



# BIOLOGÍA

**2º BACHILLERATO**

**TEMA 14: División celular: Mitosis y meiosis**

# TEMA 14. DIVISIÓN CELULAR

## CONTENIDO

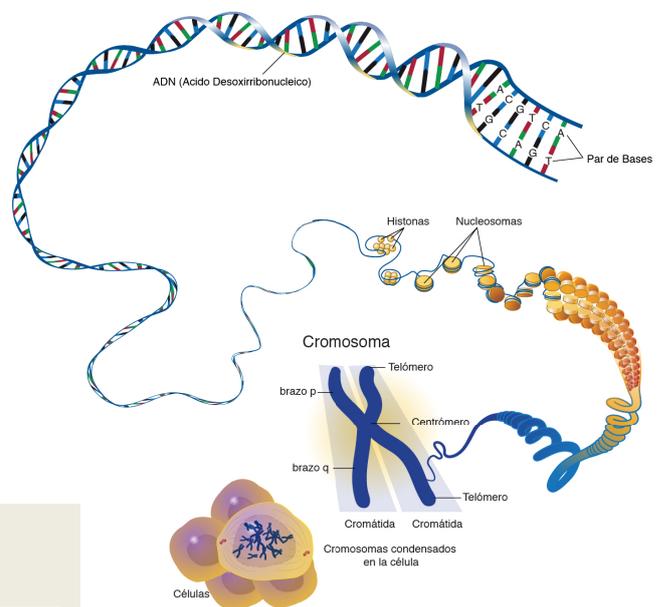
1. CROMOSOMAS
2. CICLO CELULAR
3. DIVISIÓN CELULAR
  - 3.1. MITOSIS.
  - 3.2. MEIOSIS
4. DIFERENCIAS ENTRE MITOSIS Y MEIOSIS.
5. CICLOS BIOLÓGICOS

## CROMOSOMAS

**ADN:** molécula larga de DNA asociada a unas proteínas que llamadas **histonas** que participan en su empaquetamiento y protección.

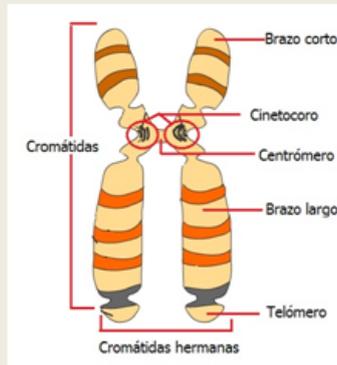
**Cromatina:** El conjunto de moléculas de ADN junto con las histonas y otra serie de proteínas se denomina cromatina. (Ver tema 6)

**Cromosoma:** sucesivo empaquetamiento del ADN, que va aumentando su densidad, da lugar a los cromosomas mitóticos, que es el grado máximo de empaquetamiento.



### ESTRUCTURA

Los cromosomas mitóticos como el de la figura están formados por **dos moléculas de ADN repetidas** que se condensan gracias a proteínas histonas y se mantienen unidas por una zona llamada **CENTRÓMERO** en la que se localizan los **CINETOCOROS** a partir de los cuales se forman microtúbulos durante la mitosis. En cada cromosoma se distinguen dos partes que son idénticas las **CROMÁTIDAS HERMANAS**, que se a su vez se dividen en dos partes que se denominan **BRAZOS**.

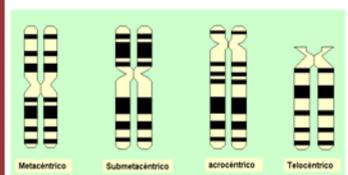


### Tipos de cromosomas según la forma

Los cromosomas se clasifican atendiendo su morfología en:

- a) **Acrocéntricos**, uno de los brazos mucho más grande que el otro
- b) **Submetacéntricos**, menos diferencia entre brazos
- c) **Metacéntricos**, los dos brazos iguales
- d) **Telocéntrico**: sólo se aprecia un brazo del cromosoma al estar el centrómero en el extremo

Clases de cromosomas por la posición del centrómero:

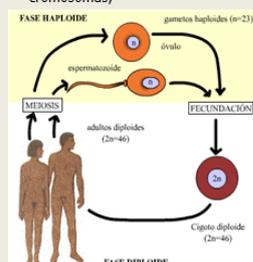


### CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL NÚMERO

**DIPLOIDES (2n)** Dos juegos de cromosomas, con un juego de cromosomas materno y otro



**HAPLOIDES (n)** un solo juego de cromosomas,



## CICLO CELULAR

### INTERFASE

#### Fase G1

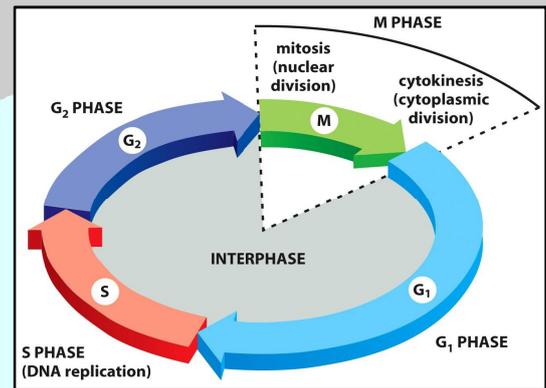
Fase de **crecimiento** celular en la que se llevan a cabo procesos de **biosíntesis de proteínas y material celular**. Según que células puede durar horas, días, meses o años. Algunas células pueden detener su ciclo celular aquí y entrar en un estado de reposo G0 equivalente a una fase G1 permanente.

#### Fase S

**Síntesis de histonas y replicación del ADN.** Cada cromosoma se duplica y queda formado por dos cromátidas idénticas. Tiene una duración de unos 6-8 horas

#### Fase G2

Fase de preparación para la división celular. Continúa la **síntesis de proteínas y ARN**. Termina cuando las **cromátidas empiezan a condensarse al inicio de la mitosis**. Tiene una duración entre 3 y 4 horas.



### DIVISIÓN CELULAR O FASE M

Fase de división de la célula. **Comprende la mitosis en la que se divide el núcleo y la citocinesis que es la división del citoplasma.**

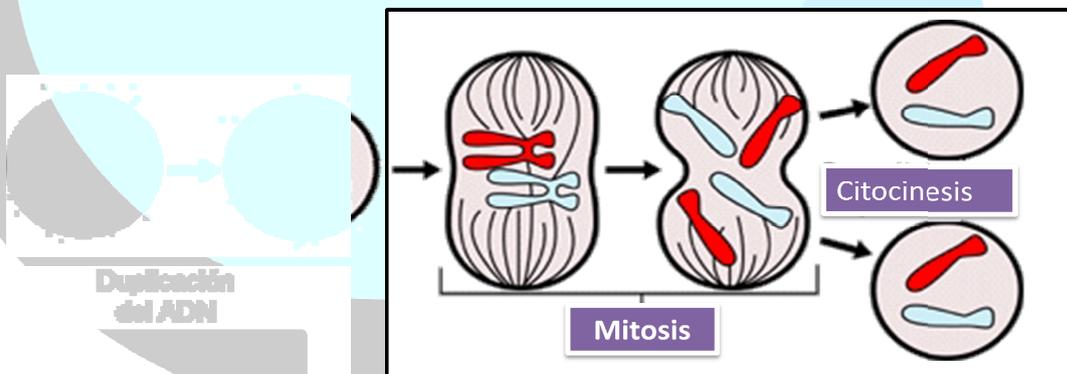
En el control del ciclo celular interviene varios factores:

- I. **Regulación enzimática.** Lo realizan dos tipos de proteínas; ciclinas y quinasas dependientes de ciclinas que actúa en el punto de restricción del paso de la fase G1 a la S.
- II. **Factores de crecimiento.**
- III. **Otros factores:** edad, temperatura y el tamaño celular

## DIVISIÓN CELULAR

### MITOSIS.

La célula madre se divide para dar origen a dos células hijas con idéntico número de cromosomas que la progenitora.

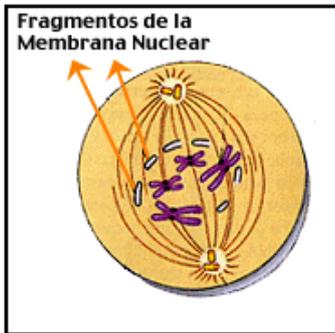


Fase M

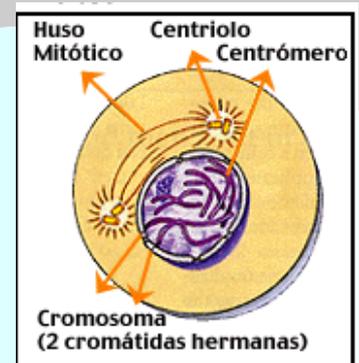
La mitosis comprende cuatro fases:

### PROFASE

- La **cromatina** se condensa para formar los **cromosomas**, constituidos por **dos cromátidas hermanas unidas por el centrómero**
- La **envoltura nuclear** se **fragmenta** y comienza a disolverse.
- **Desaparición del nucleolo**



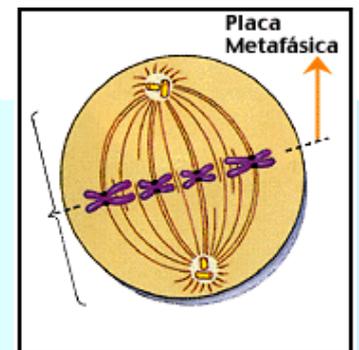
• En esta fase el **complejo centriolar** del centrosoma se duplica y comienzan a **alejarse** a polos opuestos del núcleo, al tiempo que se forman **nuevas fibras de microtúbulos** que constituyen el **huso mitótico**.



• Las células **animales**, que poseen **centriolos** y por tanto forman áster realizan una **mitosis llamada astral**, para diferenciarla de la mitosis anastral que realizan las células vegetales que carecen de centriolos. En estas las fibras del huso se forman en una región del citoplasma cercana al núcleo y libre de orgánulos que se conoce como zona clara.

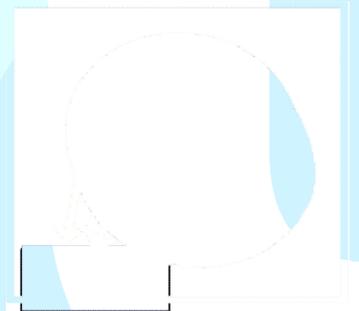
### METAFASE

- Se forman los **microtúbulos cinetocóricos** perpendiculares al eje del cromosoma.
- Los **cromosomas** comienzan a **orientarse** respecto a los polos, de modo que cada **cinetocoro** se encuentra frente a uno de los polos
- Finalmente se sitúan en el plano medio de la célula unidos por medio de sus **fibras cinetocóricas** a las fibras del huso acromático, formando la **placa ecuatorial o metafásica**.



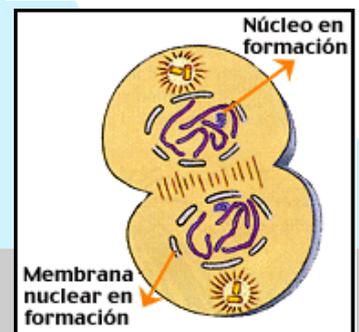
### ANAFASE

• Las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan y se convierten en cromosomas independientes que son desplazados, a la misma velocidad y simultáneamente, hacia el polo que miran sus cinetocoros. Esto es posible por un acortamiento de los microtúbulos cinetocóricos y un alargamiento de los microtubulos polares que alargan el huso y alejan ambos polos.



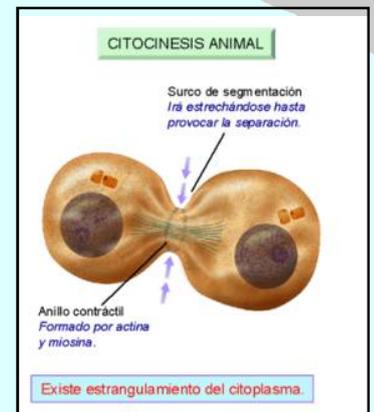
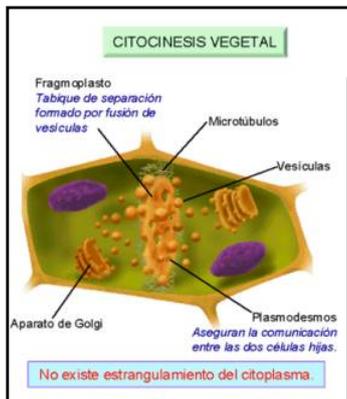
### TELOFASE

- Termina la **migración** de los **cromosomas**.
- El **huso** acromático se **desorganiza**.
- Alrededor de cada grupo cromosómico se forma una **nueva membrana nuclear**. Así se forman dos nuevos núcleos.
- Los **cromosomas** se desenrollan y adquieren el **aspecto de cromatina**.



## CITOCINESIS

- Consiste en la **división** del **citoplasma**.
- Suele empezar en la **telofase de la mitosis** y por lo general divide la célula en dos partes más o menos iguales.
- El proceso es **diferente** en células **animales y vegetales**:
- En las células **animales** la membrana celular empieza a estrecharse en la zona donde estaba el ecuador del huso que poco a poco se va profundizando para convertirse en un **surco** que no tarda en romperse para así separar las dos **células hijas**. Esta constricción se realiza gracias al **anillo periférico contráctil** formado por microfilamentos de **actina** asociada a **miosina**.
- En las células **vegetales** la citocinesis se produce por la formación de un tabique denominado **fragmoplasto** entre los dos nuevos núcleos. Este tabique va creciendo del centro hacia la periferia de la célula, hasta que sus membranas hacen contacto con la membrana plasmática celular.



## 3.2. MEIOSIS

El **número de cromosomas** es igual en todas las células **somáticas** de los individuos de una misma especie, siendo característico de las diferentes especies: Homo sapiens 46 cromosomas, Canis domesticus (perro) 78, Licopersicum sculentum (tomate) 36. Este número de cromosomas se denomina **número diploide** y se designa  $2n$ , ya que está formado por pares de cromosomas, denominados **cromosomas homólogos**. Los pares homólogos proceden del gameto masculino y del gameto femenino, y se reúnen en el momento de la fecundación. Los gametos poseen por tanto  $n$  cromosomas o número haploide.

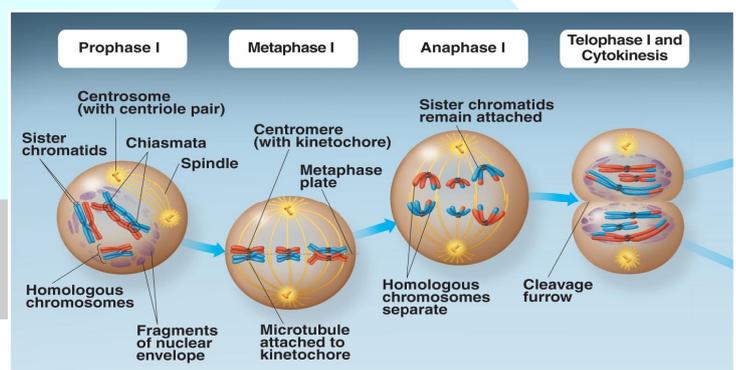
Las células **germinativas**, a partir de las cuales se originan los **gametos**, son células diploides ( $2n$ ). Por tal motivo estas células tienen que sufrir una **reducción cromosómica**. Esta reducción es posible gracias a la **meiosis** que consiste básicamente en dos divisiones consecutivas de la célula, con una sola división cromosómica. El resultado es que a partir de una célula  $2n=46$  se obtienen **cuatro células  $n=23$** .

Tal y como ocurre en la mitosis, durante las fases previas S y G<sub>1</sub>, se produce la duplicación de los cromosomas, los cuales quedan unidos a través del centrómero. A partir de aquí la meiosis transcurre en dos divisiones sucesivas:

### PRIMERA DIVISIÓN MEIÓTICA

#### Profase I

Los cromosomas se condensan hasta hacerse visibles. Las parejas de cromosomas homólogos intercambian fragmentos de ADN en un proceso llamado **sobrecruzamiento**, que hace que las células hijas sean genéticamente distintas a la célula madre.

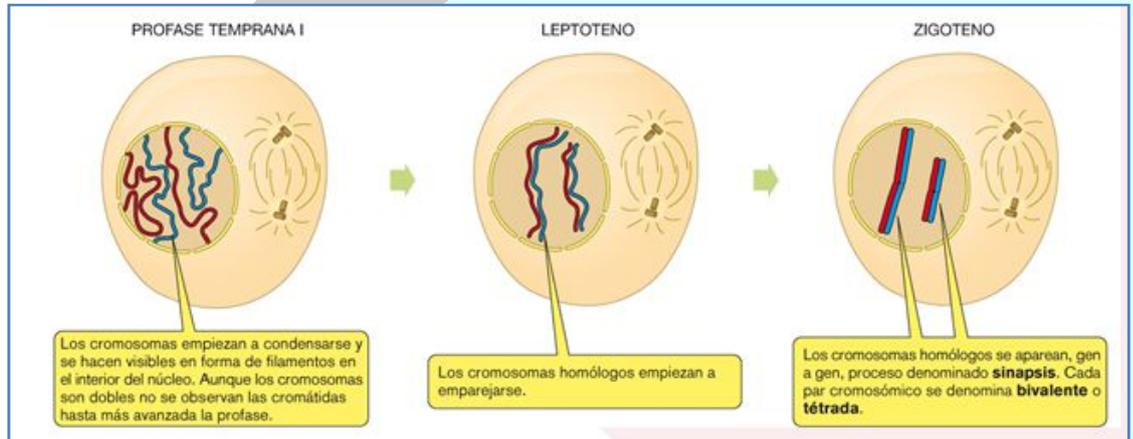


Se distinguen varias fases

**1.1. Leptoteno:** Los  **cromosomas**  se hacen visibles por  **condensación** . Sin embargo no se distinguen las cromátidas hermanas pues permanecen estrechamente unidas. Los cromosomas forman bucles de manera que sus extremos se unen a la cara interna de la envoltura nuclear a través de las placas de unión.

**1.2.**

**Zigoteno:** Los cromosomas homólogos se aparean punto por punto, de forma íntima, en toda su longitud. Cada pareja de cromosomas denomina  **bivalente**  o  **tetrada** . Este

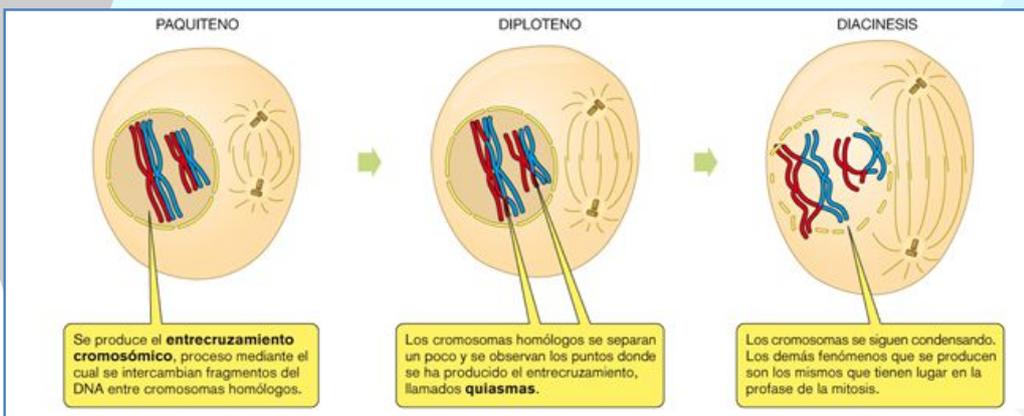


emparejamiento de los cromosomas homólogos se denomina  **sinapsis**  y queda estabilizado y mantenido hasta el final de la siguiente fase gracias a la formación de una estructura proteica en forma de cinta denominada  **complejo sinaptonémico** . La sinapsis se produce entre todos los cromosomas homólogos excepto entre los cromosomas X e Y, que solo se aparean parcialmente.

**1.3. Paquiteno:** Los cromosomas se encogen haciéndose más grueso. Durante esta fase se produce el  **intercambio de fragmentos cromatídico entre cromátidas no hermanas de los cromosomas homólogos** , mediante un procesos complejo conocido como  **sobrecruzamiento**  y que es la causa de la  **recombinación genética** .

**1.4. Diploteno:** Desaparece el complejo sinaptonémico lo que provoca la  **separación**  de los cromosomas  **homólogos** . La separación no es total pues las cromátidas no hermanas permanecen unidas por zonas denominadas  **quiasmas** , que son los puntos por donde se produjo el  **sobrecruzamiento** .

**1.5. Diacinesis:** La  **condensación**  de las  **tétradas**  es máxima. Las cromátidas no hermanas permanecen unidas por los



quiasmas que se han desplazado a los extremos de los cromosomas homólogos. Al final de esta fase comienza la desintegración de la envoltura nuclear y del nucleolo, al tiempo que se duplica el diplosoma, se forma el

áster y se inicia la formación del huso con microtúbulos polares.

**Metafase I**

Al llegar a esta etapa la membrana nuclear y los nucleolos han desaparecido y cada pareja de cromosomas homólogos ocupa un lugar en el plano ecuatorial. En esta fase los centrómeros no se dividen; esta ausencia de división presenta una diferencia importante con la mitosis. Los **dos centrómeros de una pareja de cromosomas homólogos se unen a fibras del huso de polos opuestos.**

**Anafase I**

La anafase comienza con los cromosomas moviéndose hacia los polos. **Cada miembro de una pareja homóloga se dirige a un polo opuesto**

**Telofase I y citocinesis**

Esta telofase y la interfase que le sigue, llamada **intercinesis**, son aspectos variables de la meiosis I. En muchos organismos, estas etapas ni siquiera se producen y las células pasan directamente a la meiosis II. Al final se forman **dos células hijas haploides con la mitad de cromosomas que la célula madre.**

**SEGUNDA DIVISIÓN MEIÓTICA**

**Profase II**

Esta fase se caracteriza por la presencia de cromosomas compactos en número haploide. Se forma de nuevo el huso y los cromosomas se mueven hacia la placa ecuatorial.

**Metafase II**

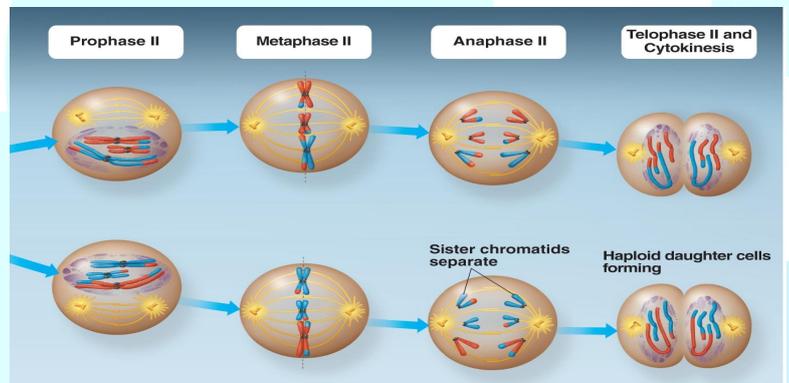
En esta fase, los cromosomas se disponen en el plano ecuatorial.

**Anafase II**

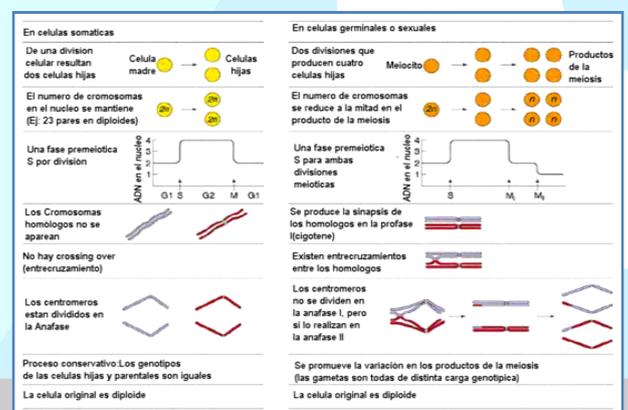
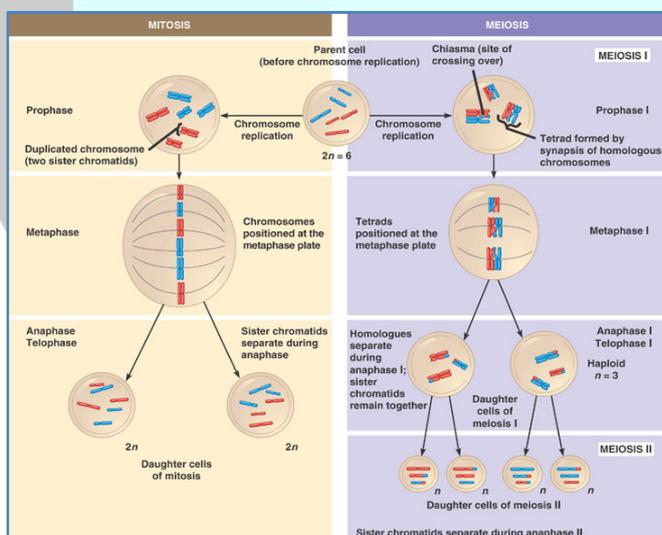
Los centrómeros se separan y las cromátidas son arrastradas por las fibras del huso acromático hacia los polos opuestos

**Telofase II y citocinesis**

En los polos, se forman de nuevo los núcleos alrededor de los cromosomas.

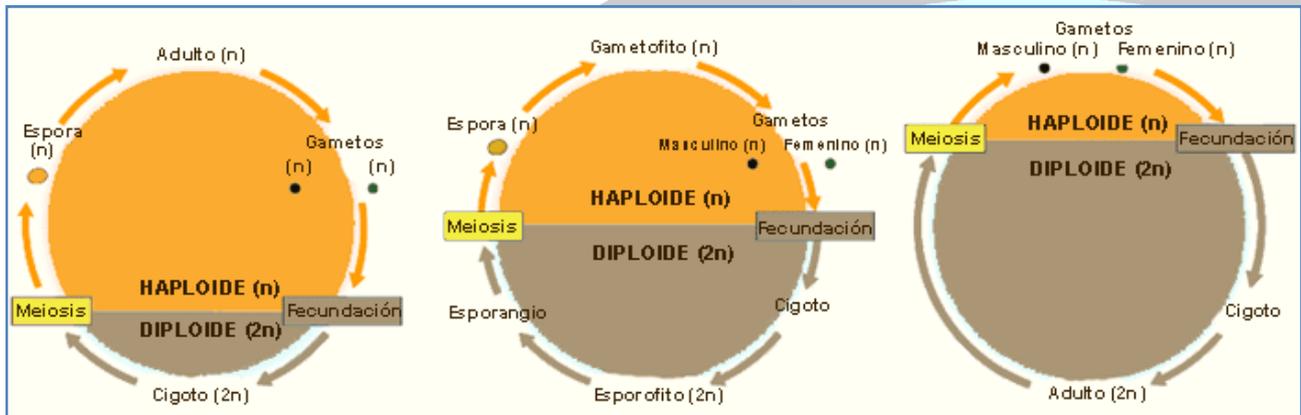


**DIFERENCIAS ENTRE MITOSIS Y MEIOSIS.**



## CICLOS BIOLÓGICOS

En función del instante en que se produce la meiosis, se distinguen tres tipos de ciclos biológicos:



a) **En el ciclo haplonte**, la meiosis se produce inmediatamente **después de la fecundación** (meiosis zigótica). Cada una de las cuatro células haploides resultantes dará lugar a un individuo adulto haploide. En el adulto se formarán gametos por mitosis que, al unirse con los de otro individuo, formarán un **cigoto diploide**, comenzando de nuevo el ciclo. Este ciclo se da en algunas algas y hongos.

b) **El ciclo haplodiplonte** se da en los **vegetales superiores**. La meiosis tiene lugar al formarse las esporas (meiosis esporogénica). Una forma adulta de **planta diploide**, denominada esporofito, desarrolla unos esporangios, donde células diploides producen por meiosis **esporas haploides** (meiosporas). Estas esporas, al germinar, dan lugar a una forma **adulta haploide**, denominada gametofito, en la que se forman los **gametos haploides**. Tras la fecundación, el cigoto diploide da lugar a una nueva fase esporofítica diploide.

c) **El ciclo diplonte** se da en los **animales** y, excepcionalmente, en **algunas plantas**. La meiosis tiene lugar al formarse los gametos (meiosis gametogénica). Tras la fecundación, el **cigoto diploide** origina un **adulto diploide**. En este ciclo, sólo los **gametos** presentan una dotación cromosómica **haploide**.