

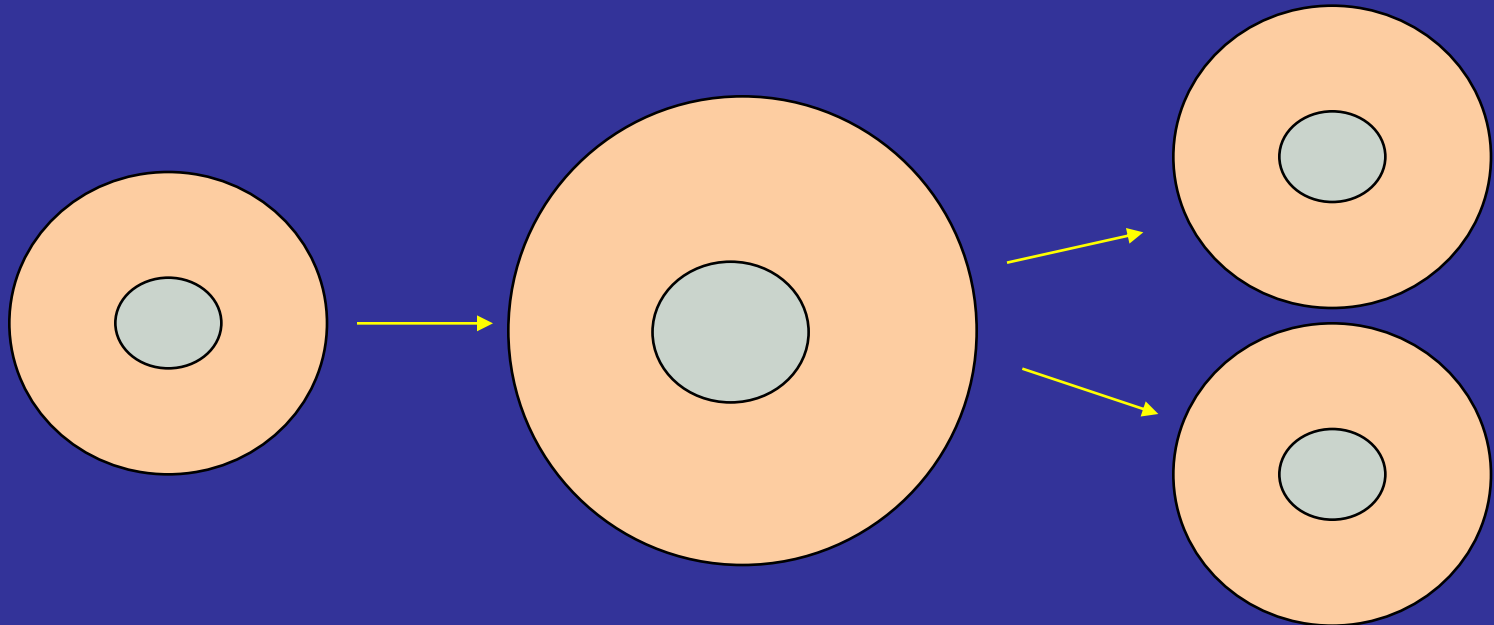
Mitosis y meiosis

Procesos de división celular

Dr. Miguel A. Domínguez Muñoz

Actividad celular

Una célula crece mientras realiza sus funciones propias, pero alcanza un tamaño que no es práctico para funcionar, por lo que se divide para producir 2 células de tamaño menor.

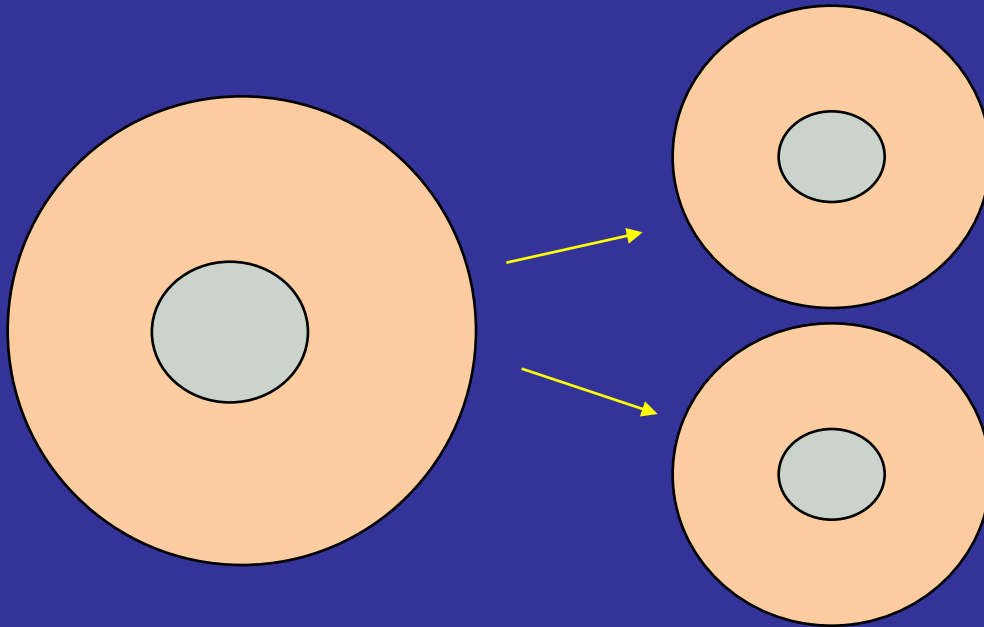


Mitosis

Proceso “normal” de división celular:

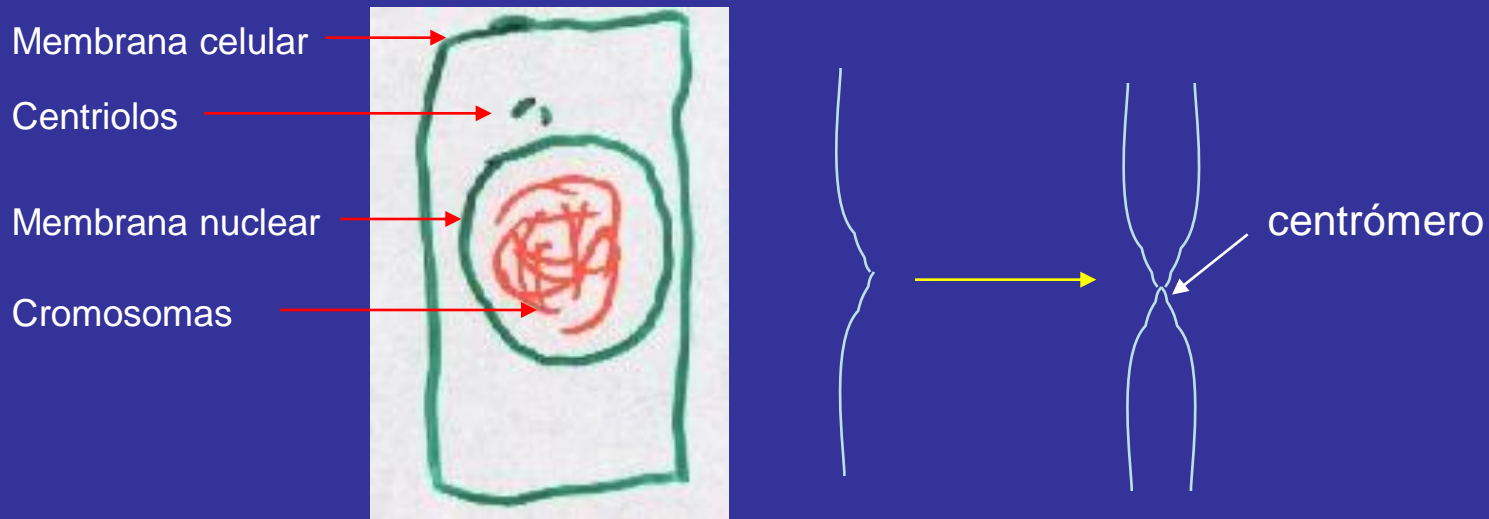
Ocurre en todas las células del cuerpo (somáticas y germinales)

Resulta en 2 células hijas genéticamente idénticas



Fases de la mitosis

Interfase



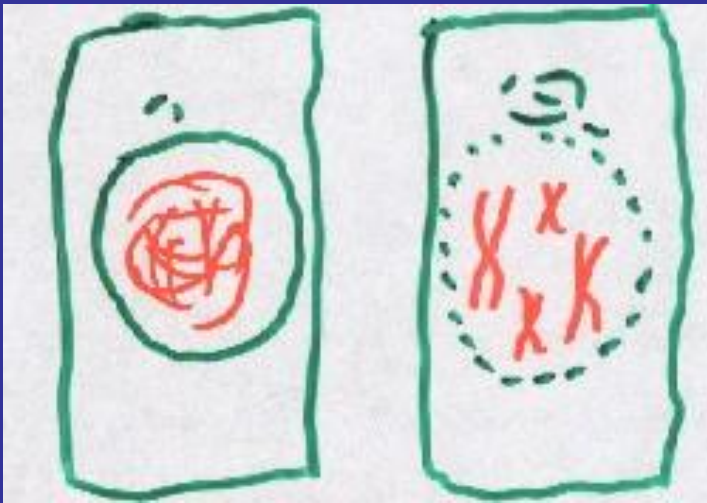
Cuando realiza sus funciones normales, la célula no se está dividiendo; está en interfase. Los cromosomas (cromatina) son filamentosos y no aparentes.

Durante la interfase, como preparación para la mitosis que se acerca, los cromosomas se duplican ($2n \rightarrow 4n$), pero el número de cromosomas se mantiene sin cambio ($4c$, asumiendo una célula de 4 cromosomas).

Mitosis: profase

Interfase

Profase



Durante la profase, ocurren 3 cambios principales:

1. Los cromosomas comienzan a condensarse, haciéndose aparentes (4c).
2. La membrana nuclear se desintegra.
3. Los centriolos se separan y acomodan microtúbulos para formar el “huso acromático”.

Mitosis: metafase

Interfase

Profase

Metafase



Durante la metafase, ocurren 2 cambios principales:

1. Los cromosomas continúan su condensación, y es cuando se observan mejor (4c).
2. Los cromosomas se acomodan en el “ecuador” del huso acromático.

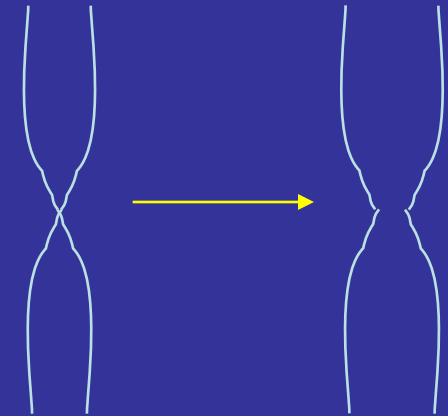
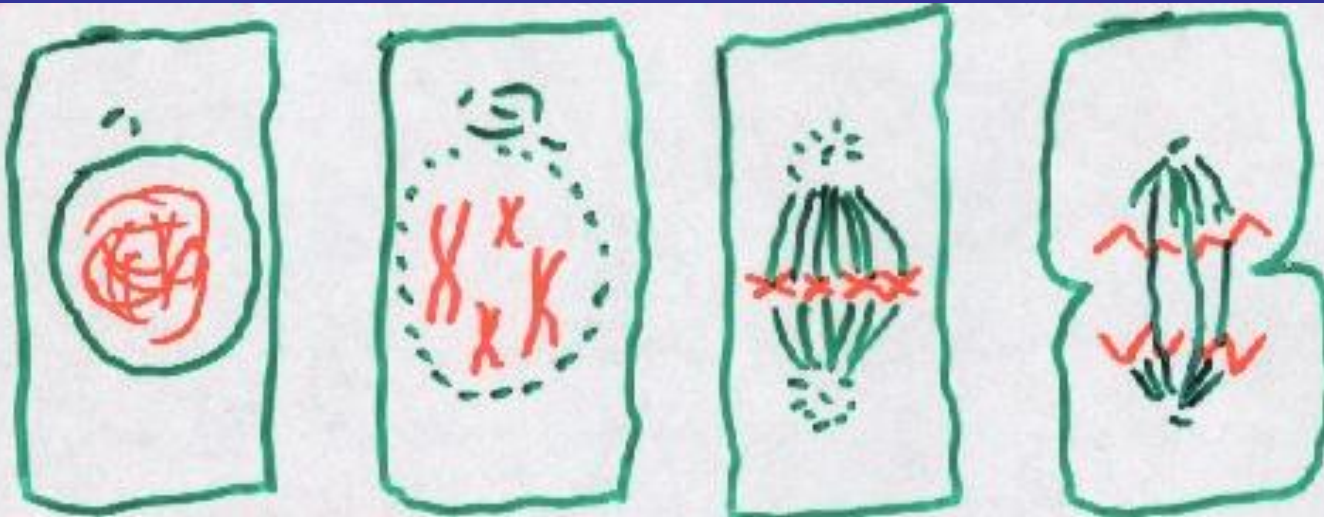
Mitosis: anafase

Interfase

Profase

Metafase

Anafase



Durante la anafase, ocurren 3 cambios principales:

1. Los cromosomas se separan por el centrómero, de modo que cada mitad se convierte en un cromosoma de célula hija ($4n \rightarrow 2n$, $4c$).
2. Los nuevos cromosomas son jalados hacia polos opuestos del huso acromático por los túbulos.
3. La membrana celular comienza a dividirse para separar el citoplasma en 2.

Mitosis: telefase

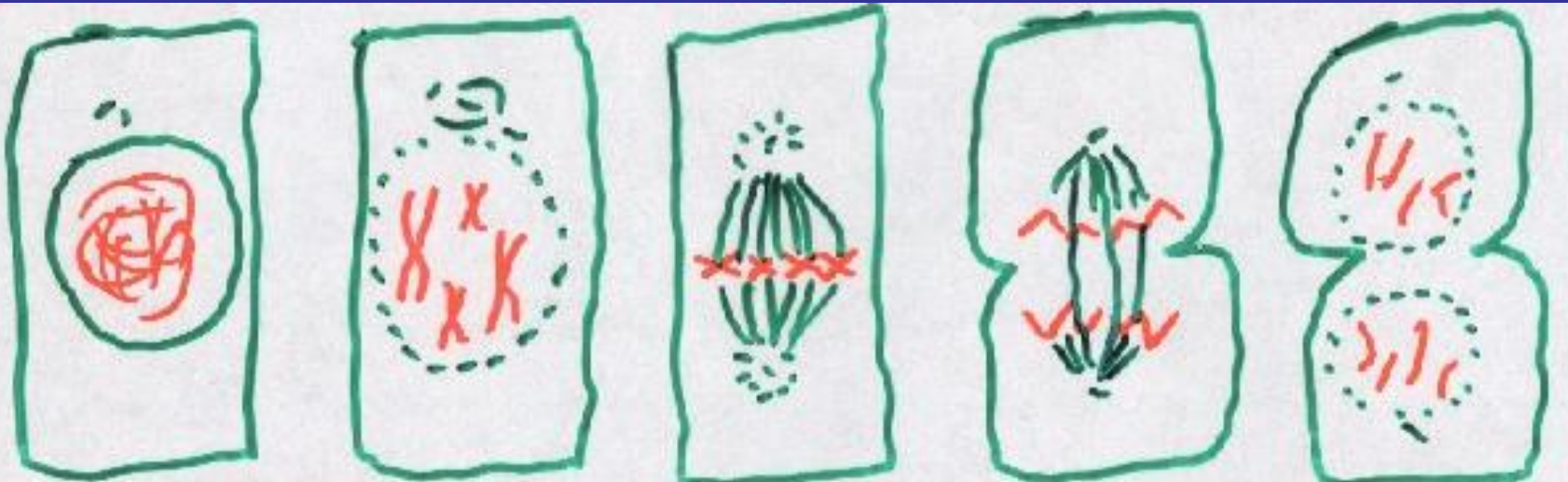
Interfase

Profase

Metafase

Anafase

Telefase



Durante la telefase (o telofase), ocurren 4 cambios principales:

1. Los cromosomas se descondensan y vuelven a ser filamentosos (4c).
2. El huso acromático desaparece, quedando solo el centriolo.
3. Se vuelve a formar la membrana nuclear.
4. La membrana celular termina su división formando las 2 células hijas; los organelos celulares se duplican.

Final de la mitosis

Interfase

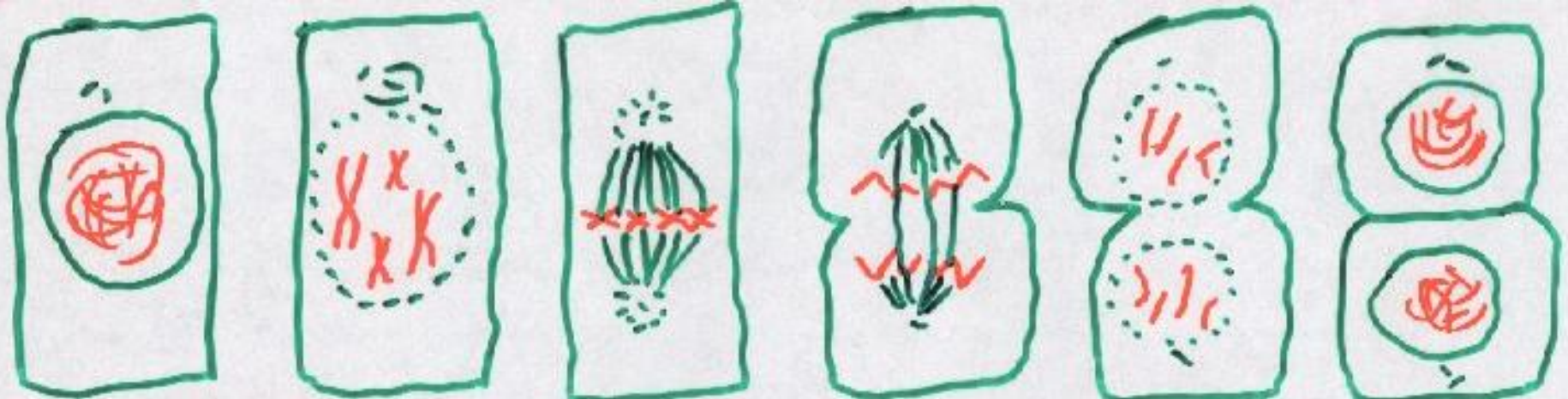
Profase

Metafase

Anafase

Telefase

Interfase



$2n \rightarrow 4n$

$4n \rightarrow 2n$

$2n$

Al completarse la mitosis, quedan 2 células hijas en interfase.

Se reinicia la actividad propia de la célula y comienza a crecer.

El número de cromosomas siempre se mantuvo igual (4c).

La cantidad de ADN se duplicó temporalmente ($2n \rightarrow 4n \rightarrow 2n$) para que al final quedara igual que en la célula madre.

Meiosis

Proceso especial de división celular:

Ocurre solamente en las células germinales, durante las últimas 2 divisiones que dan lugar a los gametos (óvulo o espermatozoide).

Después de las 2 divisiones, resulta en 4 células hijas que no son genéticamente idénticas a la célula madre, ni entre sí.

Fases de la meiosis

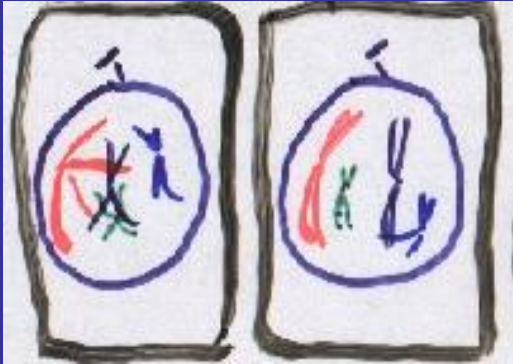
Interfase



La primera división (meiosis I) comienza igual que una mitosis: Durante la interfase, como preparación para la división que se acerca, los cromosomas se duplican ($2n \rightarrow 4n$), pero el número de cromosomas se mantiene sin cambio ($4c$). Aquí se ilustran los cromosomas aparentes, pero aún no lo son; se emplearon 4 colores para facilitar el entendimiento de los cambios subsecuentes.

Meiosis: leptoteno

Interfase Profase I



Leptoteno

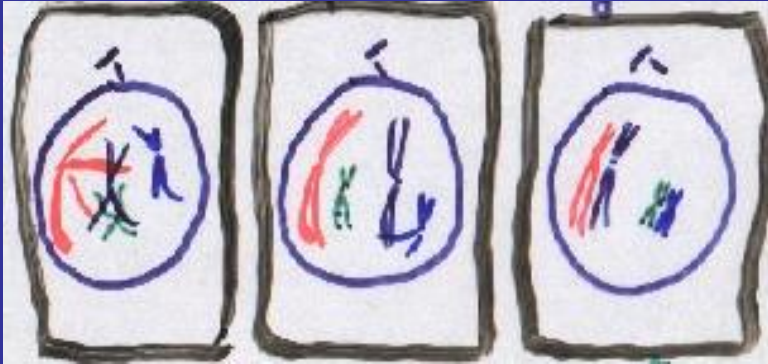
La profase de la primera división (profase I) presenta los mismos cambios que la de la mitosis, pero se subdivide en 5 subfases, que se definen por el aspecto de los cromosomas.

Durante el leptoteno (*leptos*=delgado, *teno*=cinta), los cromosomas todavía están muy delgados (la condensación apenas empieza).

Meiosis: cigoteno

Interfase

Profase I



Leptoteno

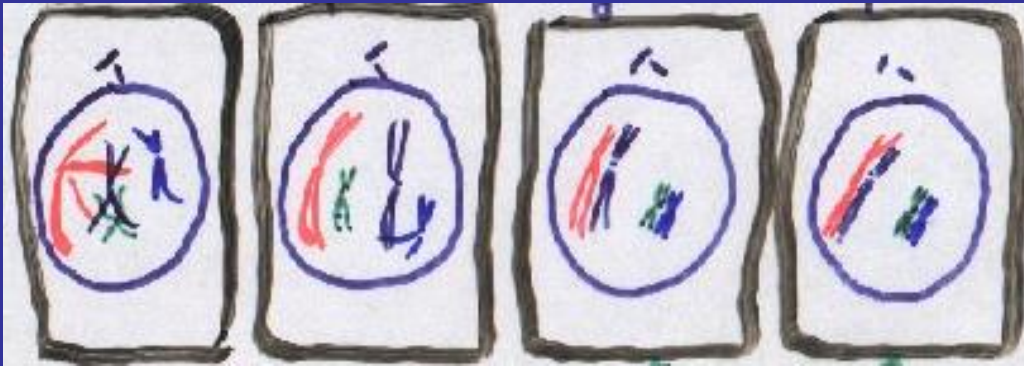
Cigoteno

Durante el cigoteno (*cigoto*=unión de 2), los cromosomas homólogos (el paterno y materno de cada par) se aparean en toda su longitud, lo que permitirá que se intercambien algunos segmentos de ADN.

La condensación también continúa, por lo que tienden a verse más gruesos.

Meiosis: paquiteno

Interfase Profase I



Leptoteno Cigoteno Paquiteno

Durante el paquiteno (*paqui*=grosso), los cromosomas homólogos apareados (tétradas) continúan su condensación, observándose más gruesos que en las subfases anteriores; continúa el intercambio de ADN.

Meiosis: diploteno

Interfase Profase I

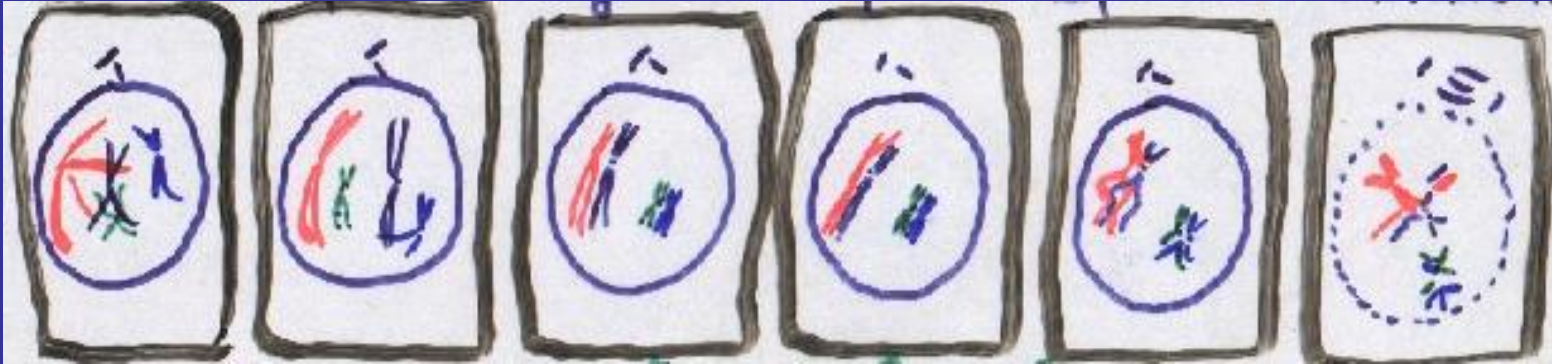


Leptoteno Cigoteno Paquiteno Diploteno

Durante el diploteno (*diplo*=doble), los cromosomas homólogos apareados comienzan a separarse en las porciones que no se intercambiaron, dando la apariencia de una duplicación de la tétrada.

Meiosis: diacinesis

Interfase Profase I



Leptoteno Cigoteno Paquiteno Diploteno Diacinesis

Durante la diacinesis (*dia*=opuesto, *cinesis*=movimiento), los cromosomas homólogos continúan su separación, y quedan unidos solo en el punto de intercambio de segmentos (sinapsis).

Con la diacinesis termina la profase I, de modo que también ocurren los otros eventos descritos en la profase de la mitosis (disolución de la membrana nuclear e inicio de la formación del huso acromático).

Meiosis: metafase I

Interfase

Profase I

Metafase I



Leptoteno

Cigoteno

Paquiteno

Diploteno

Diacinesis

La metafase I es idéntica a la de la mitosis: los cromosomas (en este caso apareados) se acomodan en el “ecuador” del huso acromático.

Meiosis: anafase I

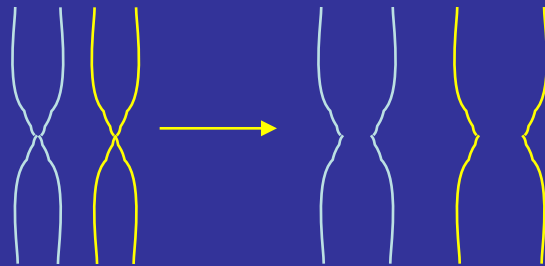
Interfase

Profase I

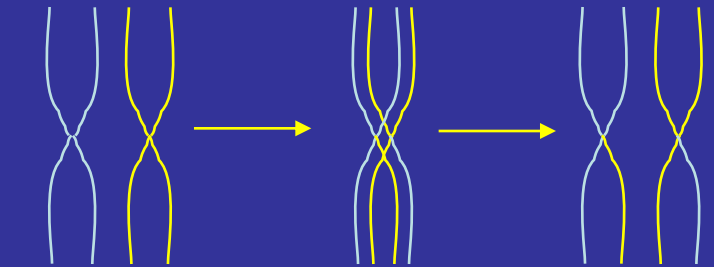
Metafase I



Anafase I



Mitosis



leptoteno

diploteno

Anafase I

Meiosis

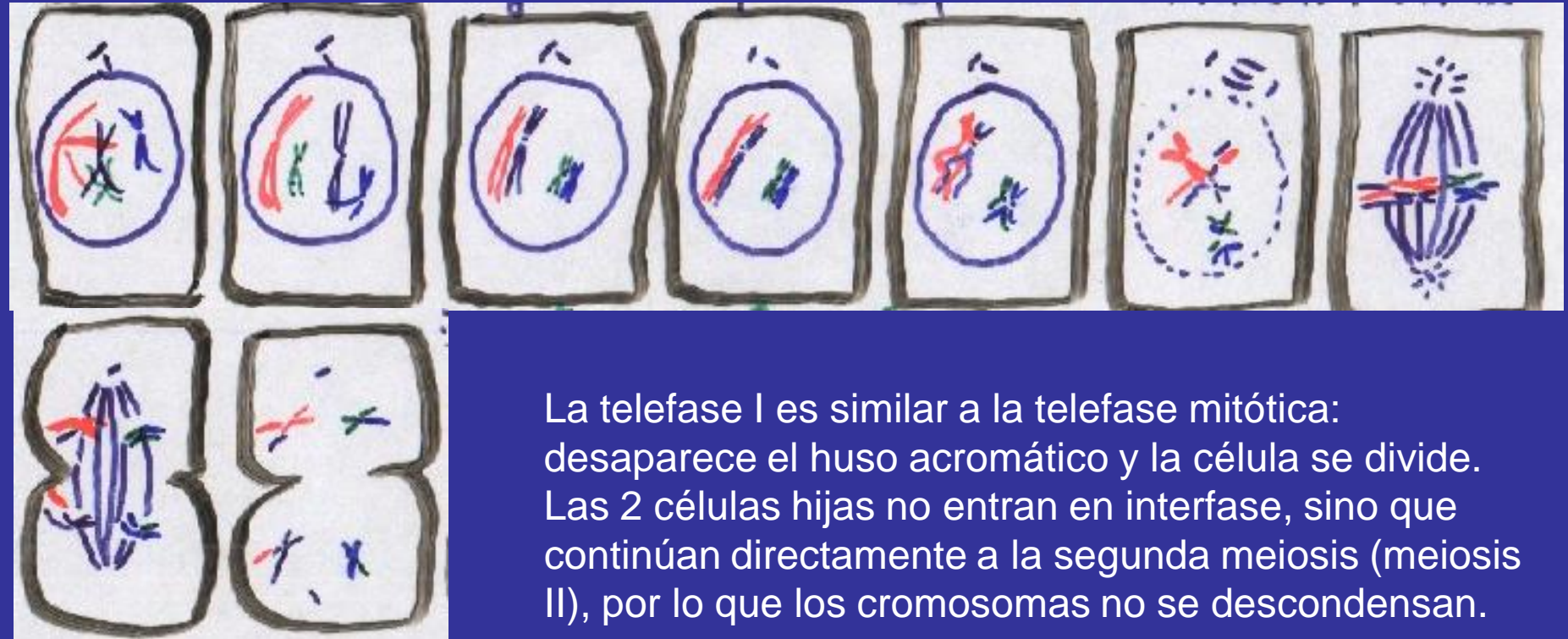
Durante la anafase I, los cromosomas se dividen para ir a polos opuestos del huso. Sin embargo, la división de cromosomas es diferente a la mitótica: en vez de que se separe el centrómero, la división consiste en la separación del par de cromosomas, rompiéndose la sinapsis y reparándose los filamentos de ADN para que queden los cromosomas.

Meiosis: telefase I

Interfase

Profase I

Metafase I



La telefase I es similar a la telefase mitótica: desaparece el huso acromático y la célula se divide. Las 2 células hijas no entran en interfase, sino que continúan directamente a la segunda meiosis (meiosis II), por lo que los cromosomas no se descondensan.

Anafase I

Telefase I

Al terminar la meiosis I, se puede decir que las células hijas son diploides ($2n$) por el contenido de ADN, pero el número de cromosomas se ha reducido a la mitad ($4c \rightarrow 2c$); cada cromosoma es doble.

Meiosis: profase II

Interfase

Profase I

Metafase I



Anafase I

Telefase I

Profase II

La profase II es muy corta: no hubo descondensación cromosómica ni formación de membrana nuclear.

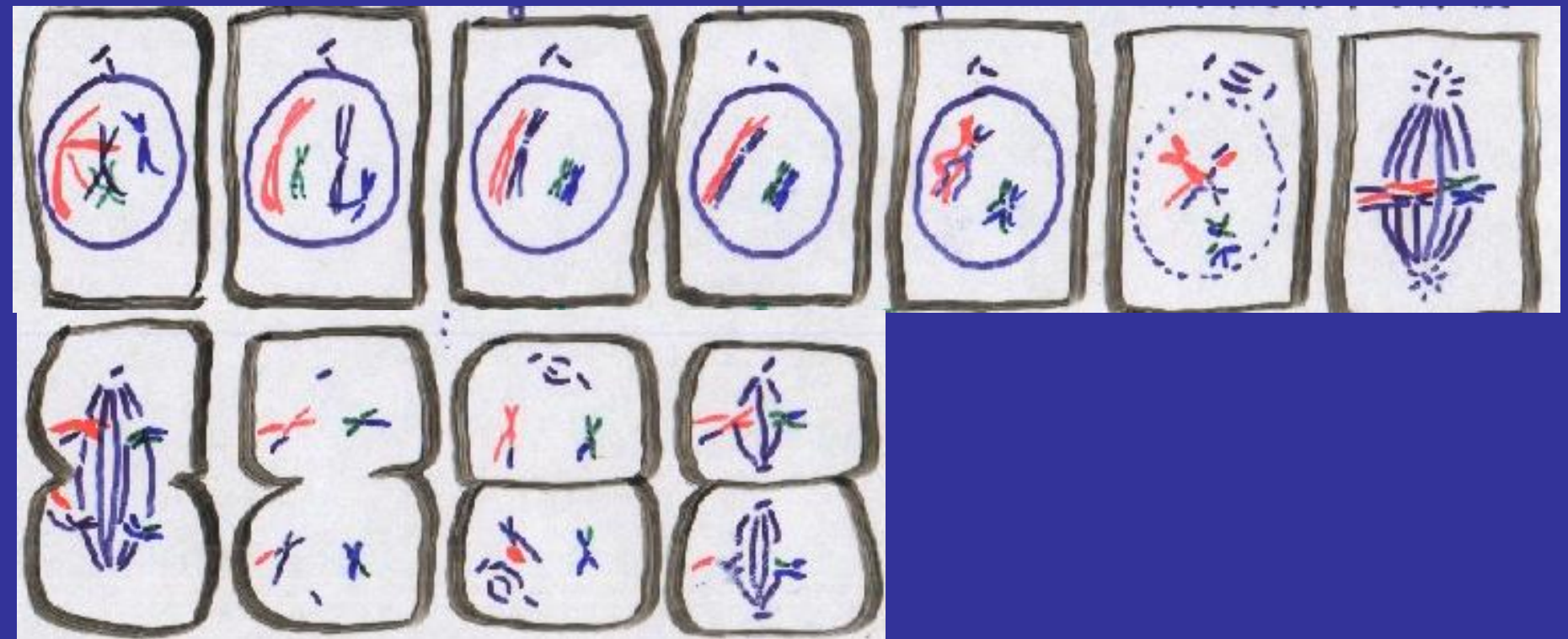
Solo se vuelve a formar el huso acromático.

Meiosis: metafase II

Interfase

Profase I

Metafase I



Anafase I Telefase I Profase II Metafase II

La metafase II también es muy corta; es idéntica a la metafase mitótica: los cromosomas se acomodan en el ecuador del huso acromático.

Meiosis: anafase II

Interfase

Profase I

Metafase I



Anafase I Telefase I Profase II Metafase II Anafase II

La anafase II es idéntica a la anafase mitótica: los cromosomas se dividen en su centriolo, y los “brazos” (cromosomas sencillos) se van a polos opuestos del huso acromático.

Meiosis: telefase II

Interfase

Profase I

Metafase I



Anafase I

Telefase I

Profase II

Metafase II

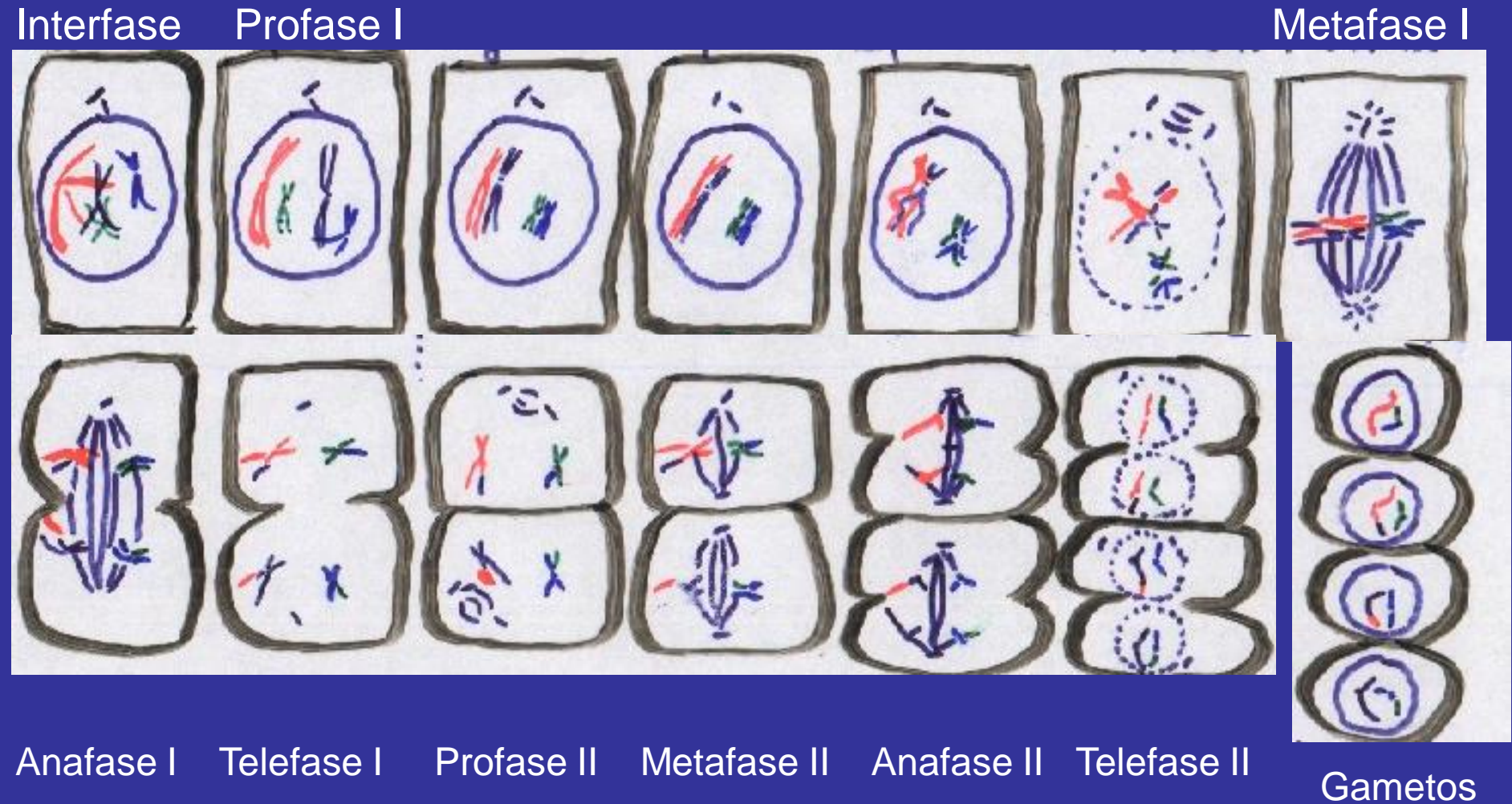
Anafase II

Telefase II

Con la telefase II se completa la segunda división.

Se desintegran los husos acromáticos y se forman membranas nucleares.

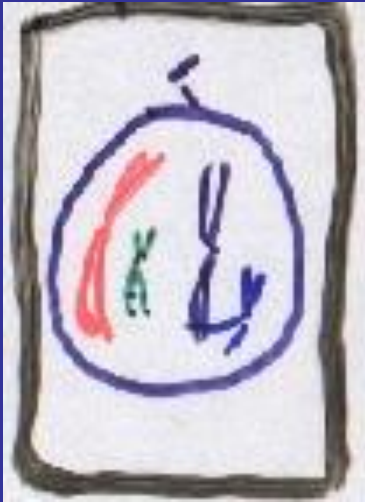
Meiosis: telefase II



Las 4 células resultantes de la meiosis II son células terminales especializadas que pierden la capacidad de dividirse. Su función, al ser gametos, será la de unirse a un gameto del sexo opuesto para reestablecer el número diploide ($2n$) de cromosomas; el cigoto resultante será otra vez capaz de dividirse por mitosis.

Meiosis: células genéticamente diferentes

Célula madre



4 gametos
diferentes



Debido a que ocurren 2 divisiones seguidas sin duplicación intermedia del ADN, y a la forma en que se mantiene el cromosoma doble al terminar la meiosis I, el resultado de todo el proceso es el de obtener células con la mitad de los cromosomas.

Además, debido al intercambio de segmentos entre cromosomas homólogos, las 4 células son diferentes entre sí. El ejemplo ilustrado solo muestra 2 pares de cromosomas, uno grande (rojo y negro) y uno pequeño (verde y azul).

Ploidía $2n$

n

Cromosomas

$4c$

$2c$