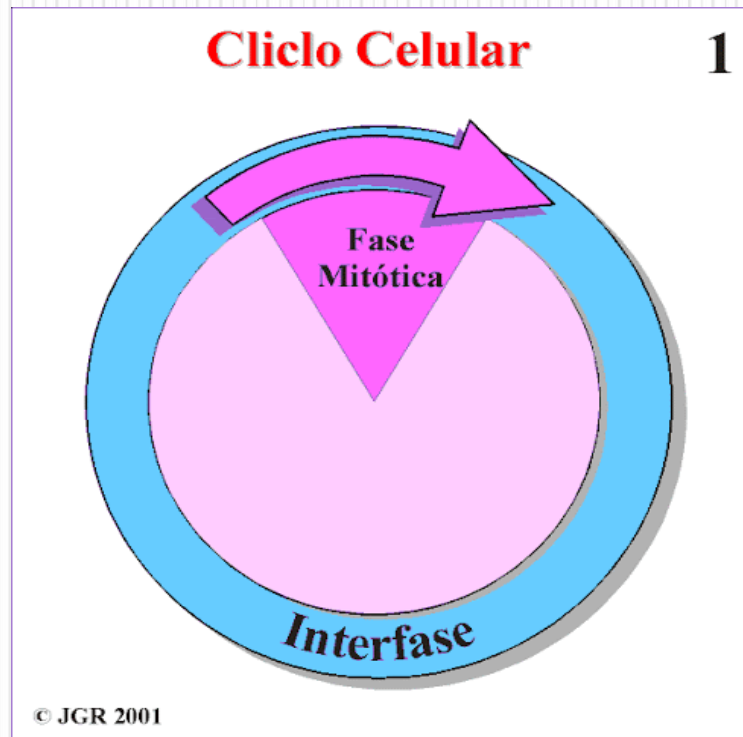


T-11 B. DIVISIÓ CEL·LULAR



INDEX

- 1. El cicle cel·lular
- 2. El cicle cel·lular: la interfase. Etapes
- 3. El cicle cel·lular: Mitosi
- 4. Citocinesi: divisió del citoplasma
- 5. Meiosi
- 6. Diferències entremitosi i meiosi
- 7. Meiosi i Reproducció sexual
- 8. Avantatges i inconvenients de la r. sexual

1. El ciclo celular



El ciclo celular és el període de creixement i divisió que ocorre en el cycle vital d'una c. Té dues etapes:

- **Divisió:**

- **Mitosis, divisió nuclear o cariocinesi.** (La meiosis és un tipus especial de divisió que ocorre sols en c. sexuals)

- **Citocinesi o divisió del citoplasma**

- **Interfase:** període que transcorre entre dues divisions.

2. El cicle cel.lular: la interfase. ETAPES

- **G1** (G és gap en anglés, interval).
 - Comprèn el període des de que la c naix fins a la fase S.
 - Hi té lloc la síntesi d'ARNm, de proteïnes, reparació d'ADN...
 - La duració depèn del tipus de c.
 - ADN:cromatina
 - Algunes c romanen en estat de repòs i no es divideixen, es denomina **G0**, com les neurones o les c musculars esquelètiques a partir de certa edat.
 - Al final de G1 hi ha un moment de no-retorn a partir del qual és impossible que no es donen les fases següents. És el punt de restricció **R**.
- **S:**
 - D
 - Duplicació de l'ADN per a la posterior divisió > 2 cromàtides germanes.
 - Síntesi de pr histones (*histones)
- **G2:**
 - continua la síntesi d'ARNm i de pr, sobretot l'H1 que permet la formació de la fibra de 300 Å, solenoide i de les pr del fus.
 - Condensació de la cromatina i duplicació dels centríols en c animals.
 - La c té el doble d'ADN que en la fase G1.

Apoptosi o mort cel.lular programada: quan després d'un nombre limitat de divisions, les c moren. Escapen a aquest procés les c canceroses que es divideixen de forma incontrolada.

Duració de les fases del cicle cel·lular (h)

Tipus de c	G1	S	G2	Mitosi
Protists	8.5	7	2	1.4
C. d'arrel del pèsol	10.5	7	6	2
C de la pell del ratolí	6	8	5	1.25

3. El cicle cel·lular: MITOSI

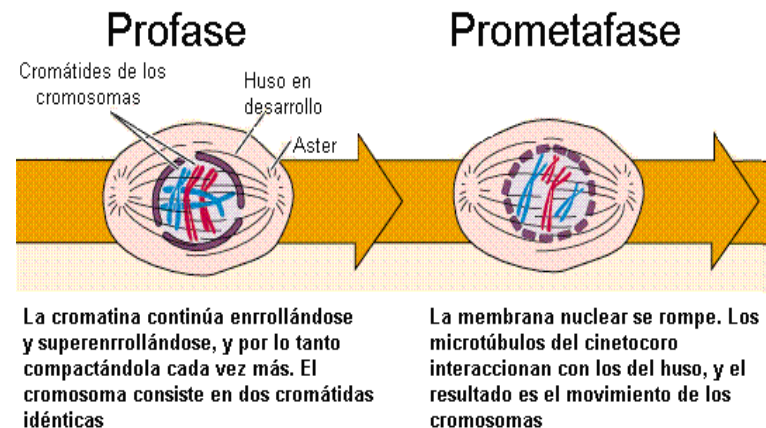
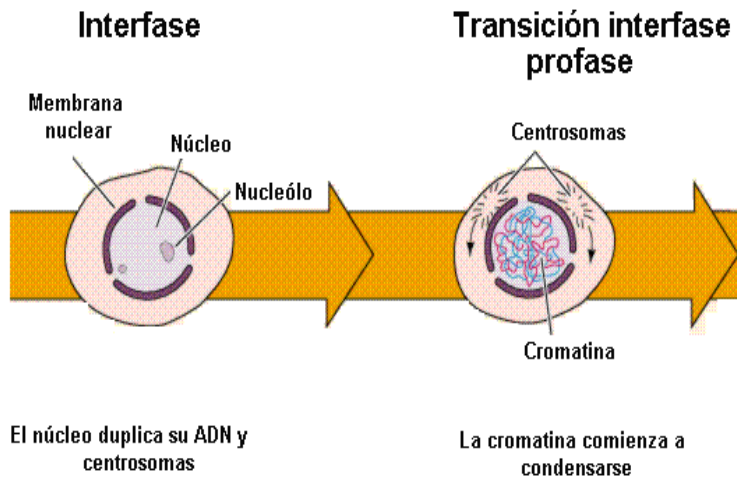
- La mitosi o divisió nuclear és el procés en el qual hi ha un repartiment equitatiu de la informació genètica prèviament replicada a dos nuclis fills.
- Pot ser:
 - ✓ **Tancada**: no desapareix la mb nuclear. Ex: alguns protists i fongs
 - ✓ **Oberta**: desapareix la mb nuclear
- És un procés continu però es poden diferenciar les següents fases:
Profase, prometafase, metafase, anafase i telofase.
Després ocorre la citocinesi.

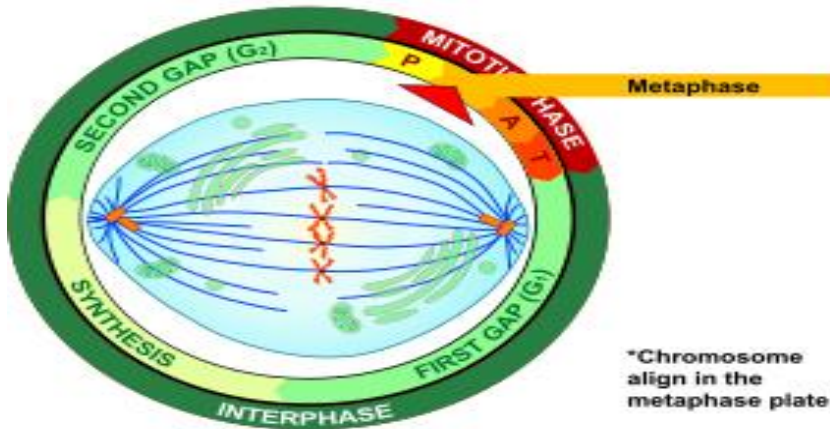
PROFASE



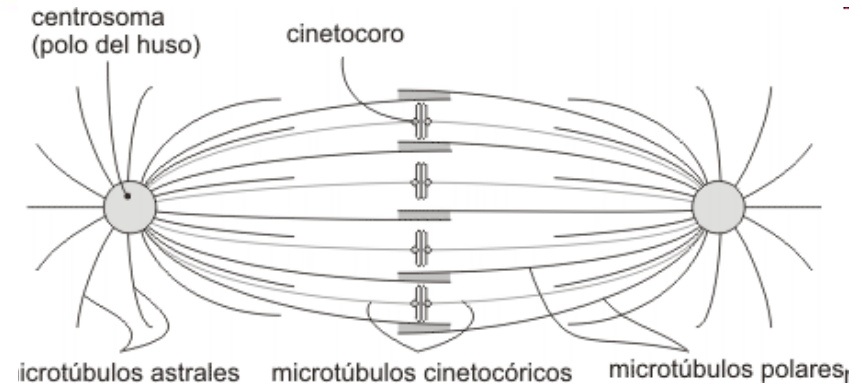
• Profase:

- Condensació de la cromatina. Comencen a ser visibles els **cromosomes** (2 cromàtides unides pel centròmer)
- Desaparició dels nuclèols
- Comença a formar-se el **fus mitòtic**, concretament els microtúbuls polars que es formen a partir de l'àster . El creixement es produeix per l'addició de tubulina cap a la zona equatorial de la c.
- Desapareix la **mb nuclear** (entra aigua i es trenca) si és una mitosi oberta.
- Es forma el **cinetocor** en cada cromàtida, on s'uneixen els microtúbuls cinetocòrics





*Chromosome align in the metaphase plate



• Prometafase

- Unió dels cromosomes al fus mitòtic
- S'uneixen els microtúbuls cinetocòrics als centròmers

• Metafase

- S'observen els cromosomes en el màxim grau de condensació i es disposen al pla equatorial amb cadascuna de les cromàtides germanes orientades cap als pols oposats.
- El fus mitòtic apareix format pels microtúbuls polars (de pol a pol) i els cinetocòrics (de pol a cinetocor).

• Anafase

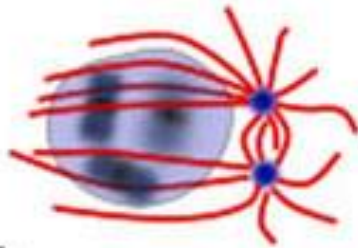
- Les cromàtides germanes dels cromosomes se separen pels centròmers (cromosomes independents). Cada cromàtide es converteix en un cromosoma anafàsic.
- Per acurtament dels microtúbuls cinetocòrics i allargament dels polars

• Telofase

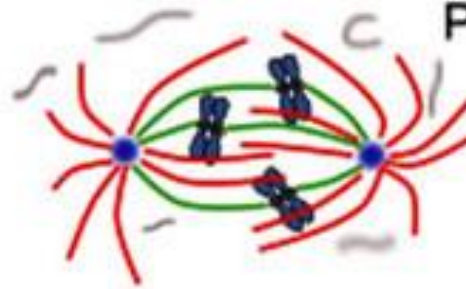
- Desaparició dels microtúbuls cinetocòrics
- Descondensació dels cromosomes
- Formació d'un nou embolcall nuclear, a partir de la làmina fibrosa que es forma pel RER
- Apareixen els nuclèols, ja que amb la descondensació comença la transcripció de l'ADN nucleolar
- Les fibres polars es solten dels centrosomes i s'acumulen en la zona central junt a moltes proteïnes formant: cilindres de substància densa, importants en la citocinesi

* **Mitosi anastral**: quan les c no tenen centríols, c vegetals i d'alguns protozous. Si que hi ha fus perquè tenen un centre organitzador de microtúbuls.

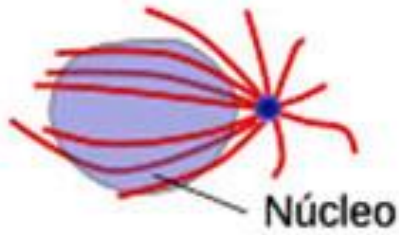
Profase



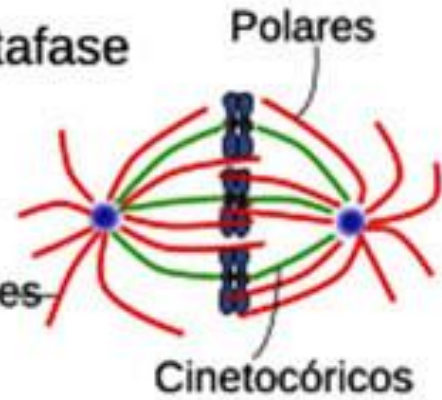
Prometafase



Interfase



Metafase



Centrosoma



Microtúbulo



Cromátida



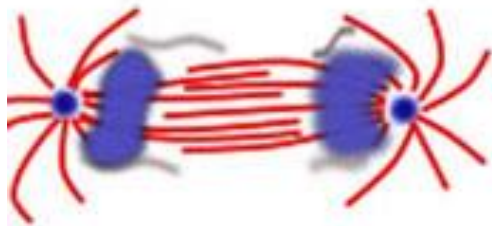
Cinetocoro



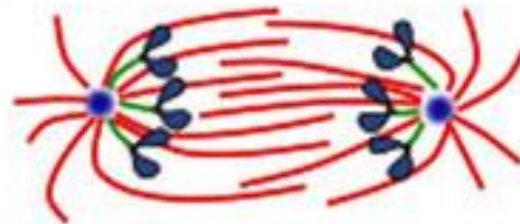
Envuelta nuclear



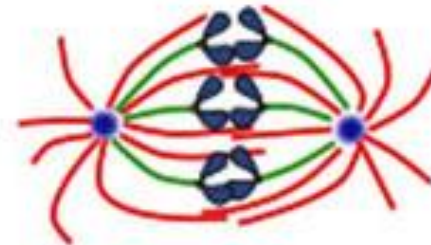
Telofase

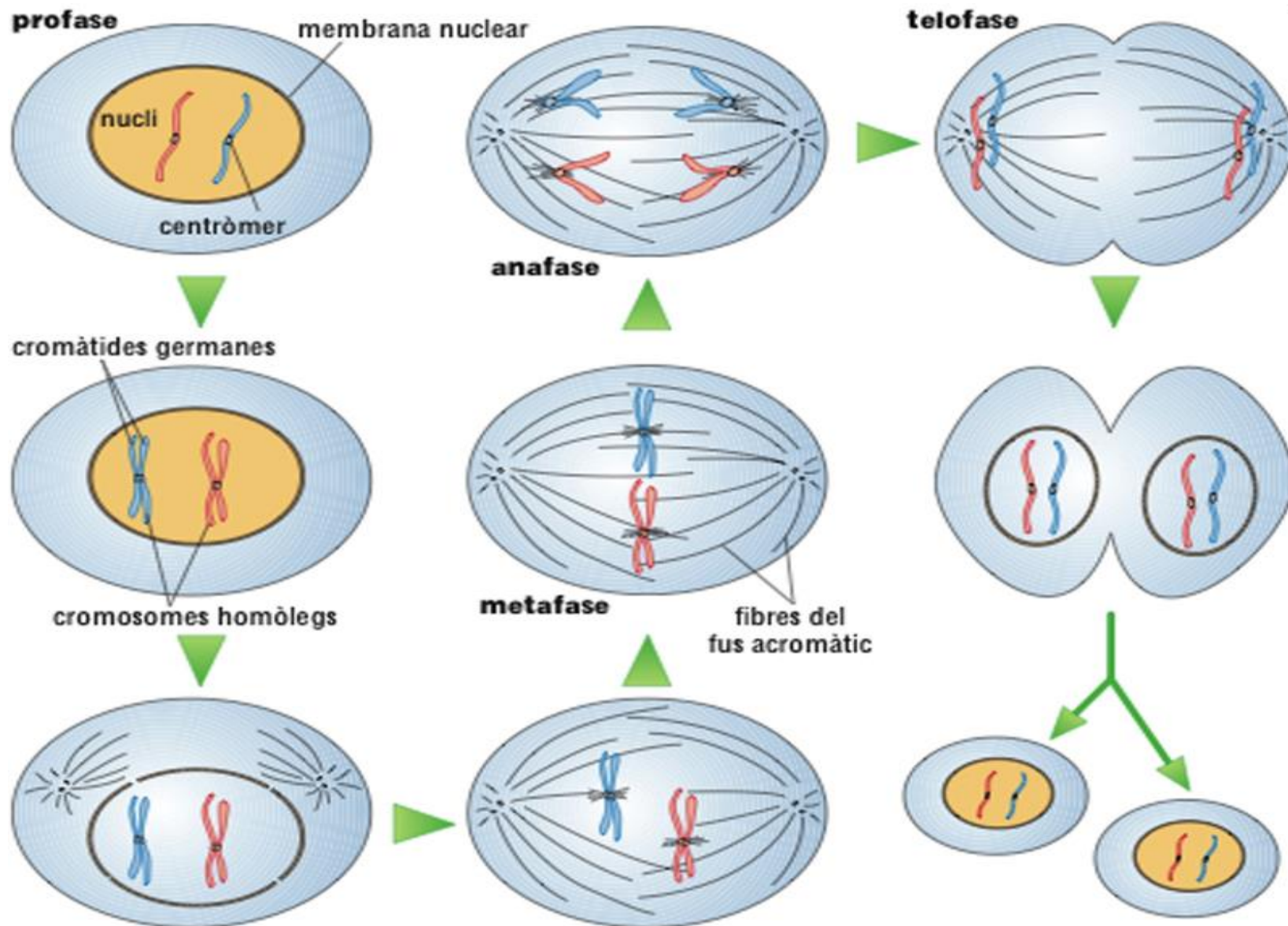


Anafase B



Anafase A

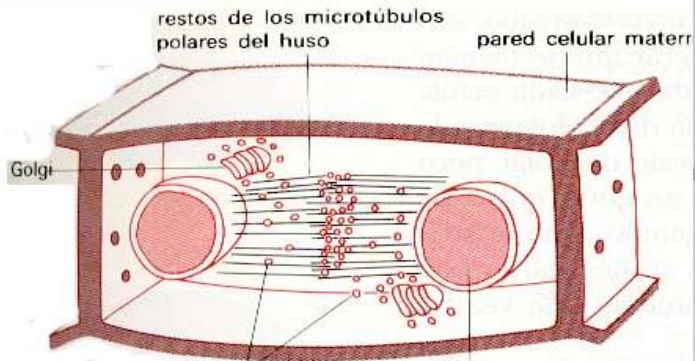




4. Citocinesi: divisió del citoplasma

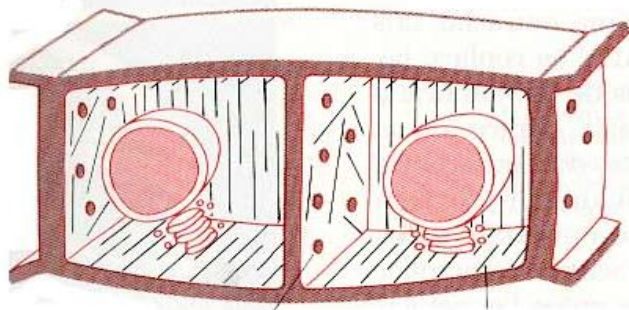
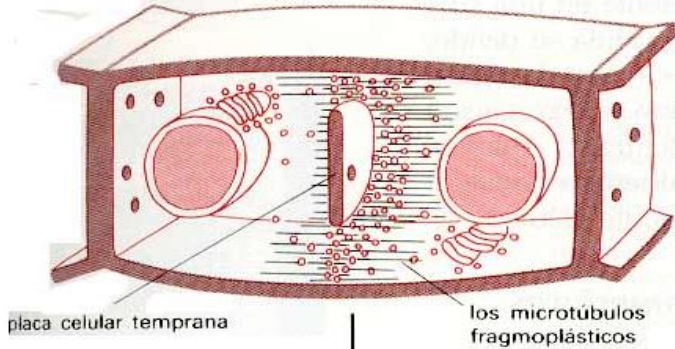
- Normalment s'inicia en la telofase i es produeix un repartiment del citoplasma i dels orgànuls.
- És diferent en les cèl·lules animals i vegetals.
 - ❑ **En c animals (procés de segmentació):** comença a haver una constricció progressiva en la zona equatorial causada per un anell perifèric contràctil de microfilaments d'actina associada a miosina. La separació de les c filles es fa per estrangulació del citoplasma
 - ❑ **En c vegetals (procés de tabicació):** no hi ha estrangulació (paret), hi ha una acumulació de vesícules del l'aparell de Golgi en la zona equatorial, que contenen elements de la paret cel·lular. Les vesícules es fusionen i es forma el fragmoplast que dona lloc a les mb de les dues c filles separades per la làmina mitjana.

En ambdós casos la divisió origina dues c filles genèticament idèntiques a l'individu parental, per la qual cosa en org unicel·lulars aquest procés és una reproducció asexual.



las vesículas de Golgi se asocian con los microtúbulos y se desplazan hacia el ecuador

núcleo telofásico tardío



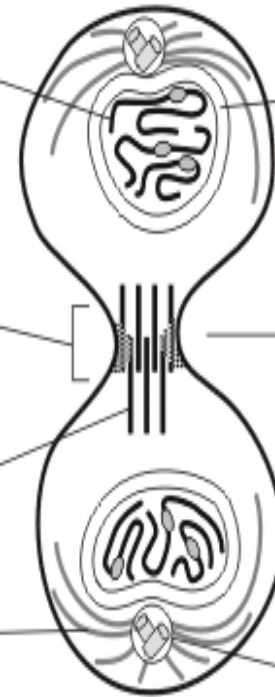
6- CINETOCINESIS

separación del nucleolo

cuerpo medio: región de solapamiento de microtúbulos

restos comprimidos de los microtúbulos polares del huso

nueva formación del conjunto de microtúbulos interfásicos nucleados por el centrosoma



envoltura nuclear completa que rodea los cromosomas en descondensación

anillo contráctil que genera el surco de segmentación

par de centriolos que identifican la localización del centrosoma

5. MEIOSI

- Tipus especial de divisió del nucli per formar gàmetes, en organismes amb RS.
- S'originen 4 nuclis haploides a partir d'un nucli diploide amb diferent informació que la c progenitora.
- Augmenta la variabilitat genètica
- Ocorren dues divisions:
 - ❖ **Primera div meiòtica o reduccional (MEIOSI I):** **se separen cromosomes homòlegs** a l'atzar (augmenta la variabilitat), s'intercanvia material genètic i s'obtenen **2 c haploides** amb dues cromàtides per cromosoma
 - ❖ **Segona divisió meiòtica (MEIOSI II):** és una mitosi normal, **se separen les cromàtides germanes** de cada cromosoma i s'obtenen **4 c haploides** amb la meitat de cr que la c inicial.

MEIOSIS I

FASES: PROFASE I, PROMETAFASE I, METAFASE I, ANAFASE I, TELOFASE

■ PROFASE I

- És la més important i la més llarga (de vegades dura mesos o fins i tot anys)
- S'emparellen els cr homòlegs formant un bivalent i s'intercanvia material genètic: recombinació genètica
- Té 5 fases:
 - Leptoté
 - Zigoté
 - Paquité
 - Diploté
 - Diacinesi

- **Leptoté**

Ja s'ha produït la duplicació de l'ADN en la fase S i els cr a penes es distingeixen. Comença a formar-se el fus mitòtic

- **Zigoté**

Els cr homòlegs s'aparellen estretament (gen a gen) i s'origina el complex sinaptonèmic. Cada parella de cr s'anomena bivalent (2 cr homòlegs units) o tètrada (4 cromàtides).

- **Paquité**

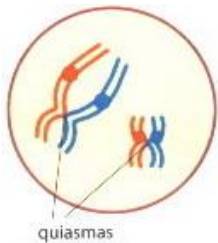
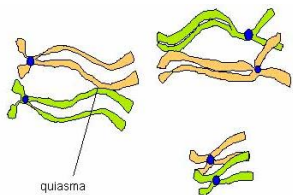
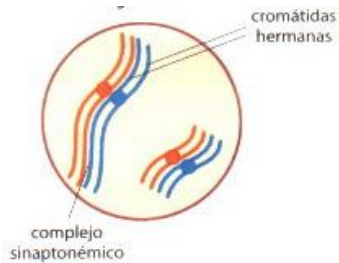
Té lloc l'**encreuament o sobrecreuament** (crossing-over) entre cromàtides no germanes. S'intercanvien gens, la qual cosa suposa una ruptura de la doble hèlix i una fusió posterior.

- **Diploté**

Els cr homòlegs comencen a separar-se pels llocs on no ha hagut entrecreuament i romanen units per aquests punts que s'anomenen **quiasmes**. Es la més llarga, pot durar dies, anys com en els ovòcits humans...

- **Diacinesi**

Els cr adquireixen el màxim grau d'empaquetament. Desapareix la mb nuclear i el nuclèol



- **Prometafase I**

Comença la unió als microtúbuls cinetocòrics

- **Metafase I**

Els bivalents es disposen al pla equatorial

- **Anafase I**

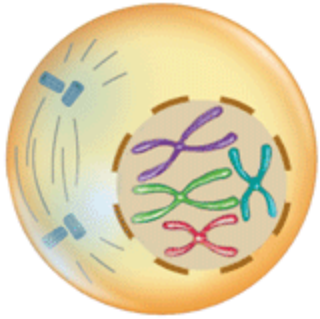
Se separen els bivalents i cadascun dels cr que forma el parells d'homòlegs emigra cap a un dels pols

- **Telofase I**

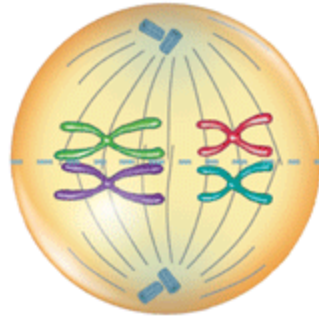
Es formen dos nuclis fills amb un joc complet de cr, haploides (n).

A continuació es produeix la citocinesi i una breu interfase (intercinesi) sense duplicació d'ADN.

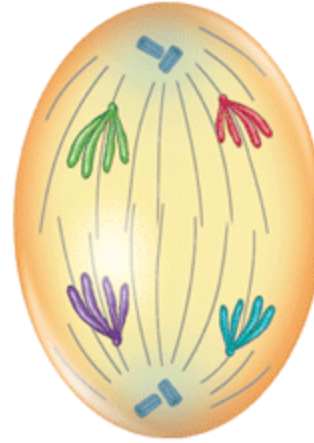
1 Prophase I



2 Metaphase I



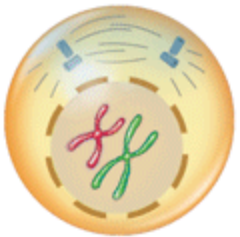
3 Anaphase I



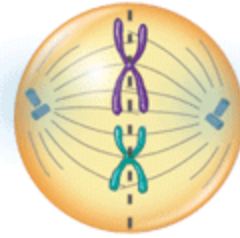
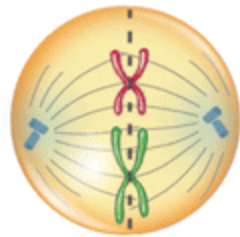
4 Telophase I



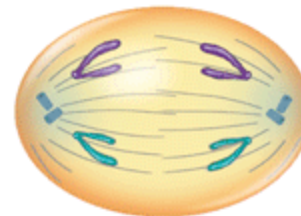
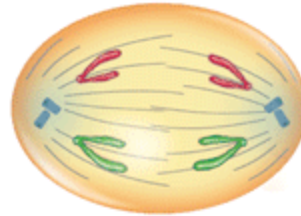
5 Prophase II



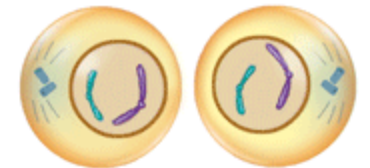
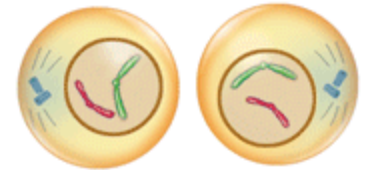
6 Metaphase II



7 Anaphase II



8 Telophase II



MEIOSIS II

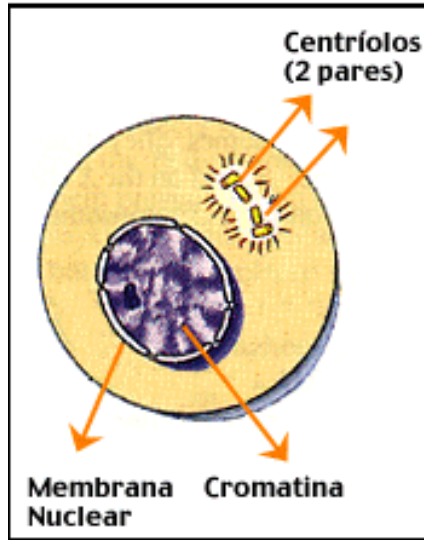
FASES: PROFASE II, PROMETAFASE II METAFASE II, ANAFASE II, TELOFASE II

- És una mitosi normal però partim de c que no tenen cr homòlegs
- Se separen cromàtides germanes
- S'obtenen 4 c haploides però els cr són el resultat de la recombinació entre cr homòlegs i per tant hi ha mescla de caràcters genètics.
- Consta de 5 fases:
Profase II, prometafase II, metafase II, anafase II i telofaseII amb la posterior citocinesi.

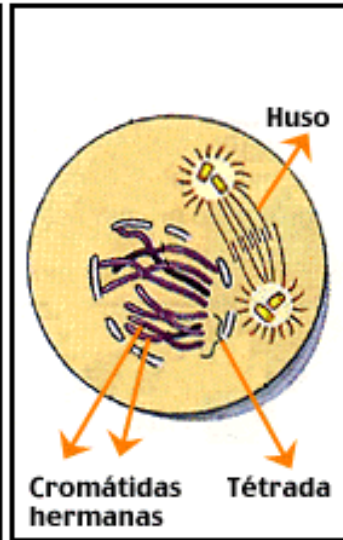
MEIOSIS

Meiosis I

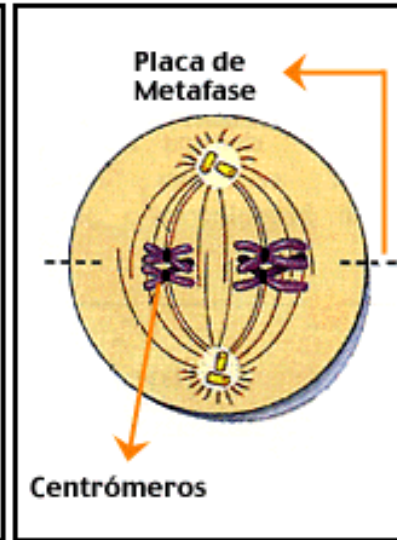
Interfase



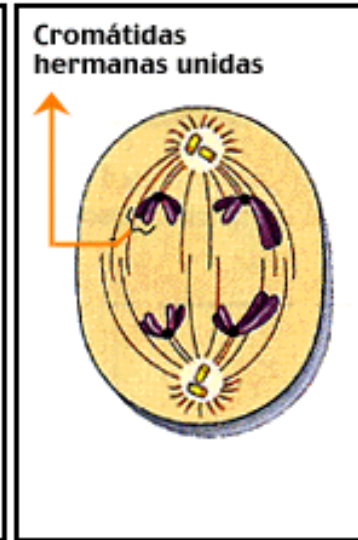
Profase I



Metafase I



Anafase I



Meiosis II

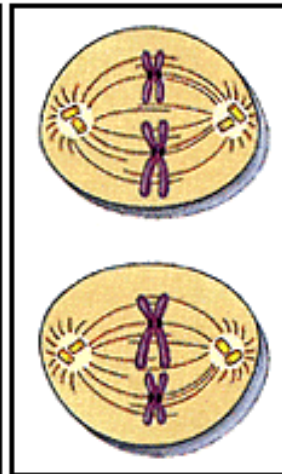
Telofase I



Profase II



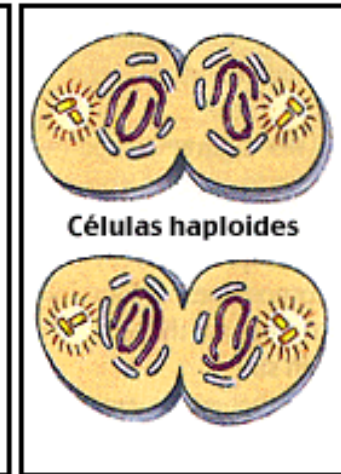
Metafase II

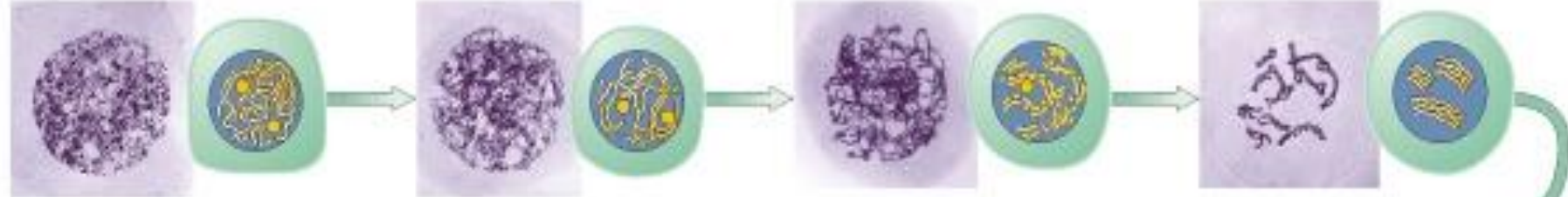


Anafase II



Telofase II



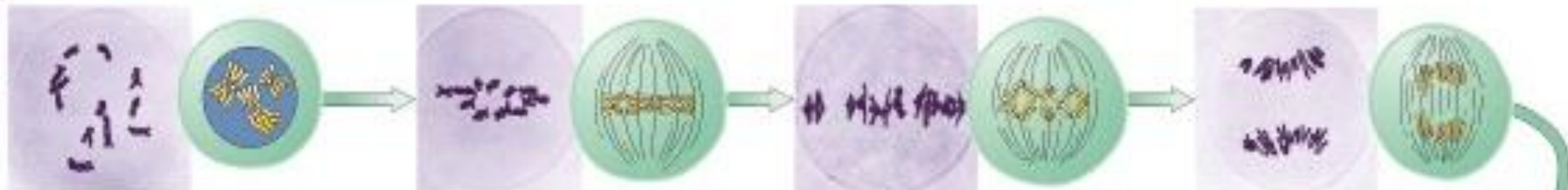


(a) Leptotene

(b) Zygotene

(c) Pachytene

(d) Diplotene

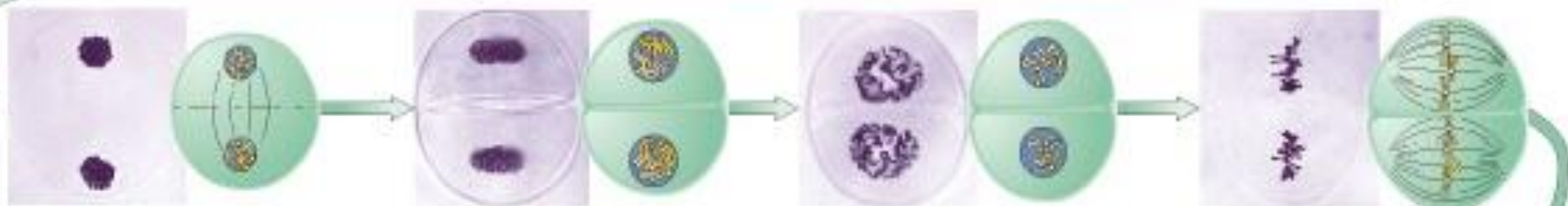


(e) Diakinesis

(f) Metaphase I

(g) Early anaphase I

(h) Later anaphase I

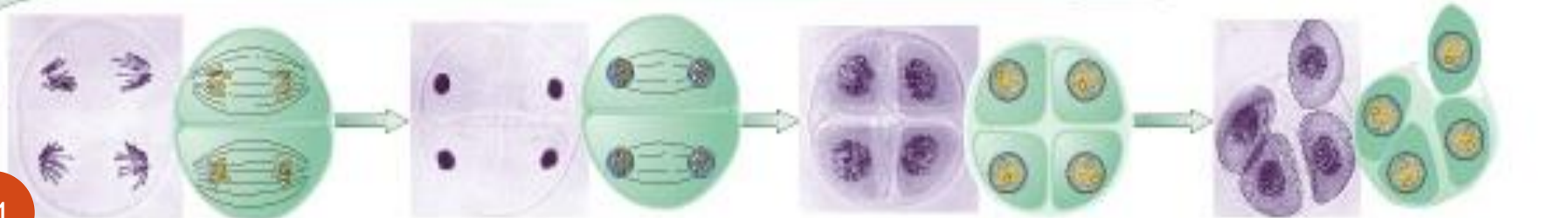


(i) Telophase I

(j) Interphase

(k) Prophase II

(l) Metaphase II

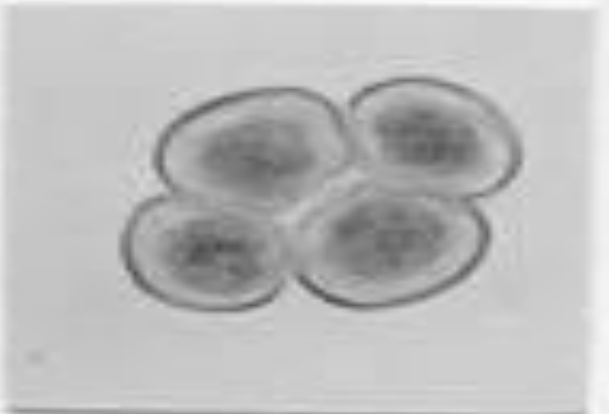
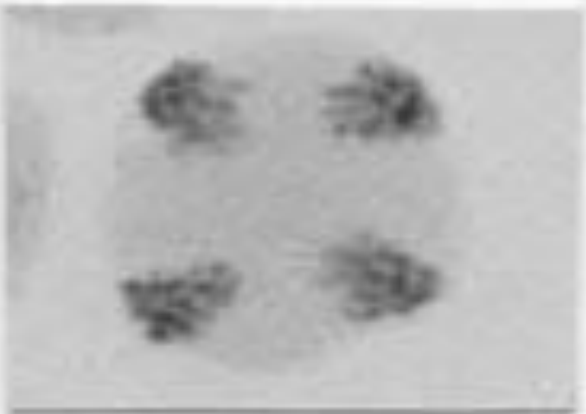
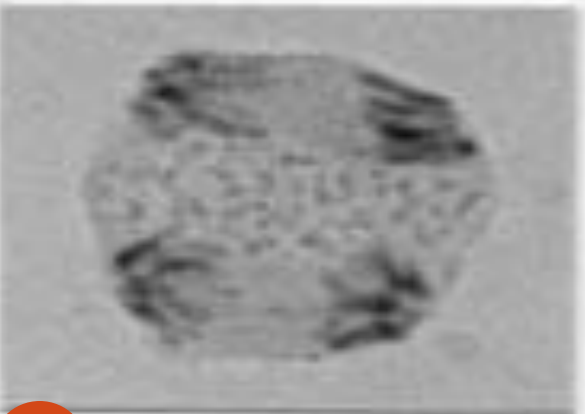
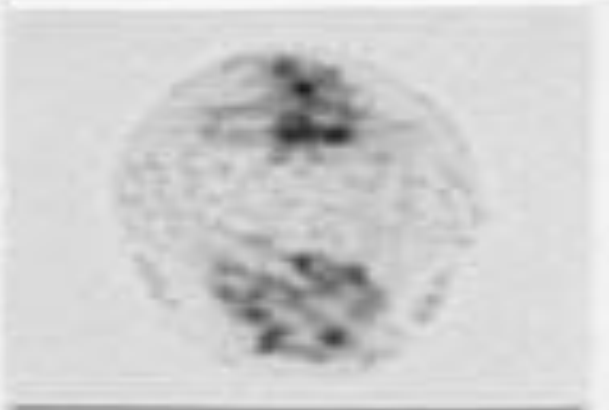
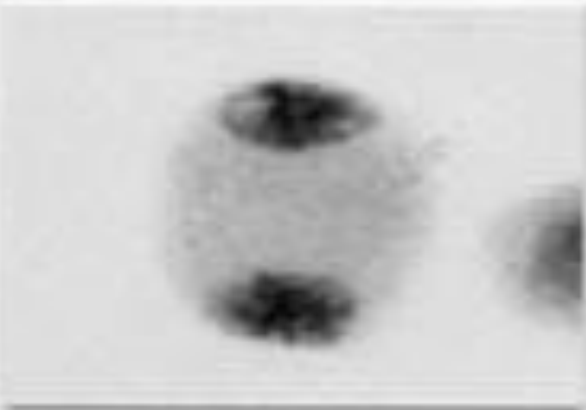
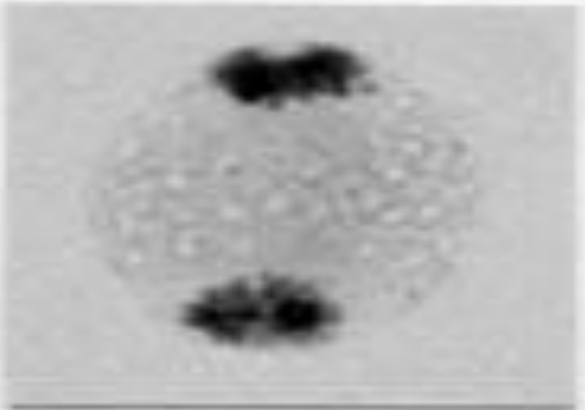
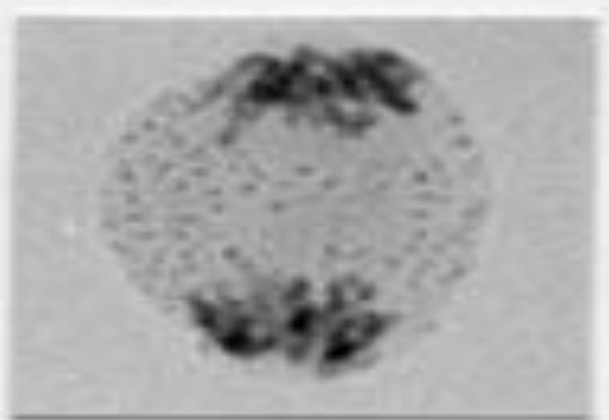
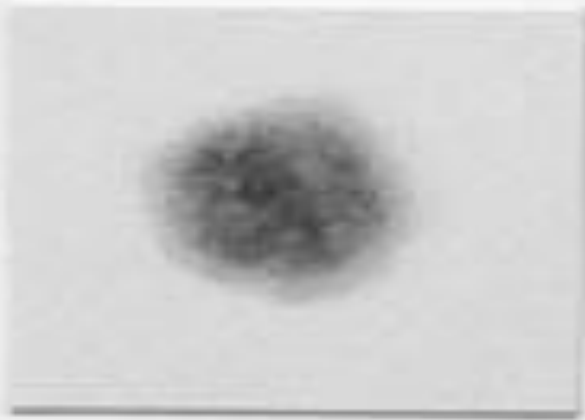


(m) Anaphase II

(n) Telophase II

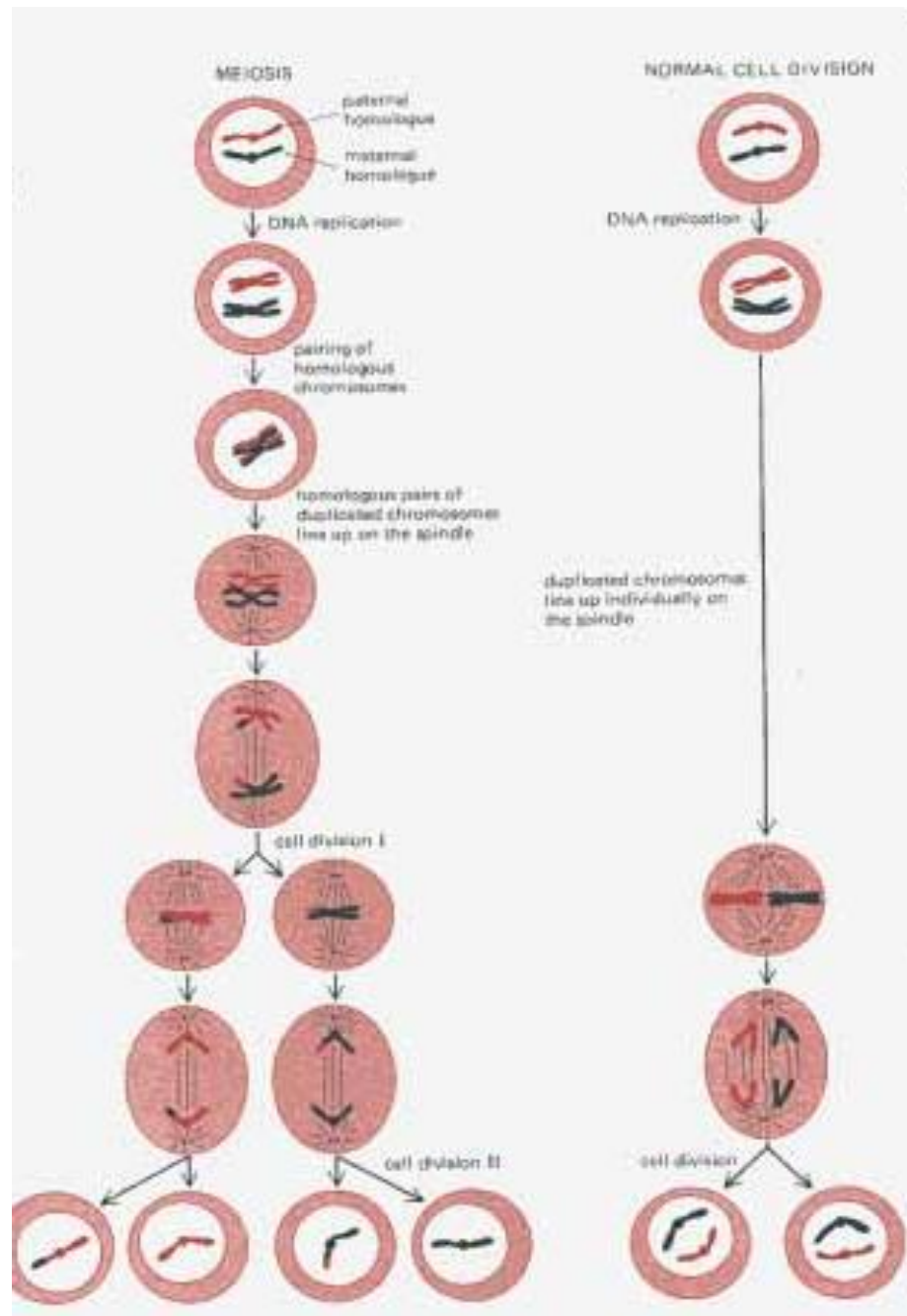
(o) The tetrad

(p) Young pollen grains



6. DIFERÈNCIES MITOSI I MEIOSI.

Mitosi	Meiosi
-Una divisió: 1 cariocinesi i 1 citocinesi	-Dues divisions: 2 cariocinesis i 2 citocinesis.
-S'originen 2 c amb el mateix nombre de cr que la c mare	-S'originen 4 c amb la meitat de cr que la c mare
-En la profase no hi ha entrecreuament	-En la profase hi ha entrecreuament (paquité). Variabilitat genètica
-En l'anafase les cromàtides germanes se separen	-En l'anafase se separen cromosomes homòlegs (2 cromàtides cadascun)
-Els cr de les c filles són idèntics als de la c mare	-Aprox. la meitat dels cr de les c filles són el producte de la recombinació entre les cromàtides dels cr homòlegs
-Ocorre en totes les c, augmenta el nombre de c. Creixement	-Ocorre en les c reproductores en les espècies amb RS per formar els gàmetes



7. Meiosi i Reproducció sexual

- Els organismes que tenen RA tan sols experimenten divisions per mitosi mentre que els que tenen RS realitzen en alguna etapa de la seua vida divisions per meiosi.
- La variabilitat de la descendència en la RS es deguda a:
 - Barreja a l'atzar de gens d'ambdós progenitors.** En els éssers $2n$, els cr homòlegs s'hereten dels progenitors. Són combinacions aleatòries de caràcters dels dos.
 - Combinacions de cr.** Durant la formació dels gàmetes cada c tan sols rep un exemplar a l'atzar de cada tipus de cr, el d'un progenitor o el de l'altre. Els gàmetes són diferents entre sí.
 - Recombinació de gens,** en la fase de paquí de la profase de la 1a div meiòtica. Les cromàtides recombinades són diferents entre si i diferents de les originals.

8. Avantatges i inconvenients de la reproducció sexual

- Aspectes a considerar:
 - Els $2n$ presenten 2 còpies de cada gen. Emmagatzemen una major diversitat d'al·lels, encara que no els mostrin.
 - Els n presenten 1 còpia de cada gen. Són més sensibles a la pressió selectiva.

Avantatges:

- Més variabilitat → Més capacitat adaptativa.
- La variabilitat es deu a:
 - Formació de gàmetes o espores diferents.
 - Aparició de genotips i fenotips diferents als pares. Noves combinacions.
 - Recombinació genètica. Cromosomes nous.

Inconvenients:

- Si el medi és molt estable, més variabilitat no és necessàriament bo. Fins i tot perjudica.
- La reproducció sexual implica més despesa energètica i més complicacions.