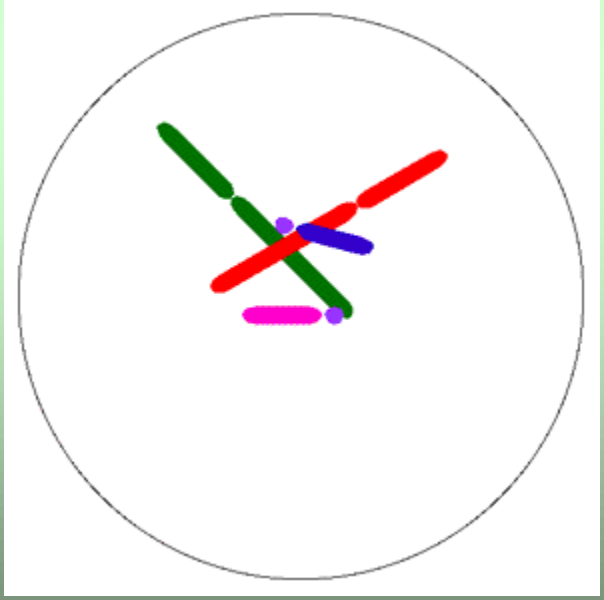
Reproducción celular

MEIOSIS



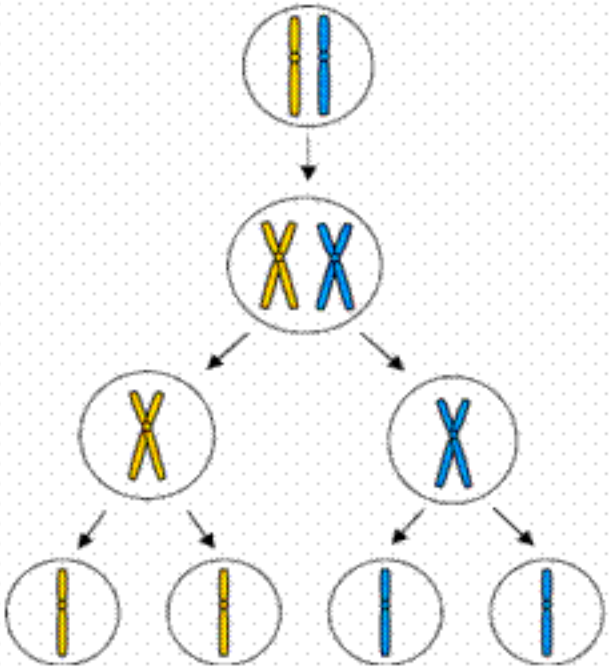
NECESIDAD DE LA MEIOSIS

LA MEIOSIS

Las células reproductoras se producen mediante un proceso llamado meiosis que reduce a la mitad el número de cromosomas. En este proceso sólo va a cada célula reproductora uno de los cromosomas de cada par de homólogos.

Esta es la razón por la que los gametos son haploides en lugar de diploides.

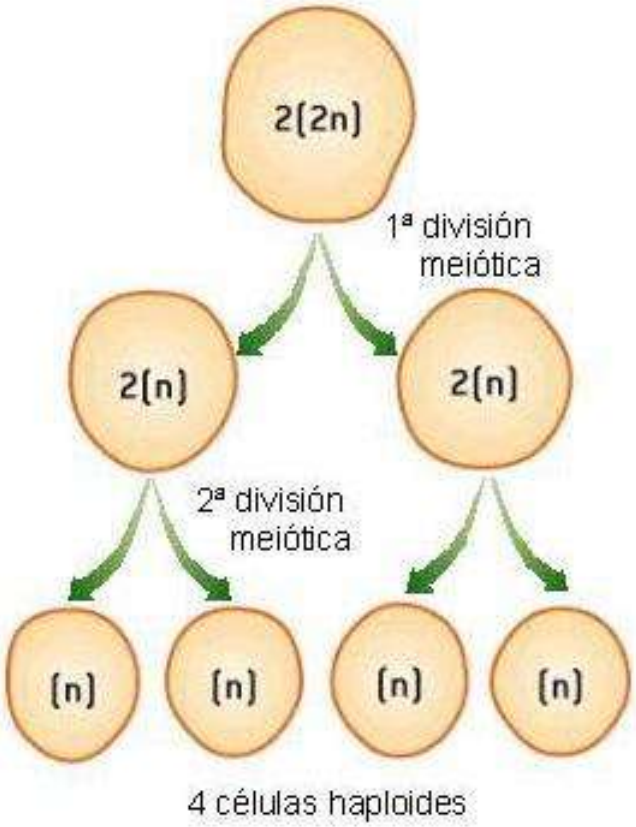
La meiosis



MEIOSIS

Características y consecuencias de la meiosis

La meiosis es un tipo especial de división celular que reduce a la mitad el número de cromosomas de las células hijas.



Tiene lugar en los organismos con reproducción sexual.

En la meiosis tienen lugar dos divisiones sucesivas:

la primera división meiótica

la segunda división meiótica

Se forman cuatro células haploides por cada célula materna diploide reduciéndose a la mitad el número de cromosomas del núcleo original diploide.

La meiosis puede originar dos tipos de células:

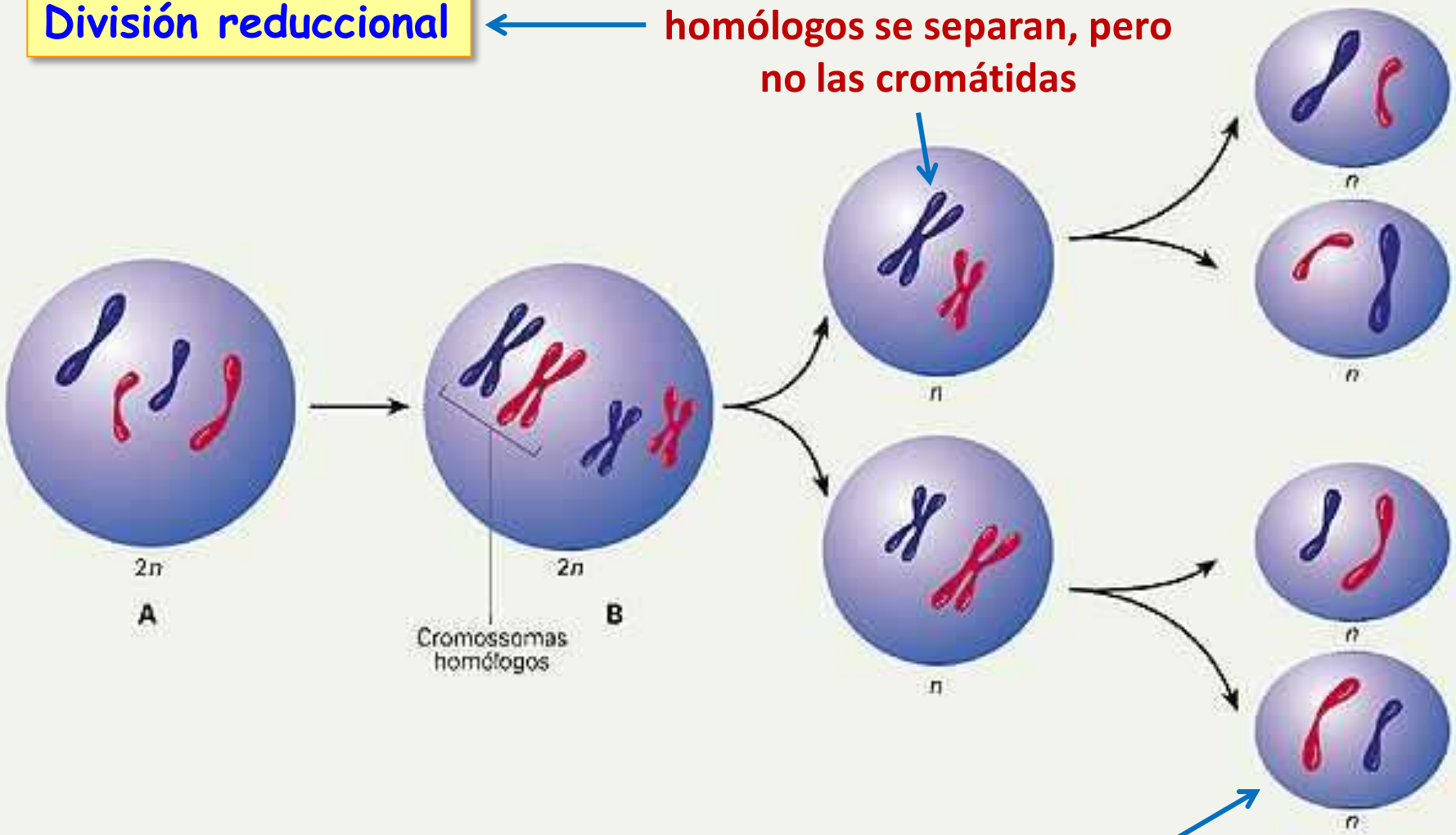
Gametos, que se unirán entre sí para formar un cigoto.

Esporas, que pueden originar por mitosis individuos haploides.

MEIOSIS

División reduccional

Meiosis I: los cromosomas homólogos se separan, pero no las cromátidas



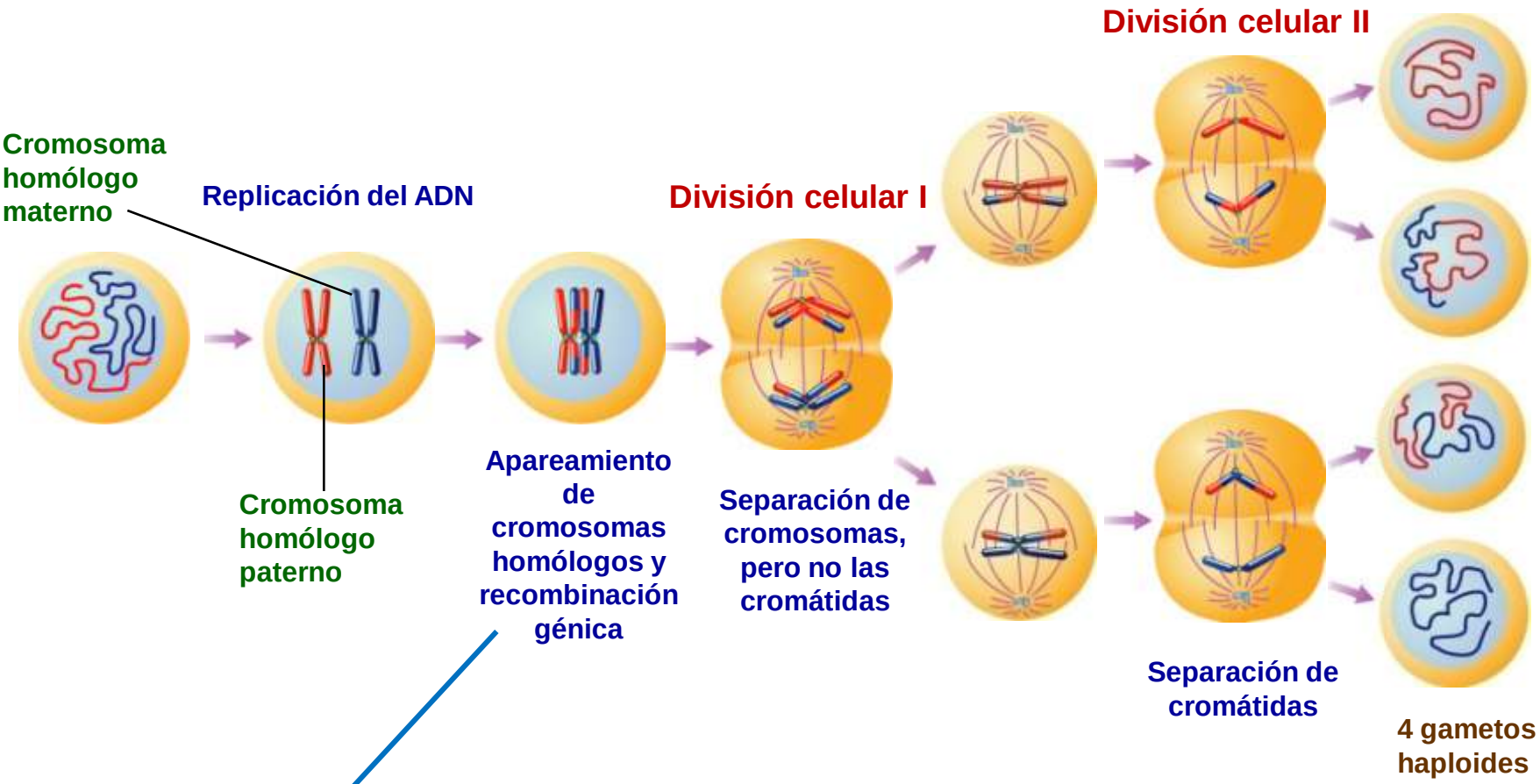
Meiosis II: las cromátidas se separan

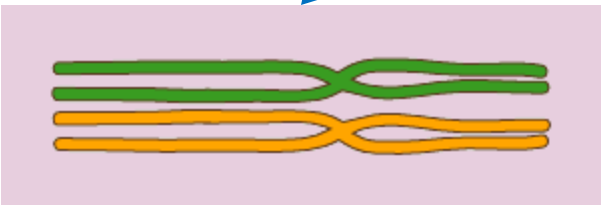
División ecuacional

MEIOSIS

DIVISIÓN MEIÓTICA I

DIVISIÓN MEIÓTICA II





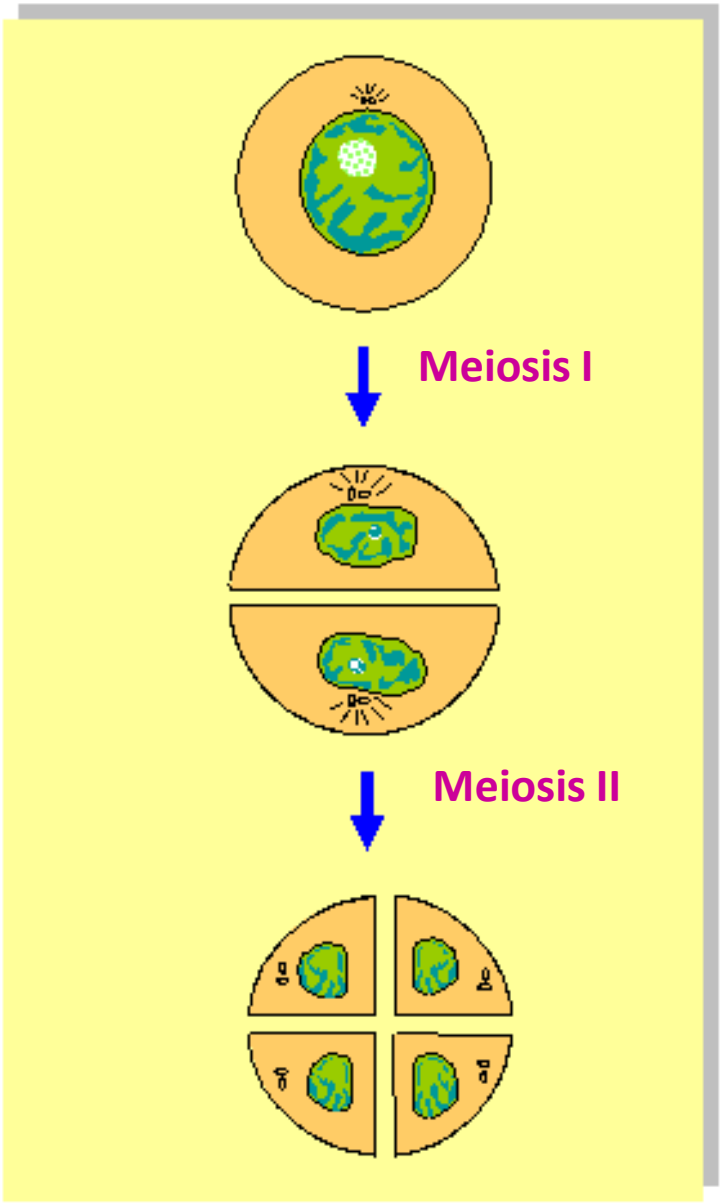
Recombinación genética

MEIOSIS

DIVISIONES DE LA MEIOSIS

- **División I o Mitosis reduccional**
  - Profase I
    - Leptoteno
    - Zigoteno
    - Paquiteno
    - Diploteno
    - Diacinesis
  - Metafase I
  - Anafase I
  - Telofase I

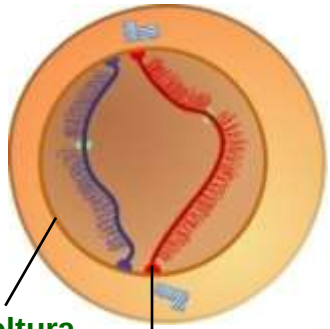
- **División II o Mitosis ecuacional**
  - Profase II
  - Metafase II
  - Anafase II
  - Telofase II



MEIOSIS I. PROFASE I

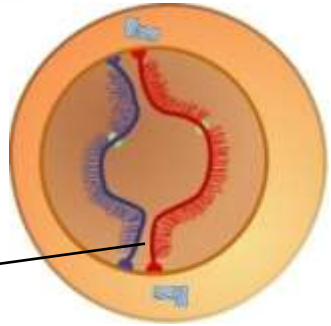
LEPTOTENO

Se asocian los cromosomas homólogos, aunque no se distinguen aún las cromátidas hermanas. Los cromosomas están unidos a la lámina fibrosa nuclear mediante placas de unión.



Apareamiento lineal (sinapsis) de los cromosomas homólogos a través del complejo sinaptonémico.

ZIGOTENO

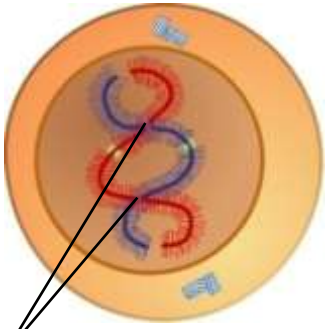


Sobrecruzamiento y recombinación genica (bivalentes).

PAQUITENO

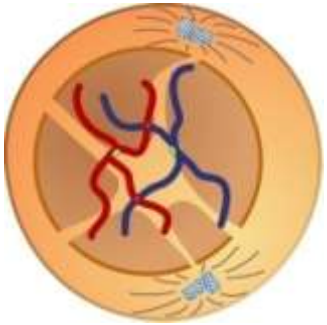
Se separan los cromosomas homólogos, que permanecen unidos por los quiasmas. Se ven ya las cuatro cromátidas (tétradas).

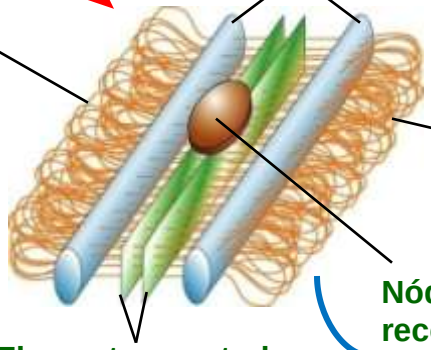
DIPLOTENO



En las tétradas, se ven las cromátidas hermanas unidas por los centrómeros, y las no hermanas unidas por los quiasmas. Desaparece la membrana nuclear y el nucleolo.

DIACINESIS

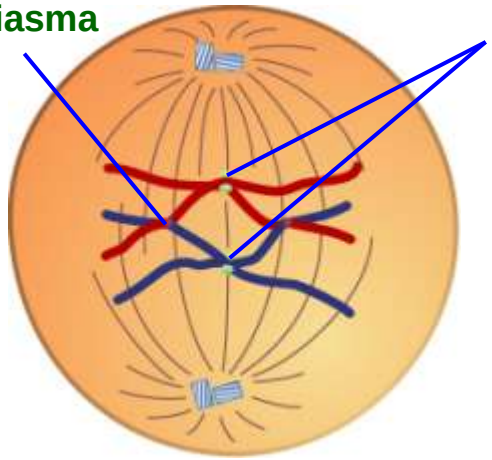




Permite la yuxtaposición de cada gen con su homólogo

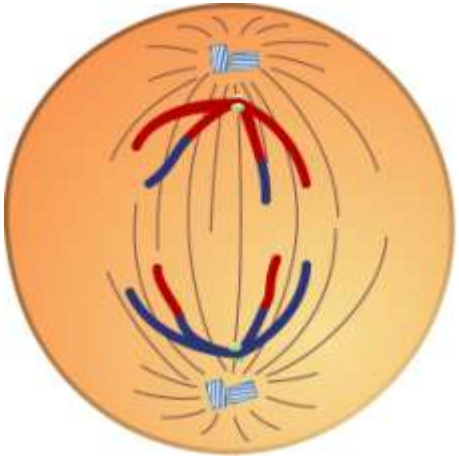
MEIOSIS I. RESTO DE LAS FASES

METAFASE I



En la placa ecuatorial se disponen las tétradas, unidas por los quiasmas. Los cinetocoros de cada cromosoma se fusionan y se orientan a sendos polos .
El plano ecuatorial corta los *quiasmas* y separa los cromosomas homólogos, pero no atraviesa los centrómeros, al estar fusionados, por lo que las cromátidas hermanas no se separan.

ANAFASE I



No se separan las cromátidas como en la mitosis, sino que, al romperse los quiasmas, cada cromosoma completo del par de homólogos se desplaza a un polo opuesto de la célula.
Una cromátida de cada cromosoma es mixta (recombinada).

TELOFASE I

Reaparece la membrana nuclear y el nucléolo.
Los cromosomas sufren una ligera condensación.

Al finalizar la meiosis I, se produce la primera citocinesis, y se obtienen dos células hijas con la mitad del número de cromosomas dobles (cada uno con sus dos cromátidas) (haploides).

Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

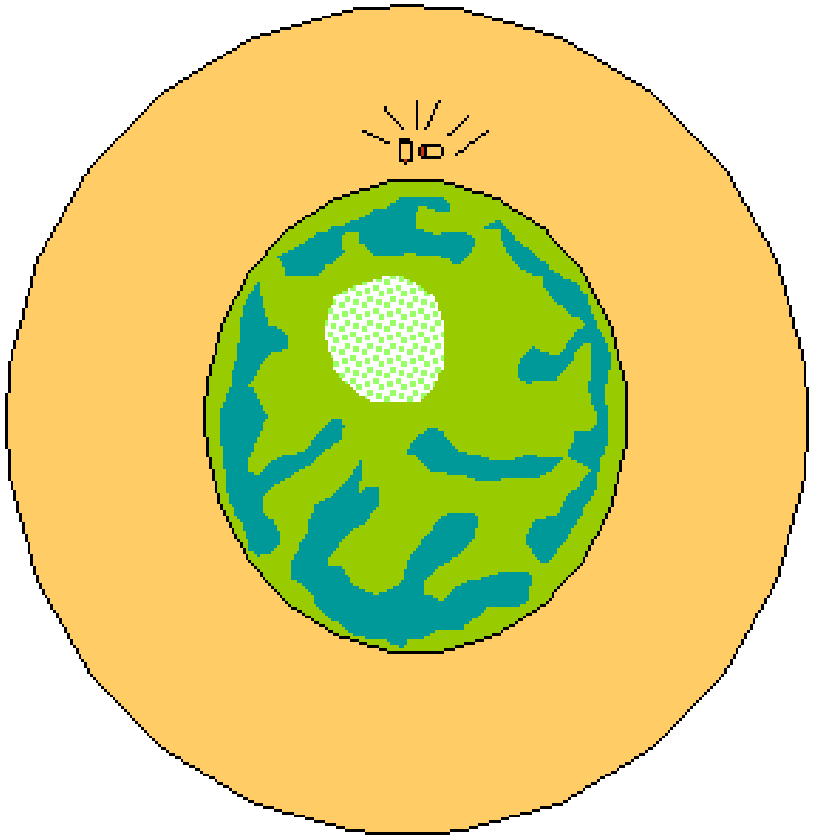
La meiosis consta de dos divisiones sucesivas de la célula con una única replicación del ADN. El producto final son cuatro células con n cromosomas.

DIVISIÓN I

PROFASE I

En esta fase suceden los acontecimientos más característicos de la meiosis. La envoltura nuclear se conserva hasta el final de la fase que es cuando se desintegra, al mismo tiempo desaparece el nucleolo y se forma el huso.

Dada su duración y complejidad se subdivide en cinco etapas: **leptoteno, zigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis**.



Interfase I

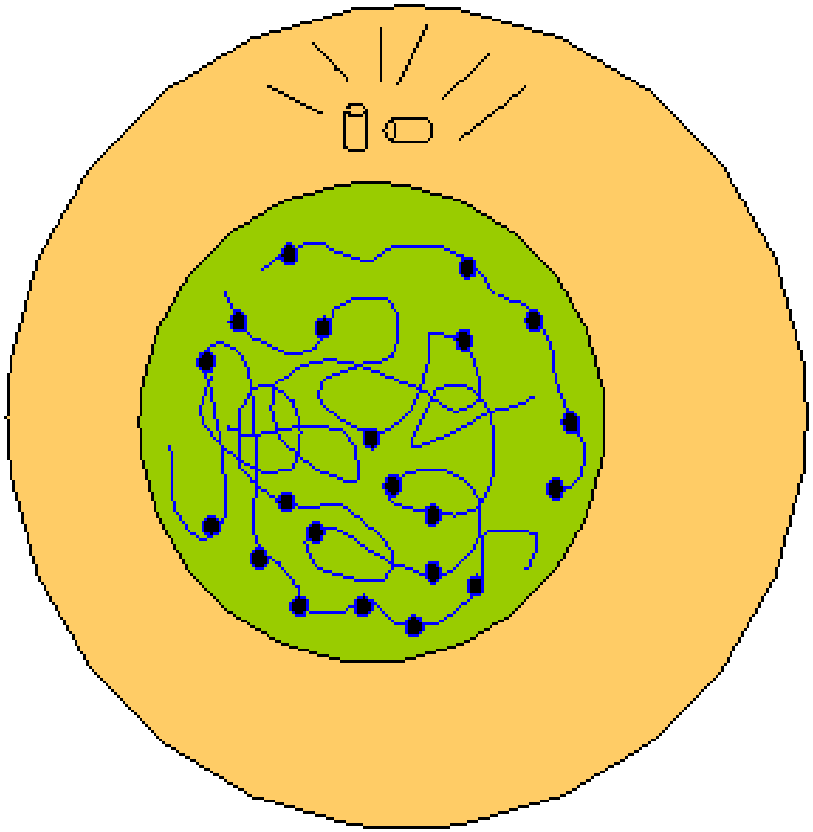
Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

PROFASE I

Leptoteno: Los cromosomas aparecen como largos filamentos que de trecho en trecho presentan unos gránulos: los **cromómeros**. Cada cromosoma ya está constituido por dos cromátidas, pero aún no se observan bien diferenciadas al microscopio óptico, y se encuentran unidos en diversos puntos a la envoltura nuclear.



Leptoteno

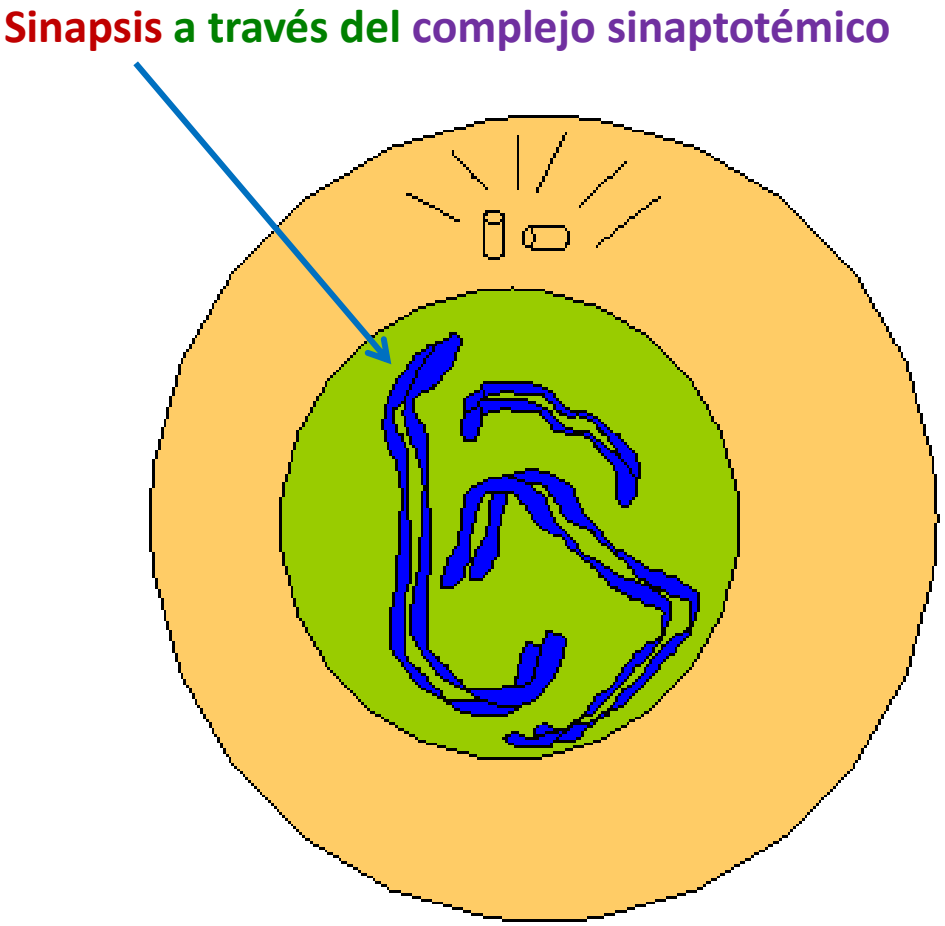
Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

PROFASE I

Zigoteno: En esta etapa los cromosomas homólogos se aparean punto por punto en toda su longitud. Este apareamiento puede comenzar bien por el centro o por los extremos y continuar a todo lo largo. Cuando los homólogos se aparean cada gen queda yuxtapuesto con su homólogo.



Zigoteno

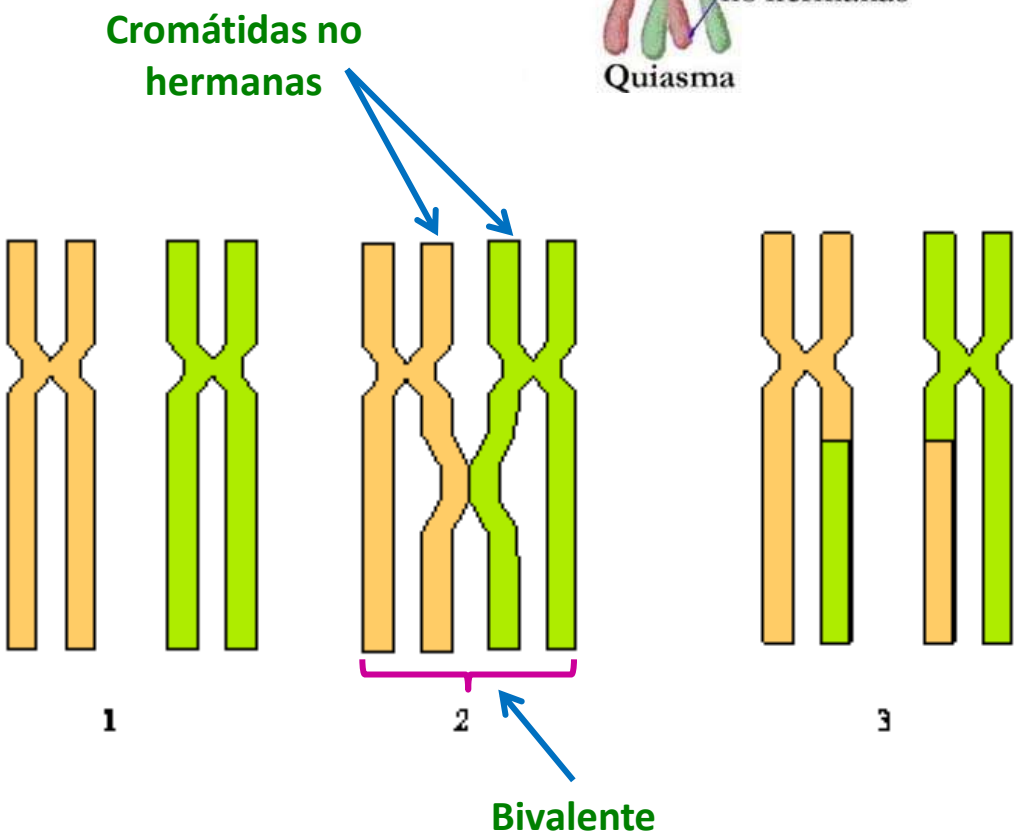
Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

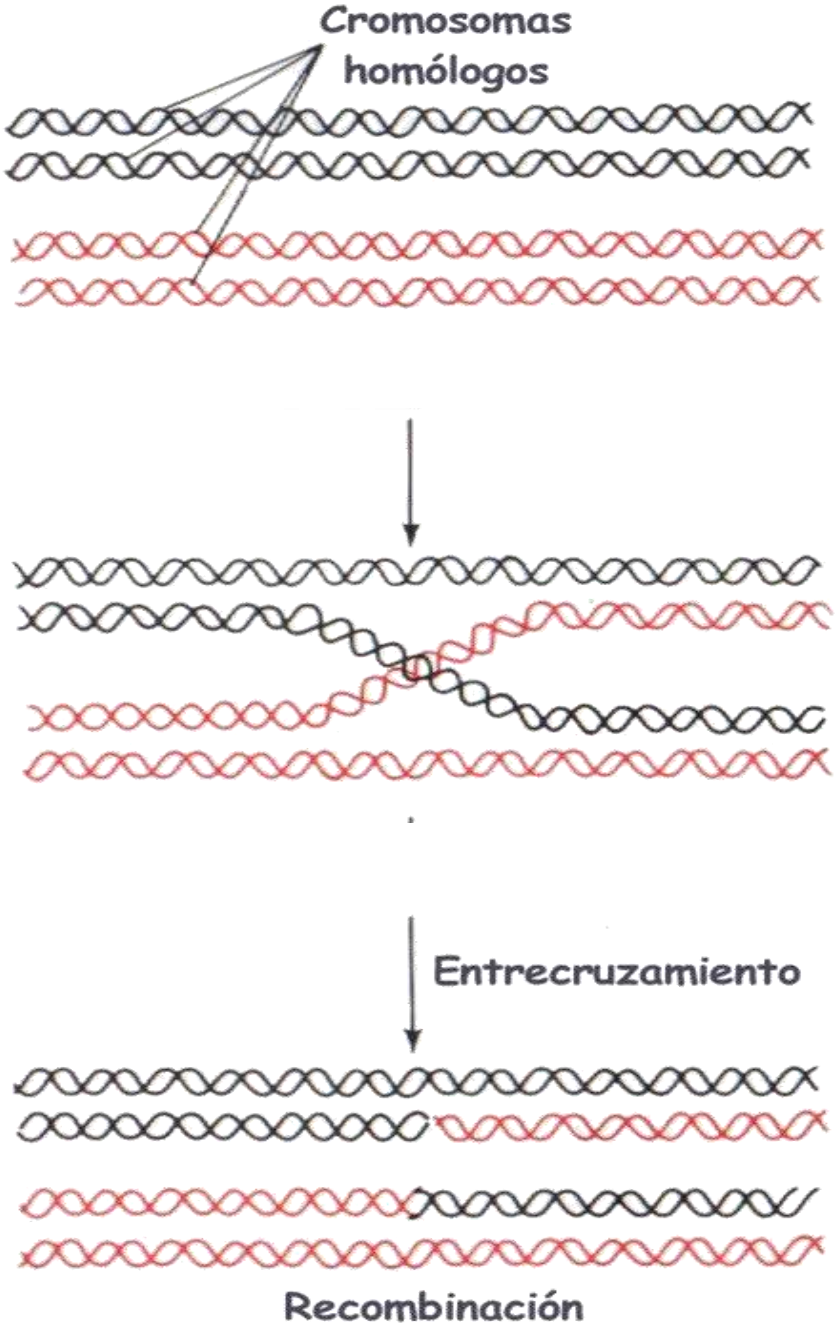
PROFASE I

Paquiteno: Los pares de cromosomas homólogos aparecen íntimamente unidos: **bivalentes**. Se observa que cada cromosoma tiene sus dos cromátidas. Mientras están estrechamente unidos tienen lugar el **entrecruzamiento** o **sobrecruzamiento** (**crossing-over**) al producirse roturas entre cromátidas próximas de cromosomas homólogos que intercambian material cromosómico. Esto supone una redistribución cromosómica del material genético. Aunque los sobrecruzamientos se producen en esta fase, no son aún visibles y se apreciarán más tarde en forma de quiasmas.

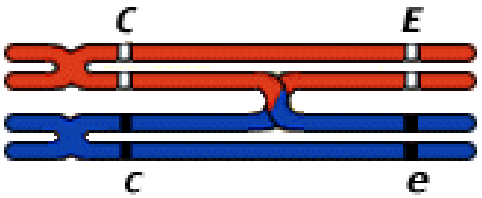


Paquiteno

PROFASE I: PAQUITENO. ENTRECRUZAMIENTO

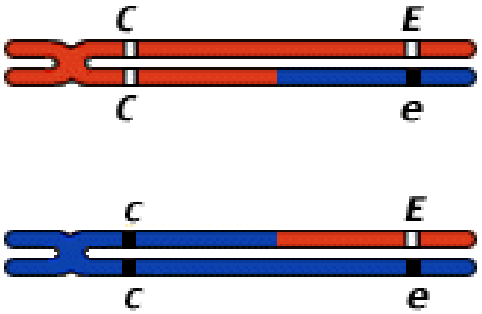


PROFASE I: PAQUITENO. ENTRECRUZAMIENTO

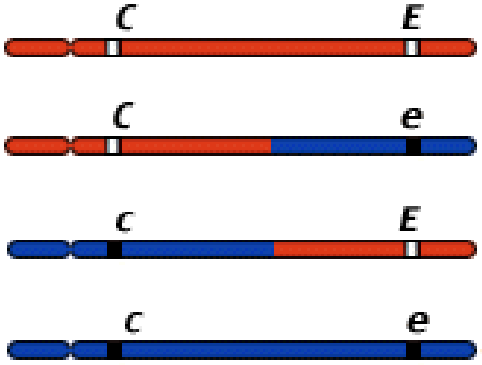


Apareamiento de cromosomas homólogos

Separación de los cromosomas homólogos (Meiosis I)

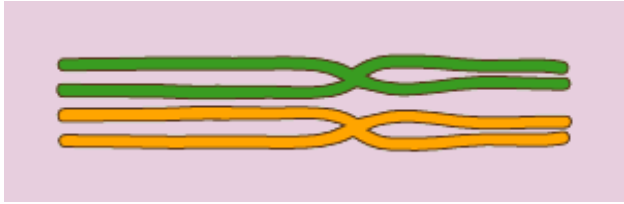


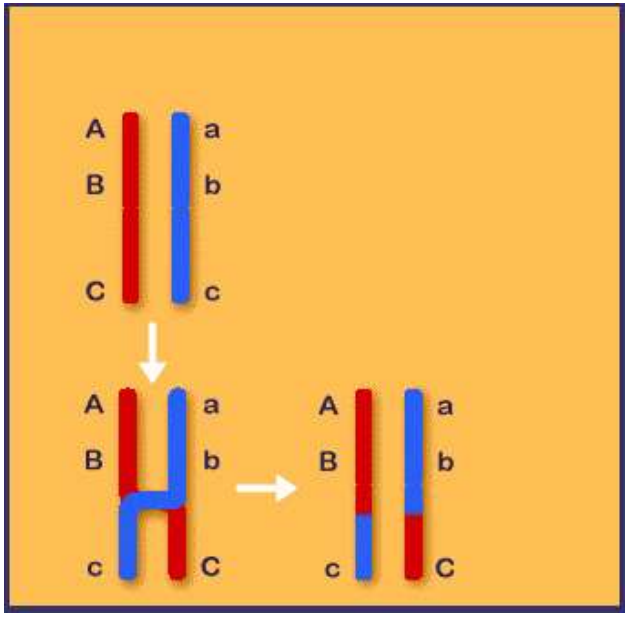
Separación de las Cromátidas (Meiosis II)



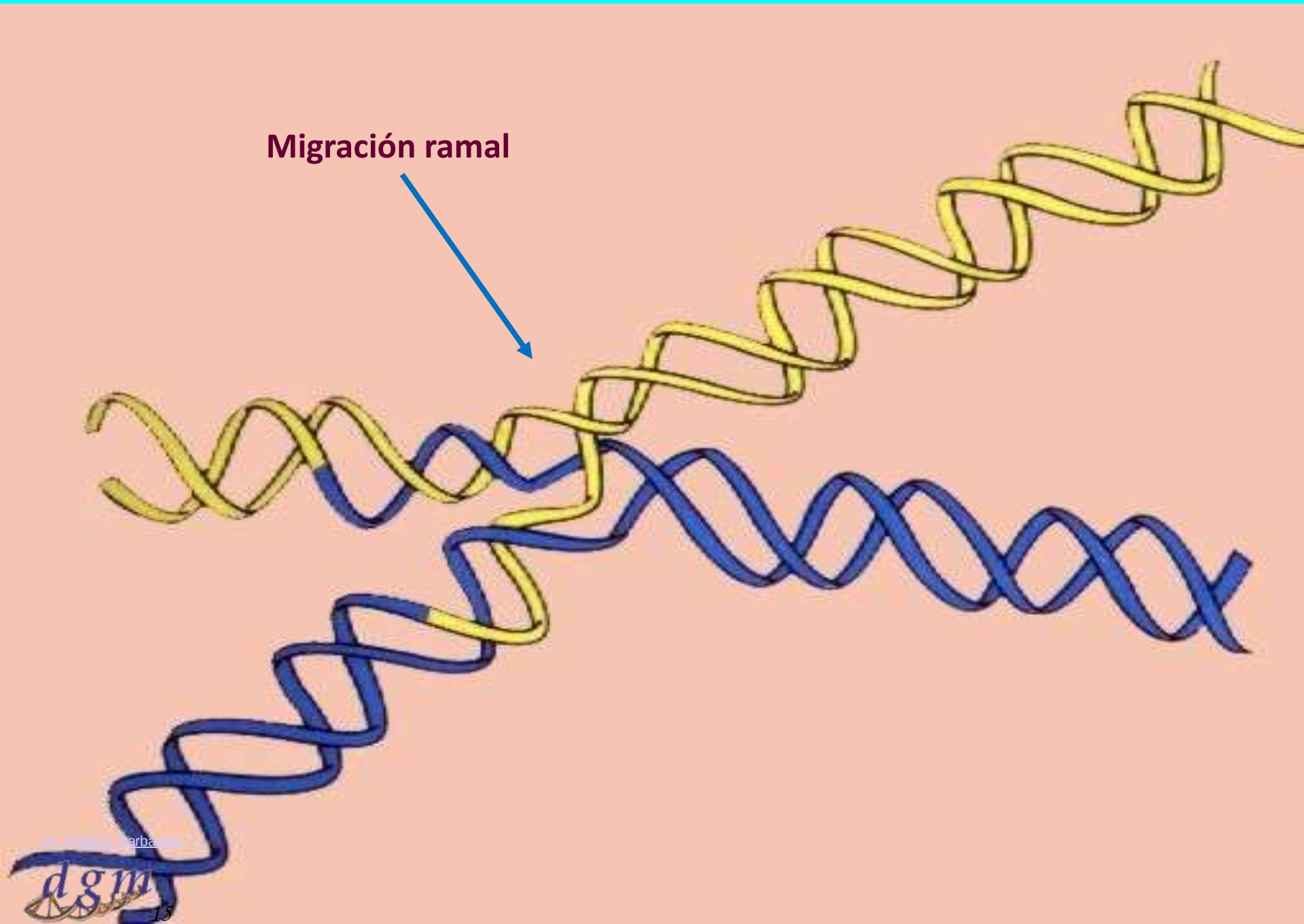
Cromosomas parentales

Cromosomas recombinantes





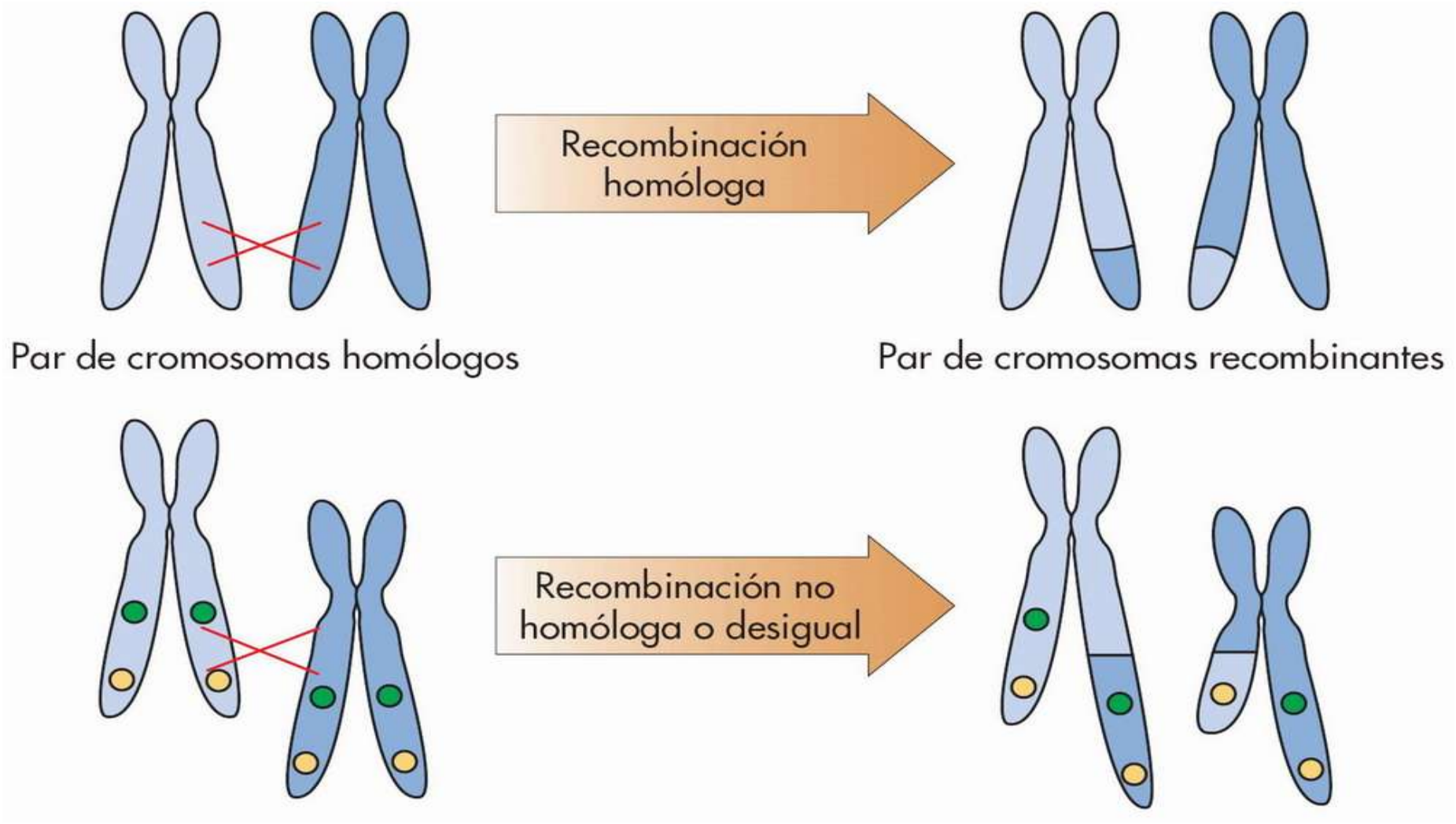
ENTRECRUZAMIENTO A NIVEL DEL ADN



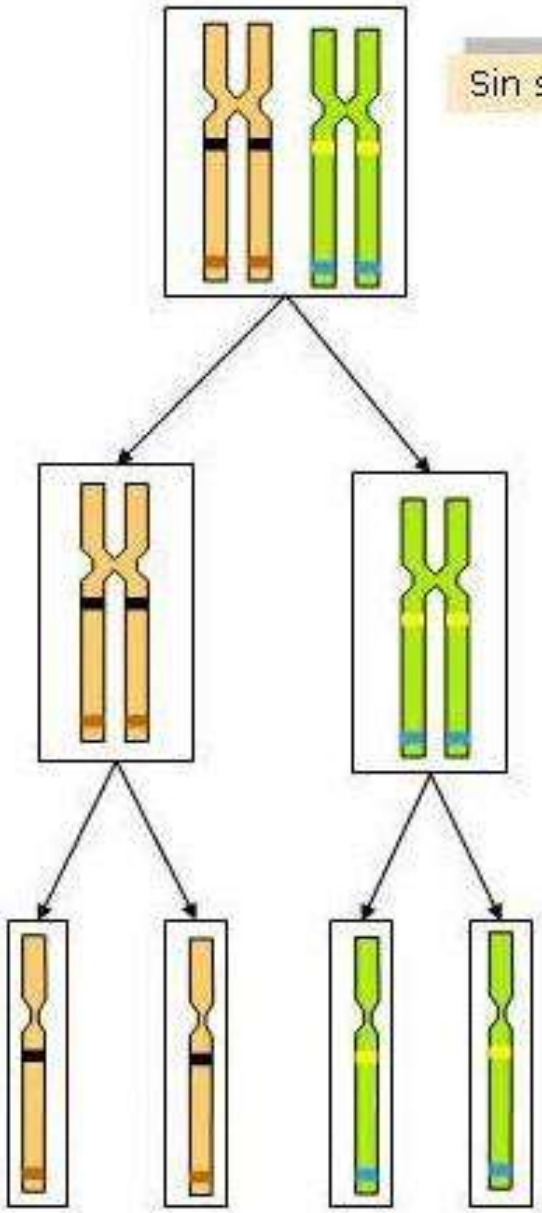
Dra. Antonia Barbadilla

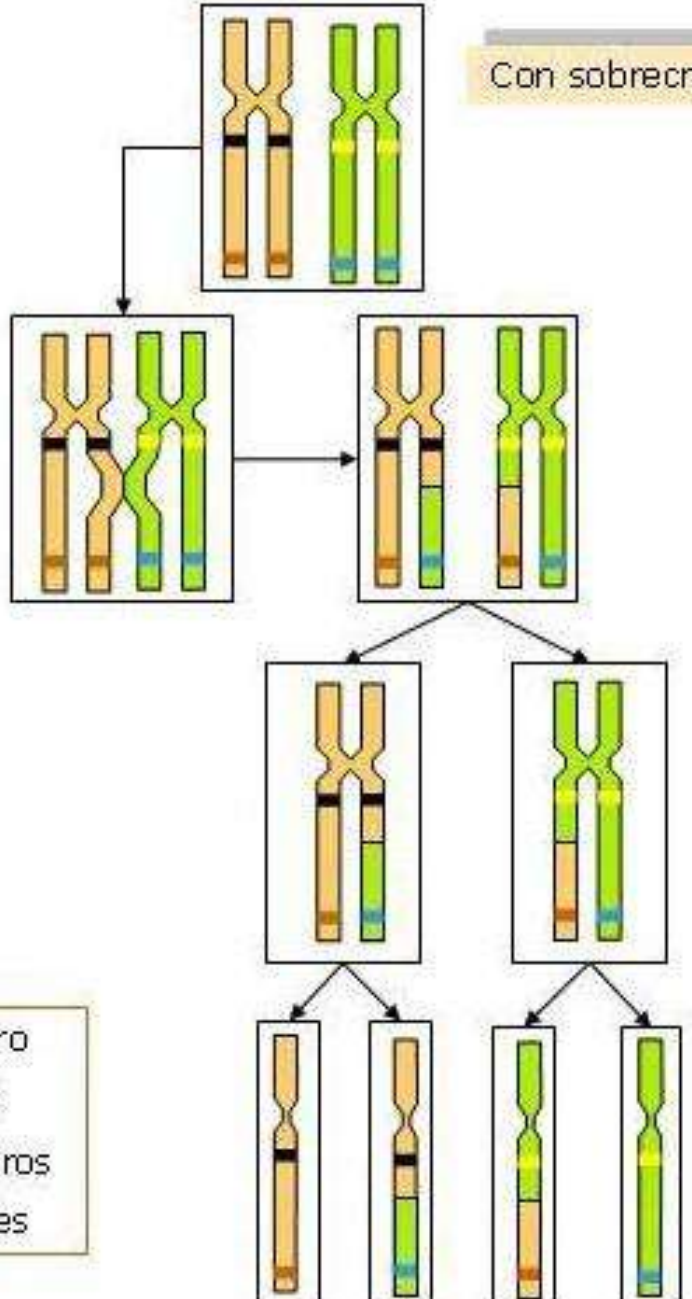
PROFASE I: PAQUITENO. TIPOS DE RECOMBINACIÓN

La recombinación puede ser general u homóloga, si se da el intercambio en zonas equivalentes de los cromosomas homólogos; o no homóloga o desigual, si las regiones de los cromosomas homólogos no son equivalentes.



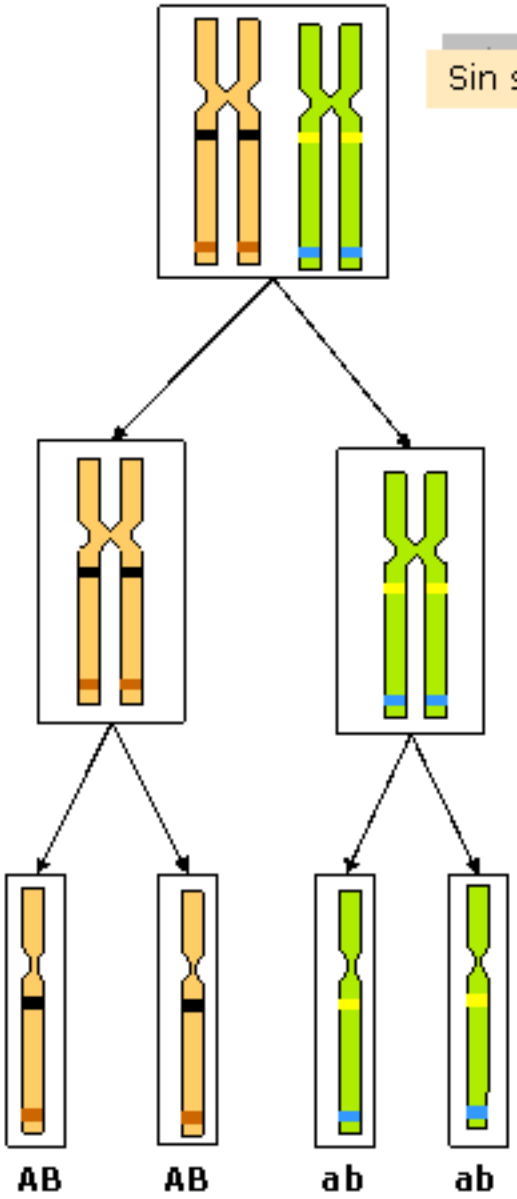
La importancia del sobrecruzamiento



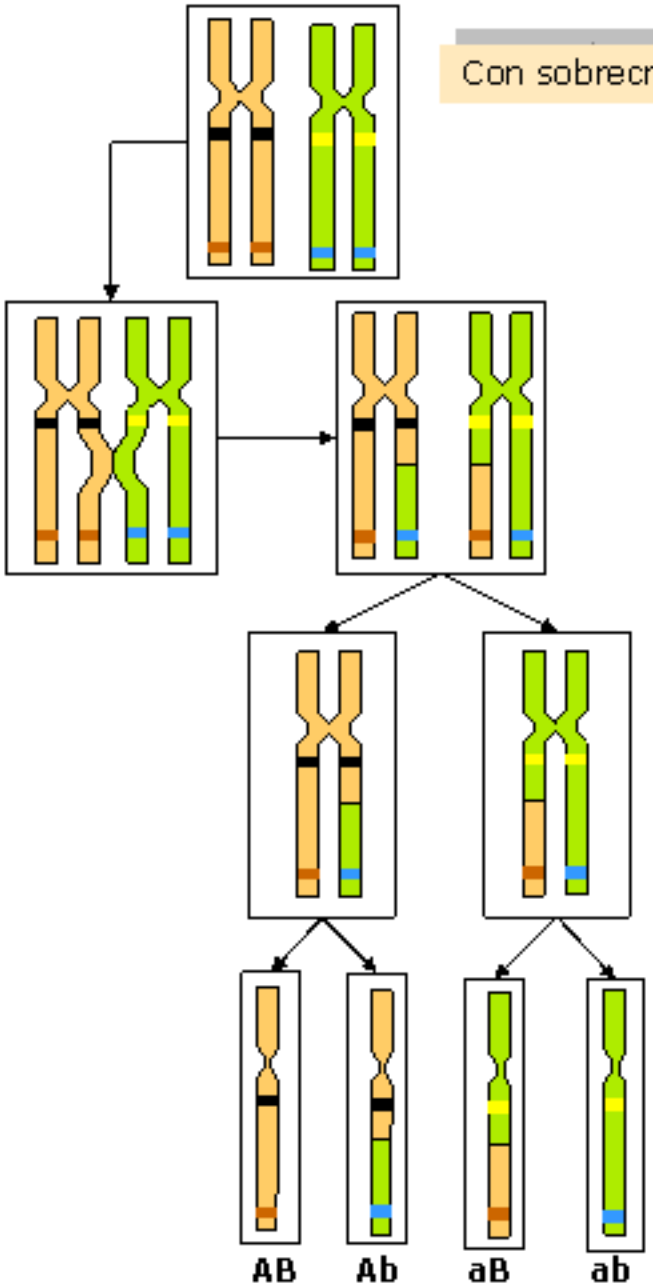


- Pelo oscuro
- Pelo claro
- Ojos oscuros
- Ojos azules

Gametos producidos con o sin cruzamiento



Es de destacar que los gametos parentales, siempre estarán en proporción superior al 50% y los recombinantes en proporción menor, pues estos sólo se producen en el caso de que haya habido recombinación.



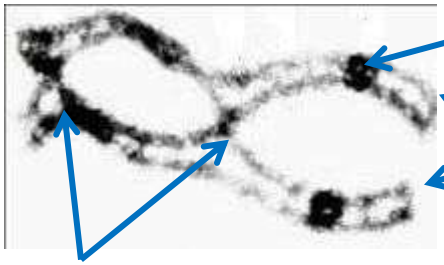
Meiosis - División I

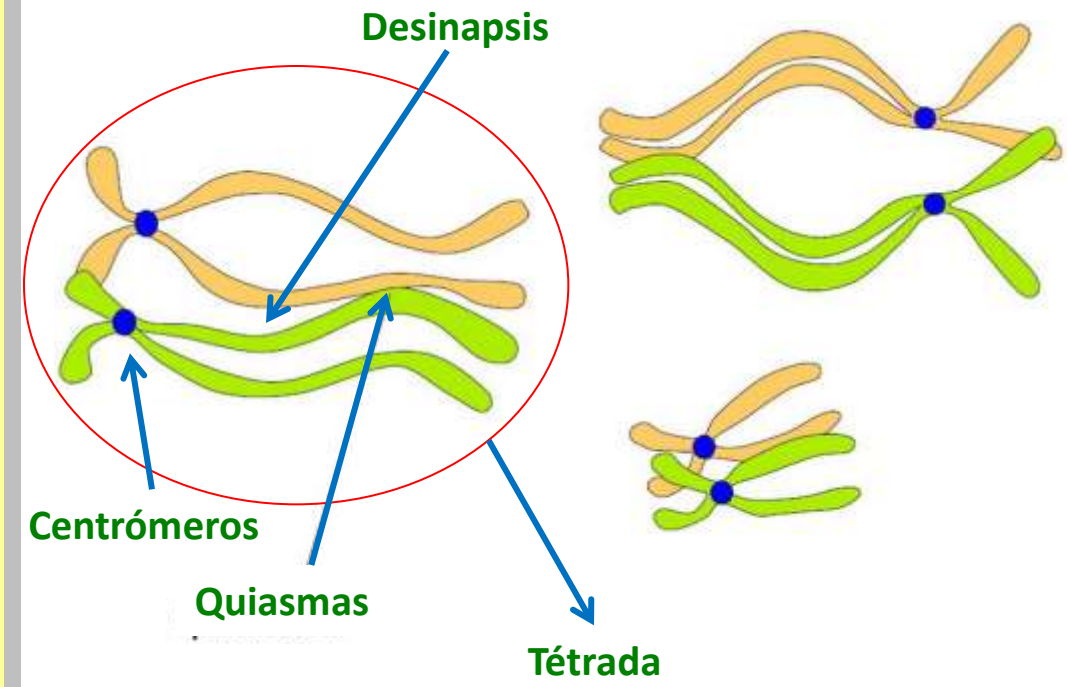
MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

PROFASE I

Diploteno: Los bivalentes inician su separación, aunque se mantienen unidos por los puntos donde tuvo lugar el sobrecruzamiento, estas uniones reciben ahora el nombre de **quiasmas** y permiten ver los puntos en los que hubo sobrecruzamientos. En cada par de cromosomas homólogos pueden persistir uno o varios quiasmas, todo depende de cuántos sobrecruzamientos hayan tenido lugar a lo largo del bivalente.





Diploteno

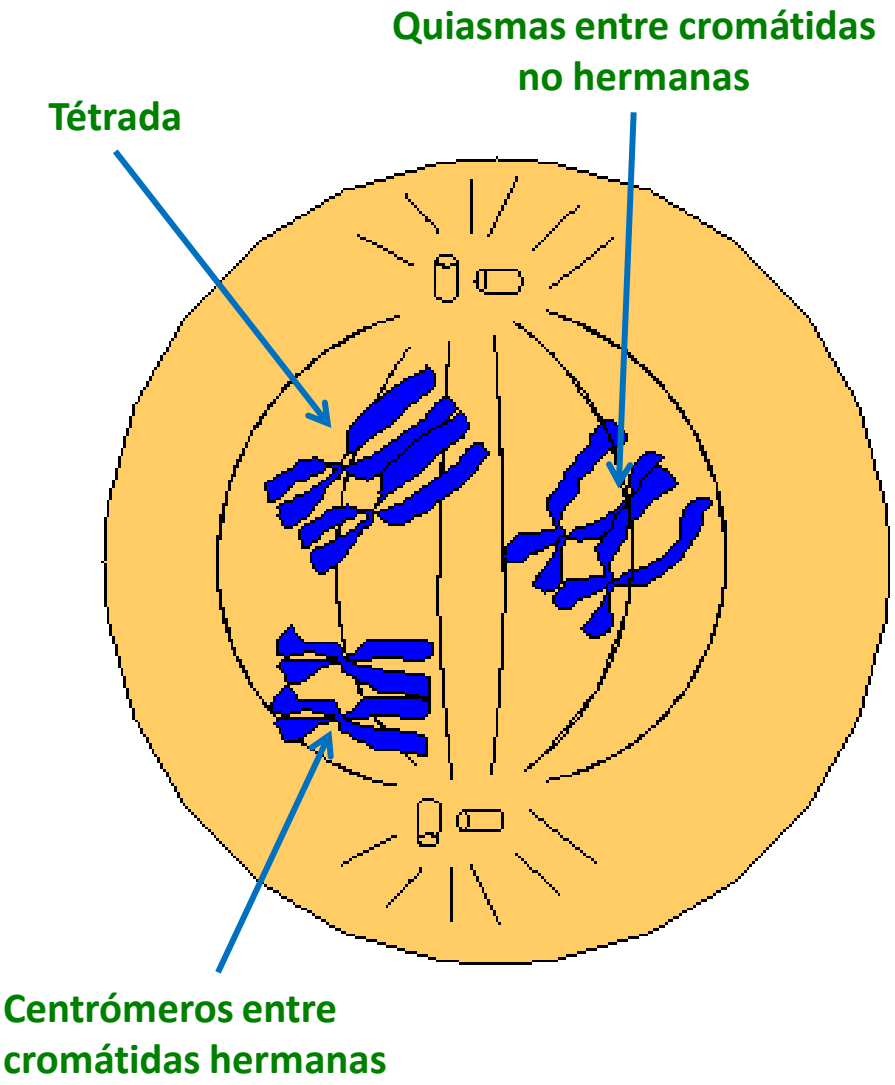
Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

PROFASE I

Diacinesis: Las cromátidas aparecen muy condensadas preparándose para la metafase. La separación entre bivalentes persiste y permanecen los quiasmas.
Al final de la profase la envoltura nuclear ha desaparecido totalmente y ya se ha formado el huso acromático.



Diacinesis

Meiosis - División I

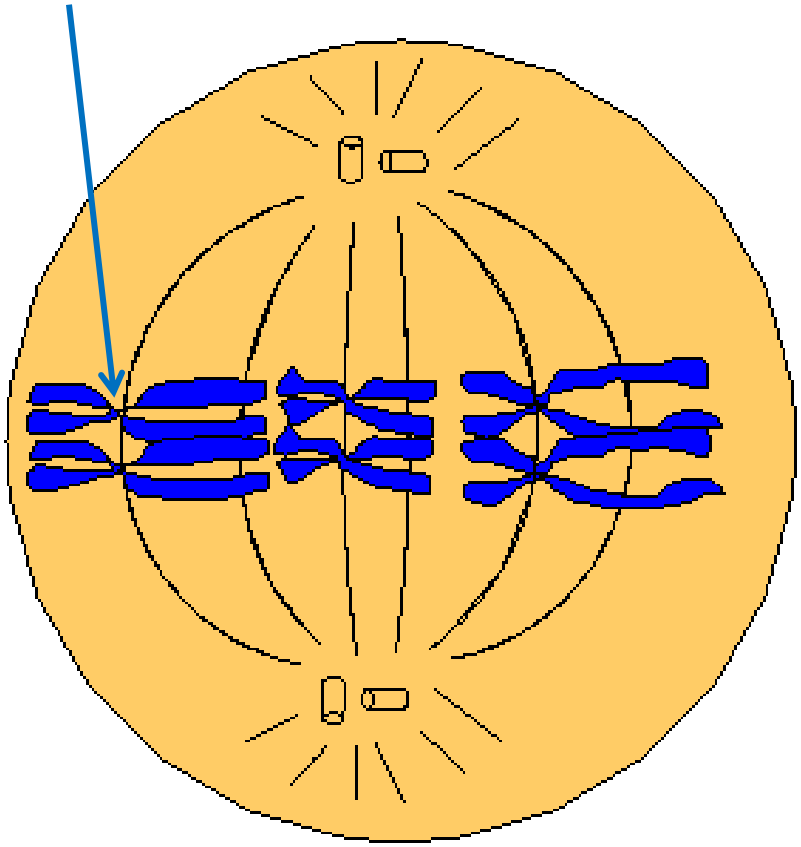
MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

METAFASE I

Los bivalentes se disponen sobre el ecuador del huso, pero lo hacen de tal forma que los dos cinetocoros que tiene cada homólogo se orientan hacia el mismo polo, que es el opuesto hacia el que se orientan los dos cinetocoros del otro homólogo.

Los dos cinetocoros de cada cromosoma se fusionan y se orientan hacia el mismo polo



Metafase I

Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

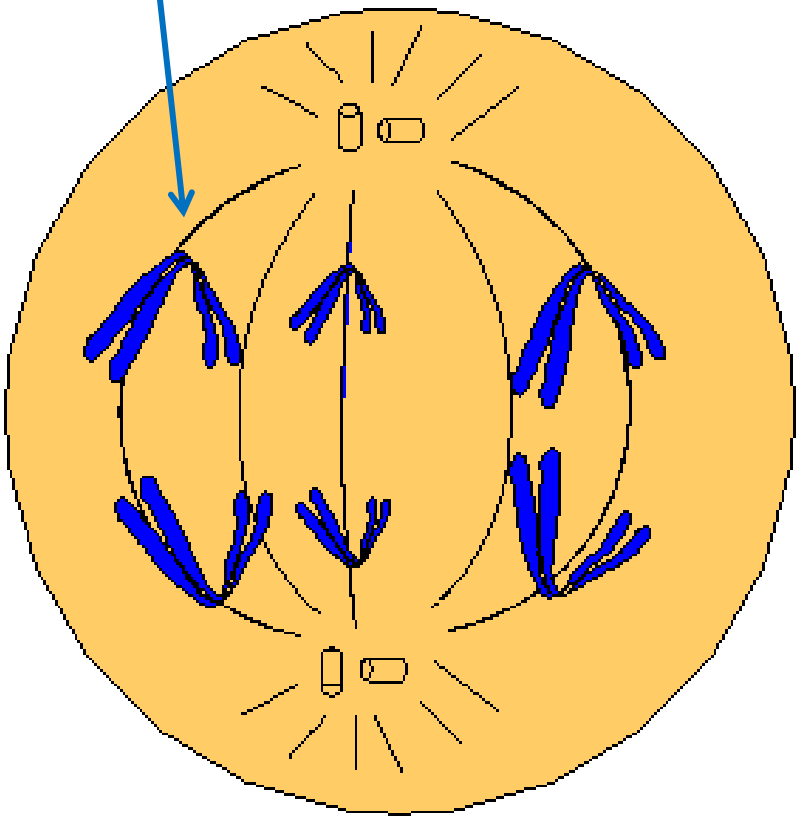
DIVISIÓN I

ANAFASE I

Los cromosomas sólo presentan un centrómero para las dos cromátidas. Debido a esto se separan a polos opuesto cromosomas completos con sus dos cromátidas. Esta **disyunción** o separación de los cromosomas da lugar a una **reducción** cromosómica. Como consecuencia, desaparecen los quiasmas.

La distribución al azar de los cromosomas es una de las fuentes de variabilidad, ya que pueden producirse como consecuencia de este proceso una gran cantidad de gametos (2^n, siendo n el número haploide).

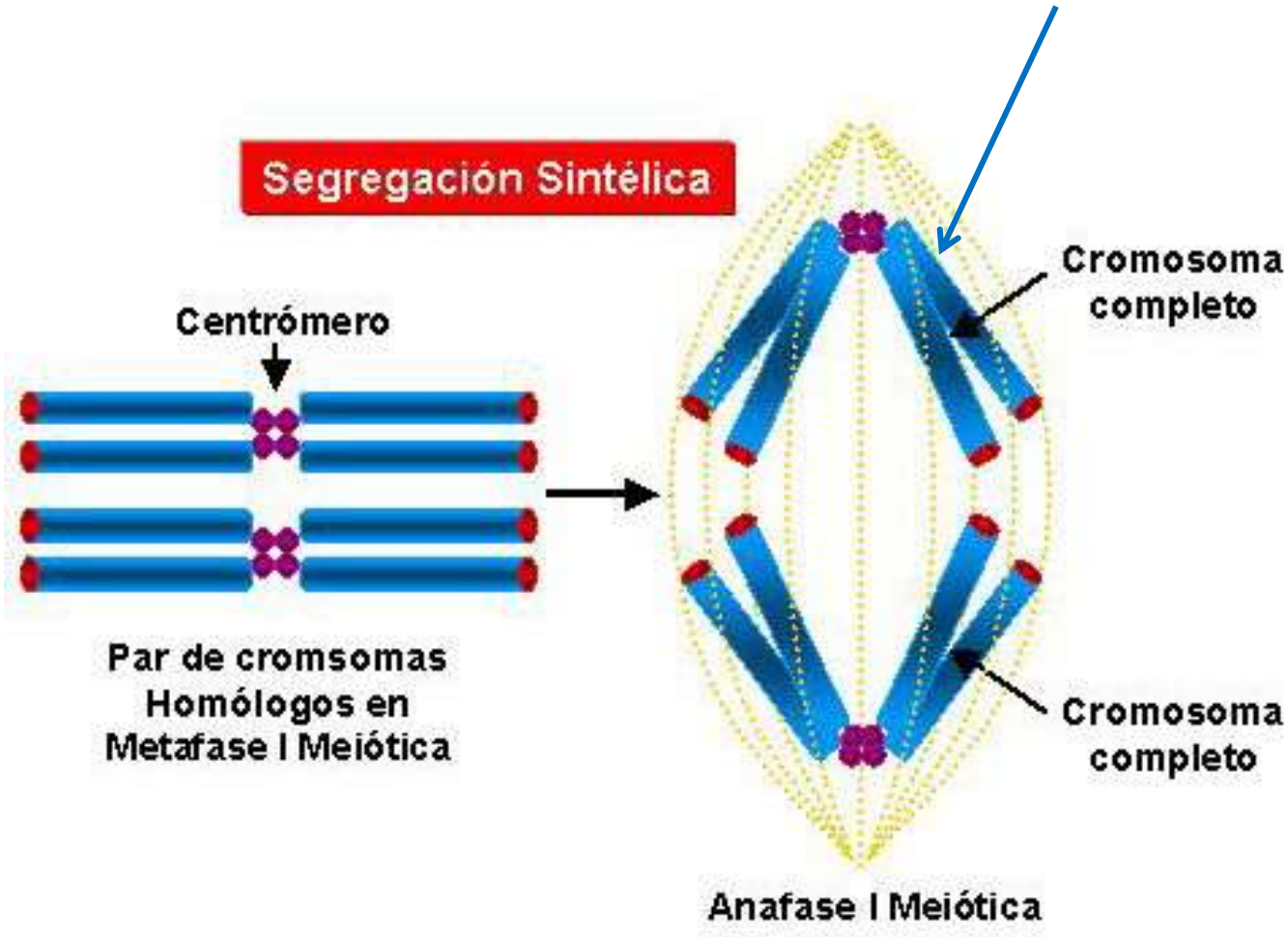
Se rompen los quiasmas y cada cromosoma homólogo se desplaza a un polo de la célula



Anafase I

MEIOSIS I. ANAFASE I

Una cromátida conserva su naturaleza inicial, materna o paterna, pero la otra es mixta (ya que es recombinada)



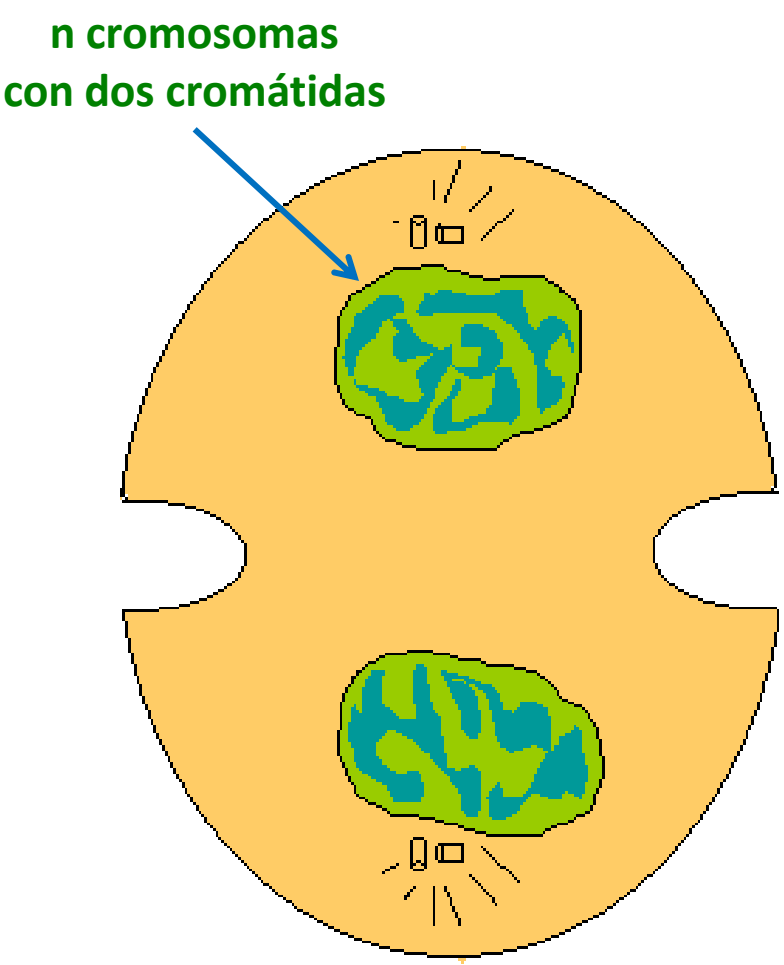
Meiosis - División I

MECANISMO DE LA MEIOSIS

DIVISIÓN I

TELOFASE I

Es una telofase normal pero que da lugar a dos células hijas cuyos núcleos tienen cada uno n cromosomas con dos cromátidas.



Telofase I

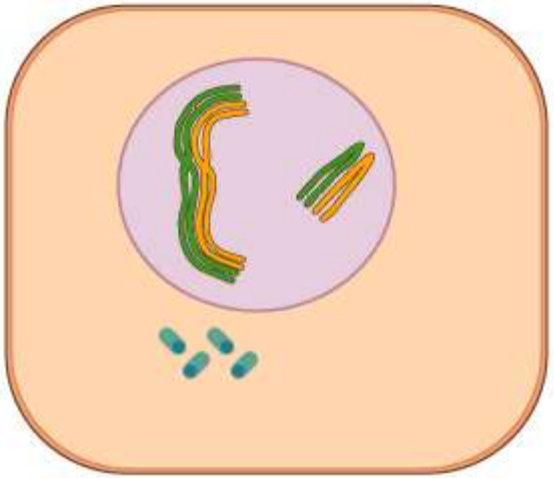
División II de la meiosis

Después de la primera división de la meiosis, sucede una interfase que puede ser variable en su duración, incluso puede faltar por completo de manera que tras la telofase I se inicia sin interrupción la segunda división. En cualquier caso, nunca hay síntesis de ADN; es decir, es una interfase sin periodo S.

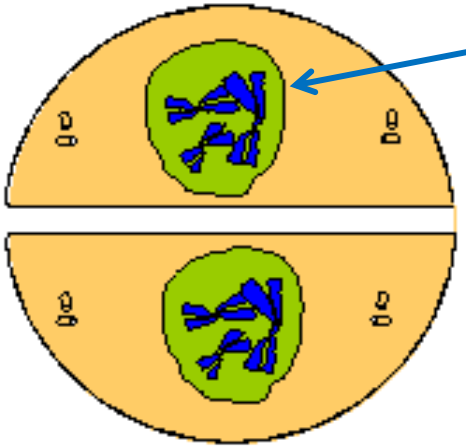
Esta breve interfase se llama **intercinesis.**

DIVISIÓN II

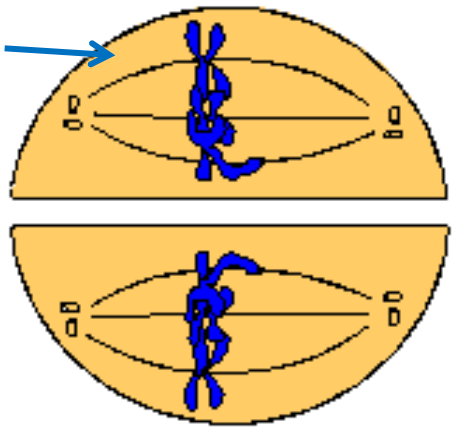
Es una mitosis normal en la que las dos células anteriores separan en la anafase II las cromátidas de sus n cromosomas. Surgen así 4 células con n cromátidas cada una.



División II de la meiosis



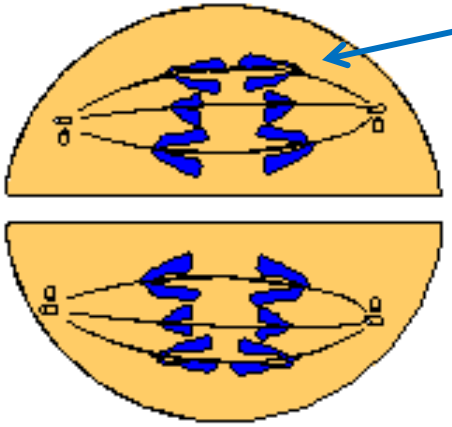
n cromosomas con dos cromátidas

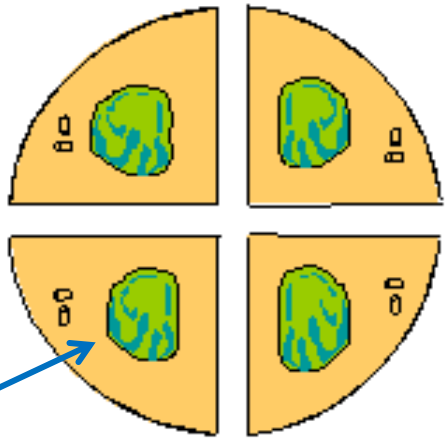


Profase II

Metafase II

Las cromátidas se separan



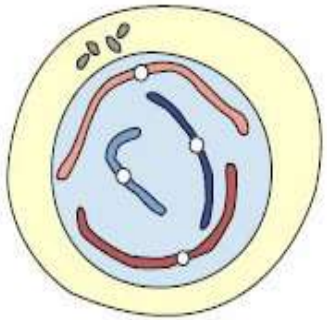
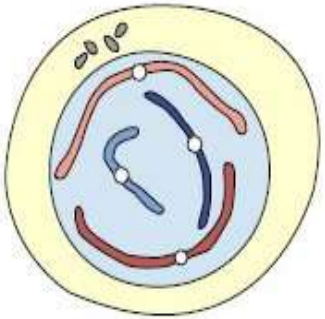
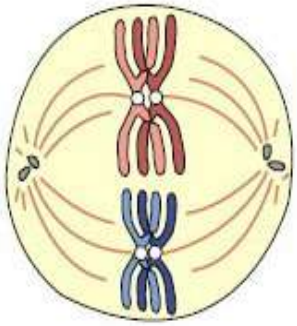
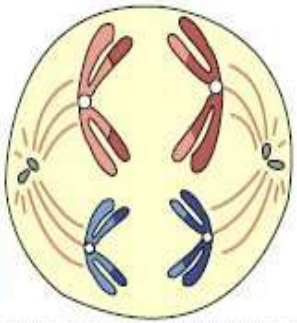


n cromosomas simples

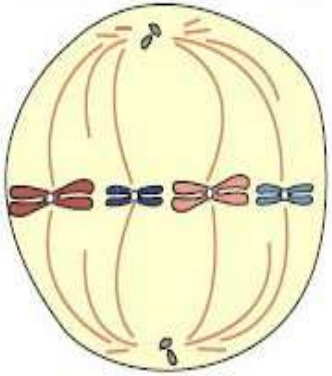
Anafase II

Telofase II

MITOSIS VS. MEIOSIS

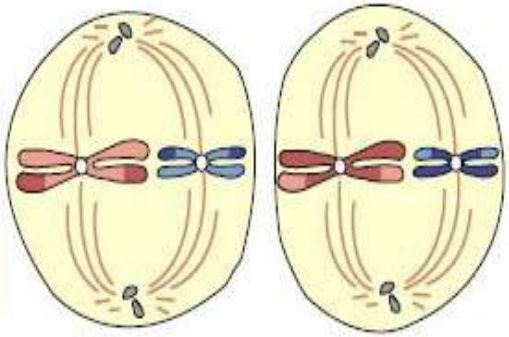
MITOSIS	MEIOSIS
 Dotación inicial de cuatro cromosomas (dos parejas homólogas)	
Los cromosomas se duplican; cada uno consta de dos cromátidas hermanas idénticas, unidas al centrómero	Los cromosomas homólogos se aparean, formando dos tétradas; se produce el entrecruzamiento
	 Las parejas homólogas se alinean
	 Se separan los homólogos

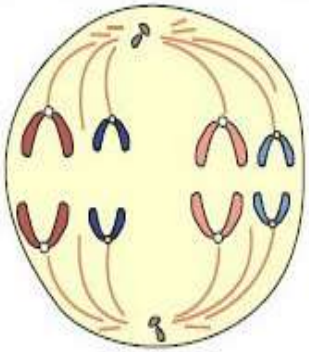
MITOSIS VS. MEIOSIS



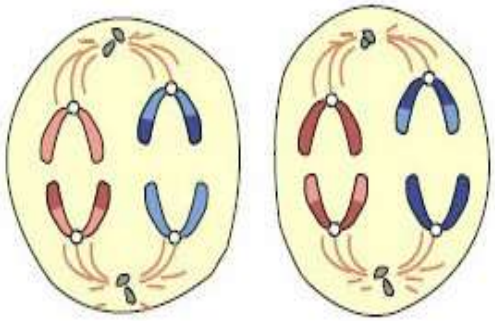
Los cuatro cromosomas se alinean sin aparearse. Cada uno consta de dos cromátidas hermanas

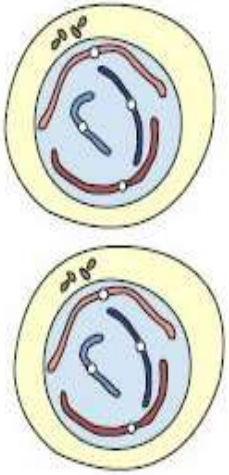
Dos cromosomas alineados, cada uno con dos cromátidas hermanas





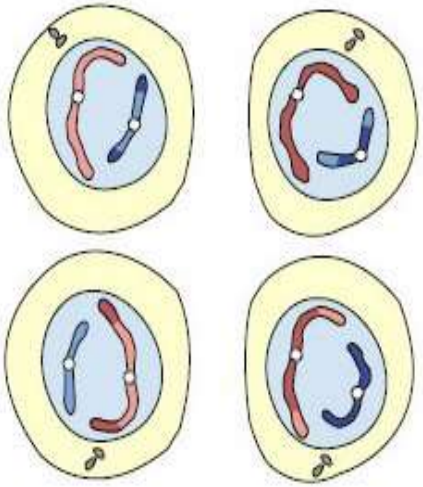
Las cromátidas hermanas se separan



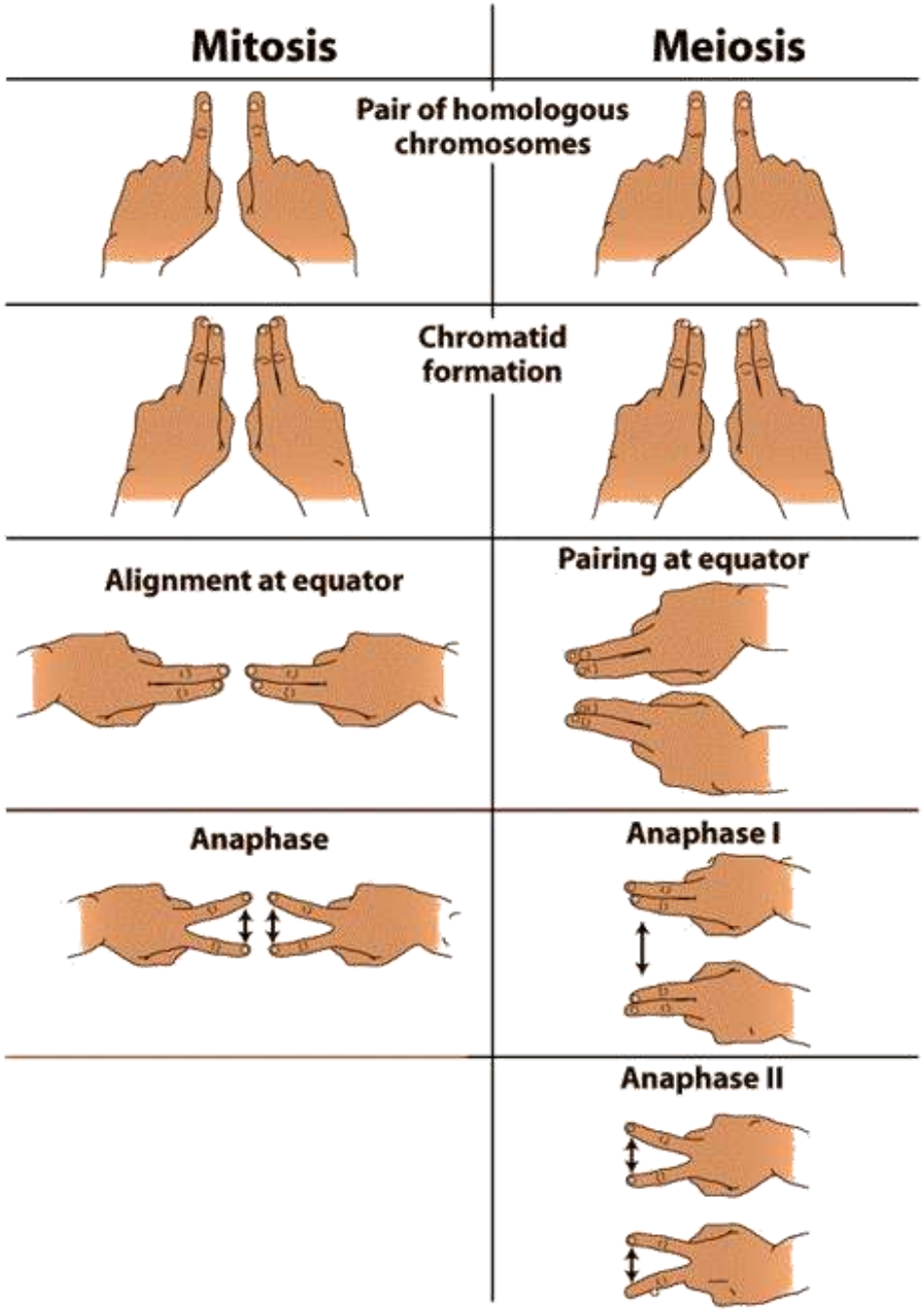


Resultado: cada núcleo filial (2*n*) tiene el mismo número de cromosomas que el núcleo inicial, y los cromosomas son idénticos a los del núcleo original.

Resultado: Cada núcleo filial (*n*) tiene solo la mitad de cromosomas del núcleo inicial, y los cromosomas no son idénticos a los del núcleo original



MITOSIS VS. MEIOSIS

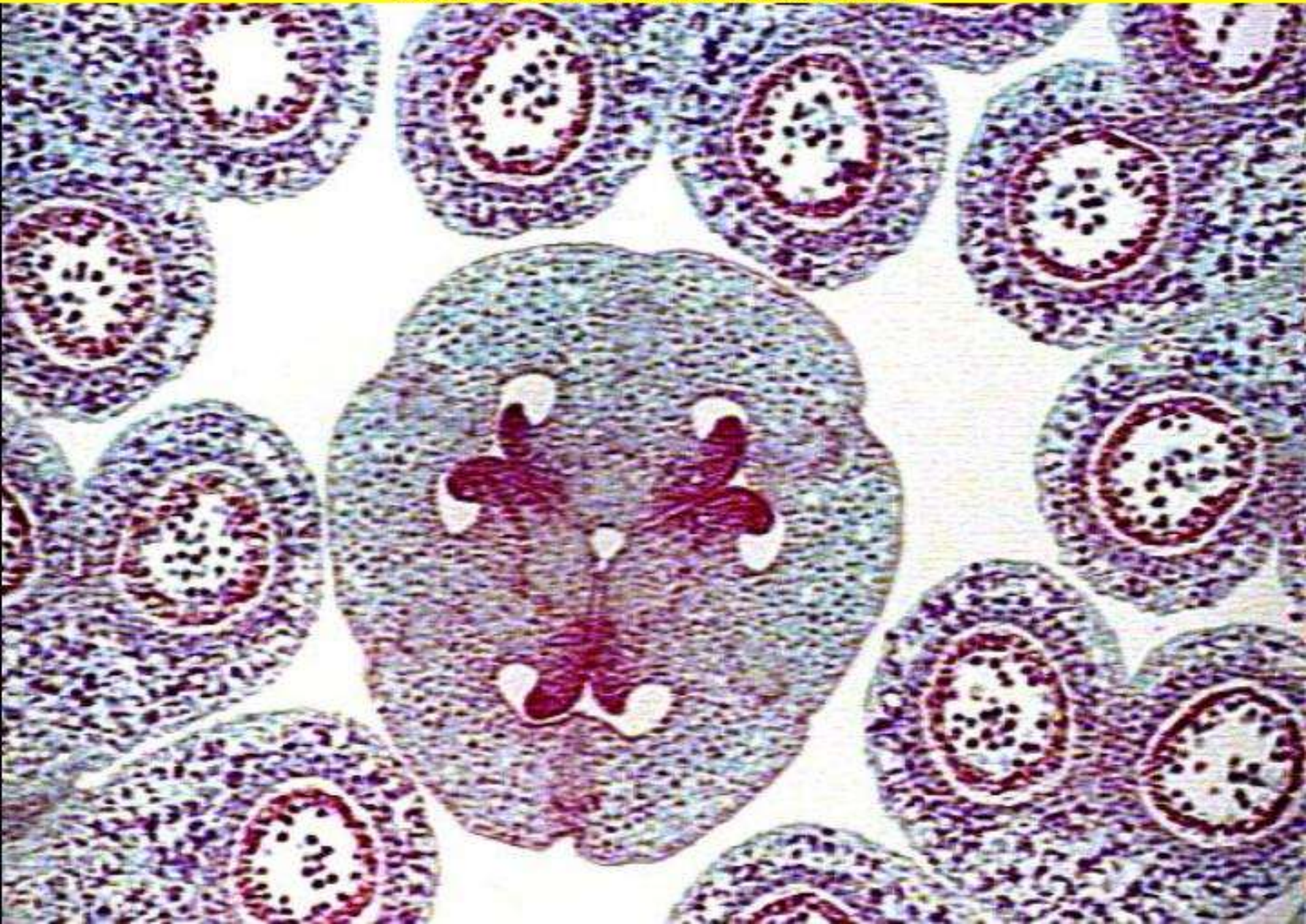


DIFERENCIAS ENTRE LA MITOSIS Y LA MEIOSIS

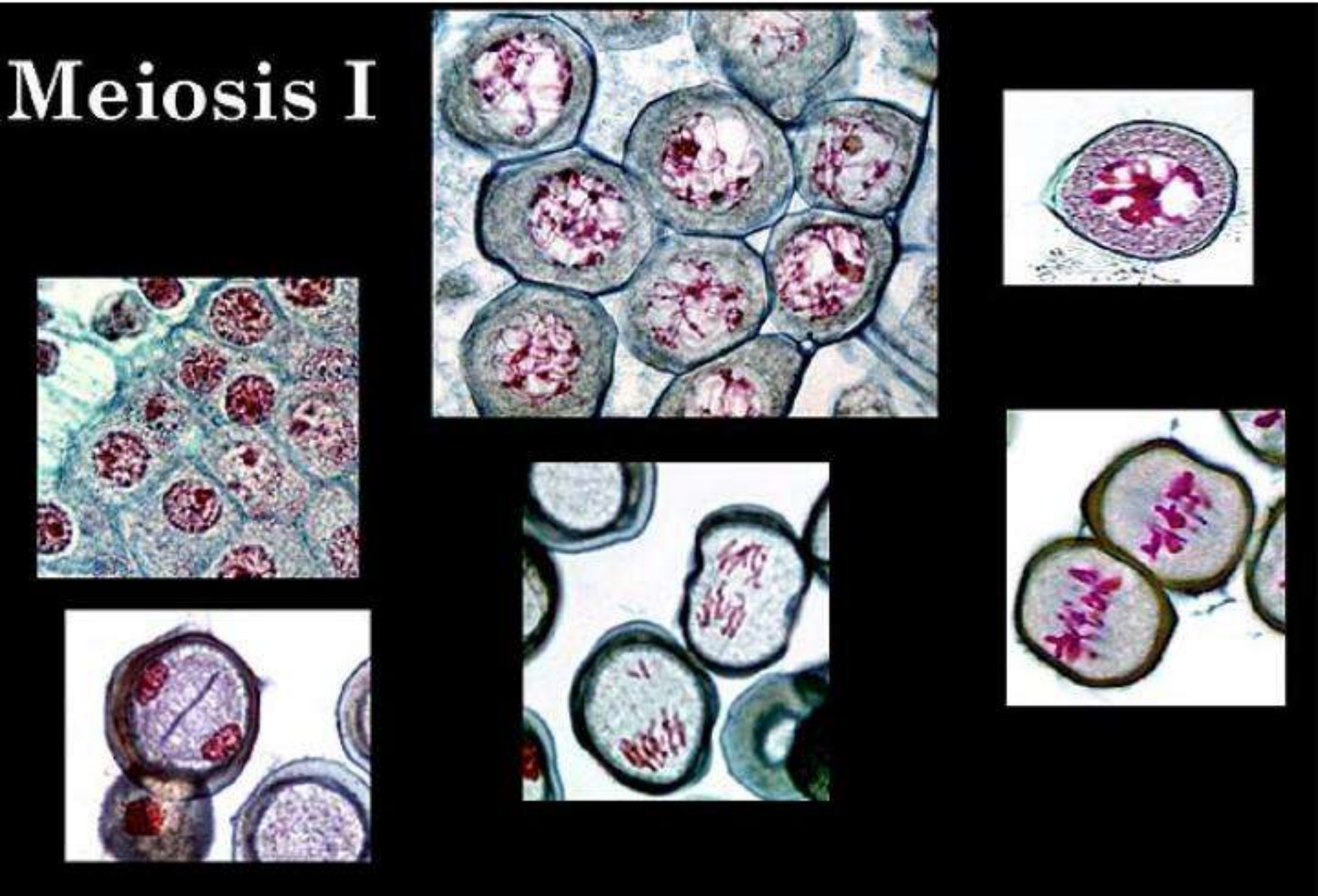
MITOSIS	MEIOSIS
Conservativa (2n) → (2n)	Reductiva (2n) → (n)
Una división (2 células hijas)	Dos división (4 células hijas)
No suele haber apareamiento de cromosomas homólogos (ni quiasmas)	Hay apareamiento cromosomas homólogos (entrecruzamiento → quiasmas)
Células no gaméticas	Células gaméticas
Se da en unicelulares (reproducción asexual) y en pluricelulares (tejidos)	Formación de células reproductoras sexuales (*gametos*) o células reproductoras asexuales (*esporas*)

Imágenes microscópicas de células en meiosis

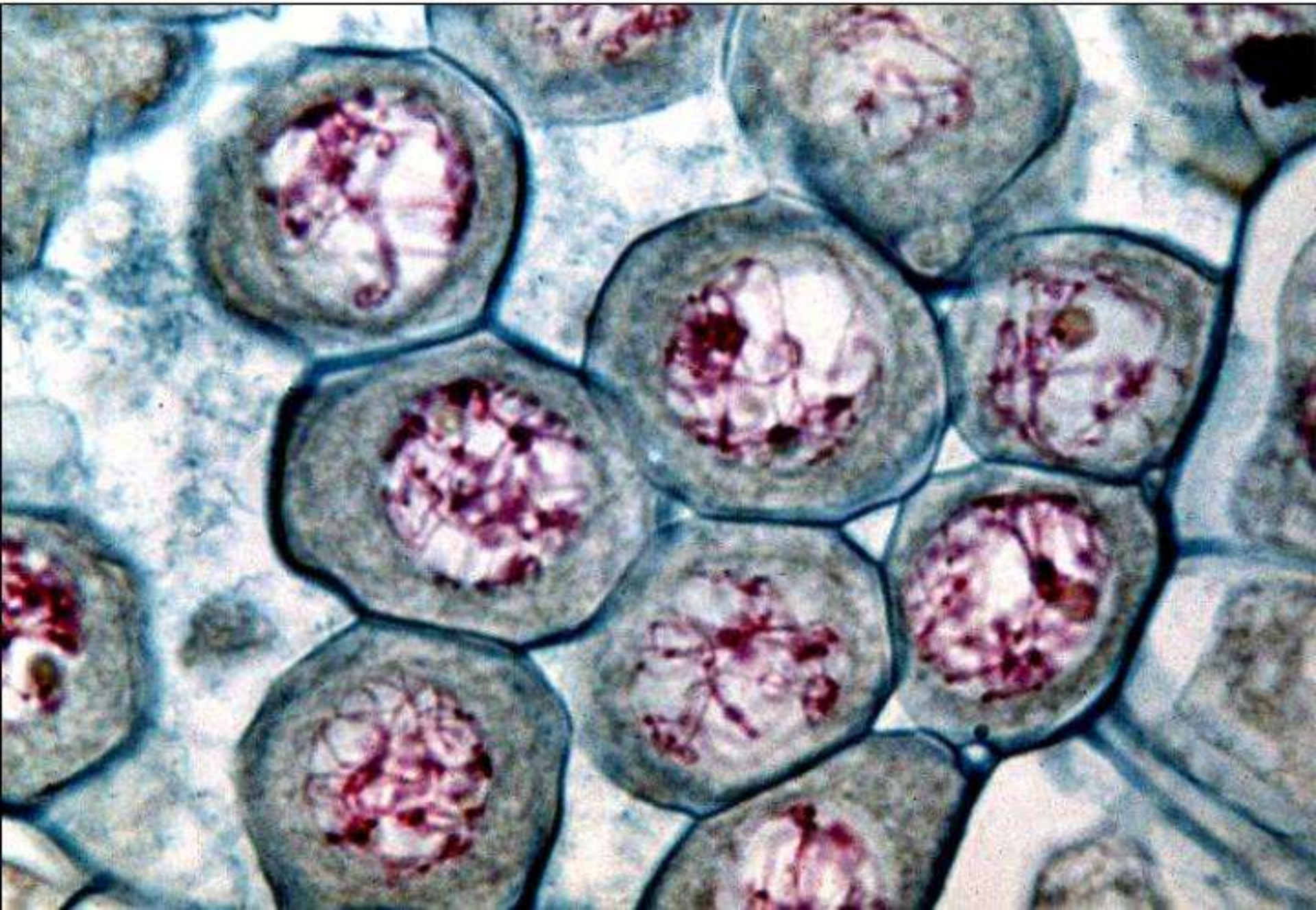
La meiosis en las anteras del lirio



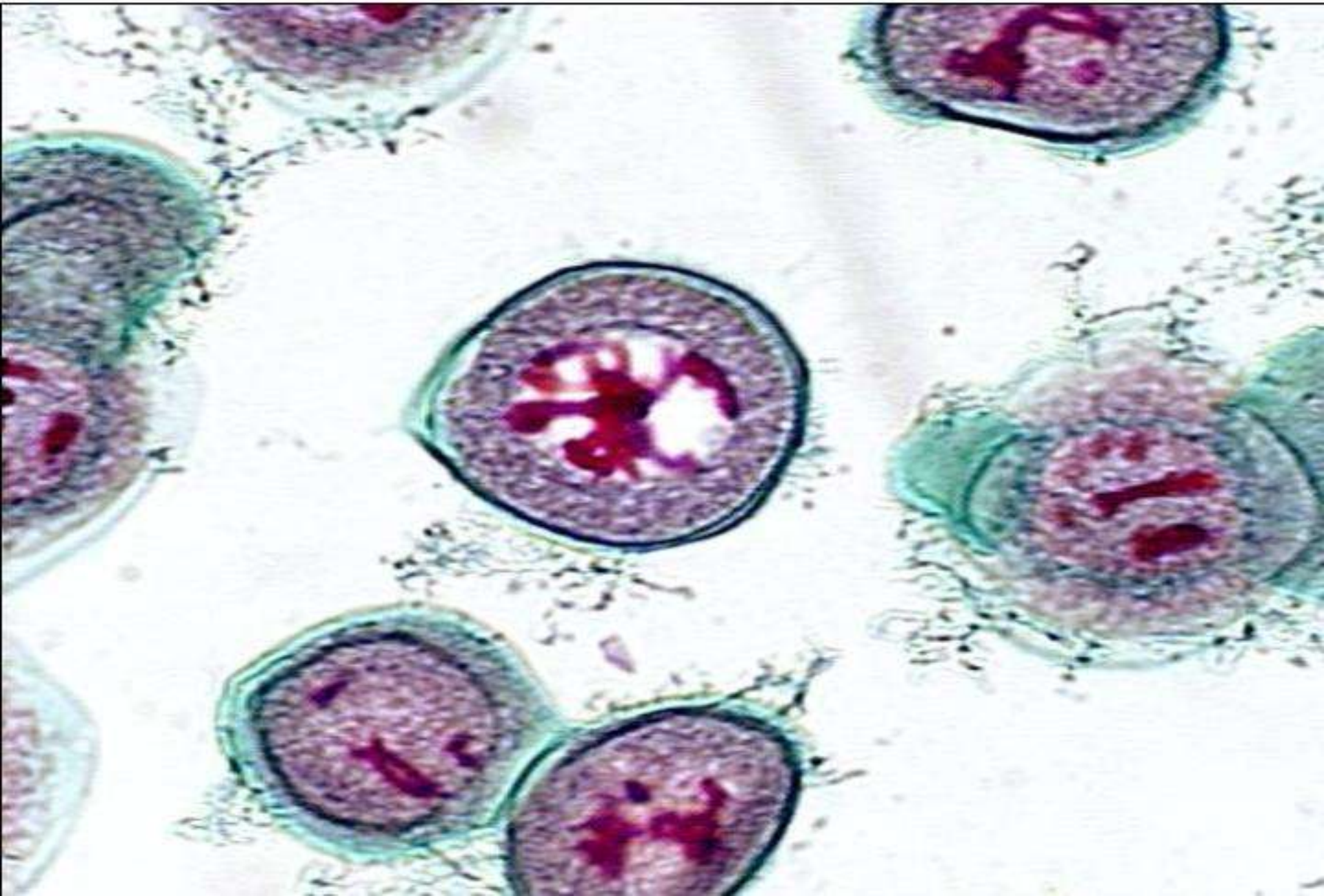
La meiosis en las anteras del lirio



La meiosis en las anteras del lirio. Profase I.

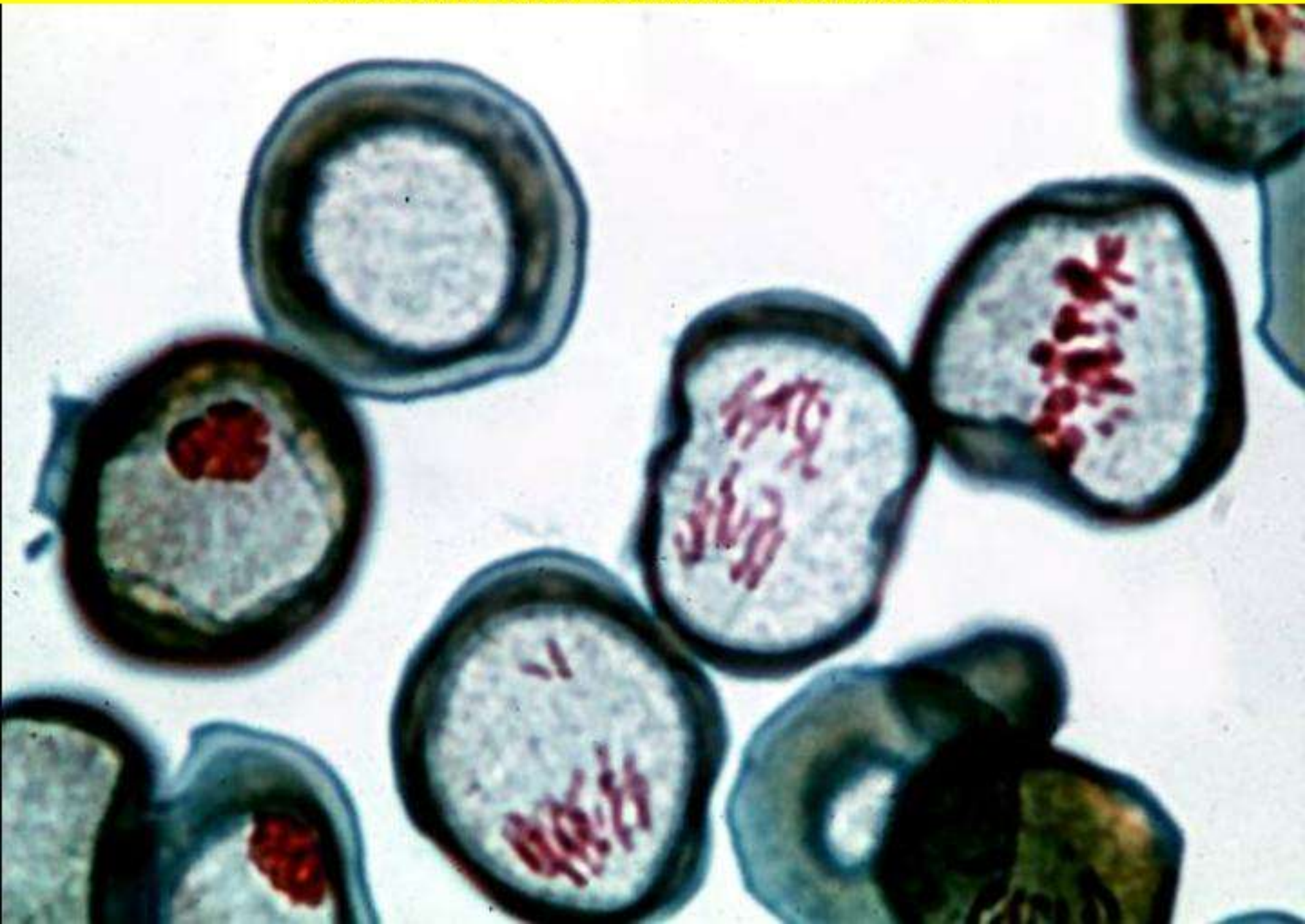


La meiosis en las anteras del lirio. Profase I.

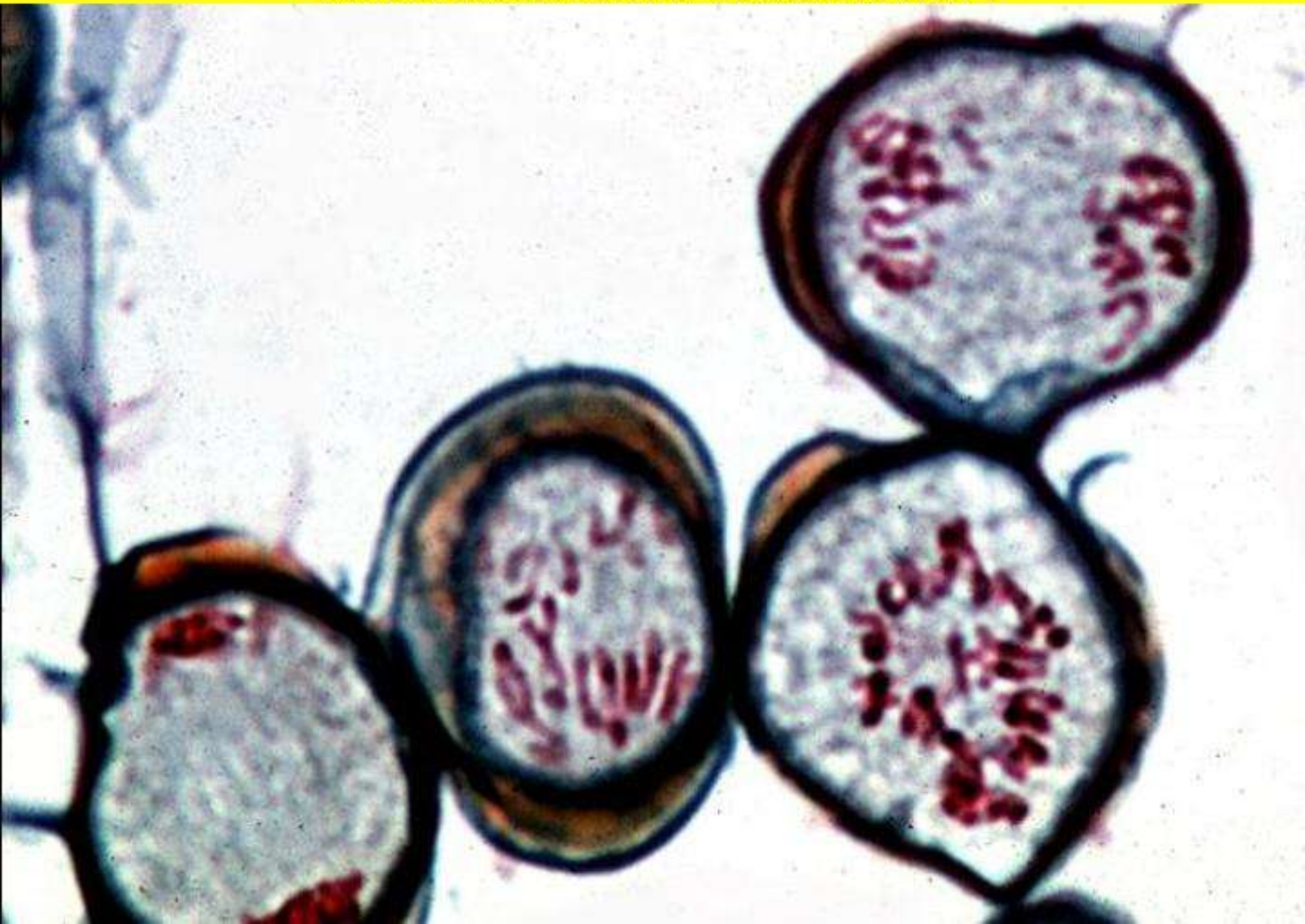


La meiosis en las anteras del lirio. Metafase I

La meiosis en las anteras del lirio. Anafase I

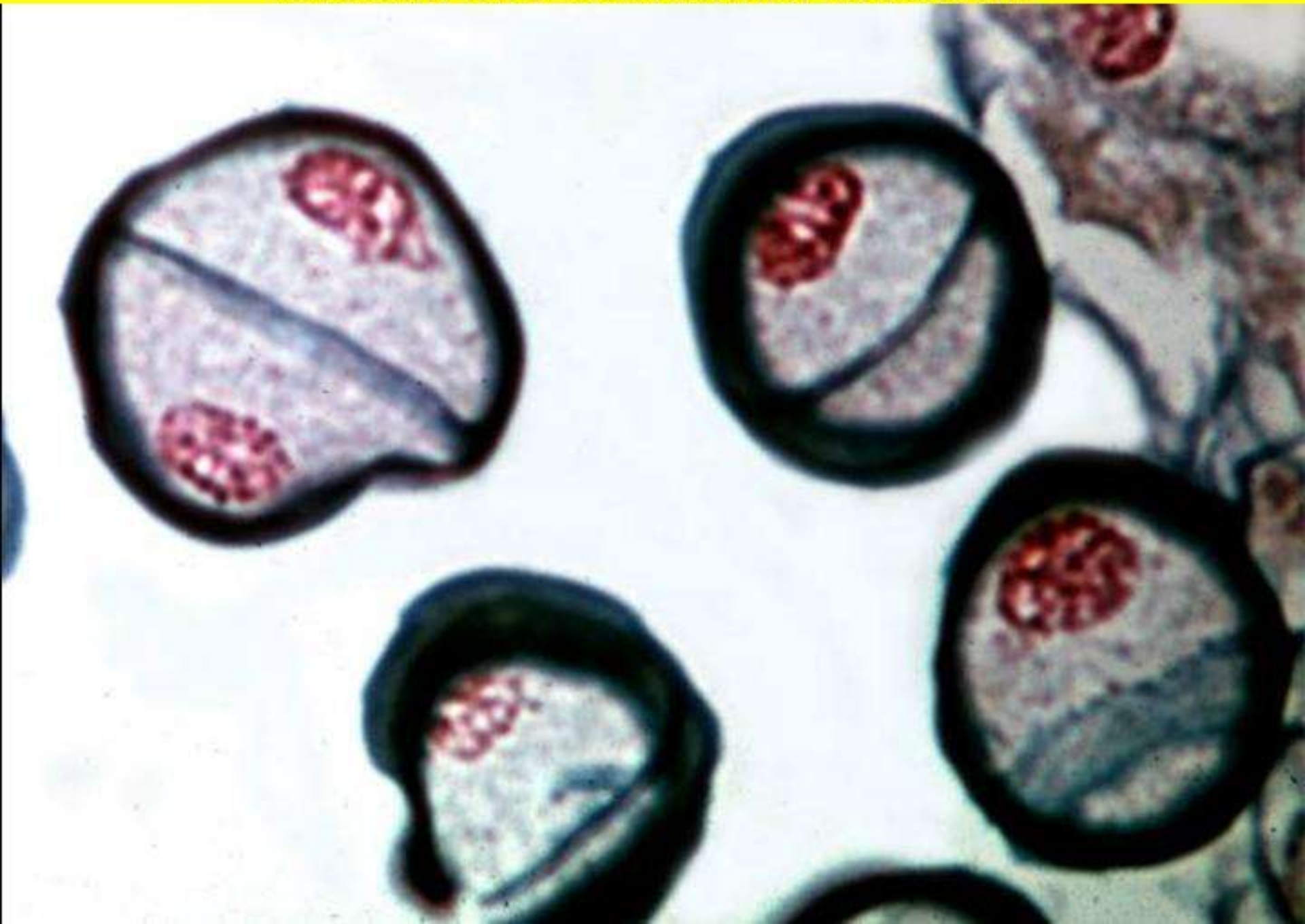


La meiosis en las anteras del lirio. Telofase I.



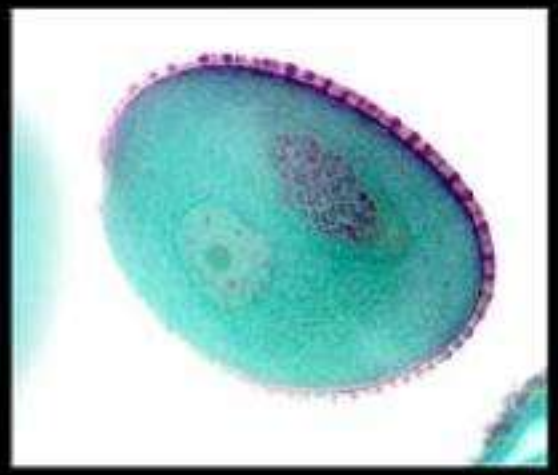
La meiosis en las anteras del lirio. Telofase I.

La meiosis en las anteras del lirio. Citocinesis I.



La meiosis en las anteras del lirio

Meiosis II



La meiosis en las anteras del lirio. Profase II.

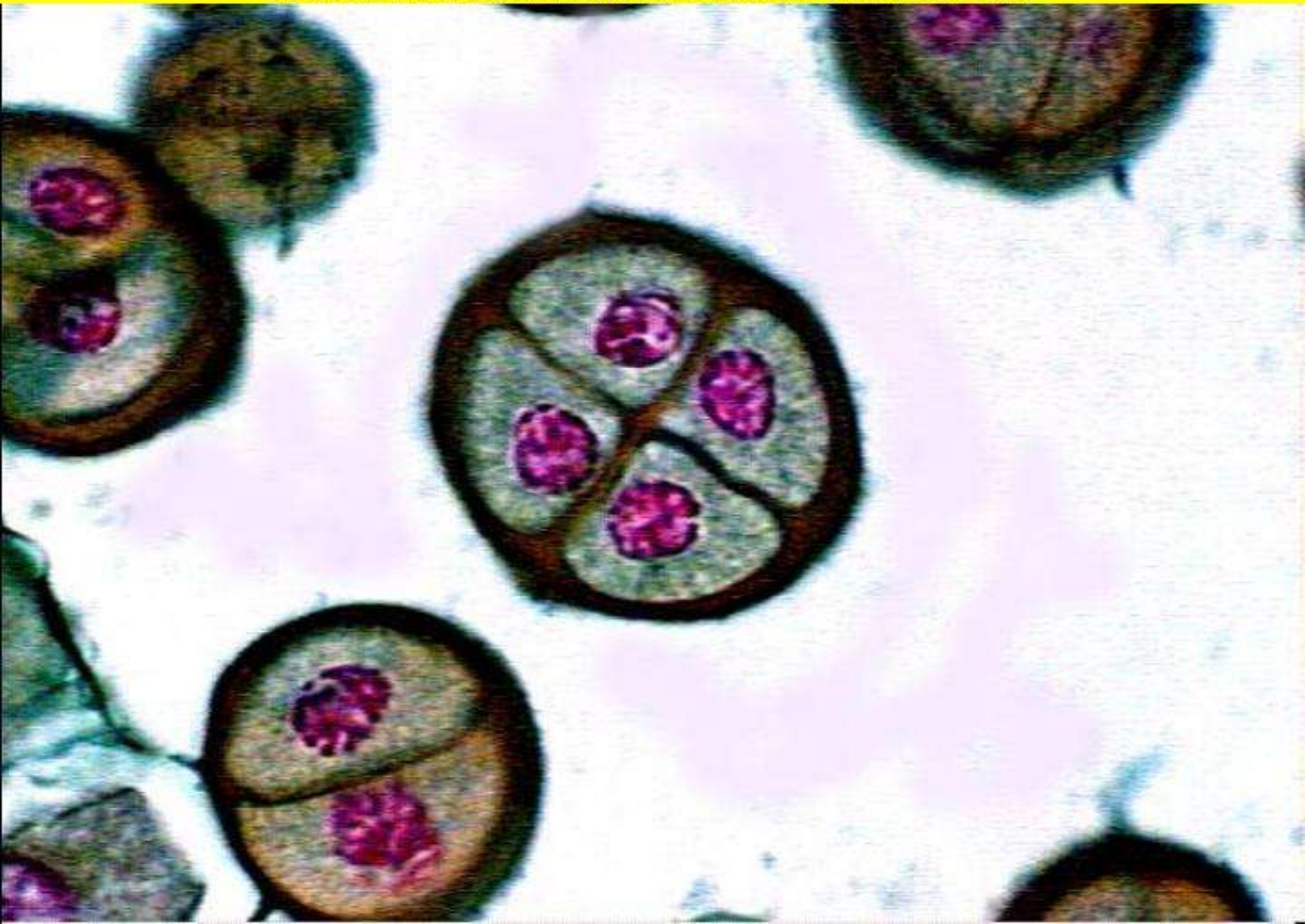
La meiosis en las anteras del lirio. Metafase II.

La meiosis en las anteras del lirio. Metafase II.

La meiosis en las anteras del lirio. Anafase II.

La meiosis en las anteras del lirio. Telofase II.

La meiosis en las anteras del lirio. Citocinesis II.



Es el final