



# Tipos de reproducción en las plantas

## ❑ Reproducción asexual:

- Los individuos se forman a partir de un único individuo.
- Todos los descendientes son genéticamente idénticos.
- Genera muchos individuos rápidamente.

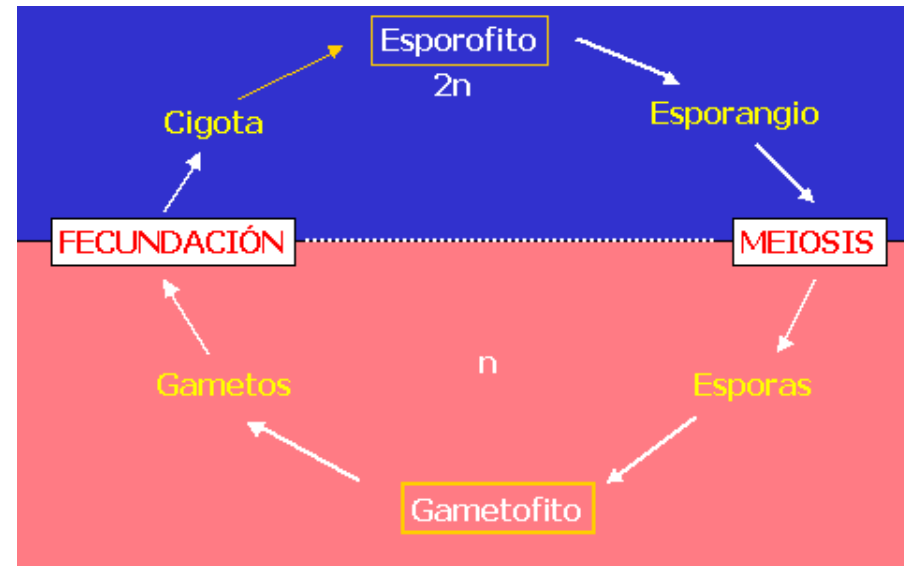
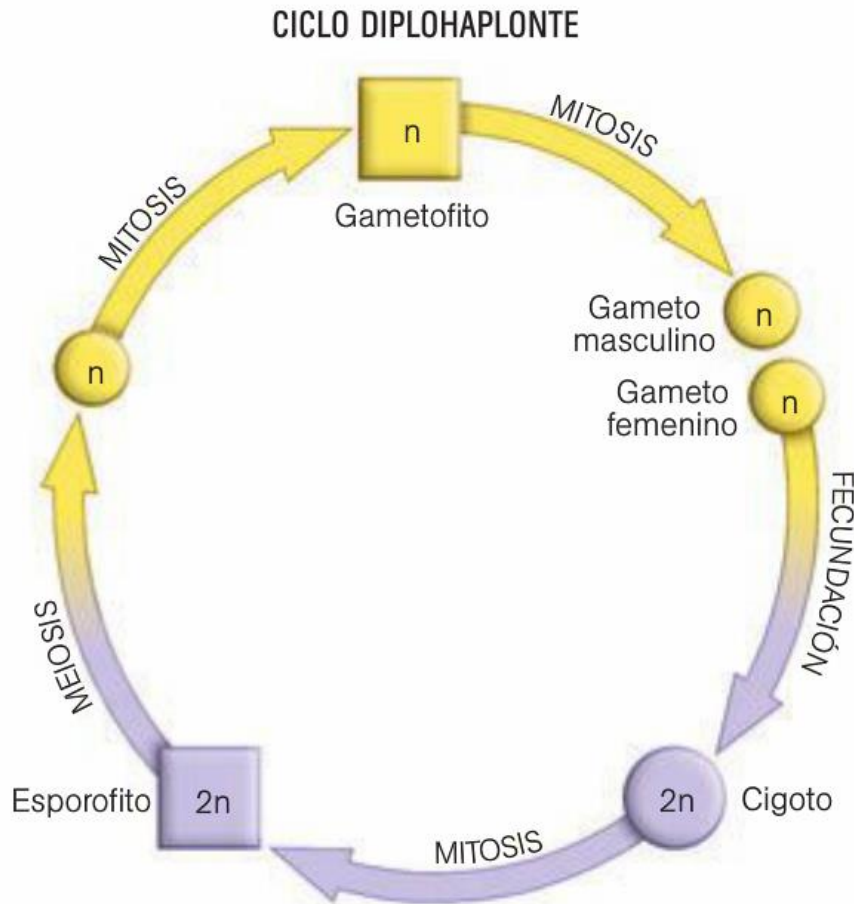
## ❑ Reproducción sexual:

- Se produce por unión de los gametos de dos individuos diferentes.
- Los individuos no son idénticos, presentan variabilidad.
- Es mucho más costosa.

# Reproducción sexual en plantas

- ❑ Las plantas tienen ciclo diplohaplonte con dos tipos de individuos:
  - **Esporofito** multicelular diploide. Produce **meiosporas** haploides que dan lugar por mitosis al otro individuo.
  - **Gametofito** haploide. Tiene gametangios que dan lugar a los **gametos**. La fusión de éstos forma un cigoto que da lugar a un nuevo esporofito. Normalmente el gametofito es la fase más reducida.

# Reproducción sexual en plantas



**Definición de meiosis:** Mecanismo de división celular que permite obtener células haploides ( $n$ ) con diferentes combinaciones de genes a partir de células diploides.

**Objetivos del proceso:**

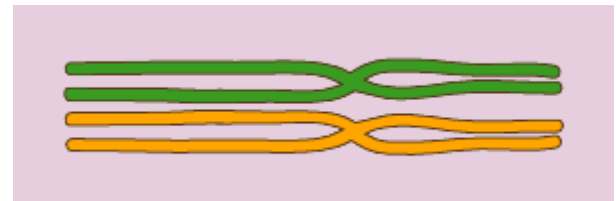
- Reducción del número de cromosomas homólogos a la mitad de forma de restablecer el número diploide con la fecundación.
- En los productos meióticos permanece un solo cromosoma de cada par de homólogos.
- Intercambio de material genético.
- Permite la supervivencia y variabilidad de las especies.

- Los Eucariontes generan individuos, mediante reproducción sexual a través de gametos; células especiales haploides.
- Cuando dos gametos se unen, crean una célula que contiene la mitad de esos cromosomas provenientes de la madre, y la otra mitad proveniente del padre. Este conjunto de cromosomas se convierte en instrucciones genéticas que describen cómo crecerán y se desarrollarán estos individuos. Por lo general, solo gametos de la misma especie son capaces de unirse para formar la descendencia.
- El resultado es que una célula se convierte en cuatro gametos, y cada uno tiene un juego simple de cromosomas.
- Los gametos contienen una copia de cada gen, pero las células que las forman contienen dos variedades de cada gen. Durante la meiosis, los genes en cada gameto son seleccionados al azar de cada par. Una de las dos variedades pasará a la descendencia.

# FASE S

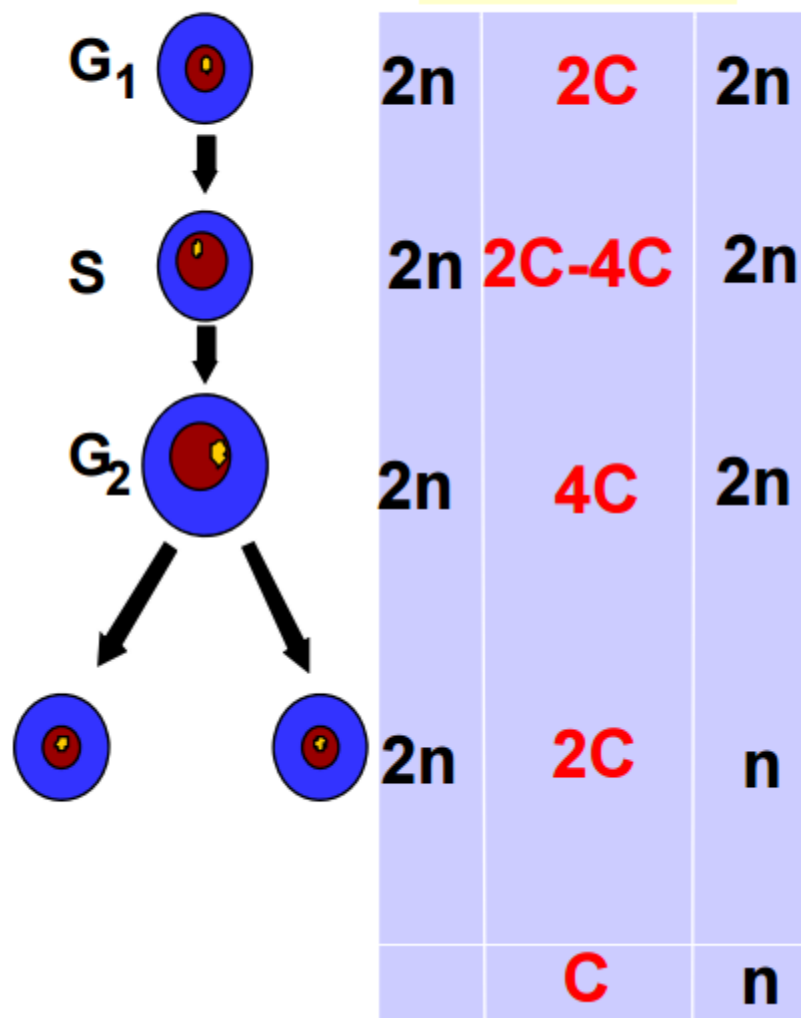
**Antes de comenzar la meiosis el material genético de la célula sufre un proceso de replicación (duplicación del ADN), con lo que cada cromosoma pasa a tener dos cromátidas hermanas (las cromátidas hermanas son copias idénticas entre sí).**

**A diferencia de lo que ocurre durante la mitosis, en este caso tras la fase de síntesis de ADN (S) no tiene lugar una fase G2, con lo que una vez concluida la fase S comienza directamente la división meiótica.**

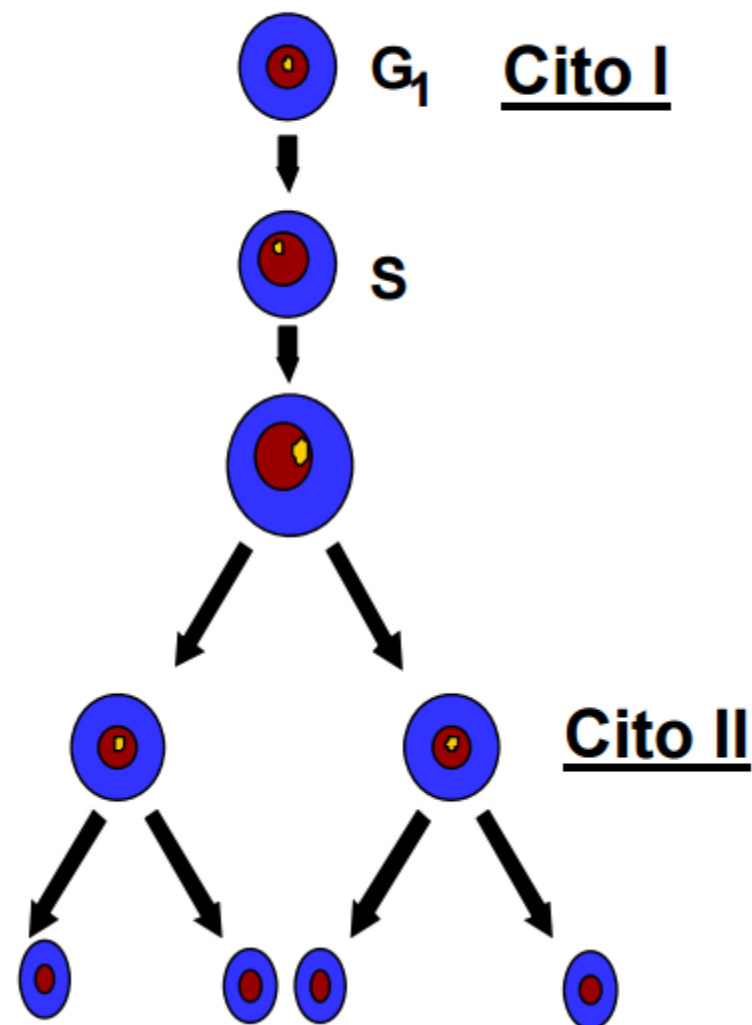


## MITÓTICO

## CANTIDAD ADN



## MEIÓTICO





# Divisiones de la meiosis

## División I o Reduccional

E  
T  
A  
P  
A  
S

Profase I  
Metafase I  
Anafase I  
Telofase I

Leptoteno  
Zigoteno  
Paquiteno  
Diploteno  
Diacinesis

## División II o Ecuatorial

E  
T  
A  
P  
A  
S

Profase II  
Metafase II  
Anafase II  
Telofasee II

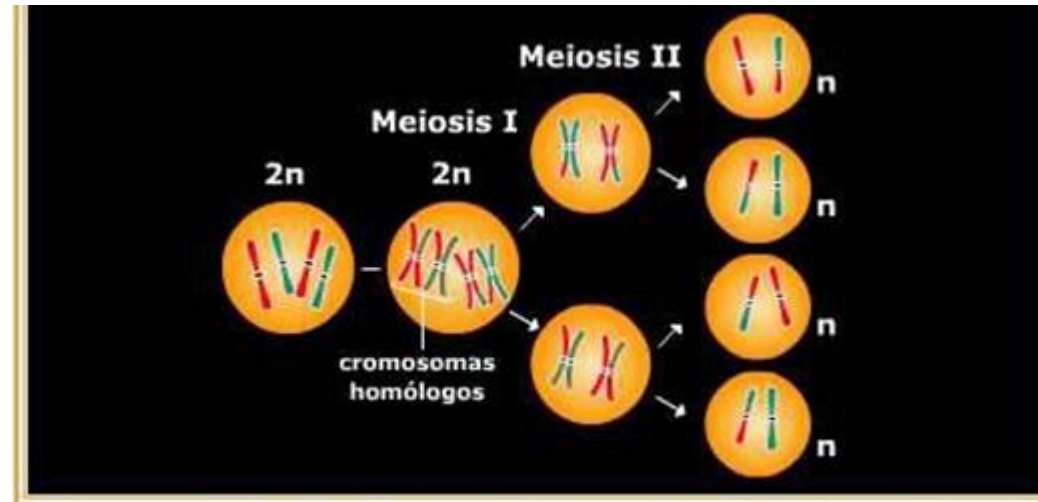


Figura 1: Esquema de la meiosis

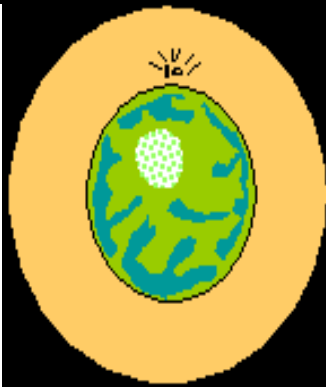
**A diferencia de la mitosis, no ocurre separación de cromátidas sino que cada cromosoma duplicado de cada par homólogo emigra a cada polo del huso.**

**Durante esta primera división meiótica hay un intercambio de alelos (genes alternos que representan el código para una misma característica) entre las cromátidas de los pares homólogos de los cromosomas duplicados. Este intercambio va a suponer la formación de cromátidas con diferente constitución genética que en la célula madre.**

## **Profase I**

**Esta es la fase más larga, y en ella los cromosomas homólogos intercambian fragmentos de material genético. Se divide en cinco subfases:**

## División I de la meiosis



Interfase I



Leptoteno



Zigoteno



PAQUÍTENO



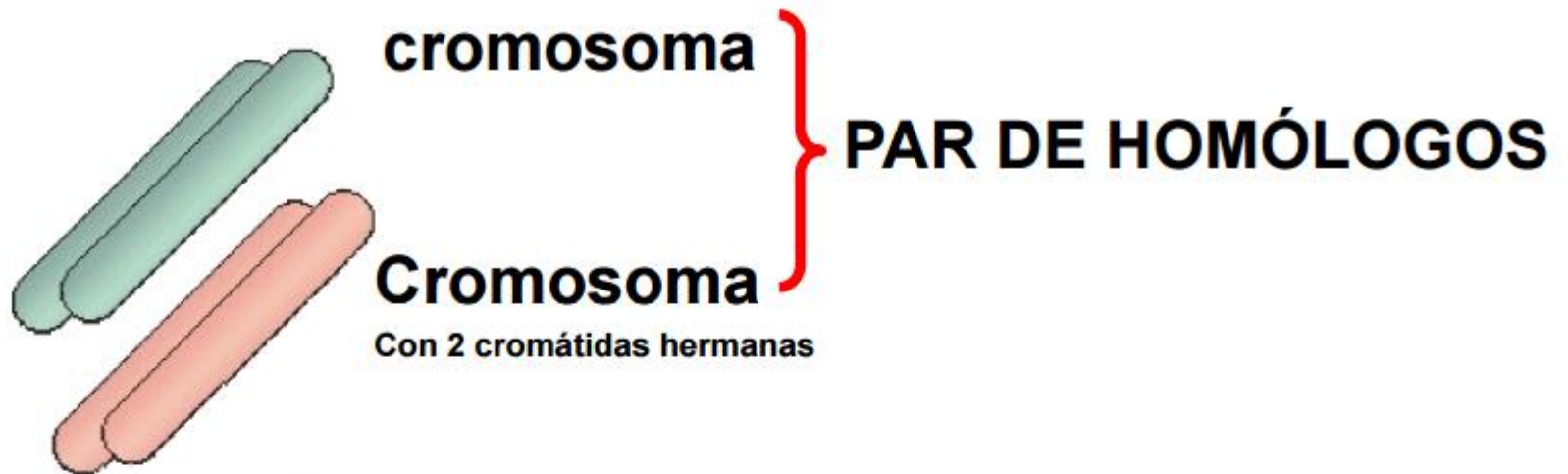
Diploteno



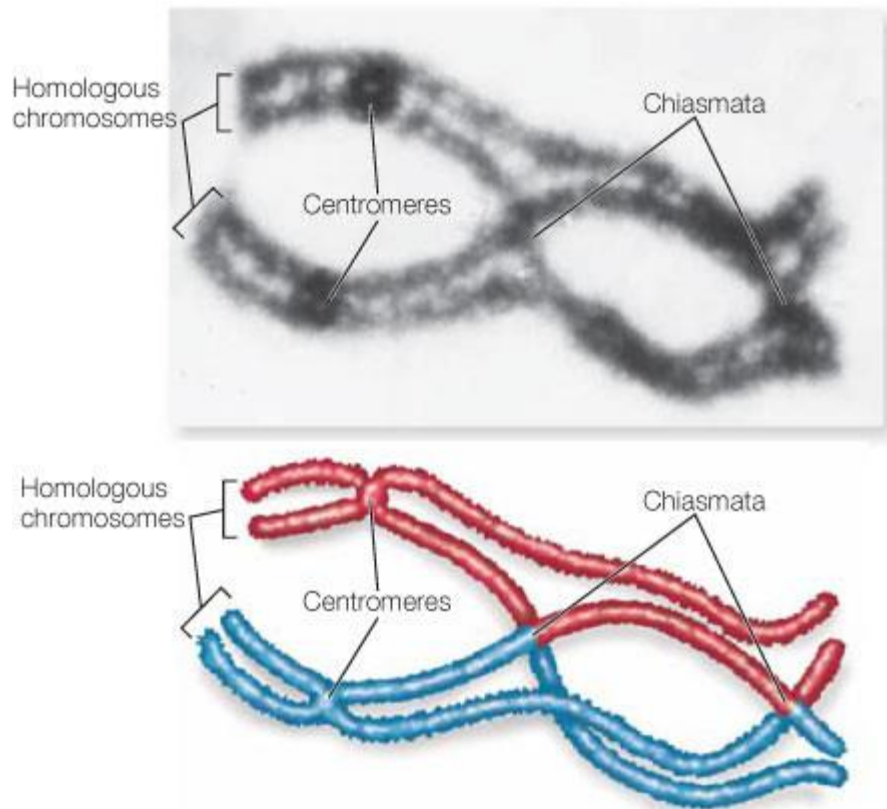
**Leptoteno:** Los cromosomas individuales, compuestos por dos cromátidas unidas por el centrómero, empiezan a condensarse y a hacerse visibles, forman **largas tiras en el núcleo**

**Cigoteno:** los pares de cromosomas homólogos se aproximan entre sí, y tiene lugar la **sinapsis o apareamiento**, que suele comenzar por los extremos y se extiende a todo lo largo de los cromosomas. Esta sinapsis, que se establece por medio del **complejo sinaptonémico**, forma una tétrada o **bivalente**

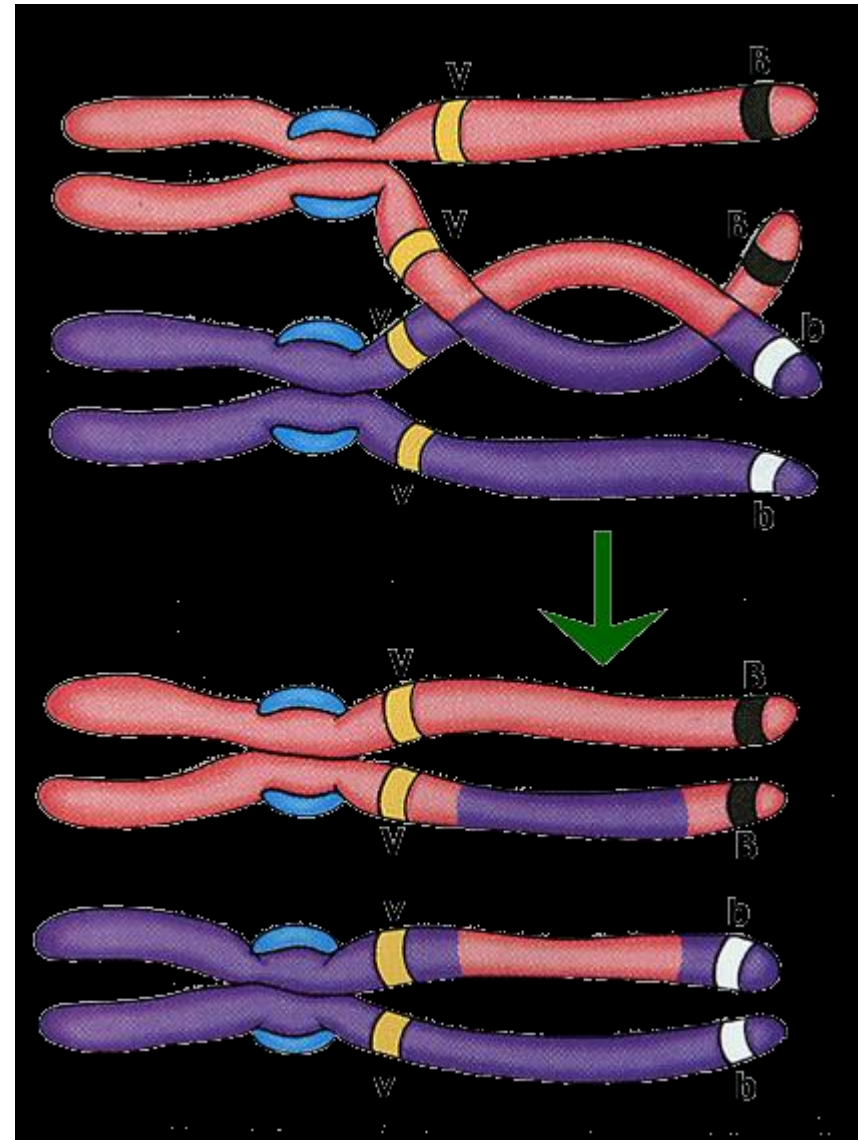
**Paquíteno:** se completa la sinapsis en todos los cromosomas. Tiene lugar un **entrecruzamiento cromosómico** mediante **quiasmas**, y como consecuencia tiene lugar una recombinación genética. Suelen darse dos o tres de estos entrecruzamientos por cada par bivalente.



c) Paquiteno: El **crossing over** de las cromátidas de dos cromosomas homólogos permite intercambio de trozos de cromátidas, se transfieren genes de un cromosoma homólogo a otro.

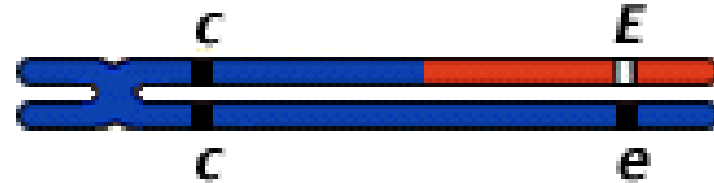
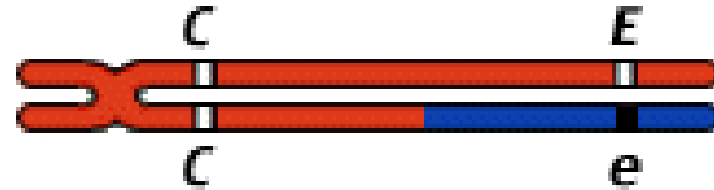


## Tétrada

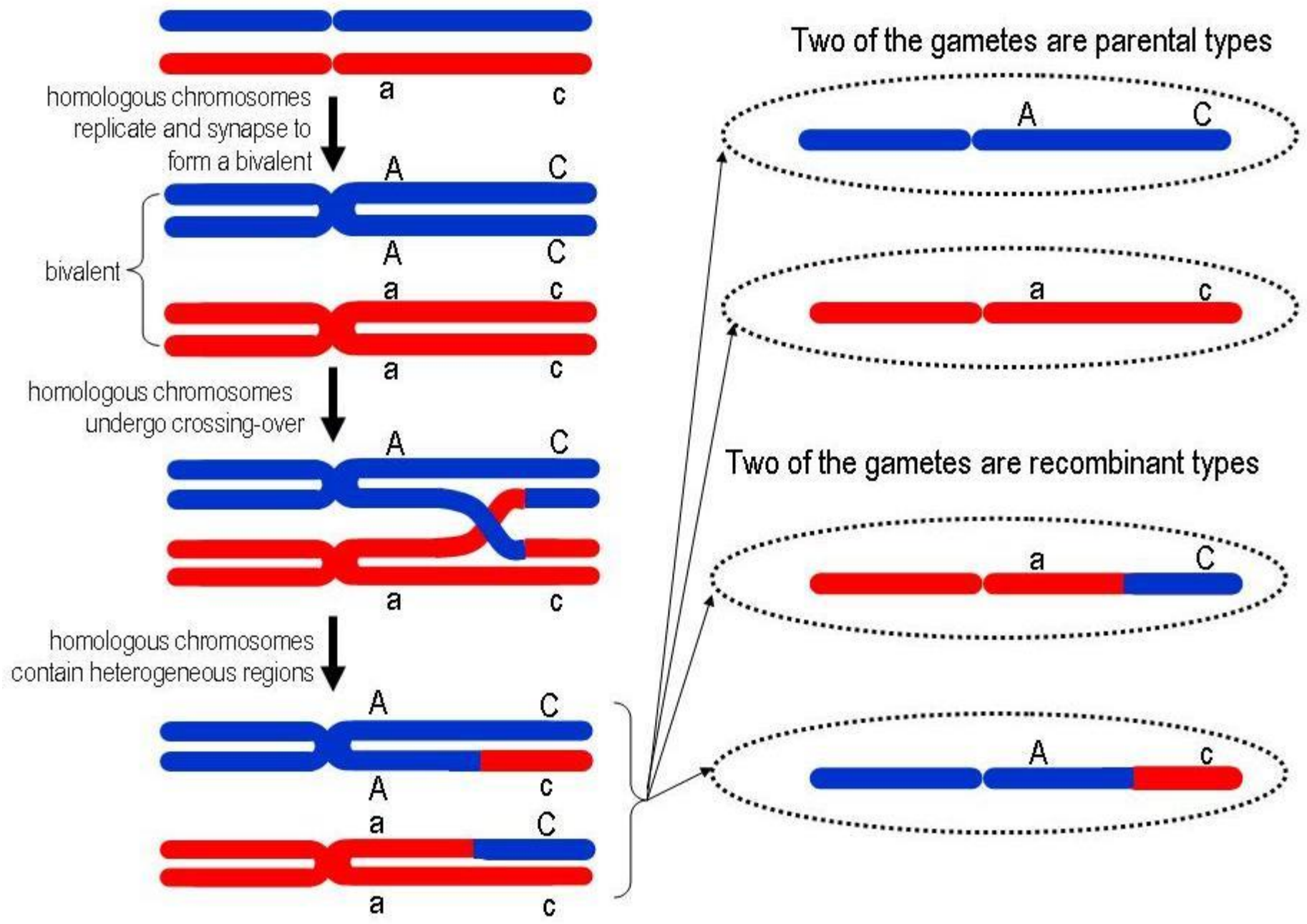


#### d) **Diploteno:**

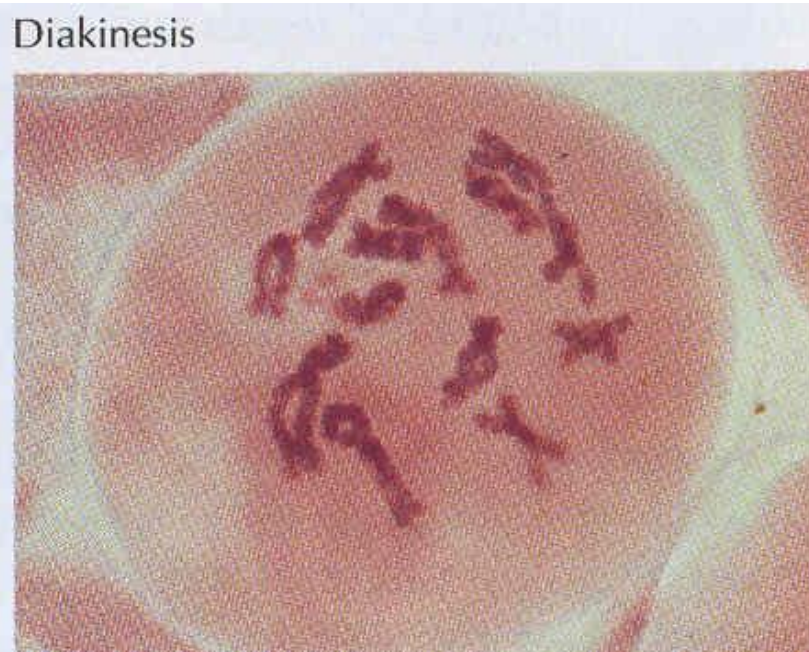
- Desaparece el complejo sinaptonémico.
- Los cromosomas se separan en casi toda su longitud pero permanecen unidos en los quiasmas (puntos de recombinación).
- Indispensable para el alineamiento correcto en la metafase
- En este estado cada par de cromosomas (llamados bivalentes), consiste en 4 cromátides con su quiasma claramente visible







e) **Diacinesis:** los cromosomas se condensan al máximo y desaparecen el núcleo y la membrana nuclear, por lo que quedan libres en el citoplasma. Se puede apreciar cómo cada bivalente está unido por cuatro cromátidas (tetradas).





## Metafase I

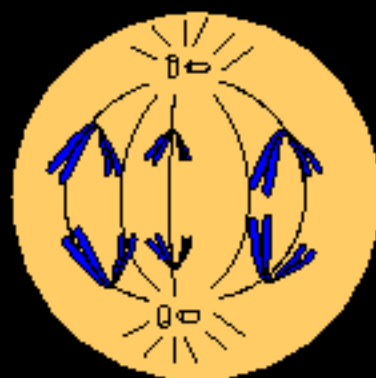
Durante esta fase los cromosomas homólogos se alinean en el plano ecuatorial completamente al azar.



Metafase I

## Anafase I

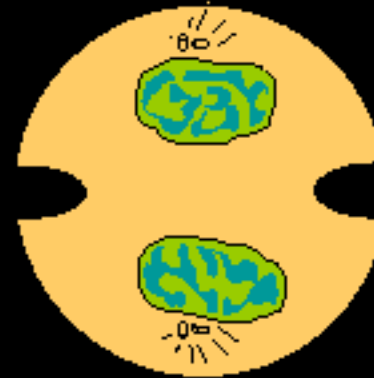
Separación de cromosomas homólogos, desplazándose hacia los polos opuestos de la célula. Cada cromosoma sigue constituido aún por dos cromátidas.



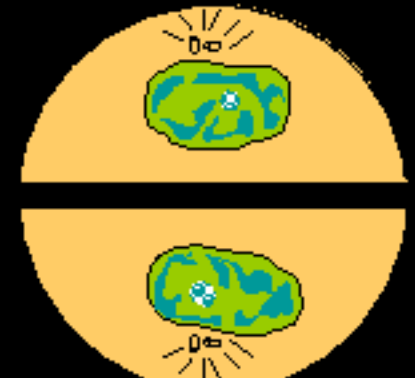
Anafase I

## Telofase I

Los cromosomas llegan hasta los polos, se forman los núcleos y comienza la citocinesis. Cada célula hija recibe un número haploide ( $n$ ) de cromosomas, pero como cada cromosoma está compuesto por dos cromátidas, el contenido de DNA todavía es diploide. Cada una de las células hijas recién formadas entra en la meiosis II.



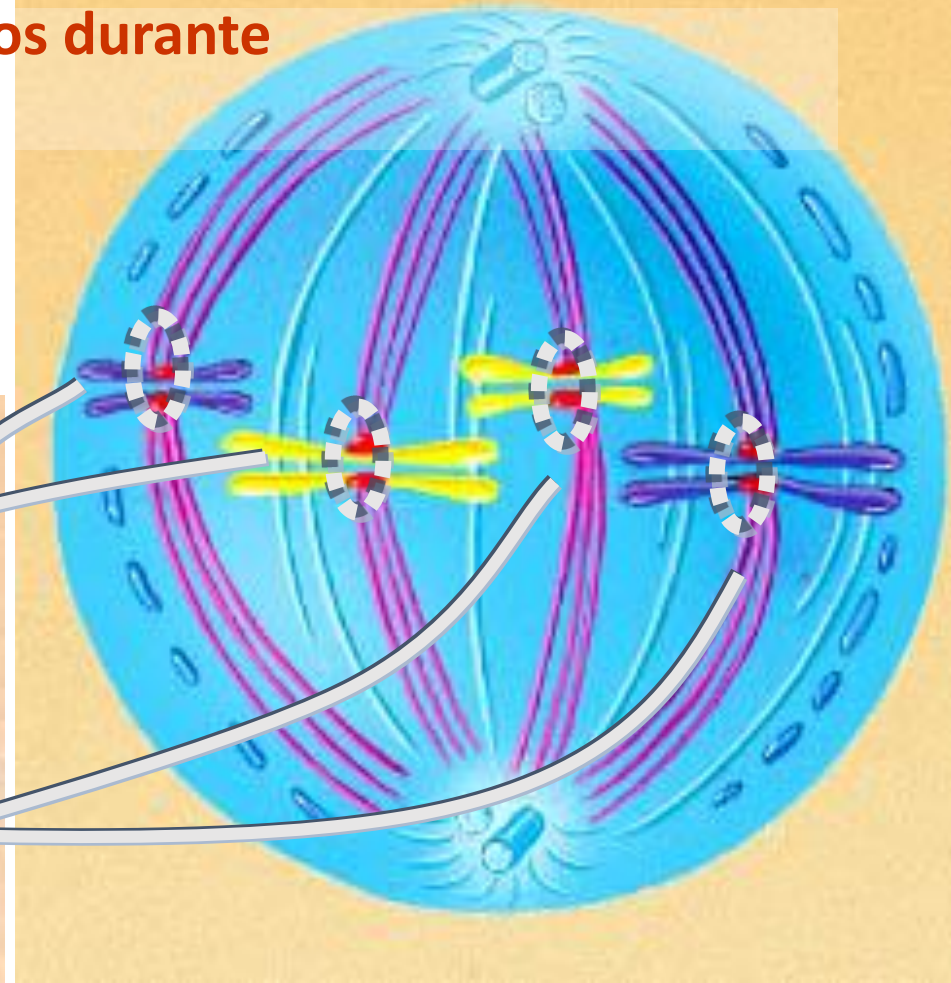
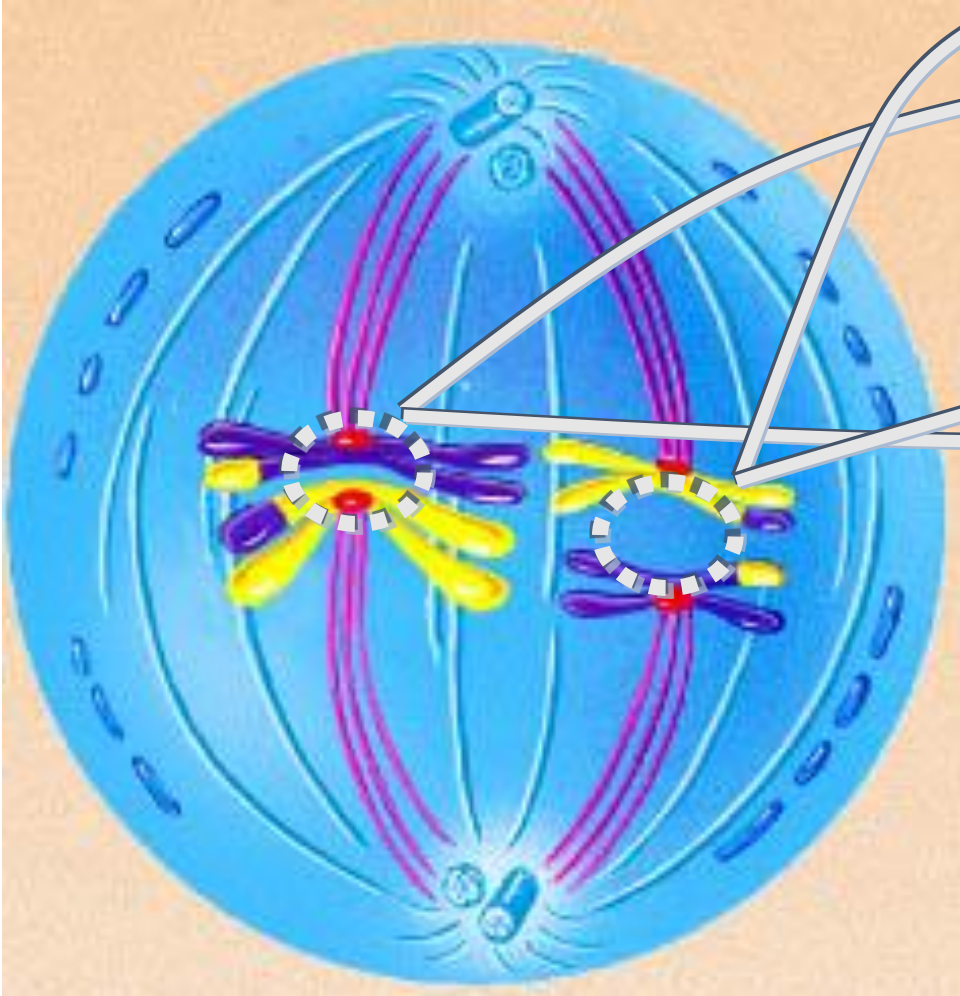
Telofase I



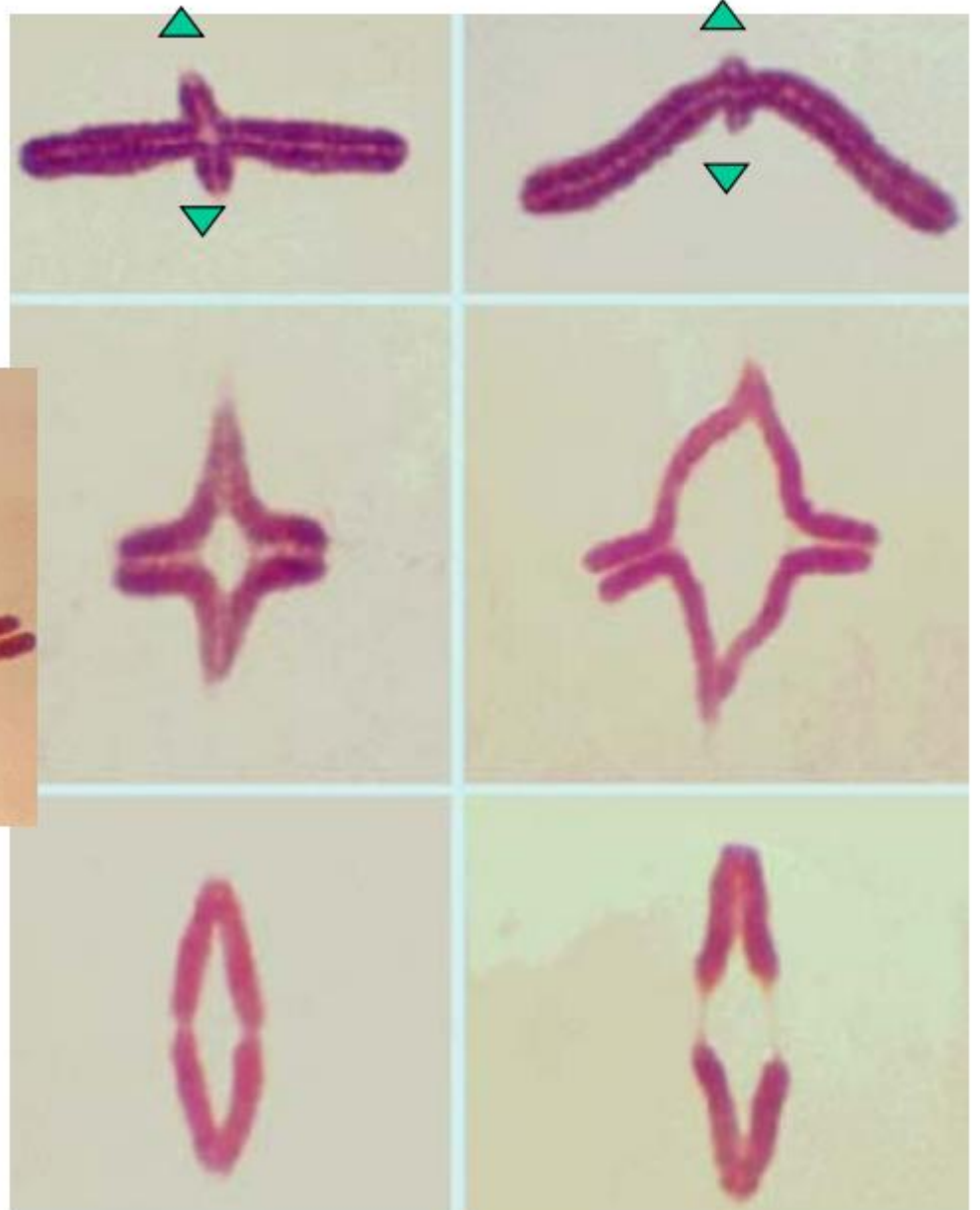
Interfase II

## Comparación de los husos formados durante la mitosis y la meiosis I.

**Meiosis I:** cromosomas duplicados, cada uno con un cinetocoro; los homólogos apareados se desplazan hacia polos opuestos

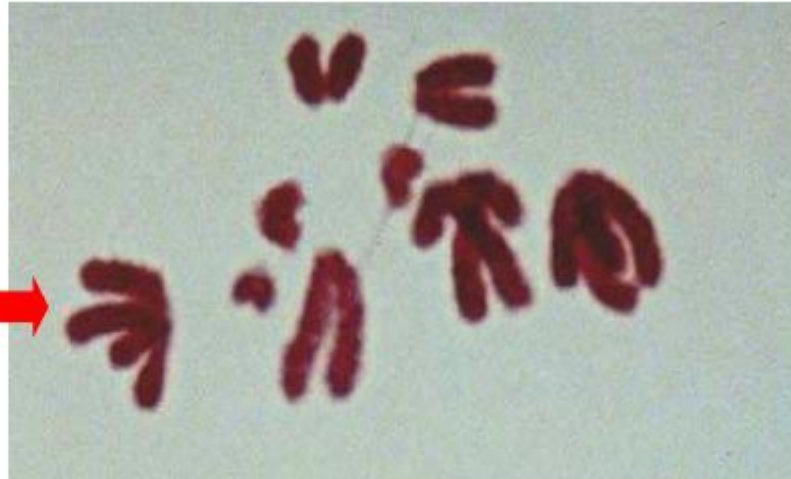


**Mitosis:** cromosomas duplicados, cada uno con un cinetocoro; los homólogos no están apareados las cromátidas hermanas se separan y se desplazan hacia polos opuestos.



# ANAFASE I TARDÍA

DIADA



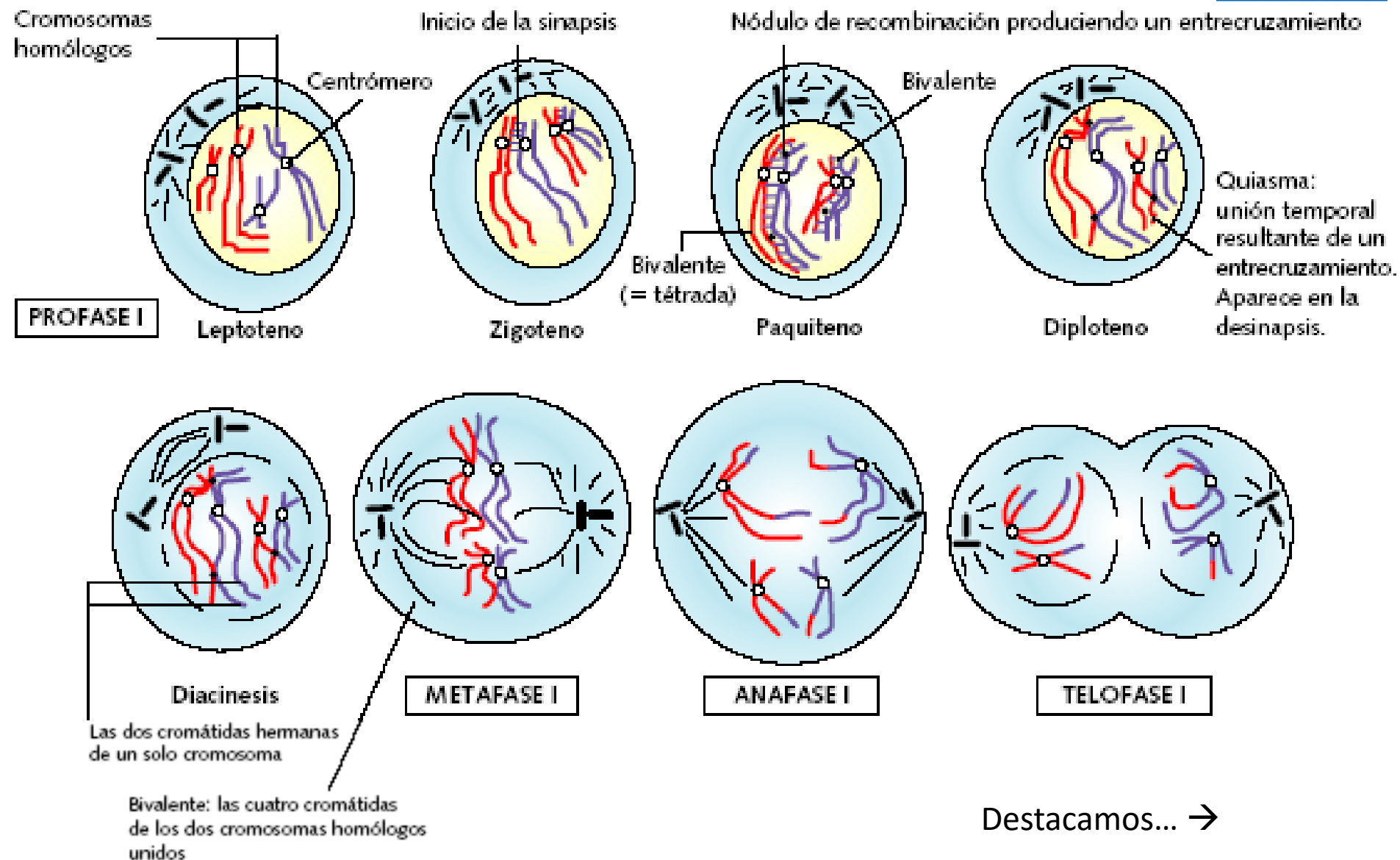
Cuántas cromátidas  
tienen cada elemento  
cromosómico ?

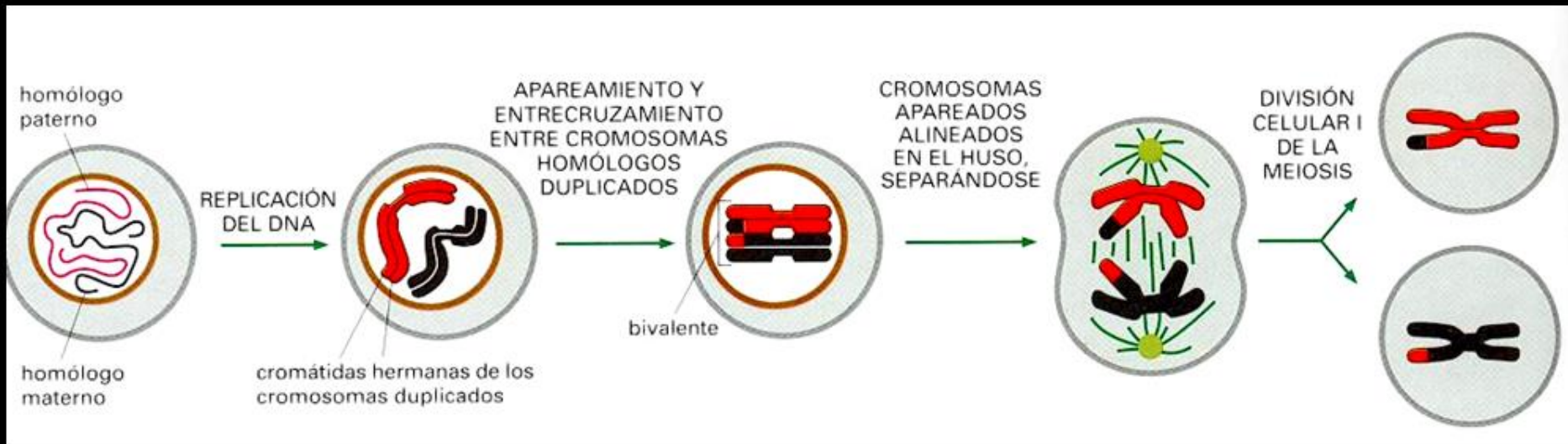
PRIMERA  
DIVISIÓN  
MEIÓTICA:  
  
DIVISIÓN  
REDUCCIONAL





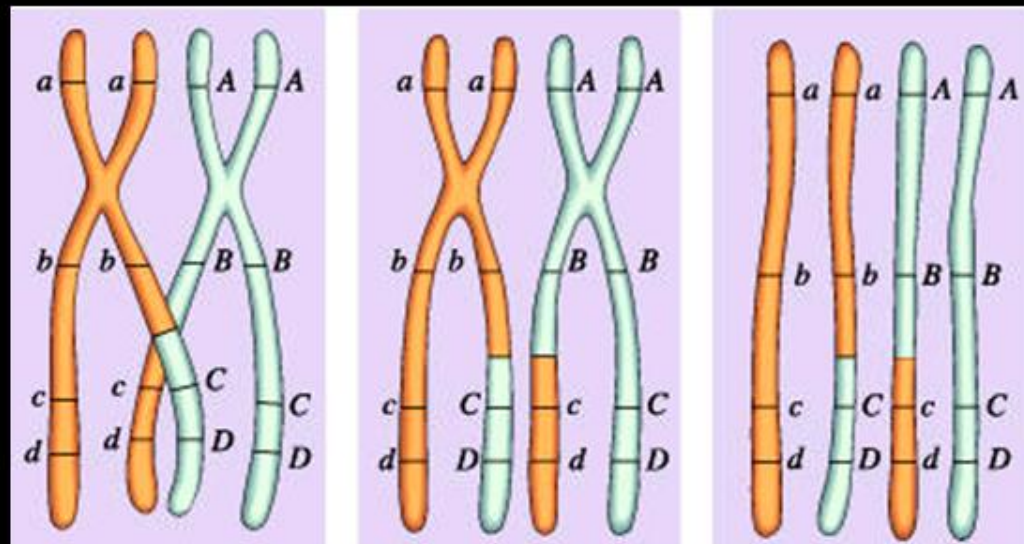
# Repaso primera división





**Arriba.** Para simplificar el proceso de meiosis se representan solo un par de cromosomas homólogos. Después de la replicación del ADN, cada cromosoma consta de dos cromátidas hermanas unidas. En la imagen solo está representada la Meiosis I

**Abajo.** Obsérvese el entrecruzamiento o Crossing Over entre cromosomas homólogos, lo que genera intercambio de material genético (letras a, b, c, d y A, B, C D representan genes) lo que permite una alta variabilidad.

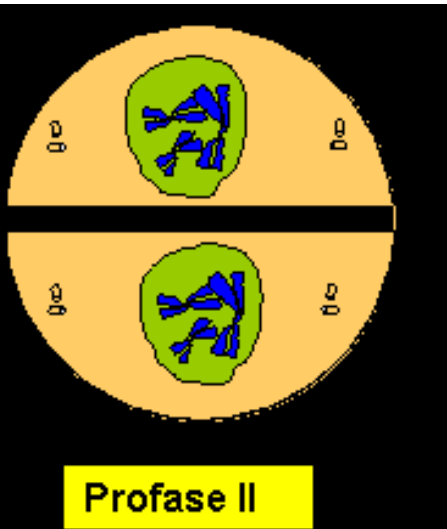


**Después de la primera división meiótica sucede una interfase que puede ser variable en duración, incluso puede faltar por completo, de manera que tras la telofase I se inicia sin interrupción la segunda división. En cualquier caso nunca hay síntesis de ADN, es decir es una interfase sin periodo “S”.**

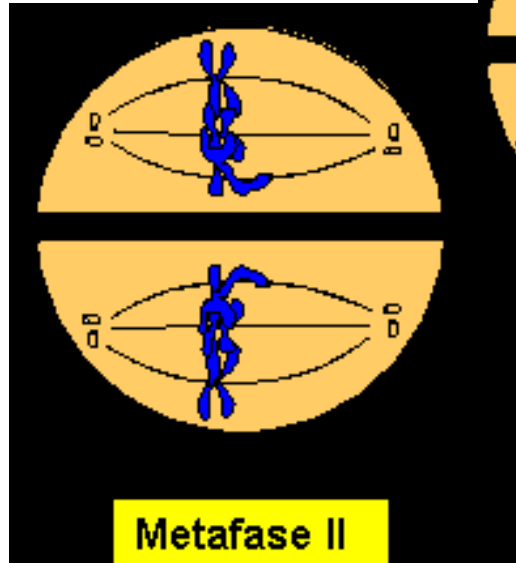
A diagram illustrating the second meiotic division. It features a large purple arrow pointing to the right. Inside the arrow, the text 'Segunda división meiótica' is written in a bold, black, sans-serif font. To the left of the arrow, there are two small purple squares.

# División Ecuatorial

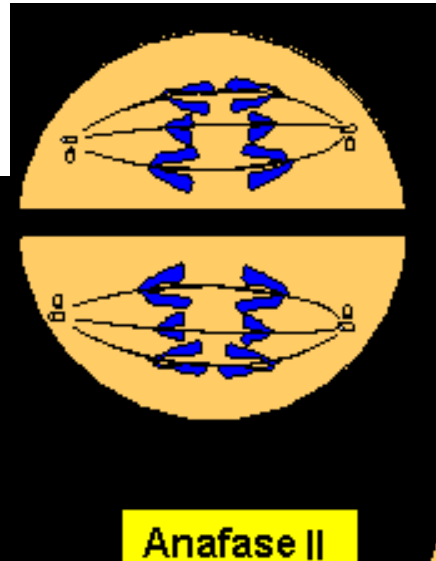
En la *profase II* las envolturas nucleares (si las había) vuelven a desaparecer y aparece el huso nuevamente.



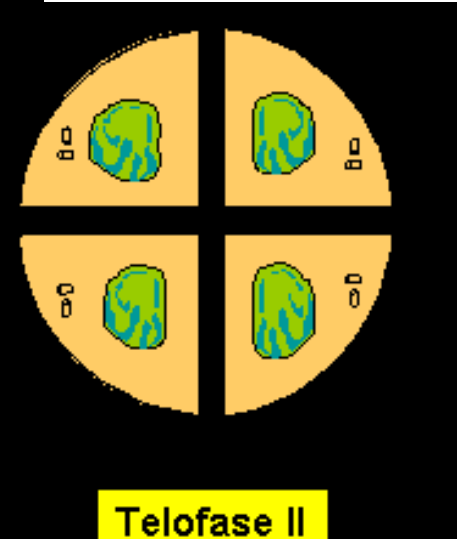
*Metafase II* cada cromosoma se alinea en el plano ecuatorial



*Anafase II* las cromátides que componen los cromosomas se separan



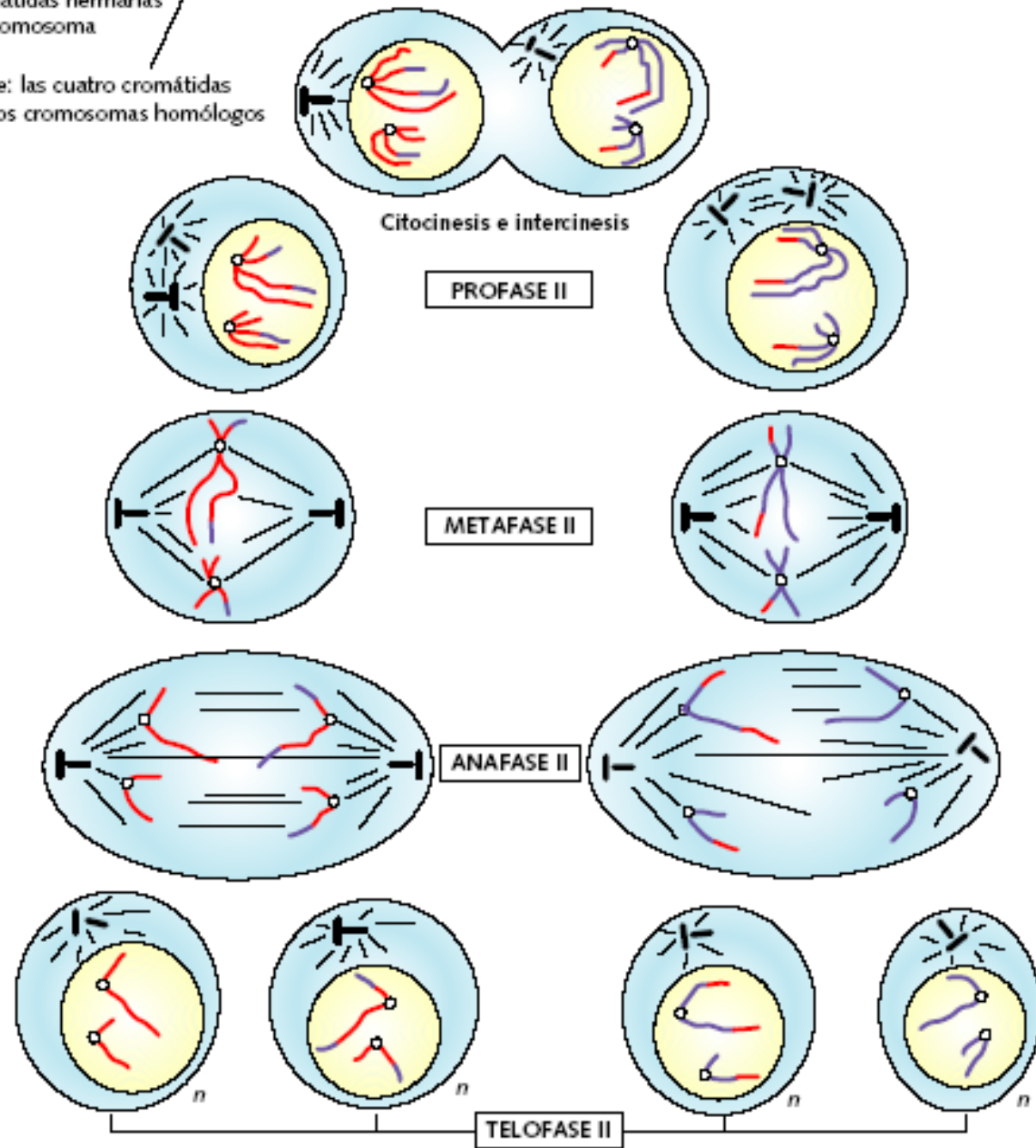
*Telofase II* los husos desaparecen y se forma la envoltura nuclear en torno a cada uno de los cuatro juegos haploides de cromosomas. La citocinesis se produce de igual manera que en la mitosis.



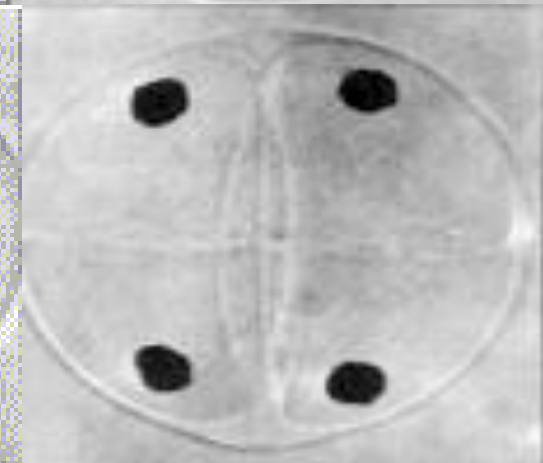
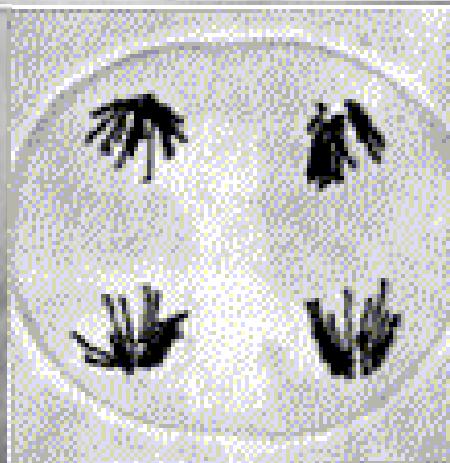
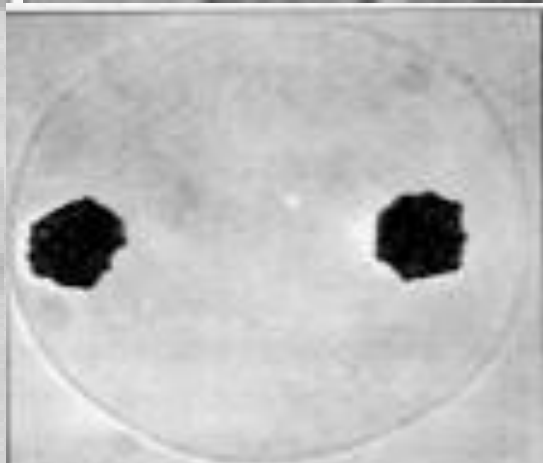
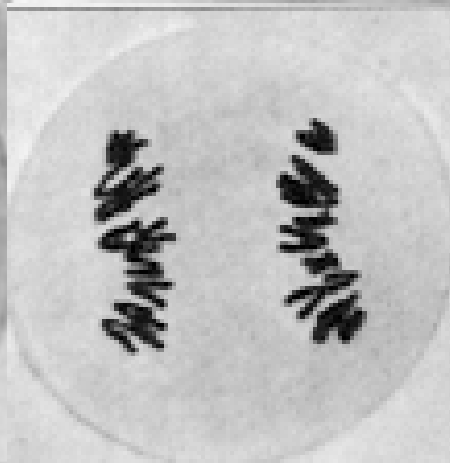
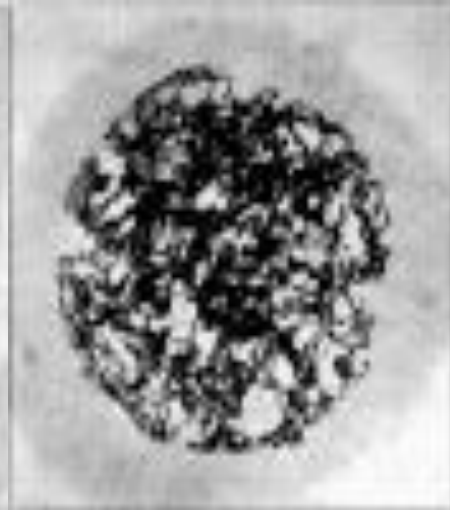


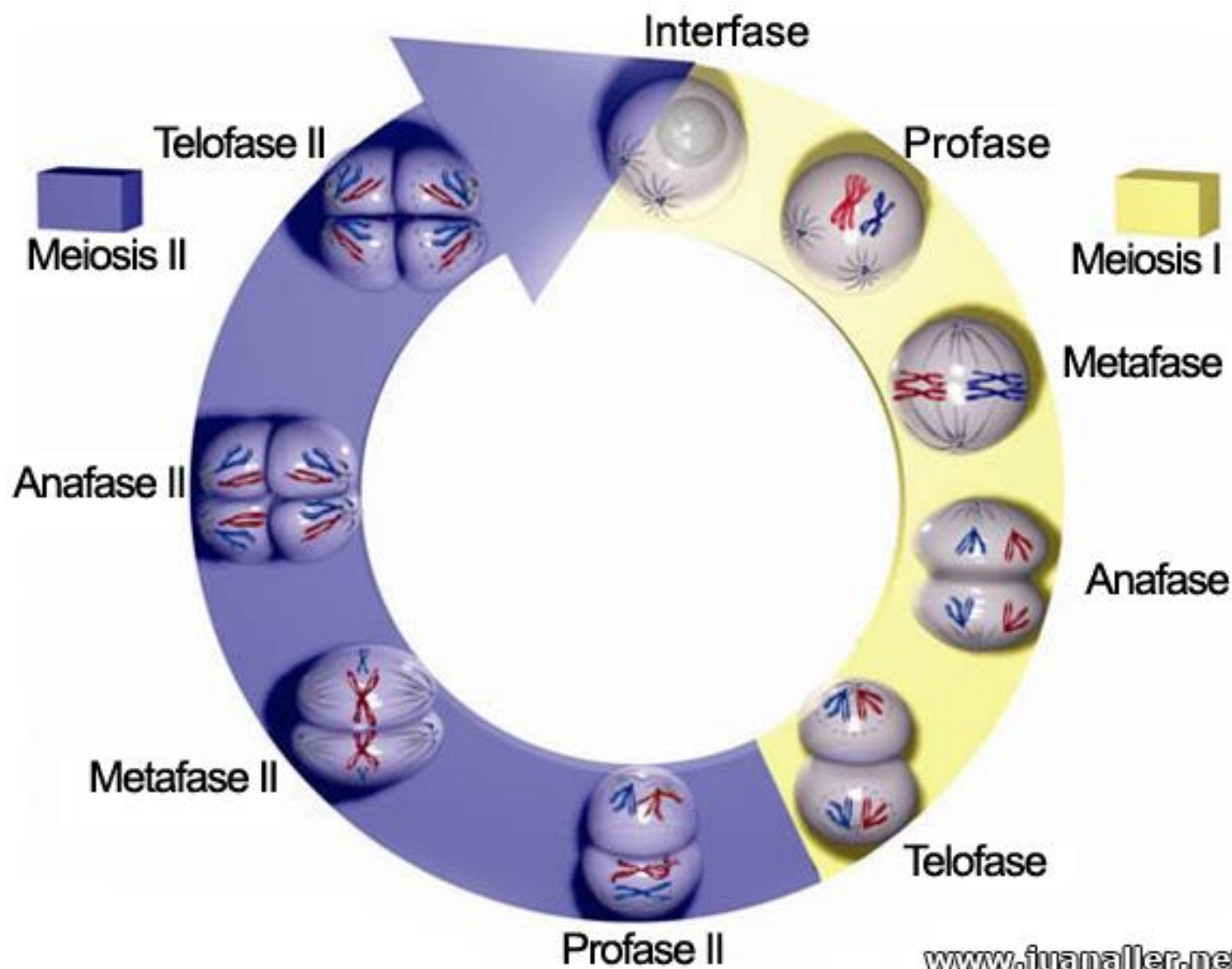
Las dos cromátidas hermanas  
de un solo cromosoma

Bivalente: las cuatro cromátidas  
de los dos cromosomas homólogos  
unidos



Meiosis de una célula  $2n$  en que  $n = 2$ .





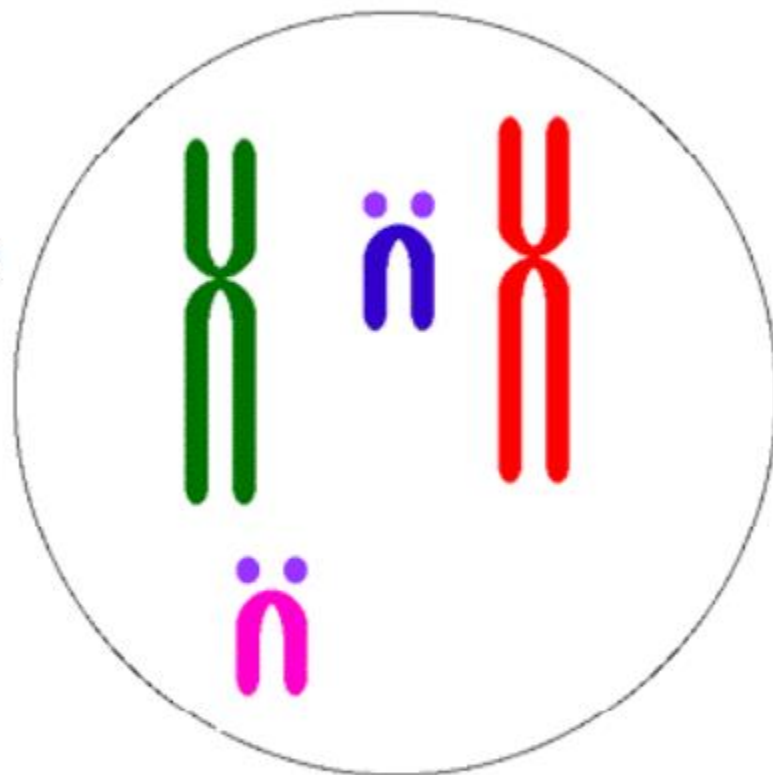
# EVENTOS FUNDAMENTALES DE LA MEIOSIS

1ª  
M  
E  
I  
O  
S  
I  
S

APAREAMIENTO ENTRE  
CROMOSOMAS HOMÓLOGOS

RECOMBINACIÓN ENTRE  
CROMÁTIDAS HOMÓLOGAS

SEGREGACIÓN DE  
CROMOSOMAS HOMÓLOGOS A POLOS OPUESTOS



2da. División Meiótica:

SEPARACIÓN DE CROMÁTIDAS

# Consecuencias genéticas de la Meiosis

## Significado biológico

- A nivel celular: Se reduce a la mitad el número de cromosomas.
- Se produce intercambio de información entre los cromosomas homólogos generando combinaciones nuevas de alelos ya existentes
- Se producen combinaciones cromosómicas nuevas (de cromosomas paternos y maternos), debido a la distribución al azar de los bivalentes en metafase I y de los cromosomas duplicados en metafase II.
- A nivel genético es una fuente de variabilidad de la información.

## Importancia de la fecundación

- restaura el número cromosómico de la especie.
- se producen nuevas combinaciones de alelos en la población.



# **MECANISMOS QUE GENERAN LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LOS GAMETOS**

- 1. generación de nuevas combinaciones alélicas de los gametos debidas al entrecruzamiento**
- 2. generación de nuevas combinaciones alélicas por segregación independiente de los cromosomas**
- 3. generación de nuevos alelos por mutación**

## 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> |

## MITOSIS

### Prophase

Duplicated chromosome (two sister chromatids)

### Metaphase

Chromosomes align at the metaphase plate

### Anaphase Telophase

Sister chromatids separate during anaphase

Daughter cells of mitosis

Parent cell (before chromosome replication)

Chromosome replication

$2n = 4$

Chromosome replication

## MEIOSIS

Chiasma (site of crossing over)

## MEIOSIS I

### Prophase I

Tetrad formed by synapsis of homologous chromosomes

### Metaphase I

Tetrads align at the metaphase plate

Homologous chromosomes separate during anaphase I; sister chromatids remain together

### Anaphase I Telophase I

Haploid  $n = 2$

Daughter cells of meiosis I

## MEIOSIS II

Daughter cells of meiosis II  
No further chromosomal replication; sister chromatids separate during anaphase II

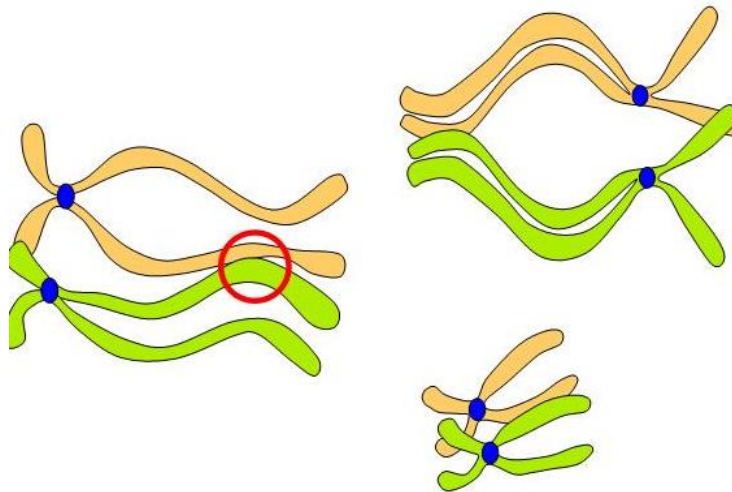


- 1. ¿Qué caracteriza a la interfase que hay entre la primera y la segunda división de la meiosis?**
- a) Que carece de periodo S;**
  - b) que carece de periodo G2;**
  - c) que carece de periodo G1.**
  - d) No se caracteriza por nada fuera de lo normal. Es una interfase como la de la mitosis.**

- 2.Cuál es el objetivo de la segunda división de la meiosis?**
- a) reducir a la mitad el número de cromosomas;**
  - b) pasar de células  $2n$  a células  $n$ , que serán llamadas gametos;**
  - c) aumentar la variabilidad genética mediante los procesos de entrecruzamiento;**
  - d) sirve para que cada cromosoma separe sus cromátidas**

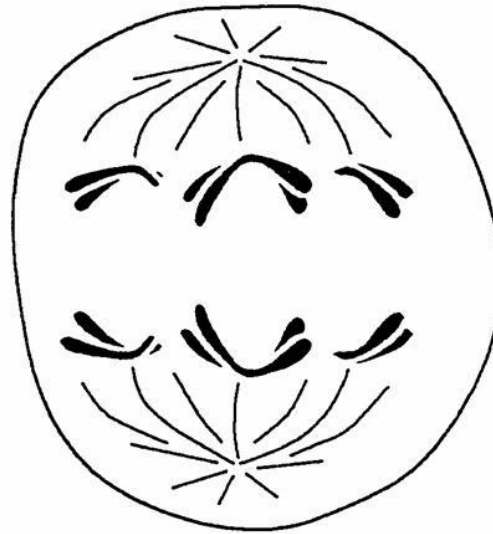
**3. ¿Cómo se llaman las estructuras encerradas en un círculo rojo y en qué fase de la meiosis se producen?**

- a) entrecruzamientos y se producen en la profase II;**
- b) quiasmas y se producen durante el diploteno, en la profase I;**
- c) sobrecruzamientos y se producen en la anafase I.**
- d) Estas figuras corresponden a la mitosis y no a la meiosis.**



**4. La figura representa, de una manera muy esquemática..**

- ¿A cuánto equivale  $2n$ ?**
- ¿Se trata de una célula en mitosis o en meiosis?**
- ¿En qué fase está?**



5. El entrecruzamiento es un proceso muy importante de la meiosis. Indica en qué fase de la meiosis se produce y, muy brevemente , por qué es importante.

6. En las figuras de la ilustración aparecen tres células (A, B y C) de una especie animal con  $2n=4$  cromosomas. ¿En qué fase de la mitosis o de la meiosis está cada una de ellas?

