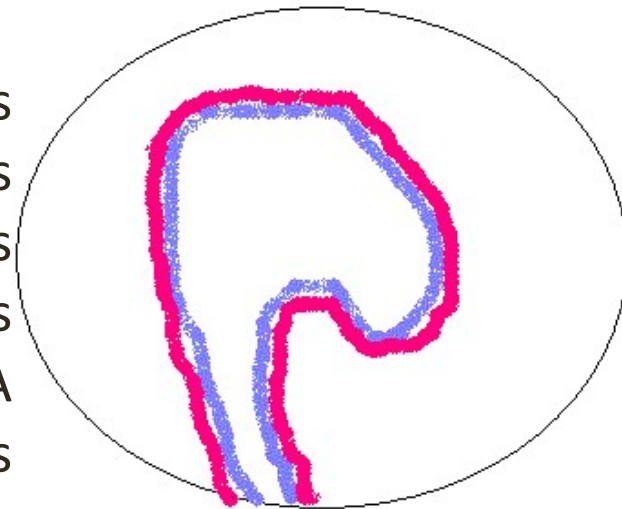
MEIOSE

1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

PROFASE I:

- **Paquitena**; de *paquis* = groso. Prodúcese:
 - ✓ manifestación dos **bivalentes**.
 - ✓ **Entrecruzamento ou sobrecruzamento** : Intercambio de fragmentos de cromátidas de cromosomas homólogos. Prodúcese ao chou e vai orixinar a **recombinación xénica** entre cromosomas homólogos

(os cromosomas do par de homólogos xa non son completamente maternos ou paternos, teñen unha das súas cromátidas formadas por segmentos alternantes paternos e maternos). A recombinación xénica será unha das fontes de variabilidade.

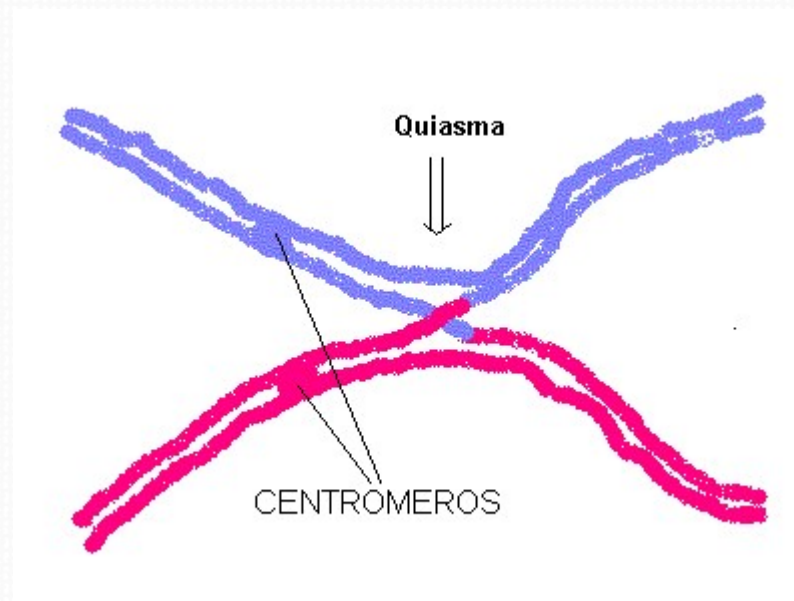
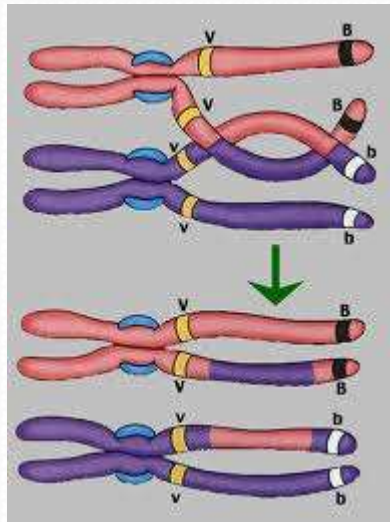


MEIOSE

1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

PROFASE I:

- **Diplotena**; as forzas de apareamento entre cromosomas homólogos cesan e os cromosomas vanse separando e observamos uns puntos de cruce a modo de X denominados **quiasmas**, que indican os lugares onde se produciu o entrecruzamento.

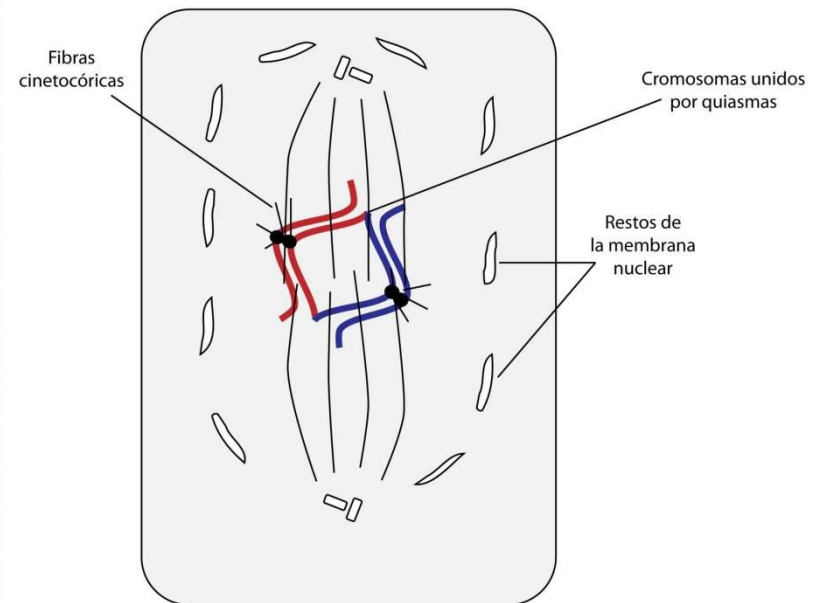
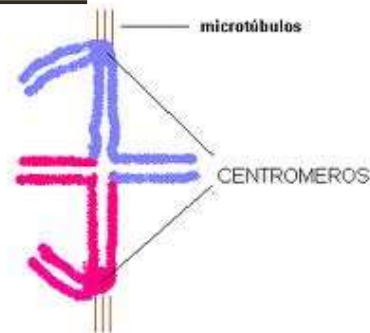


MEIOSE

1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

PROFASE I:

- **Diacinese;**
- ao separarse os centrómeros dos bivalentes e prodúcese un desplazamento dos quiasmas hacia os extremos, ao que se lle chama **terminalización dos quiasmas**.
- desaparece o nucleolo, a envoltura nuclear e iníciase a formación do fuso acromático ou fuso mitótico.



MEIOSE

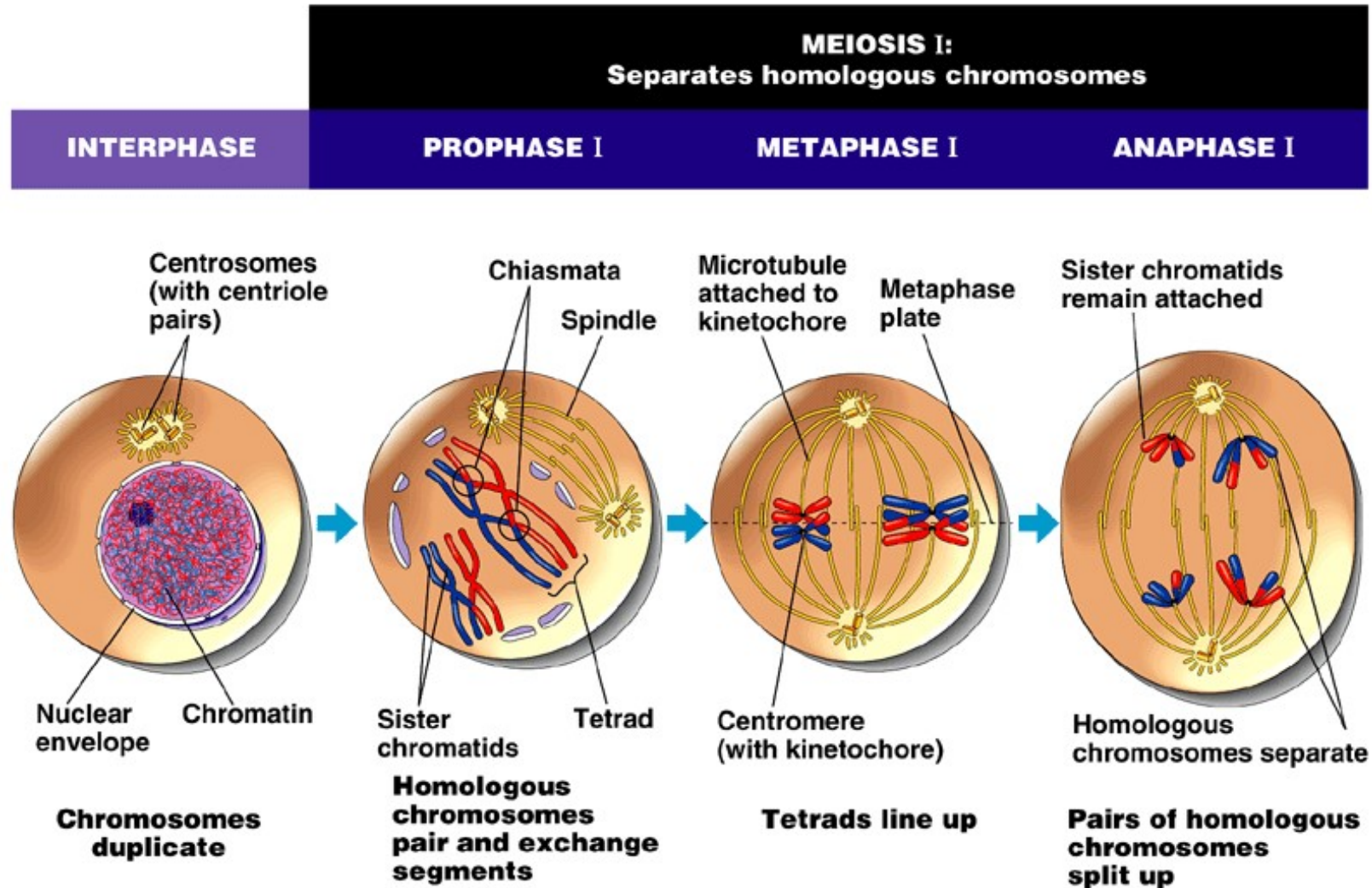
1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

- **METAFASE I:** Os bivalentes colócanse sobre a placa ecuatorial
- **ANAFASE I:** O fuso acromático acúrtase e **separa** totalmente aos **cromosomas homólogos** arrastrándoos aos polo. (Non se separan as cromátidas, senón cromosomas homólogos)
- **TELOFASE I:**
 - ✓ Os **cromosomas con 2 cromátidas** acadan os polos da célula.
 - ✓ Rexenérase a envoltura nuclear e desaparecen os microtúbulos
 - ✓ Os cromosomas inician unha mínima descondensación e entran nunha breve interfase na que non existe duplicación do ADN.
 - ✓ Divídese o citoplasma por citocinese.

As **células fillas son haploides**, pois non teñen todos os cromosomas, senón a metade (n).

MEIOSE

1ª DIVISIÓN MEIÓTICA:



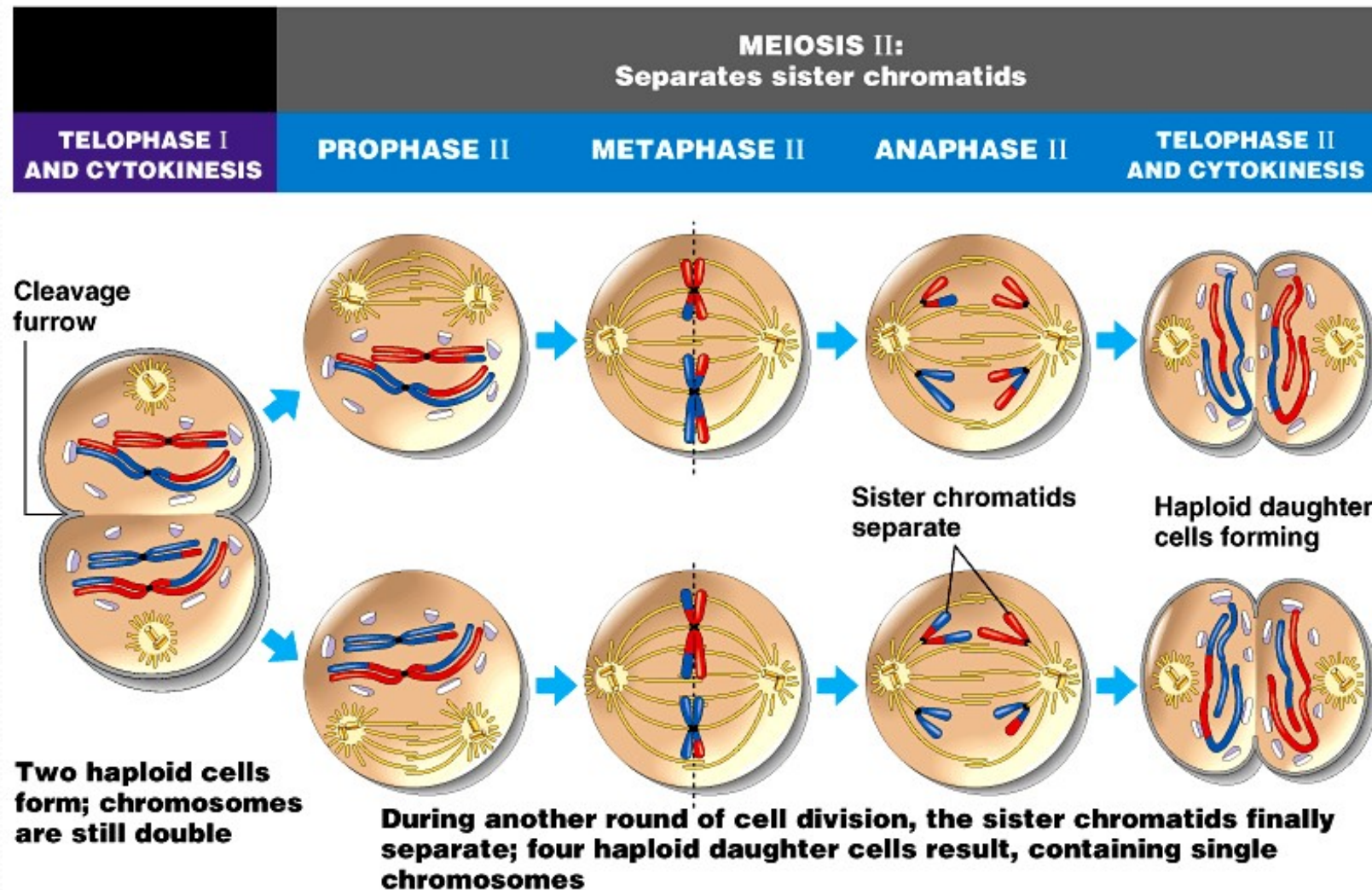
MEIOSE

2ª DIVISIÓN MEIÓTICA:

- **PROFASE II:** Etapa curta. Os cromosomas están ben condensados. Desaparece a envoltura nuclear e iníciase a formación do fuso acromático. Prodúcese a duplicación dos centríolos.
- **METAFASE II:** Os cromosomas dispóñense no plano ecuatorial uníndose aos filamentos de fuso polos centrómeros.
- **ANAFASE II:** Os filamentos de fuso **separan as cromátidas** de cada cromosoma, sendo arrastrados os cromosomas fillos (de só unha cromátida) cara aos polos da célula.
- **TELOFASE II:** Agrupación e desespiralización das cromátidas. Formación da envoltura nuclear e citocinese.

MEIOSE

2ª DIVISIÓN MEIÓTICA:



IMPORTANCIA BIOLÓXICA DA MEIOSE (VARIABILIDADE)

A **reproducción sexual** da lugar a unha gran **variabilidade** nos descendentes que non existe na reprodución asexual.

Razóns:

- A recombinación xénica mediante entrecruzamento que se da na meiose en cada par homólogo prodúcese ao chou e, os fragmentos intercambiados son de maior ou menor tamaño tamén ao chou. (Cada gameto levará xenes de nova adquisición, antes situados en cromosomas distintos)
- A fecundación do óvulo por parte do espermatozoide tamén se produce ao chou; de entre os millóns de espermatozoides que se forman, só un deles fecundará ao óvulo.
- As mutacións no material xenético contribúen tamén á variabilidade. Neste caso, tanto na reprodución sexual como na asexual.

IMPORTANCIA BIOLÓXICA DA MEIOSE (VARIABILIDADE)

- Os gametos formados levarán, xeralmente, cromosomas paternos e maternos mesturados. Na metafase I os cromosomas homólogos están situados na placa ecuatorial de forma aleatoria e durante a anafase I prodúcese un reparto aleatorio dos cromosomas maternos e paternos para cada polo, podéndose formar gametos con todas as combinacións posibles. (Só cadrará excepcionalmente que todos os cromosomas que vaian para un polo sexan paternos e os que vaian para o outro sexan maternos).

Na especie humana hai 23 pares de cromosomas homólogos, polo tanto, o nº de combinacións posibles é de 2^{23} (máis de 8 millóns).

IMPORTANCIA BIOLÓXICA DA MEIOSE (VARIABILIDADE)

- A **variabilidade xenética** dos individuos dunha poboación permite unha maior flexibilidade nas adaptacións ao medio ambiente e será a base sobre a que actúa a selección natural: de entre a variabilidade de individuos, os que mellor se adaptan ás condicións ambientais deixarán máis descendencia á seguinte xeración, o que permitirá o aumento de determinados xenes ao longo de varias xeracións, e a desaparición doutros xenes que induzan a aparición de características cun valor adaptativo baixo.

(Teoría neodarwinista)

MITOSE ≠ MEIOSE

	MITOSE	MEIOSE
Nº de divisións	1 división	2 divisións consecutivas
Nº de células xeradas	2 células fillas	4 células fillas
Nº de cromosomas nas células fillas	Igual nº de cromosomas que a cél. nai	Metade de cromosomas que a cél. nai
Comportamento dos cromosomas na división	Non existe intercambio de material xenético entre cromosomas homólogos	Entrecruzamento
Separación dos cromosomas	Na Anafase sepáranse cromátidas irmás.	Na Anafase I sepáranse cromosomas homólogos e na Anafase II cromátidas irmás.
Tipo de células nas que se dan	División nas células somáticas	División de gametogonias para producir gametos

CICLOS BIOLÓXICOS

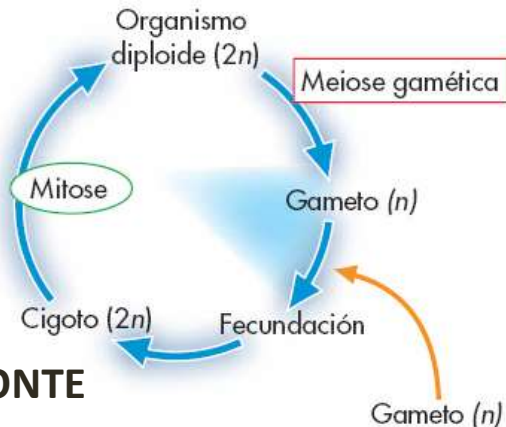
CICLO HAPLONTE

- Protoctistas e algúns fungos unicelulares haplontes.
- O cigoto (diploide) divídese por meiose dando lugar á xeración haploide que se reproduce asexualmente.

Ciclo haplonte



Ciclo diplonte



CICLO DIPLONTE

- Animais.
- A meiose prodúcese para formar gametos (haploides)

CICLO HAPLODIPLONTE

- Plantas.
- Alternan unha xeración diploide (esporófito) cunha haploide (gametófito).
- O **esporófito** sofre meiose para dar esporas haploides, que se dispersan e xerminan formando **gametófitos** haploides, os gametos que estes forman fúndense para dar lugar a un cigoto diploide que se divide mitoticamente ata crear o esporófito diploide.

Ciclo diplohaplonte

