

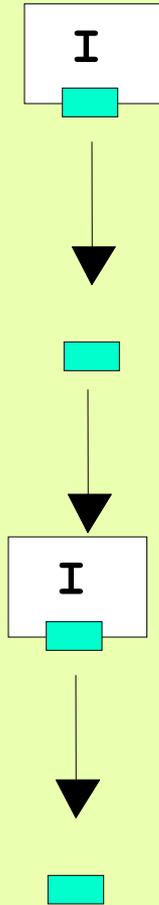
# **C3 INFORMACIÓN CELULAR**

## ***8) meiosis***

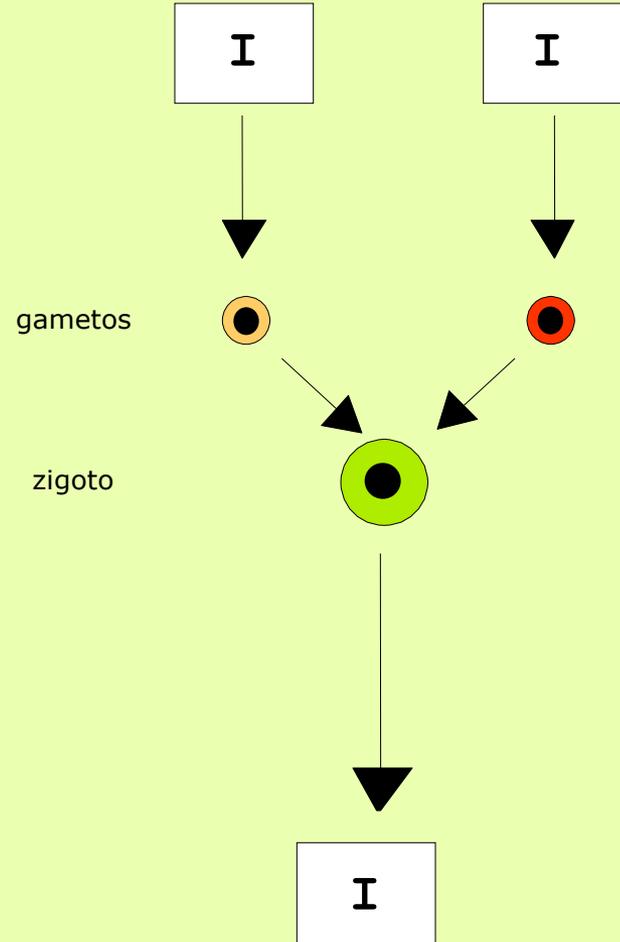
© J. L. Sánchez Guillén

IES Pando - Oviedo – Departamento de Biología y Geología

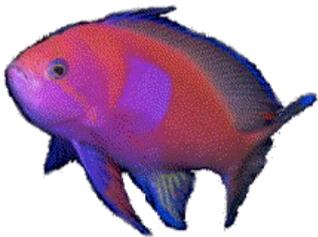
# Modalidades de reproducción



Reproducción asexual

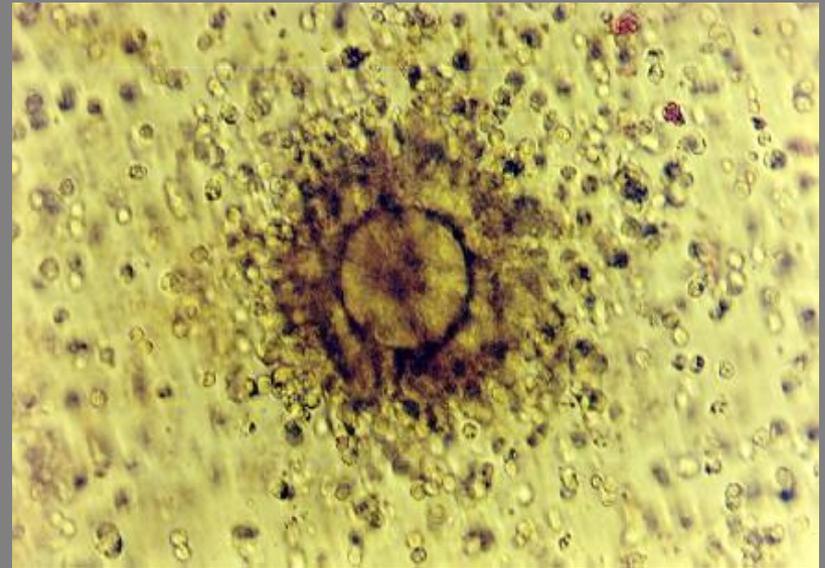


Reproducción sexual

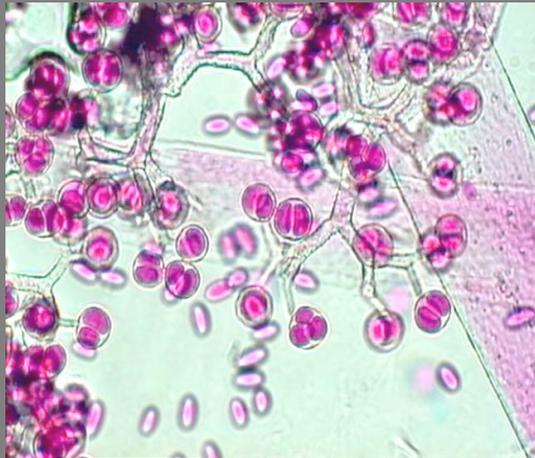




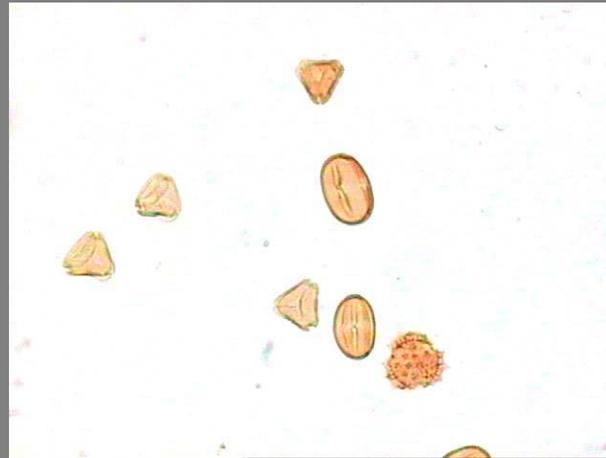
Espermatozoides



óvulo



Esporas de moho

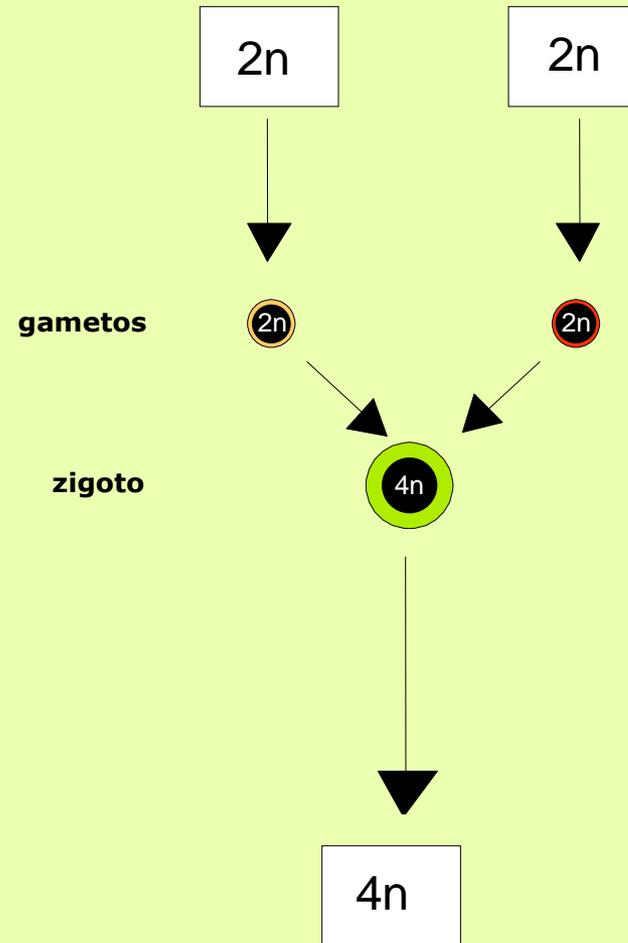


Granos de polen



Célula del saco embrionario

## El porqué de la meiosis

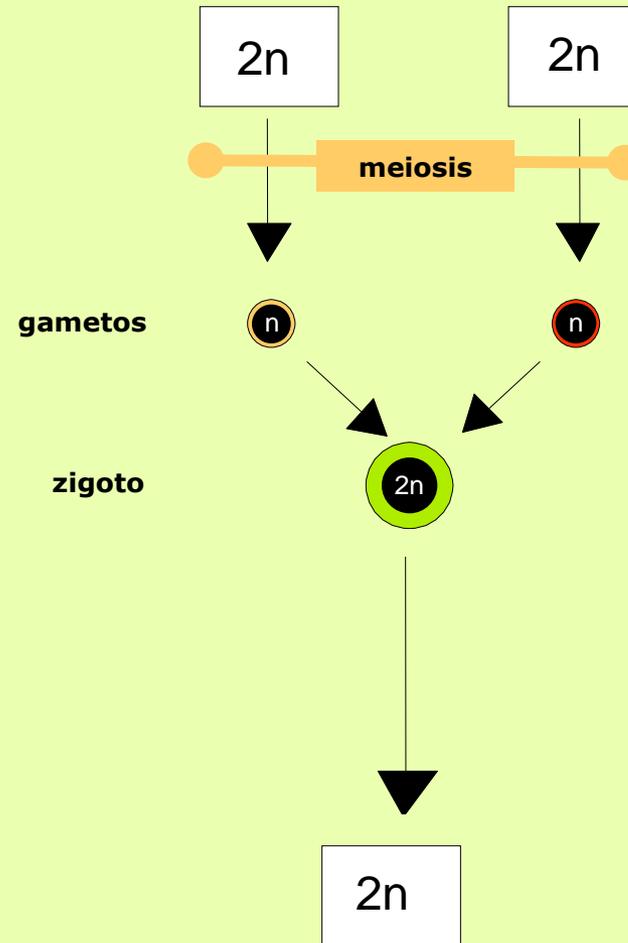


**Reproducción sexual**

## El porqué de la meiosis

Por lo tanto, la meiosis contribuye a mantener **constante** el número de cromosomas.

No obstante esta no es su única función, la meiosis, como veremos más adelante, tiene además importantes consecuencias **genéticas** y **evolutivas**.



**Reproducción sexual**

# La meiosis

# LA MEIOSIS

## CONCEPTO

**La meiosis** es un mecanismo de división celular que permite la obtención a partir de células diploides ( $2n$ ) de células haploides ( $n$ ) con diferentes combinaciones de genes.

## OBJETIVOS DE LA MEIOSIS

La meiosis no es un tipo de división celular diferente de la mitosis o una alternativa a ésta. La meiosis tiene objetivos diferentes. Uno de estos objetivos es la **reducción del número de cromosomas**. Otro de sus objetivos es el de establecer **reestructuraciones en los cromosomas** homólogos mediante intercambios de material genético. Por lo tanto, la meiosis no es una simple división celular. La meiosis está directamente relacionada con la sexualidad y tiene, como veremos más adelante, un profundo sentido para la **supervivencia y evolución de las especies**.

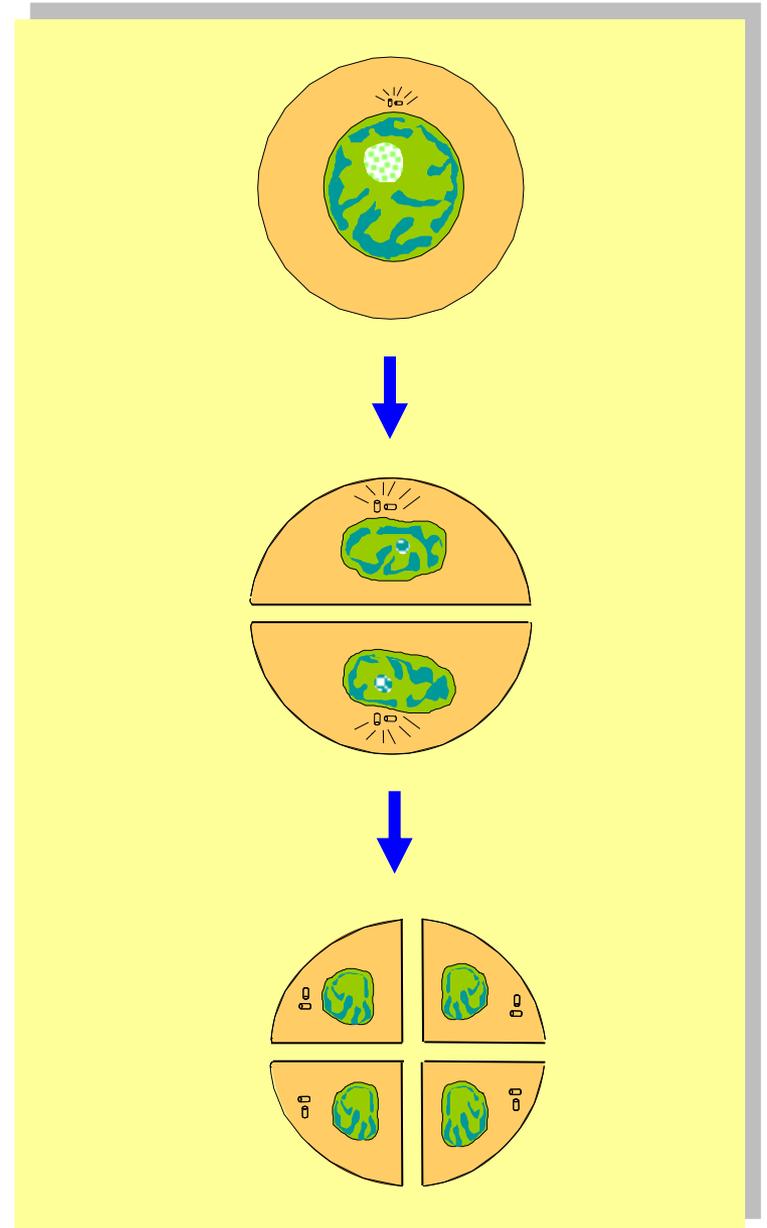
# DIVISIONES DE LA MEIOSIS

- **División I o Mitosis reduccional**

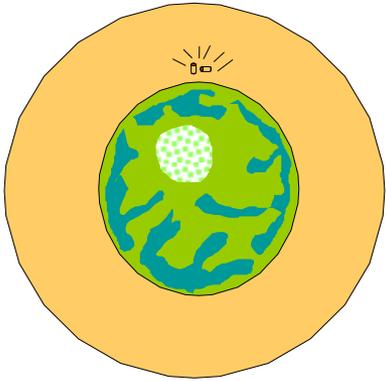
- Profase I
  - Leptoteno
  - Zigoteno
  - Paquiteno
  - Diploteno
  - Diacinesis
- Metafase I
- Anafase I
- Telofase I

- **División II o Mitosis ecuacional**

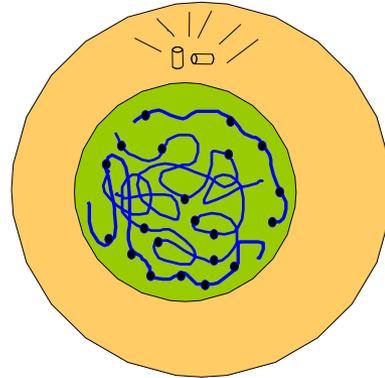
- Profase II
- Metafase II
- Anafase II
- Telofase II



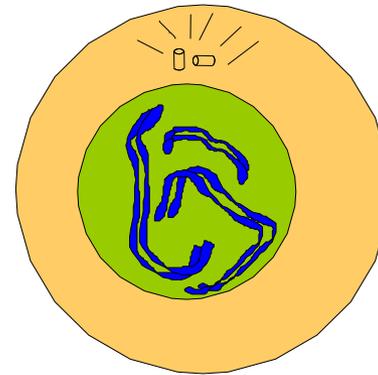
# División I de la meiosis



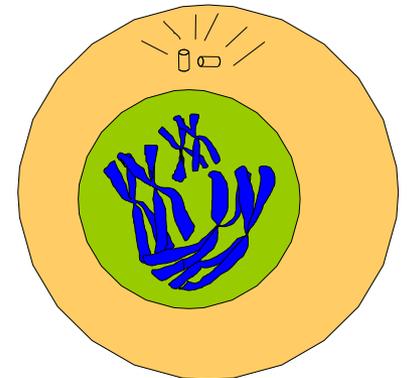
**Interfase I**



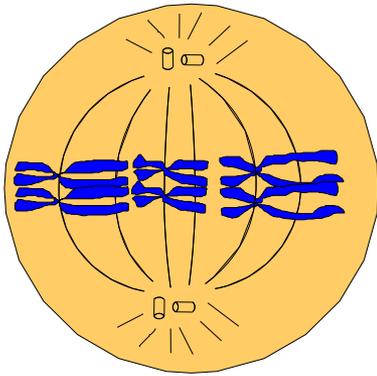
**Leptoteno**



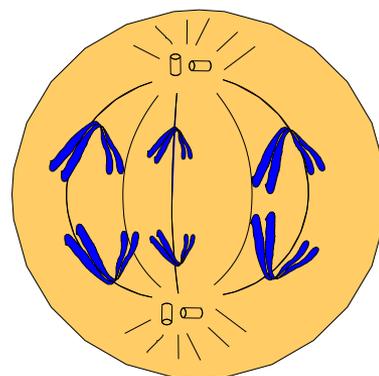
**Zigoteno**



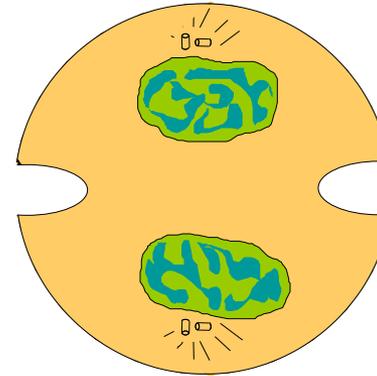
**Diploteno**



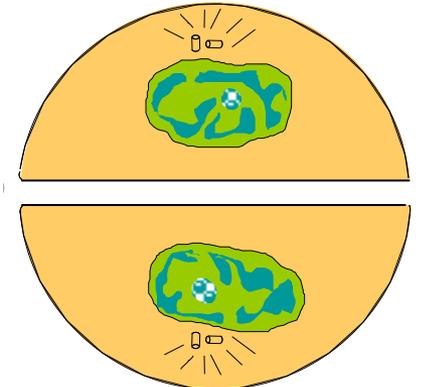
**Metafase I**



**Anafase I**

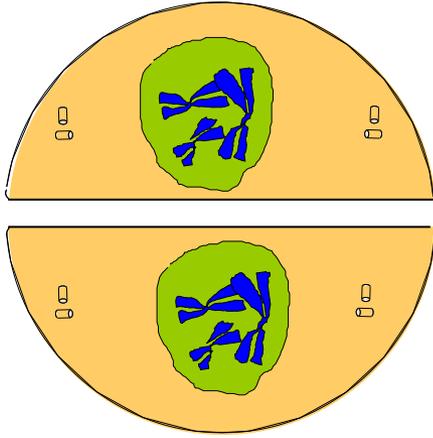


**Telofase I**

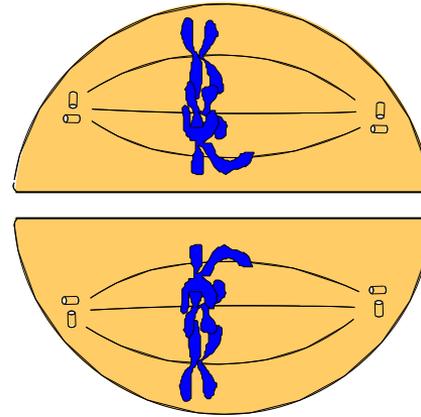


**Interfase II**

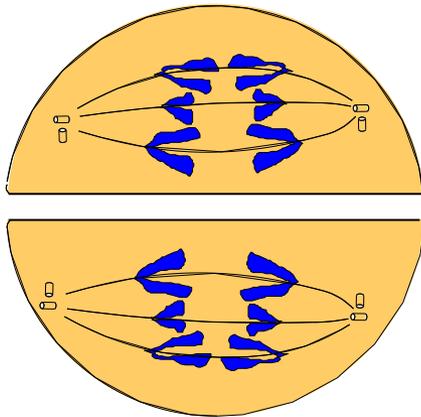
# División II de la meiosis



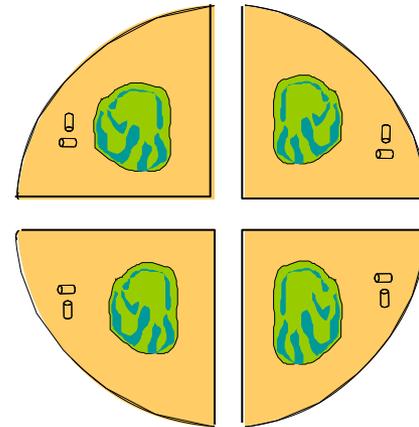
**Profase II**



**Metafase II**



**Anafase II**



**Telofase II**

# 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.

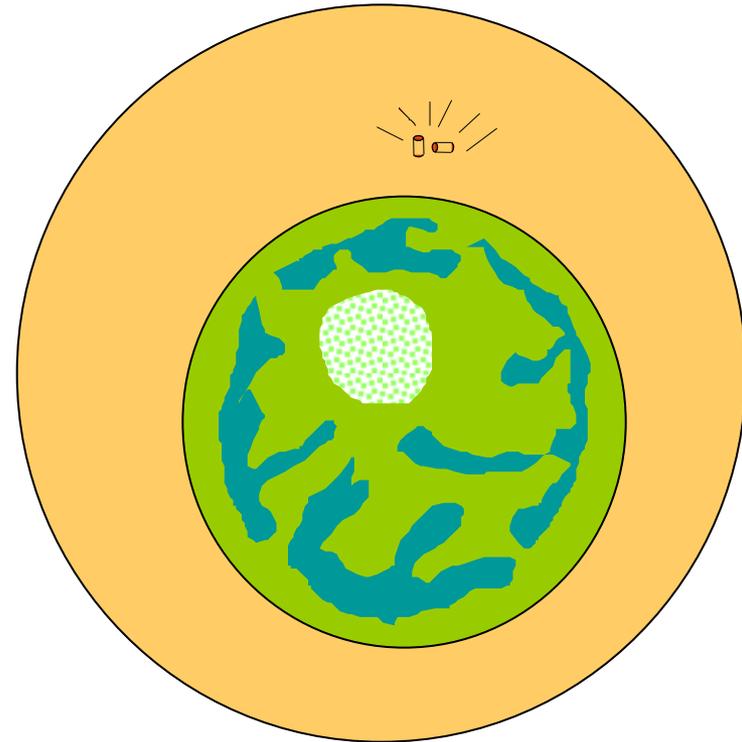
## DIVISIÓN I

### 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

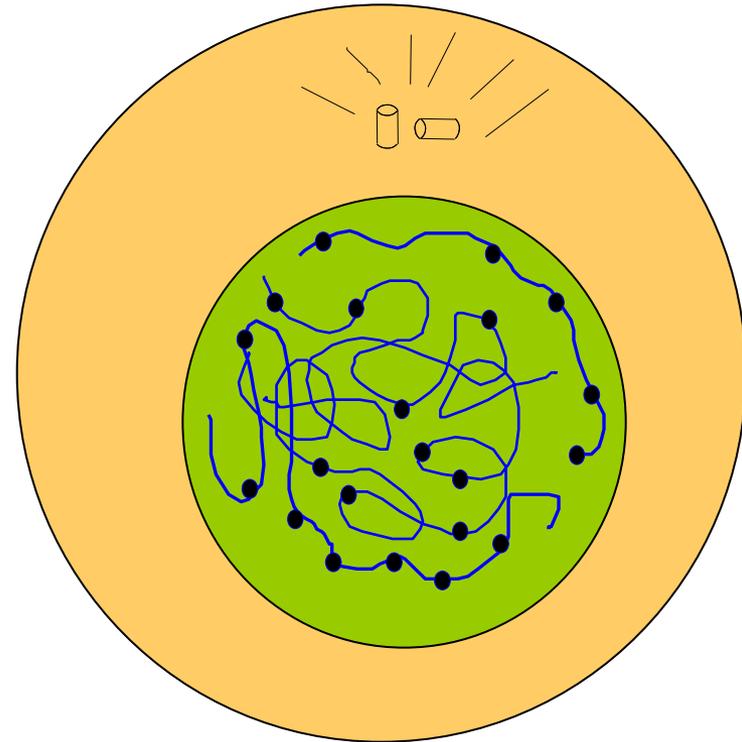
# Meiosis - División I

## 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

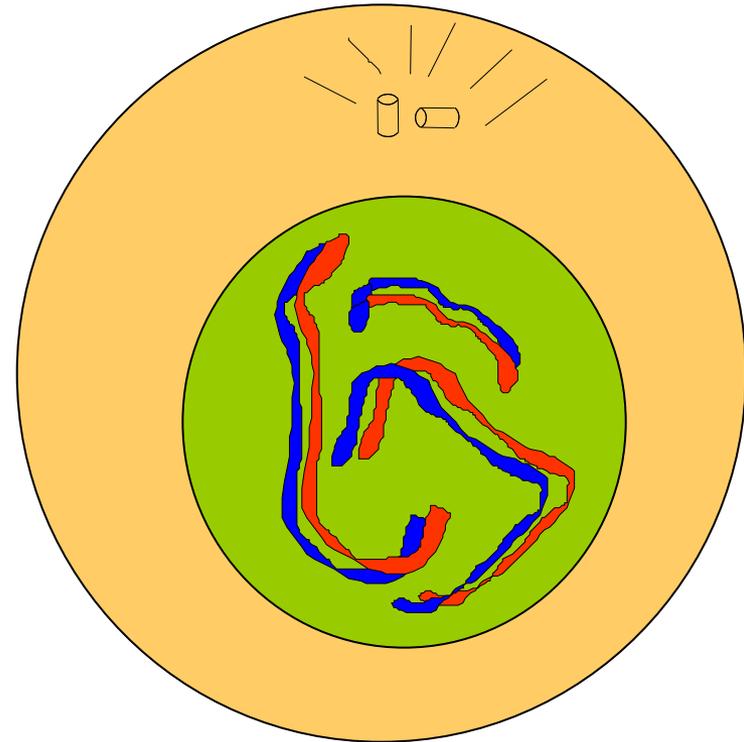
# Meiosis - División I

## 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.



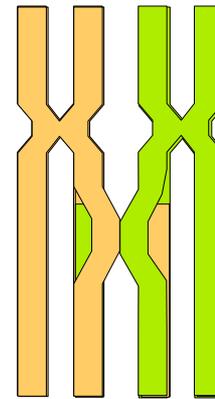
Zigoteno

## 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**

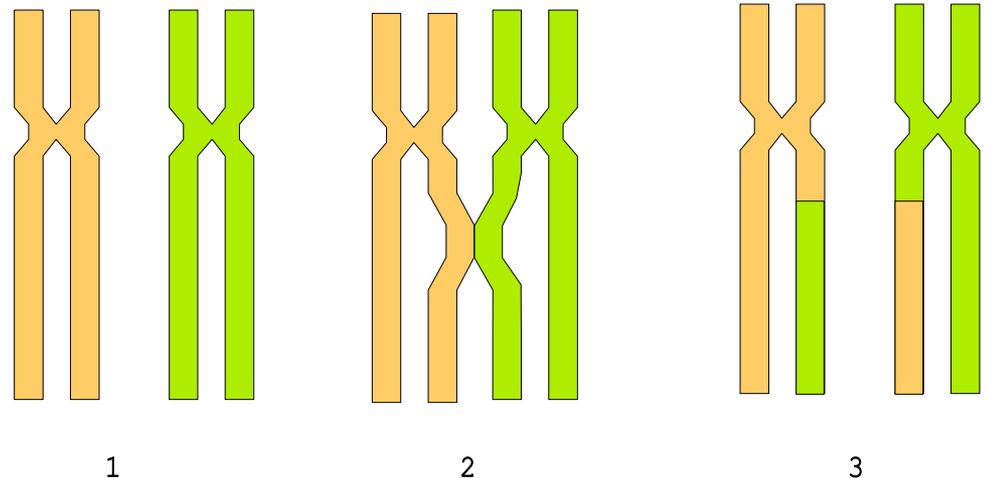
# Meiosis - División I

## 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.



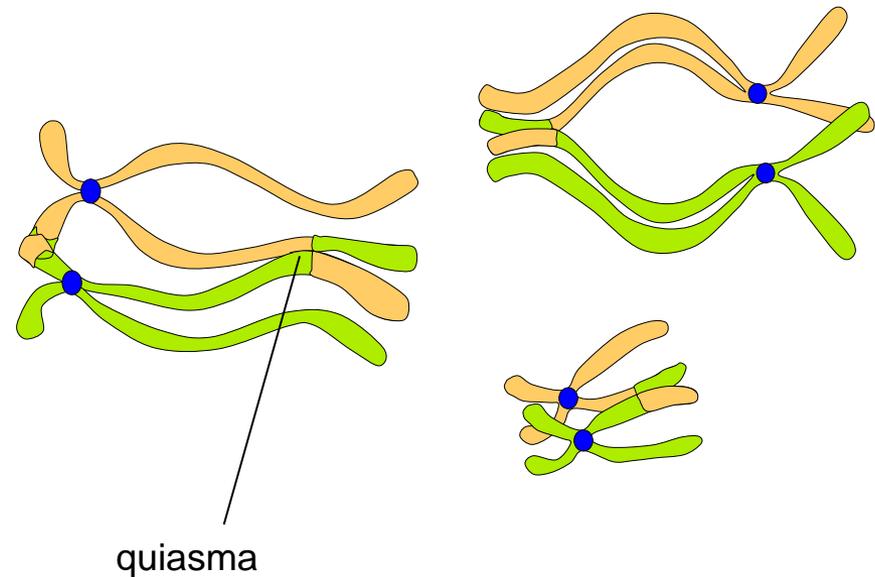
**Paquiteno**

## 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

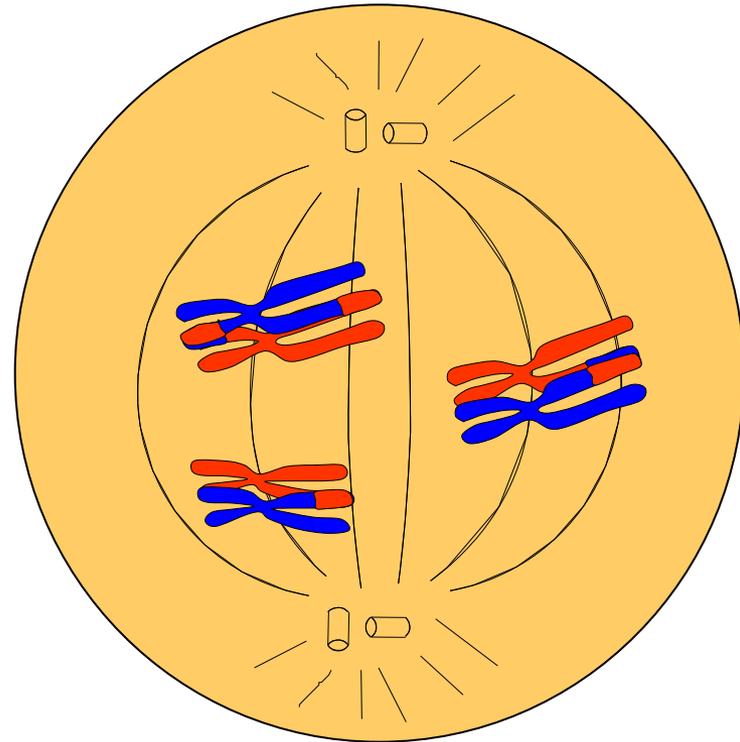
## MECANISMO DE LA MEIOSIS

### 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**

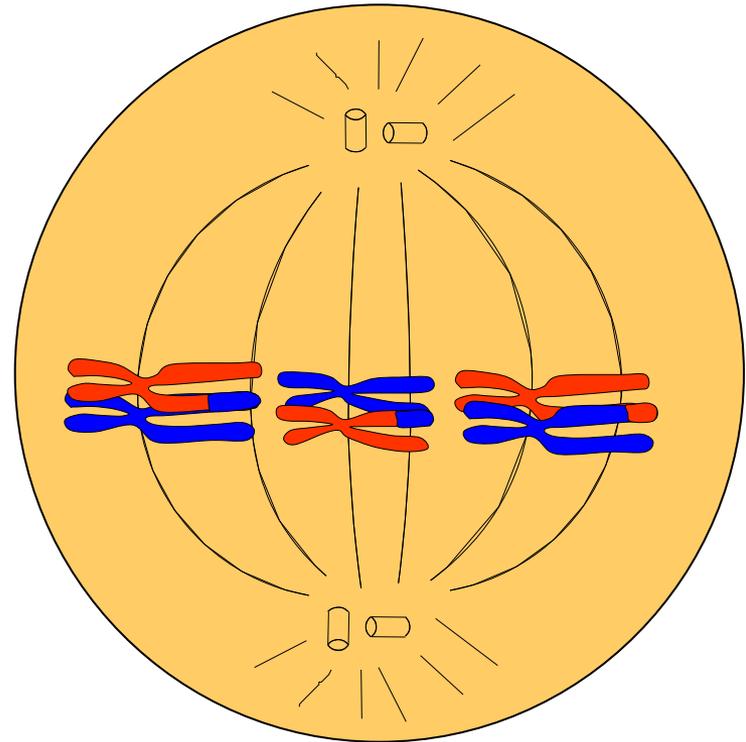
# Meiosis - División I

## 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.



**Metafase I**

# Meiosis - División I

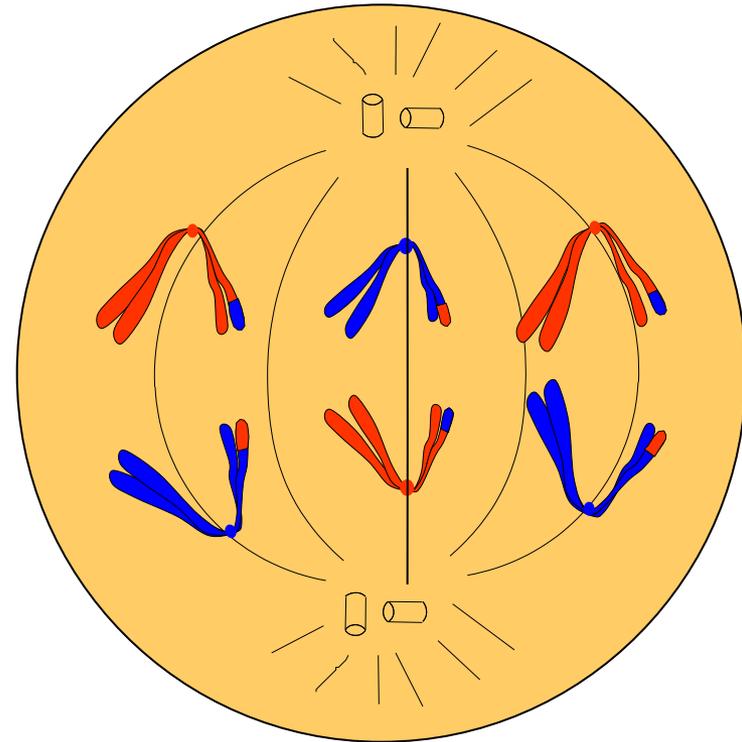
## MECANISMO DE LA MEIOSIS

### 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).



Anafase I

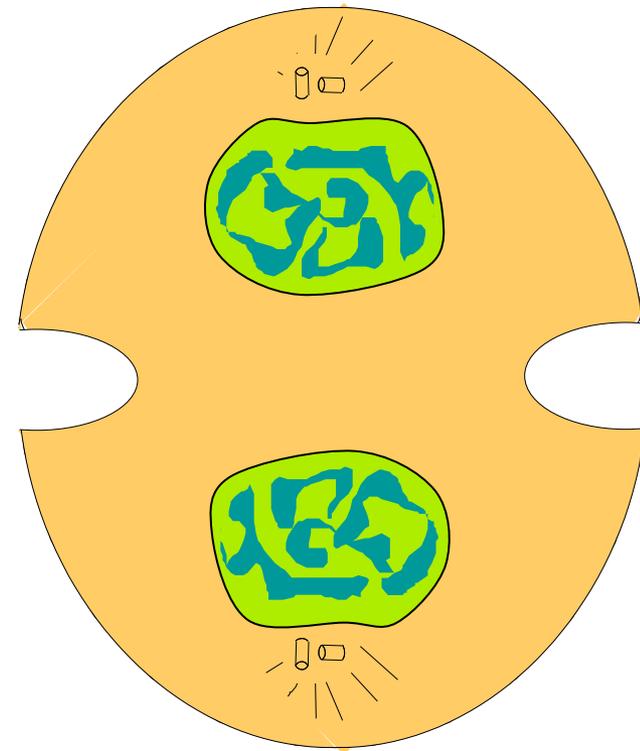
# Meiosis - División I

## 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

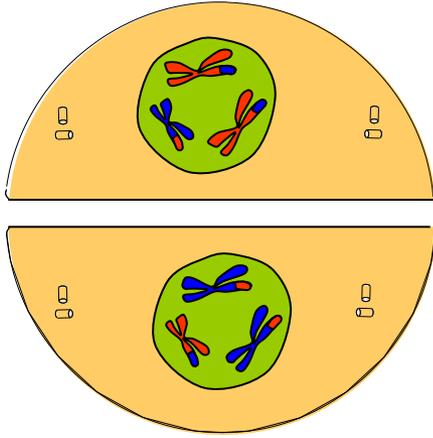
## División II de la meiosis

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.

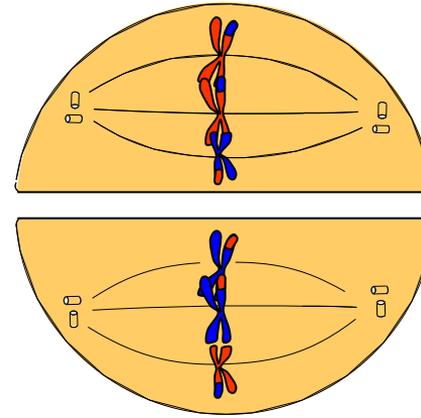
### **DIVISIÓN II**

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.

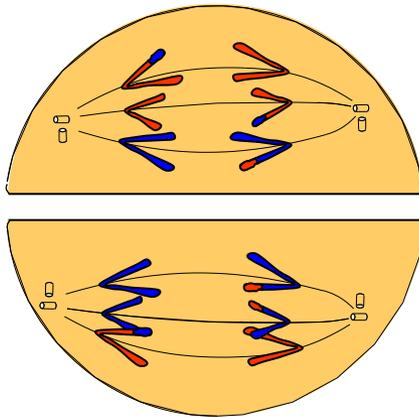
# División II de la meiosis



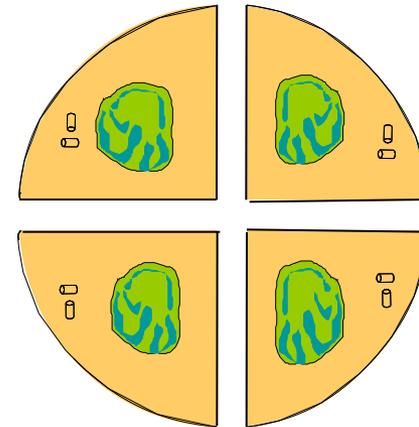
**Profase II**



**Metafase II**



**Anafase I**



**Telofase I**

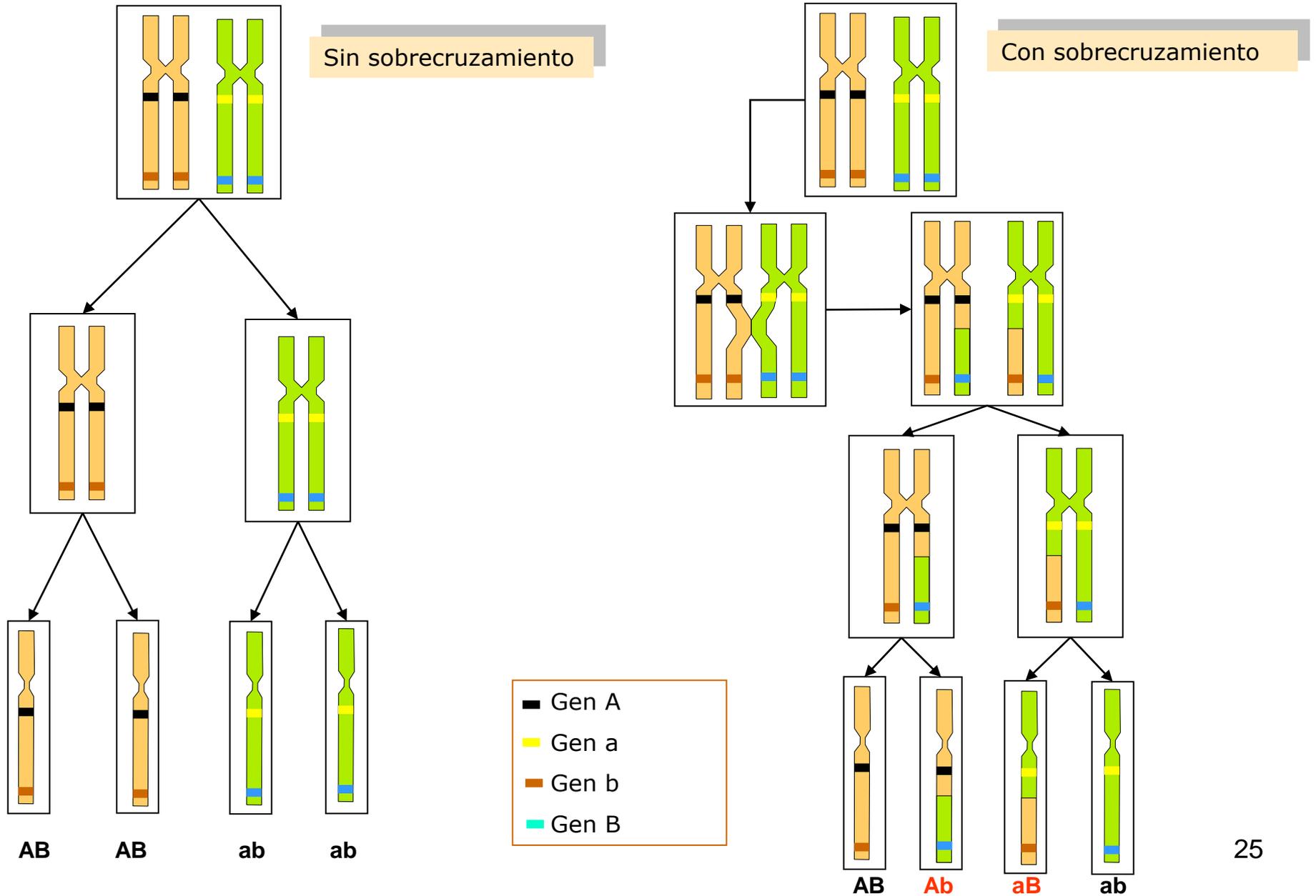
# Significado biológico de la meiosis

**A nivel genético.** El sobrecruzamiento da lugar a nuevas combinaciones de genes en los cromosomas, es responsable de la recombinación genética. Por otra parte, cada una de las cuatro células finales dispone de un conjunto de  $n$  cromátidas que no es idéntico al de las otras. Tanto el sobrecruzamiento como el reparto de las cromátidas dependen del azar y dan lugar a que cada una de las cuatro células resultantes tenga una colección de genes diferentes. Estas colecciones de genes se verán más adelante sometidas a las presiones de la selección natural de tal forma que solamente sobrevivirán las mejores. A nivel genético, la meiosis es una de las fuentes de **variabilidad** de la información.

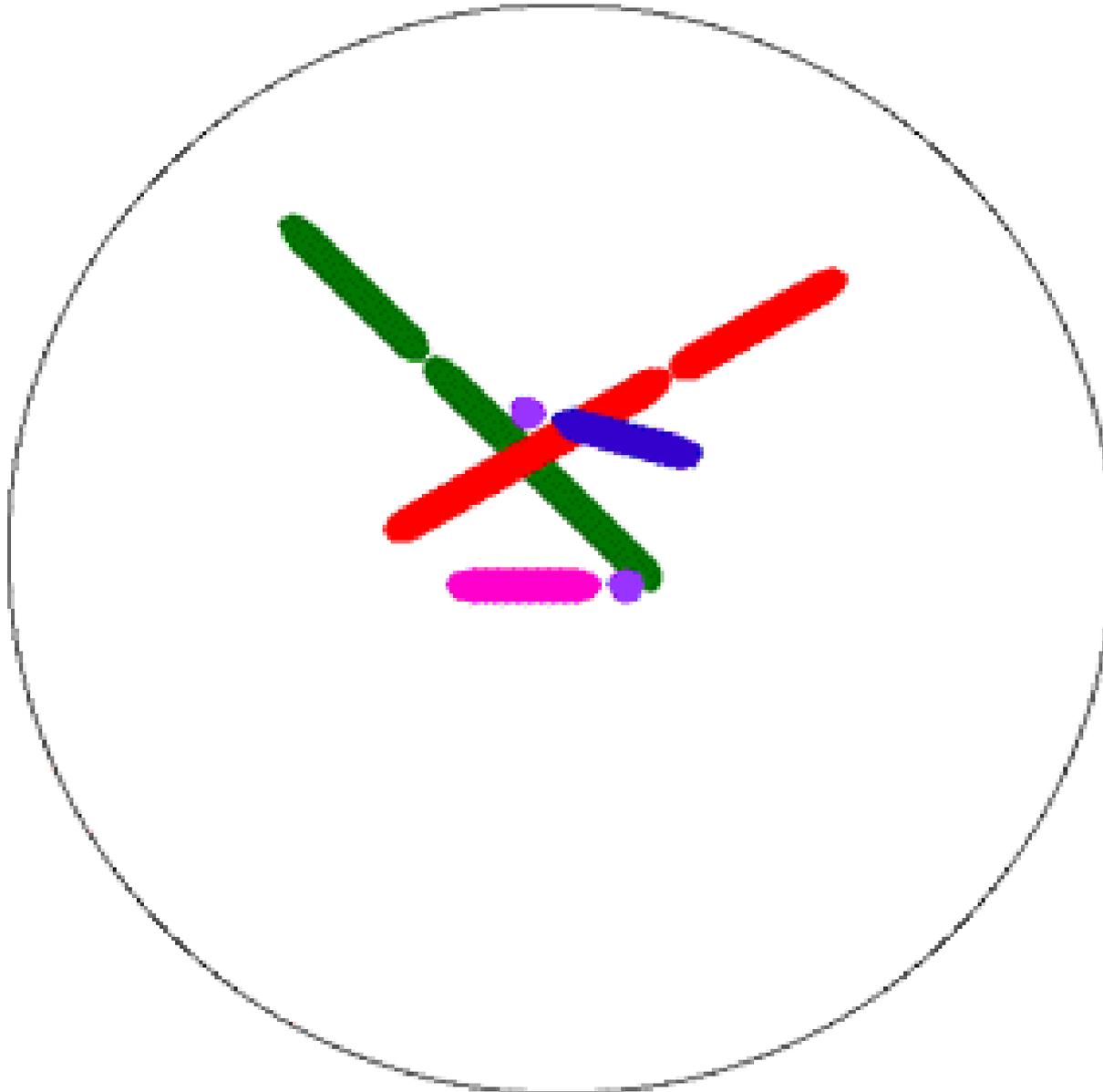
**A nivel celular.** La meiosis da lugar a la **reducción cromosómica**. Las células diploides se convierten en haploides.

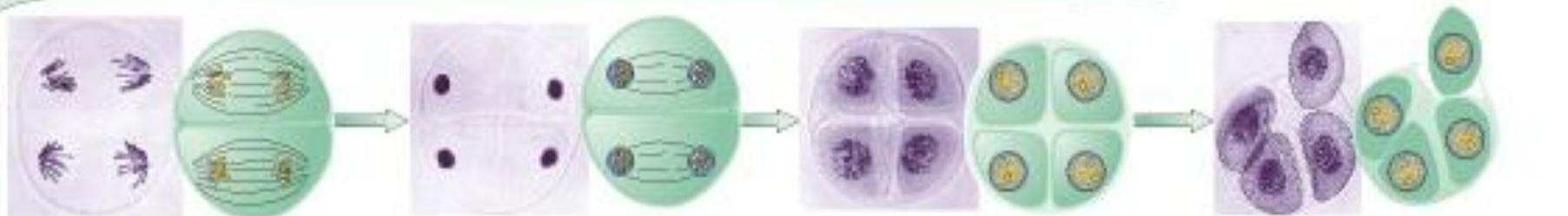
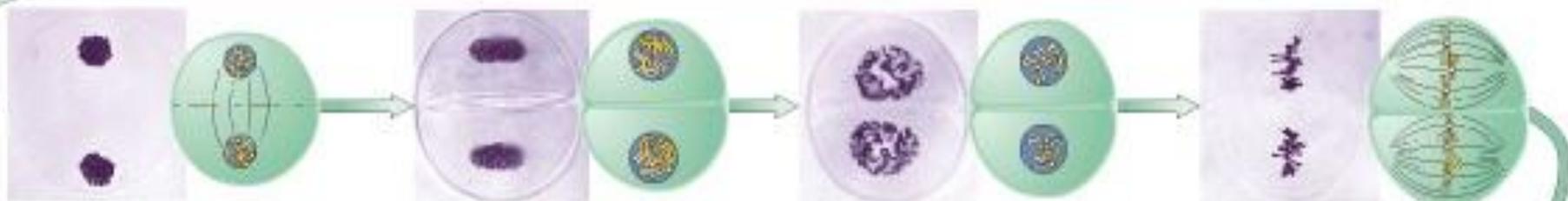
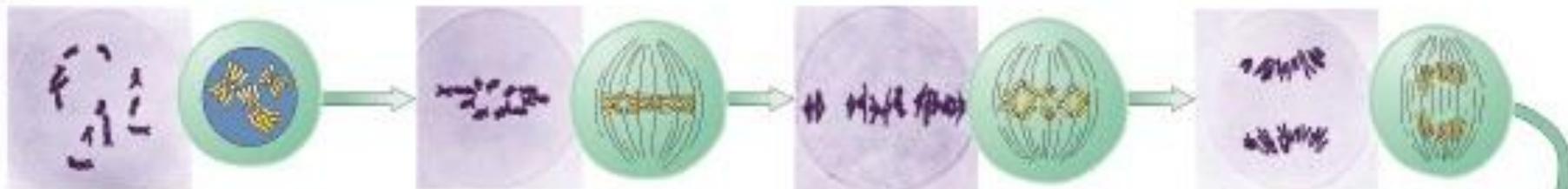
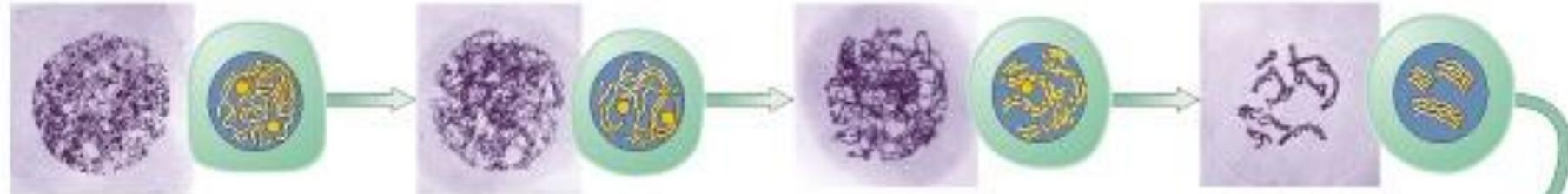
**A nivel orgánico.** Las células haploides resultantes de la meiosis se van a convertir en las células sexuales reproductoras: los **gametos** o en células asexuales reproductoras: las **esporas**. La meiosis es un mecanismo directamente implicado en la formación de gametos y esporas. En muchos organismos los gametos llevan cromosomas sexuales diferentes y son los responsables de la determinación del sexo, en estos casos la meiosis está implicada en los procesos de diferenciación sexual.

# La importancia del sobrecruzamiento

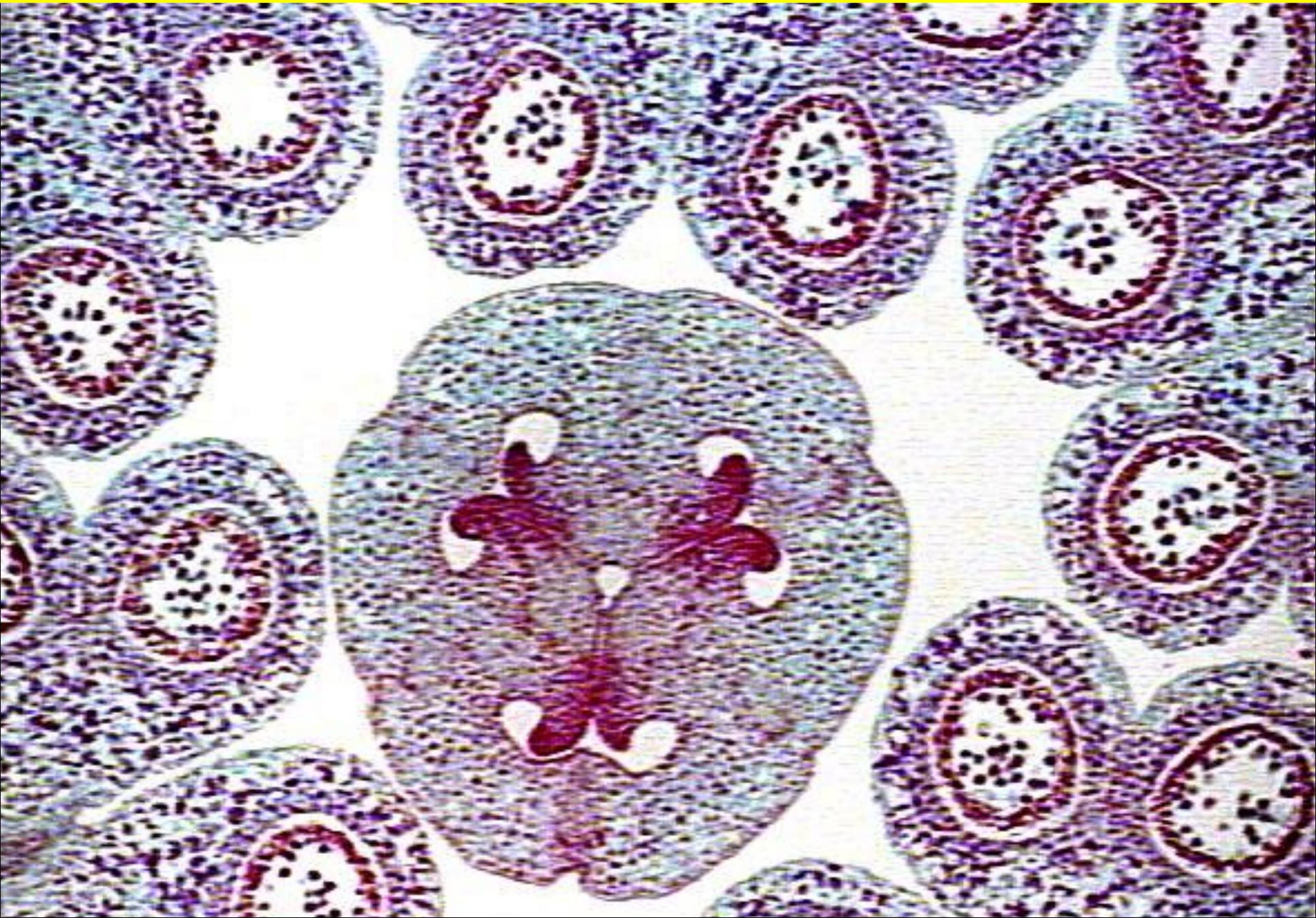


# Gif animado sobre la Meiosis

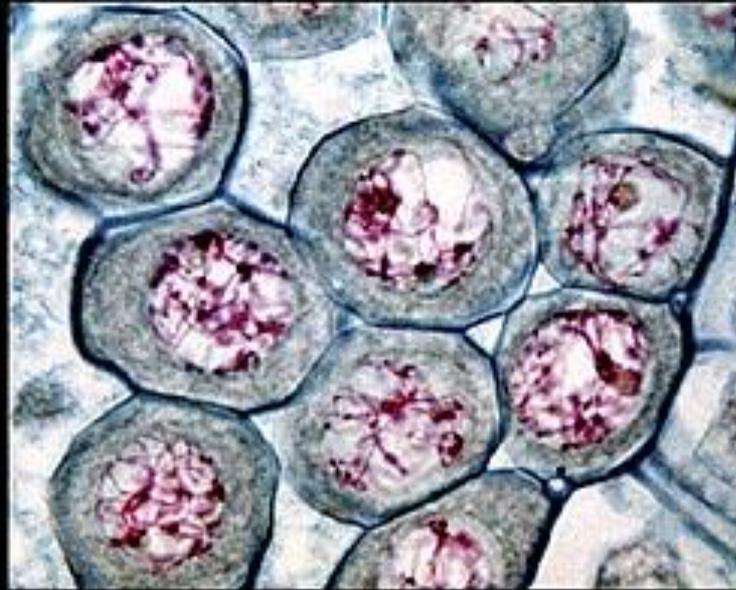
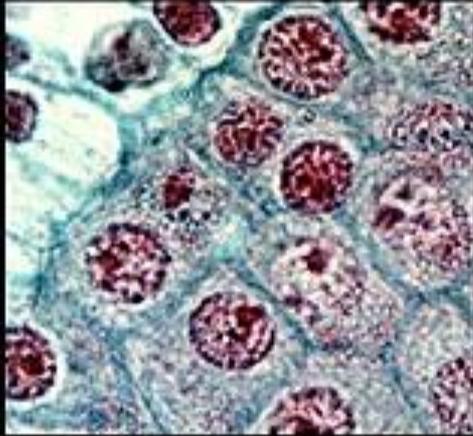




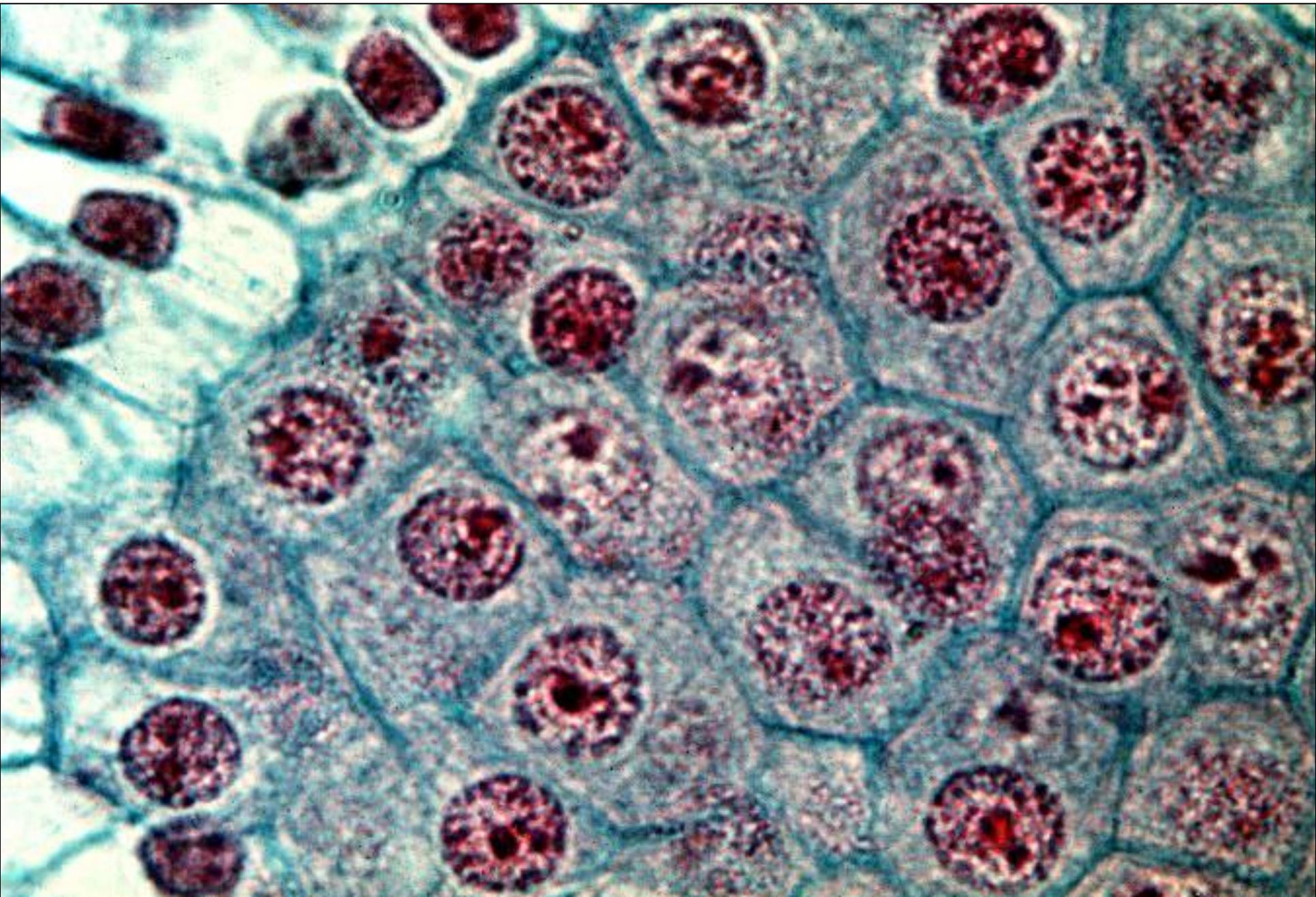
## La meiosis en las anteras del lirio



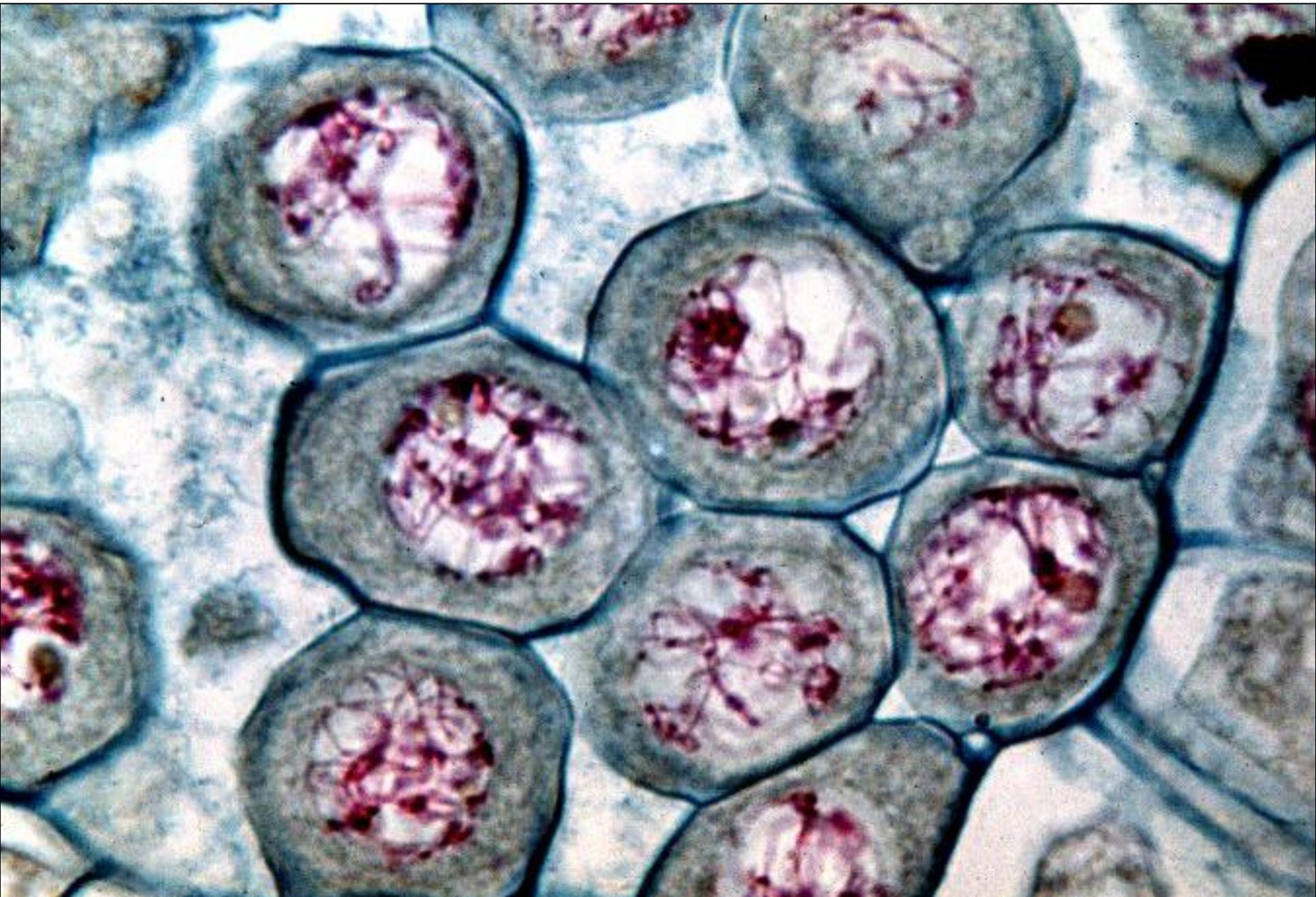
# Meiosis I



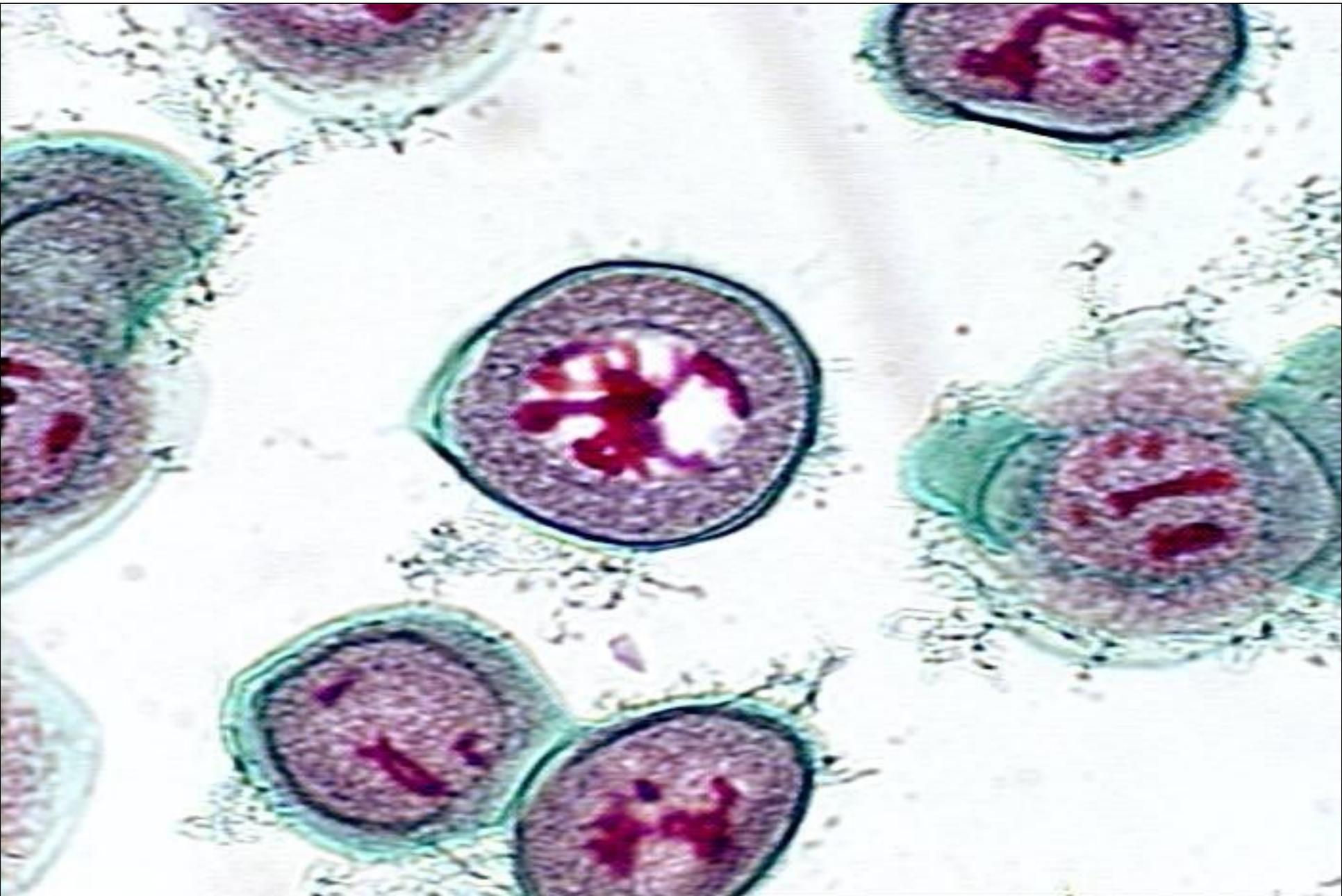
# La meiosis en las anteras del lirio. Profase I



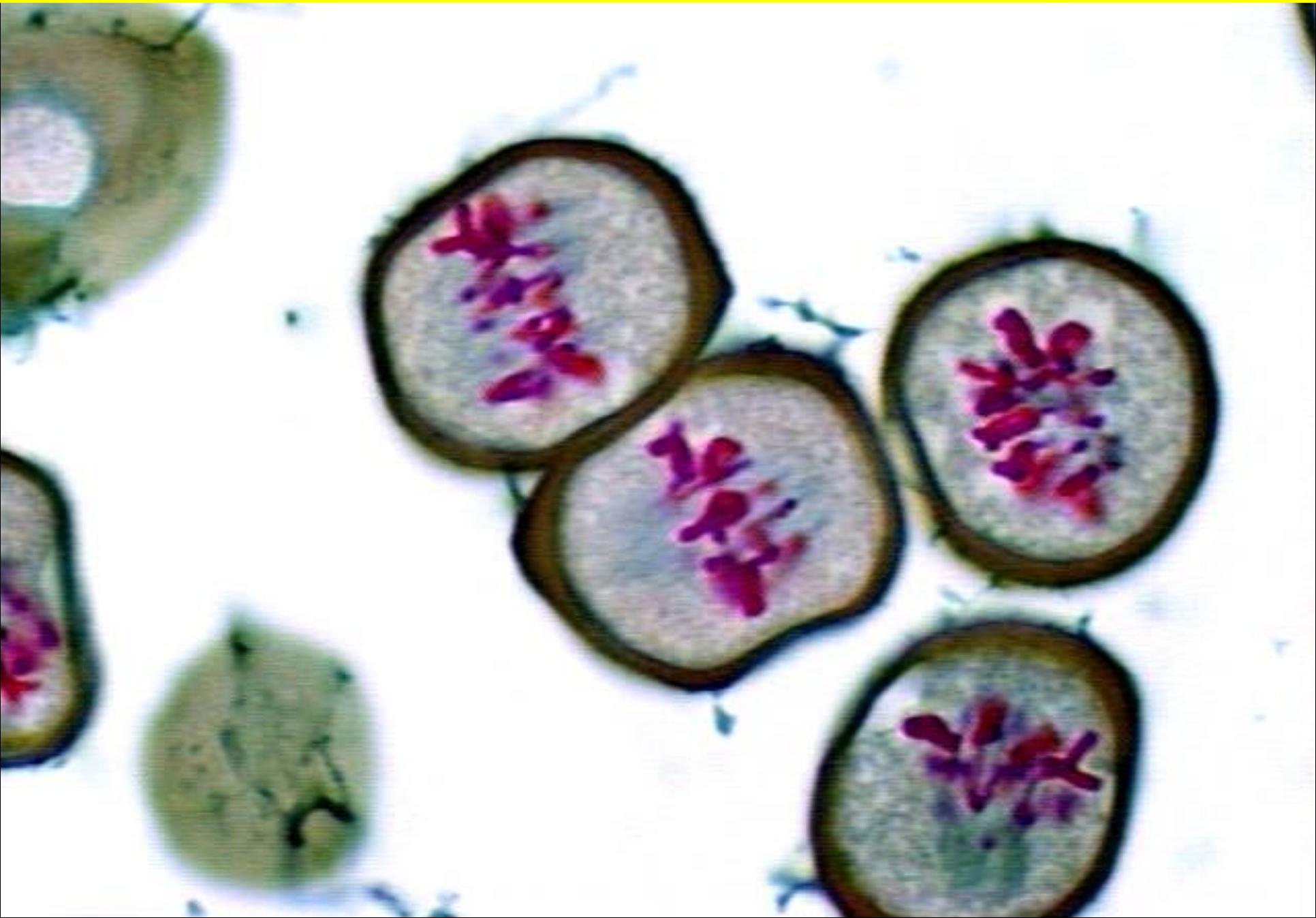
**La meiosis en las anteras del lirio. Profase I.**



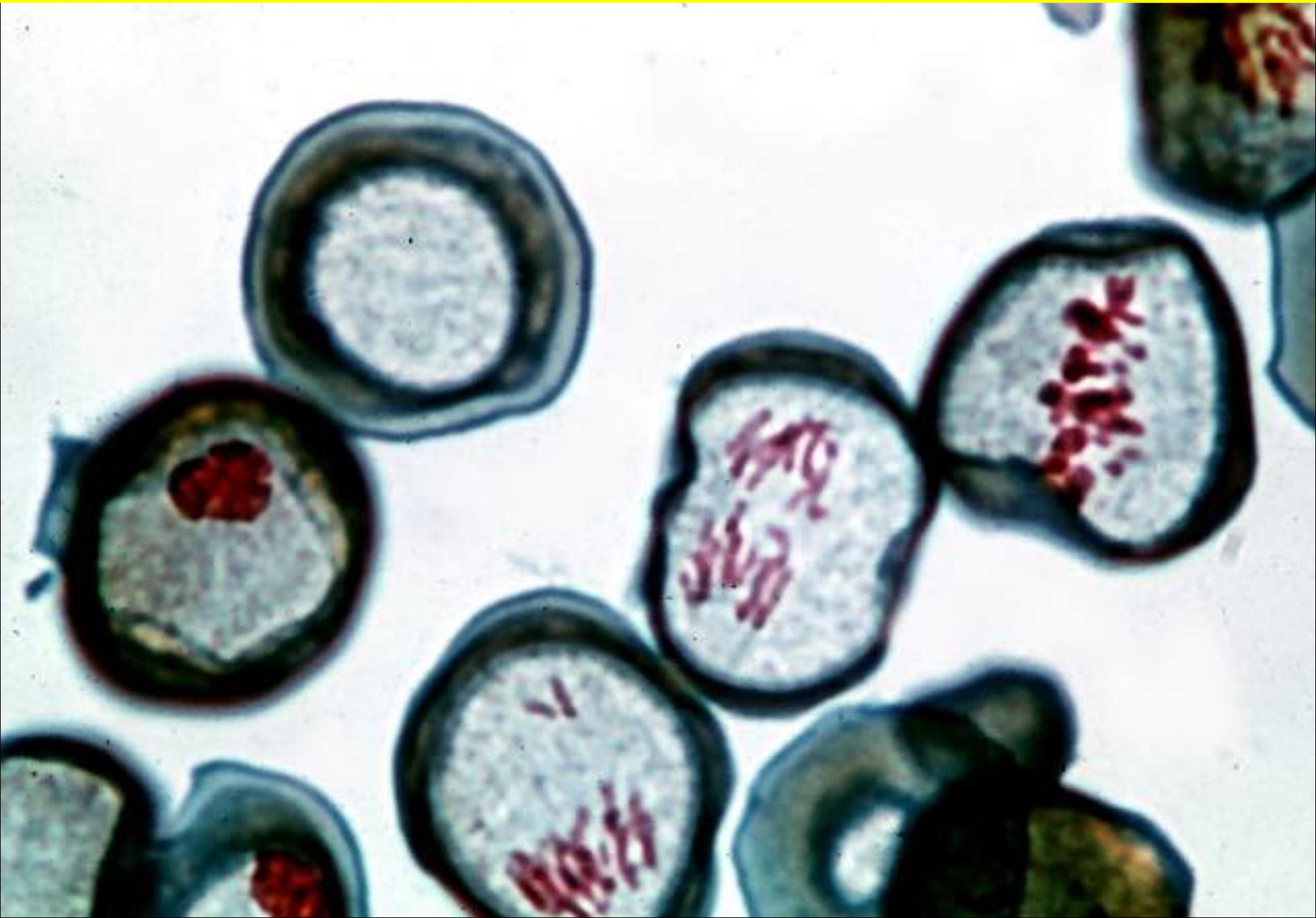
# La meiosis en las anteras del lirio. Profase I.



# La meiosis en las anteras del lirio. Metafase I



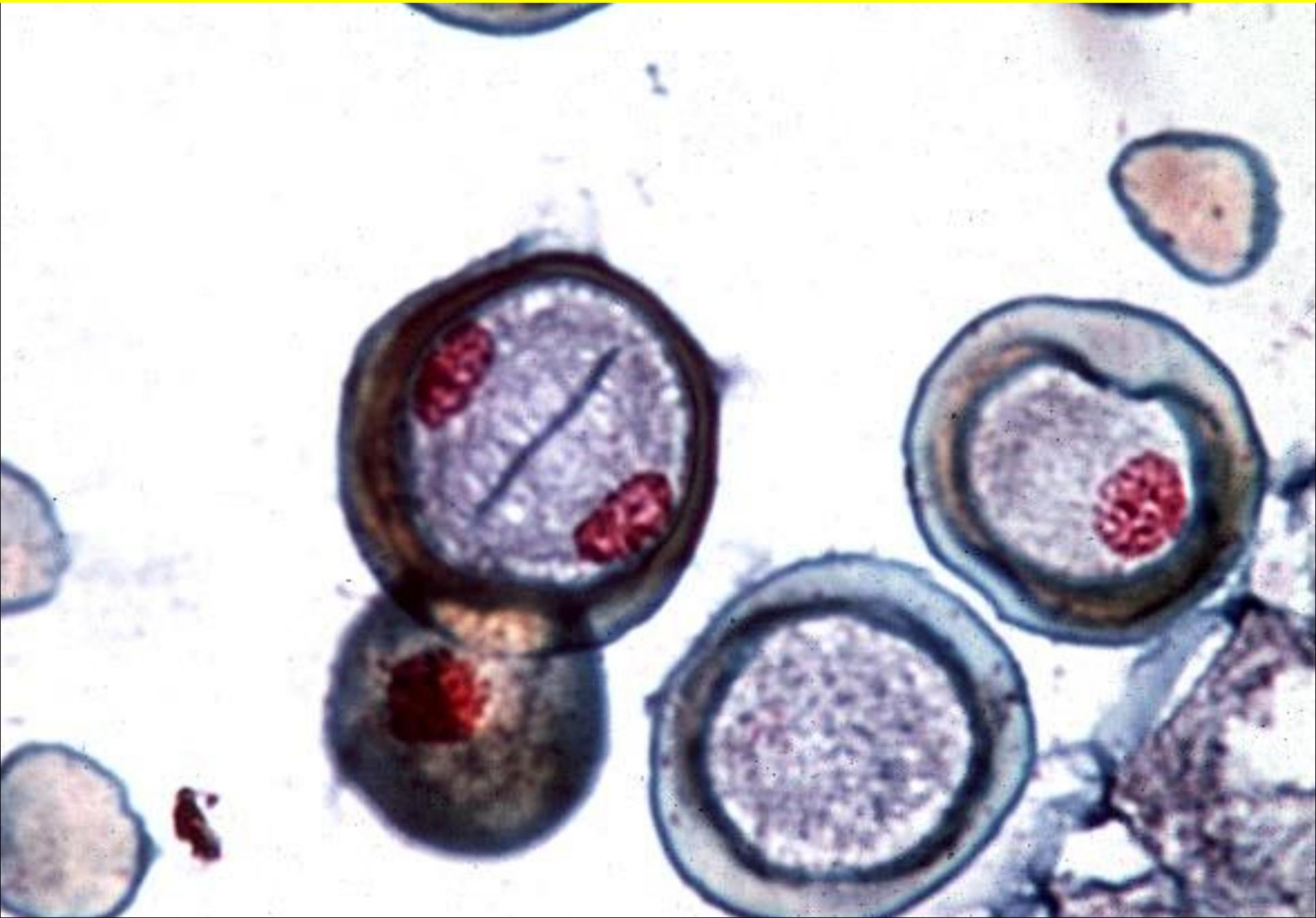
# La meiosis en las anteras del lirio. Anafase I



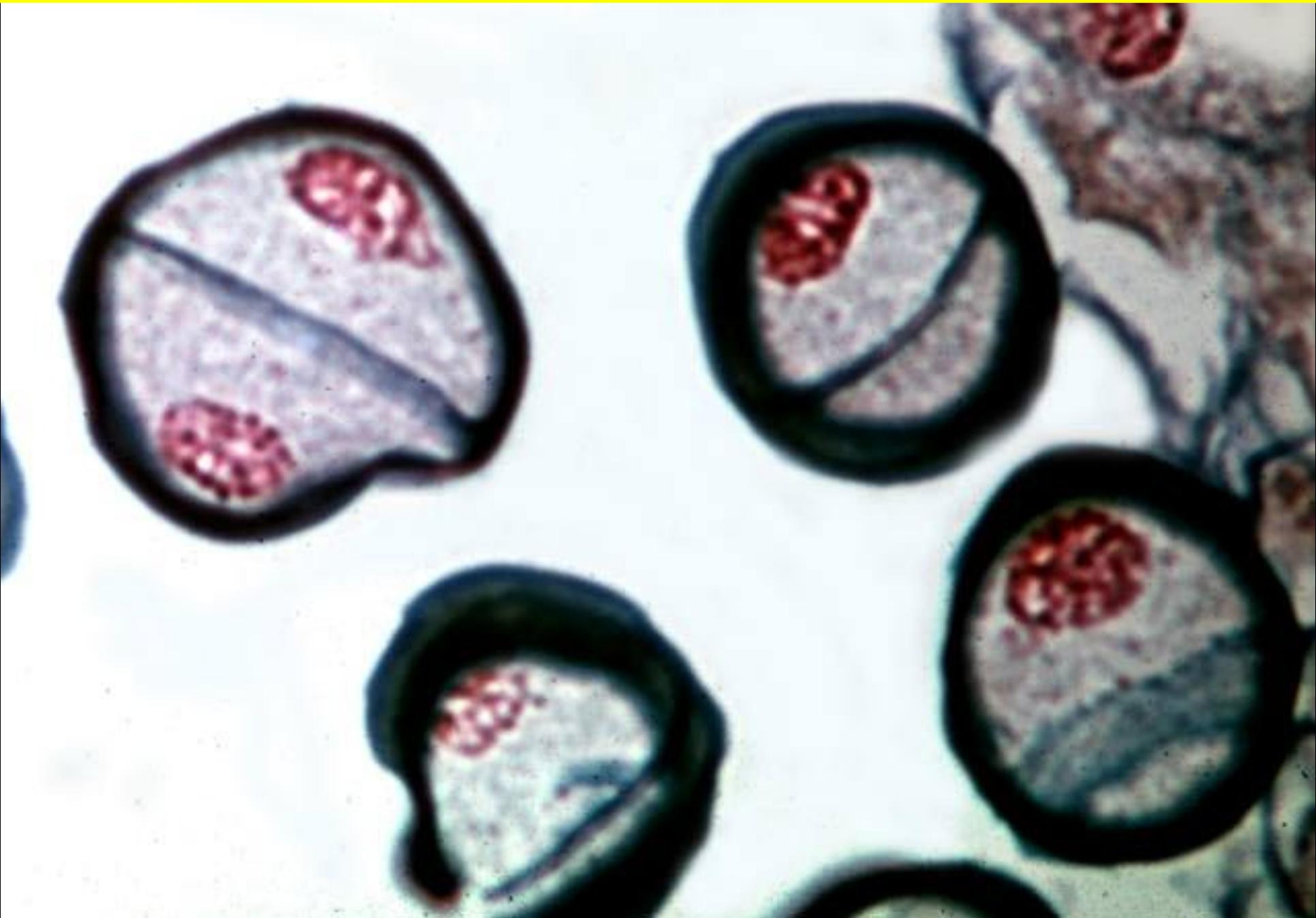
**La meiosis en las anteras del lirio. Telofase I.**



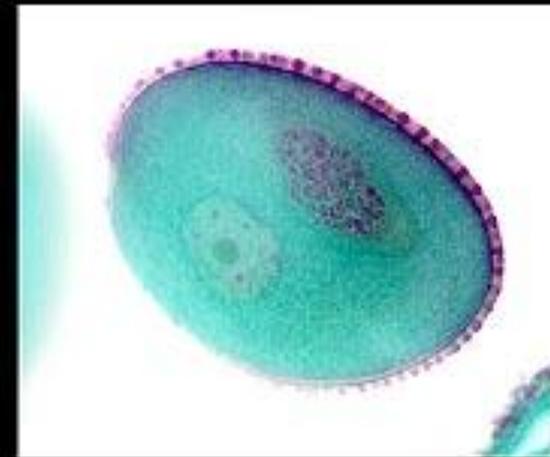
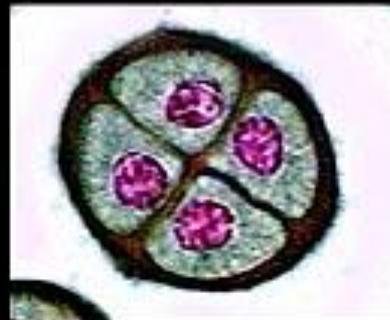
**La meiosis en las anteras del lirio. Telofase I.**



La meiosis en las anteras del lirio. Citocinesis I.



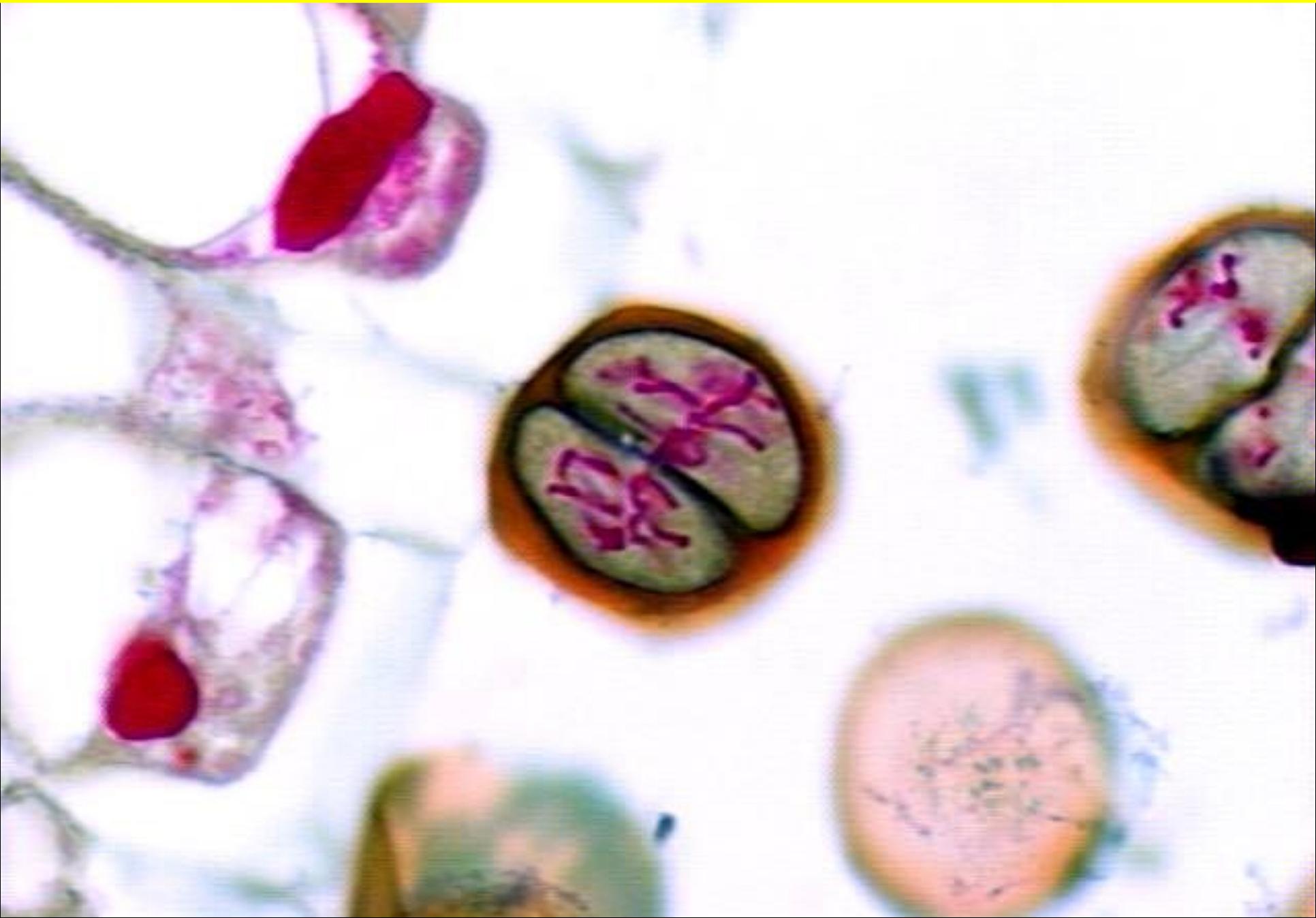
# Meiosis II



La meiosis en las anteras del lirio. Profase II.



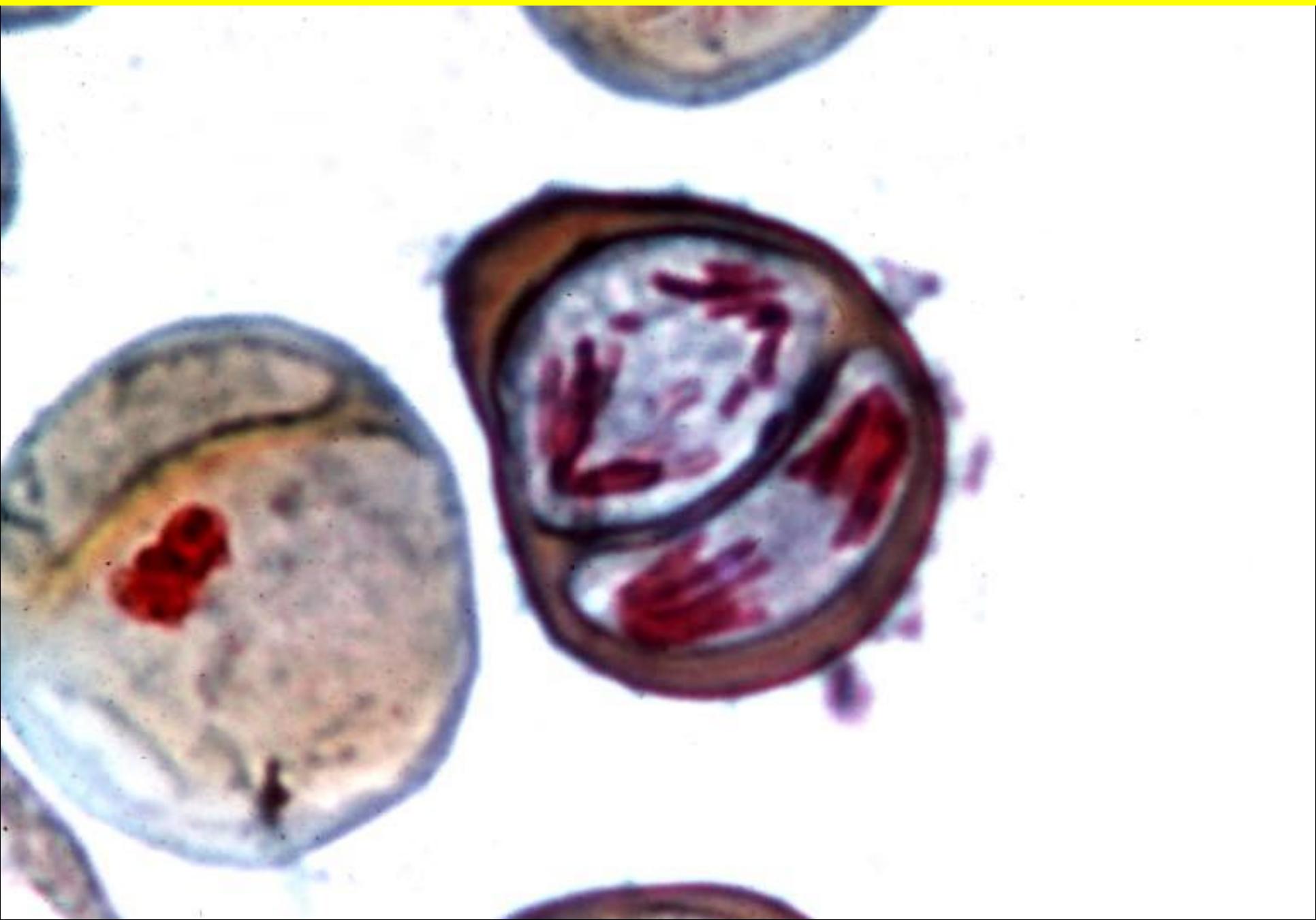
**La meiosis en las anteras del lirio. Metafase II.**



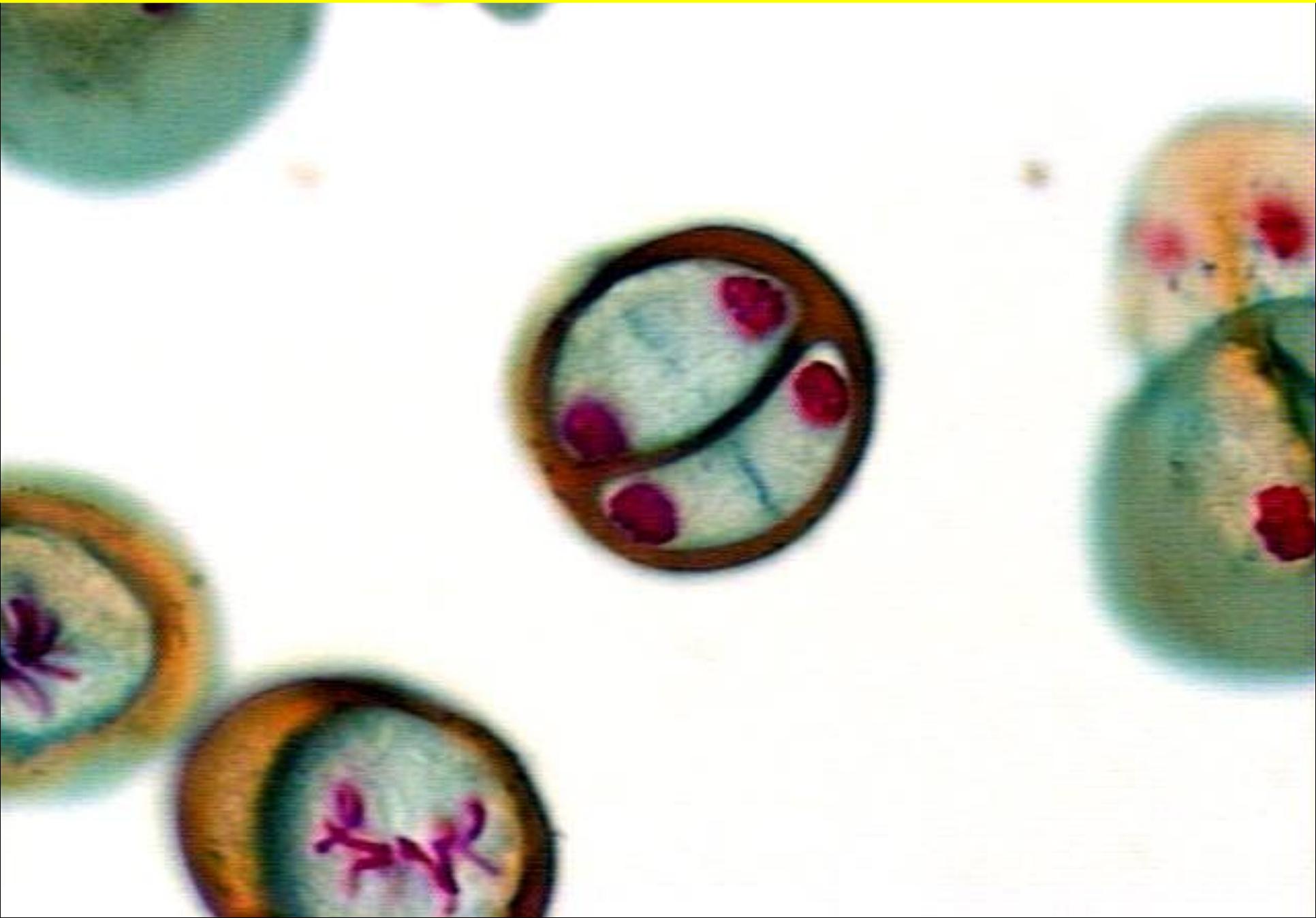
**La meiosis en las anteras del lirio. Metafase II.**



**La meiosis en las anteras del lirio. Anafase II.**



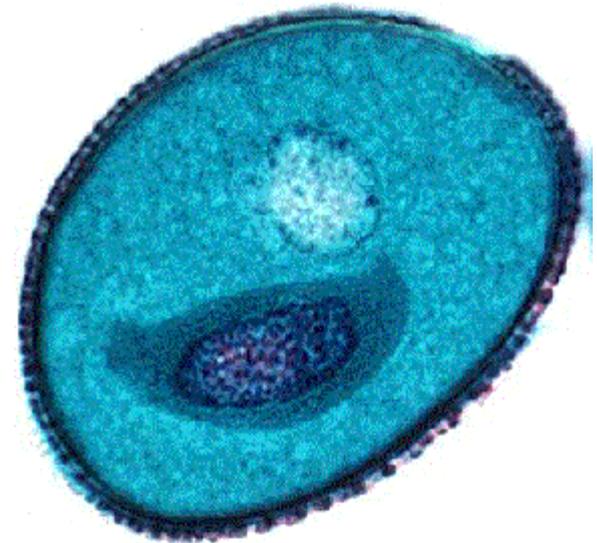
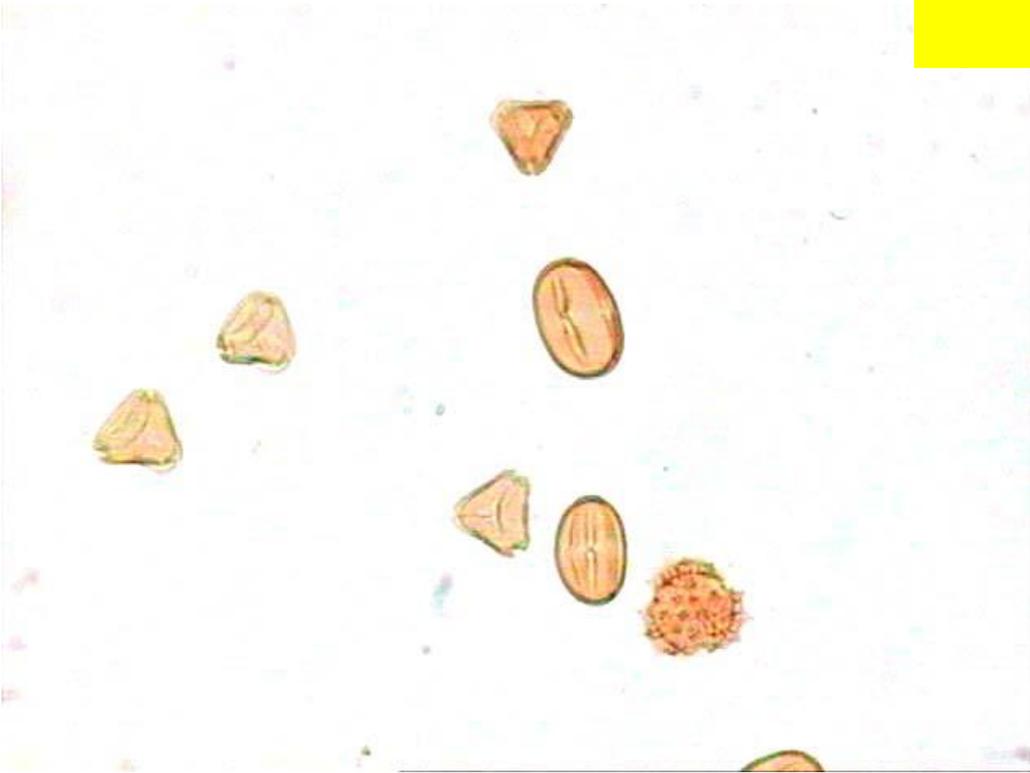
**La meiosis en las anteras del lirio. Telofase II.**



## La meiosis en las anteras del lirio. Citocinesis II.



## Grano de polen



## Granos de polen

# Diferencias entre la mitosis y la meiosis

MITOSIS	MEIOSIS
<b>A nivel genético</b>	
<i>Reparto exacto del material genético</i>	<i>Segregación al azar de los cromosomas homólogos y sobrecruzamiento como fuente de variabilidad genética.</i>
<b>A nivel celular</b>	
<i>Como consecuencia de lo anterior se forman células genéticamente iguales.</i>	<i>Produce una reducción del juego de cromosomas a la mitad exacta de los cromosomas homólogos</i>
<b>A nivel orgánico</b>	
<i>Se da este tipo de división en los organismos unicelulares para su reproducción asexual y en pluricelulares para su desarrollo, crecimiento y la reparación y regeneración de tejidos y órganos.</i>	<i>Sirve para la formación de las células reproductoras sexuales: los gametos, o las células reproductoras asexuales: las esporas.</i>

**FAN**