

TEMA 4 - LA DIVISIÓN CELULAR

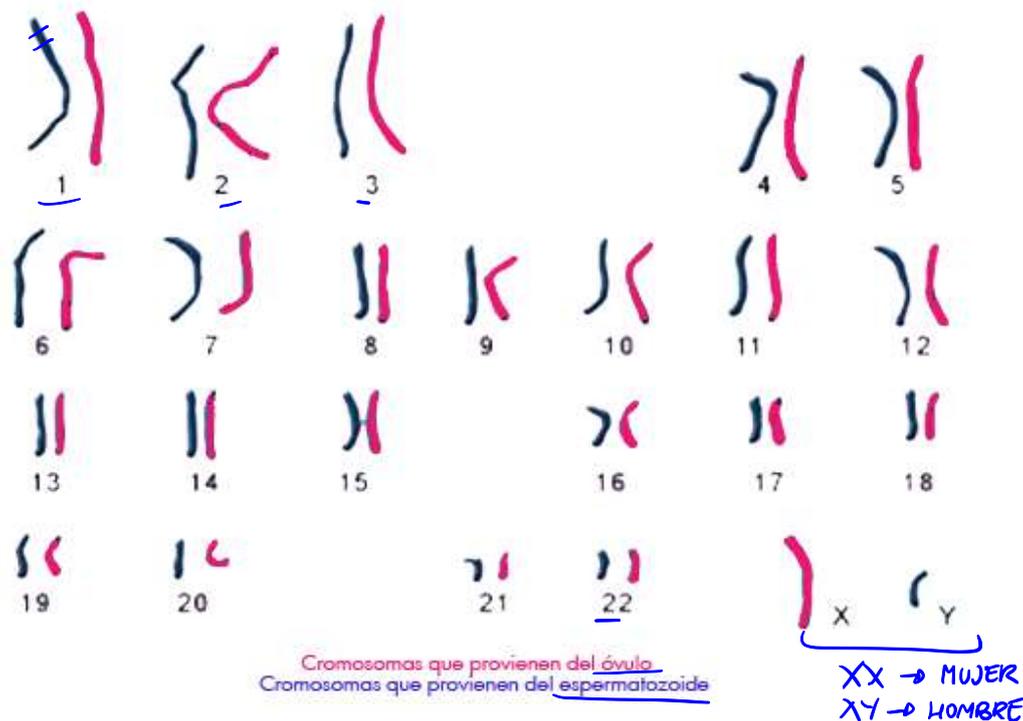
Contenido

1. CÉLULAS HAPLOIDES Y CÉLULAS DIPLOIDES	124
2. EL CICLO CELULAR	125
2.1. La interfase	126
2.2. La fase mitótica	126
2.2.1. La mitosis.....	127
2.2.2. La citocinesis o citoquinésis	129
3. LA MEIOSIS.....	130
3.1. Fases de la meiosis.....	133
3.2. Significado biológico de la meiosis	139
3.3. Diferencias entre mitosis y meiosis	140
4. REPRODUCCIÓN ASEJUAL Y SEXUAL. TIPOS DE REPRODUCCIÓN ASOCIADOS A LA DIVISIÓN CELULAR	142
4.1. Reproducción Asexual	142
4.1.1. La gemación	142
4.1.2. La bipartición	143
4.1.3. La esporulación	144
4.1.4. La fragmentación.....	144
4.2. Reproducción sexual	145
4.2.1. Diferencias entre la reproducción asexual y sexual.....	145
4.3. Reproducción parasexual	146

1. CÉLULAS HAPLOIDES Y CÉLULAS DIPLOIDES

Las **células diploides (2n)** son las células del organismo que tienen el número y la composición de cromosomas normal (en el caso de la especie humana, 23 pares, en total 46 cromosomas). Son todas las células del organismo a excepción de las células reproductoras o gametos (óvulos y espermatozoides). Se les denomina **células somáticas** y son las que conforman el crecimiento de los tejidos y órganos de un ser vivo pluricelular, las cuales proceden de células madre originadas durante el desarrollo embrionario y que sufren un proceso de proliferación celular.

También se dice que son las que poseen dos series de cromosomas, en alusión a la serie aportada por el padre (23 cromosomas) y a la serie aportada por la madre (23 cromosomas), para formar los 23 pares (en total 46 cromosomas).

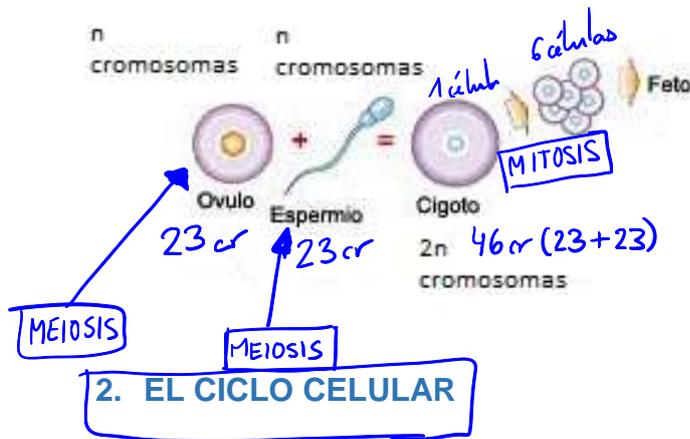


El par 23 representa el sexo del individuo en el caso humano. Puede haber dos tipos de cromosomas, el tipo X y el tipo Y. Si en el par hay dos cromosomas X (XX), el sexo será femenino, mientras que si hay uno de cada (XY) el sexo será el masculino.

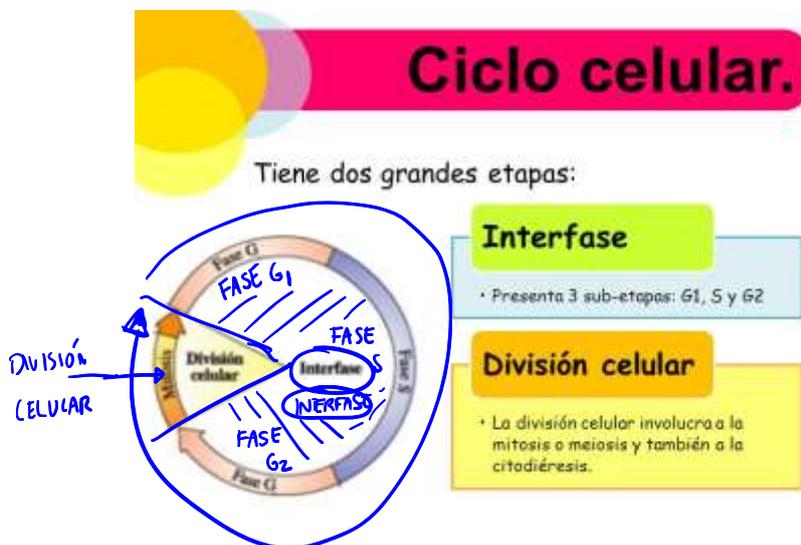
Una **célula haploide** (n) es aquella que contiene un solo juego de cromosomas, es decir, la mitad del número normal de cromosomas en células diploides. De modo más sencillo, célula haploide es aquella que tiene la mitad de los cromosomas (es decir 23 cromosomas, en el ser humano). En número haploide se representa por n .

Las células reproductoras o gametos, como los óvulos y los espermatozoides de los mamíferos y algunas algas contienen un solo juego de cromosomas, mientras que el resto de las células de un organismo superior suelen tener dos juegos de ellos (o su dotación completa de cromosomas, un juego aportado por el padre y un juego aportado por la madre).

Cuando los gametos se unen durante la fecundación, el huevo fecundado contiene un número normal de cromosomas ($2n = 46$): se convierte en una célula diploide.



El ciclo celular comprende el período de tiempo, que va desde que se forma una célula hasta que se divide, dando así lugar a nuevas células. Se divide en dos etapas, la etapa de interfase o de no división y la fase mitótica o de división.



2.1. La interfase

La interfase es un proceso de duración muy variable: horas, días, semanas o años, dependiendo del tipo de célula. En esta etapa se diferencian a su vez tres fases:

- **Fase G₁**: también llamada fase del primer intervalo. Aquí la célula crece físicamente, copia los orgánulos y hace componentes moleculares como enzimas que necesitará en etapas posteriores.

(TRANSCRIPCIÓN Y TRADUCCIÓN)
ADN → ARNm ARNm → Proteínas

- **Fase S**: En la fase S, la célula sintetiza una copia completa del ADN en su núcleo (duplicación del ADN). También duplica el centrosoma. Los centrosomas ayudan a separar el ADN durante la fase mitótica.

46 cromosomas → 92 cromosomas

- **Fase G₂**: Durante la fase del segundo intervalo, la célula crece más, hace proteínas y orgánulos, y comienza a reorganizar su contenido en preparación para la mitosis, de forma que los cromosomas empiezan a condensarse. Esta fase termina cuando la mitosis comienza.

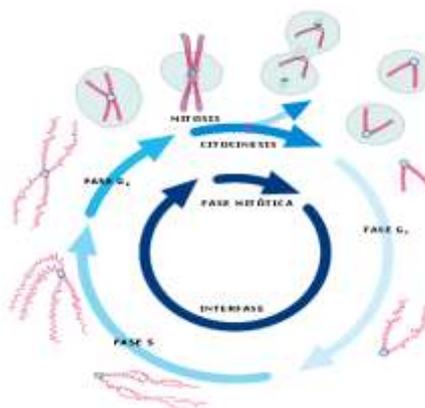
SE DUPLICAN MITOCONDRIAS Y CLOROPLASTOS

2.2. La fase mitótica

La fase mitótica dura aproximadamente una hora, y se divide en dos fases:

- **Mitosis**: Es el proceso de división nuclear con un reparto exacto de cromosomas (con su información genética) entre los dos núcleos resultantes.

- **Citocinesis**: Es el proceso de segmentación del citoplasma y la consiguiente formación de dos células hijas.

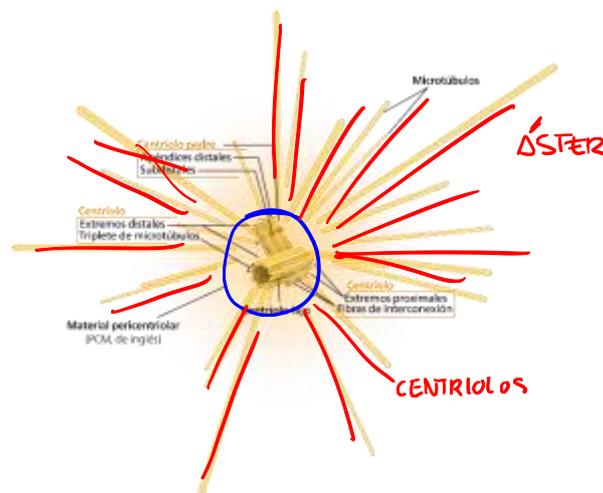


2.2.1. La mitosis

La mitosis es un tipo de división nuclear de células diploides, donde se generan 2 células hijas, con igual número de cromosomas que la célula madre, es decir si la célula madre tiene $2n$ cromosomas, las células hijas tendrán $2n$ cromosomas.

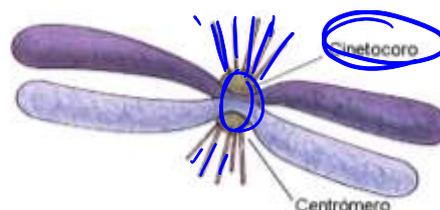
La mitosis presenta 4 fases:

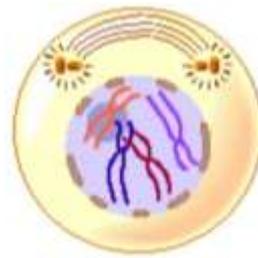
- **Profase:** Se inicia cuando se empiezan a visualizar los cromosomas, la cromatina comienza a condensarse formando los cromosomas, en cada cromosoma se distinguen 2 cromátidas hermanas unidas por el centrómero. Empieza a desaparecer el nucleólo y se inicia la formación del huso mitótico, que se origina a partir de un par de centriolos, a cada uno le corresponde un centro mitótico, del cuál salen haces de microtúbulos, el áster.



Al final de la profase, se produce la desintegración de la membrana nuclear, la penetración del huso en el área nuclear y la formación de cinetocoros de origen protéico, que forman parte de los centrómeros y forman unas fibras que interaccionan con las fibras del denominado huso mitótico o acromático, que son unos microtúbulos que parten desde los centriolos hasta los cromosomas.

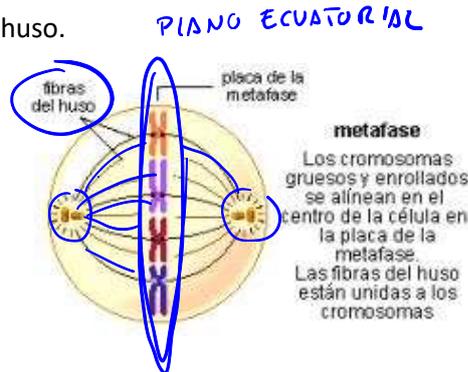
- Los microtubulos se adhieren a los cinetocoros y los cromosomas comienzan a moverse



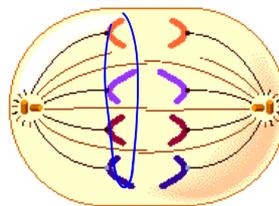


Profase
Los cromosomas se condensan y la membrana nuclear desaparece

- **Metafase:** Los cromosomas, dirigidos por el huso mitótico, se desplazan hacia el plano ecuatorial de la célula, alineándose en la llamada placa metafásica. Al parecer son las fibras cinetocóricas las responsables de la colocación de los cromosomas a una distancia media de los polos del huso.

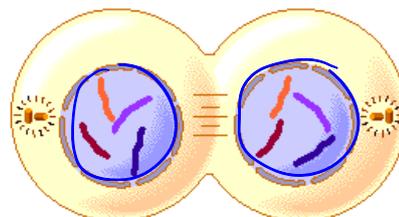


- **Anafase:** Se inicia con la separación simultánea de todos los cromosomas en sus correspondientes cromátidas. A continuación, cada juego de cromosomas, arrastrados por el huso mitótico, va hacia cada uno de los polos opuestos de la célula.



Anafase
Los cromosomas se han separado en sus dos cromátidas y cada una se dirige a un polo celular

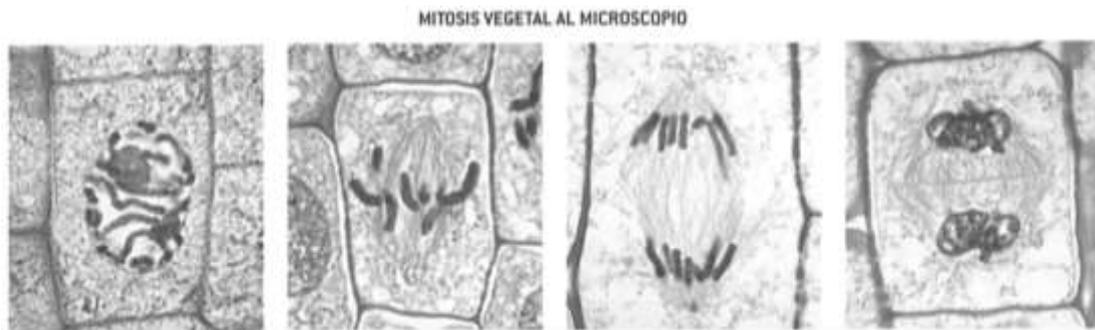
- **Telofase:** Los microtúbulos del huso van desapareciendo, se forman nuevas membranas nucleares alrededor de cada uno de los dos conjuntos de cromosomas situados en ambos polos, y se reorganizan los respectivos nucléolos. Al final habrá dos núcleos, cada uno con una dotación completa de cromosomas formados por una sola cromátida que poco a poco se va descondensando.



Telofase
Los cromosomas están en los polos y son más difusos. La membrana nuclear se vuelve a formar. El citoplasma se divide

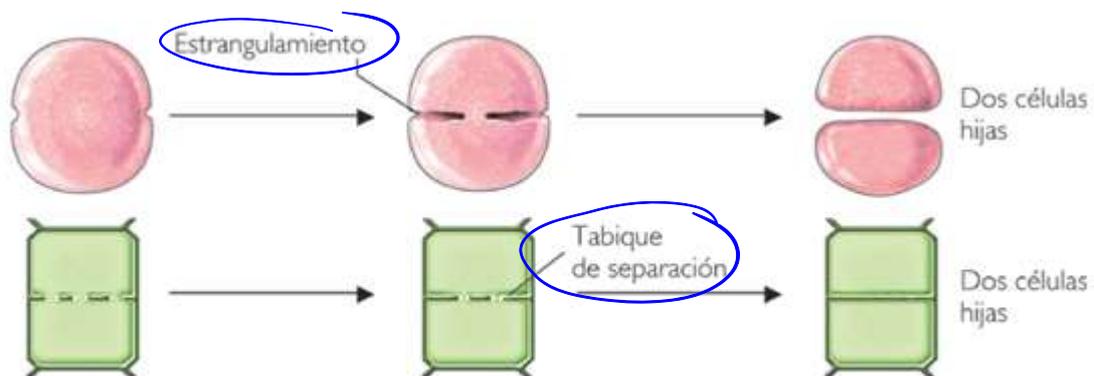
La duración de todo el proceso mitótico es variable según las condiciones y el tipo de célula, pero normalmente suele durar entre 30 minutos y 3 horas. La profase es la de mayor duración.

La mitosis es un proceso común a todas las células eucarióticas que garantiza que las células hijas tengan los mismos cromosomas que la célula madre y, por tanto, la misma información genética.



2.2.2. La citocinesis o citoquinésis

La citocinesis es un proceso celular paralelo a la mitosis cuya finalidad es la división del citoplasma de la célula madre entre las células hijas. No es igual en las células animales y vegetales debido a las características fisiológicas de cada una.

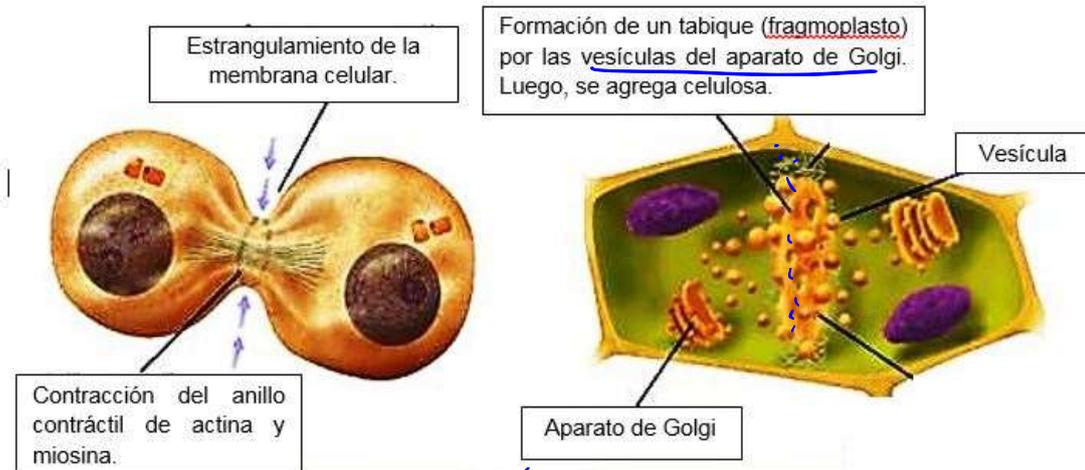


Las **células animales** experimentan una división de su citoplasma mediante un proceso de **estrangulación** que comienza a finales de la anafase y ello se acentúa tras la telofase. Se inicia mediante la aparición de un anillo contráctil formado por microtúbulos que se sitúa en la mitad del huso mitótico. Tras la retirada de los cromosomas, en el centro, el anillo empieza a estrangular la célula por la mitad y al final consigue su división en dos.

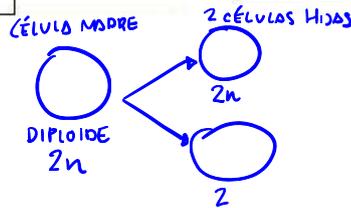
Las **células vegetales** se caracterizan por una citocinesis basada en la **tabicación**, ya que la pared celular no permite la estrangulación. A finales de la telofase se forma el fragmoplasto, formando una nueva pared celular. La división en un principio no es total sino que solo se divide los citoplasmas y están interconectados por plasmodesmos, unos poros de comunicación entre ambas células.

CITOCINESIS EN UNA CÉLULA ANIMAL

CITOCINESIS EN UNA CÉLULA VEGETAL



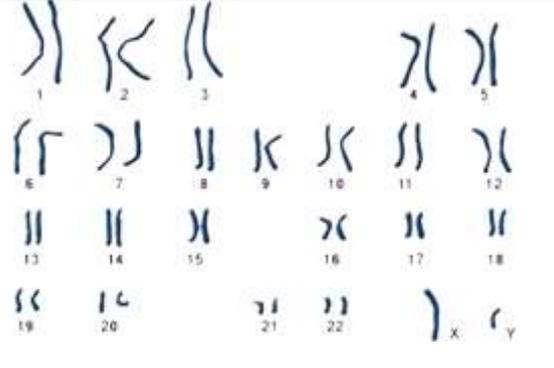
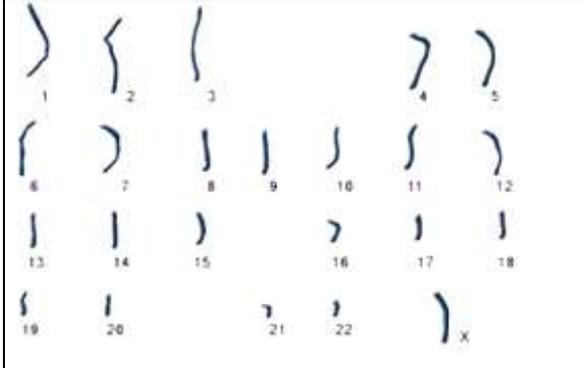
3. LA MEIOSIS



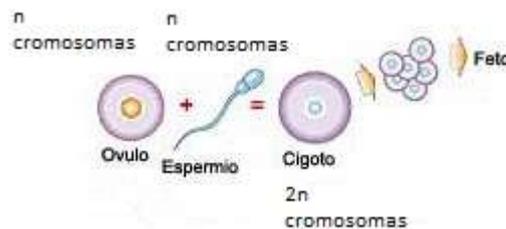
Existen especies con células diploides y especies con sólo células haploides. En las especies haploides (n), la dotación cromosómica está constituida por una sola serie de cromosomas, es decir, por n cromosomas. En la especie humana existen células haploides, los gametos (óvulos y espermatozoides), que contiene cada uno 23 cromosomas distintos, y por tanto no tienen parejas de cromosomas homólogos.

La meiosis en el caso de los humanos es un proceso básico en la reproducción sexual, que se produce para dar lugar a las células reproductoras o gametos. Consiste en dos divisiones celulares consecutivas.

Este proceso se produce en células diploides, pero se originan cuatro células hijas haploides. Una célula haploide es aquella que no tiene pares de cromosomas (en general, n cromosomas). Las células humanas diploides tienen 23 pares de cromosomas (por tanto, 46 cromosomas), pero las haploides solo tienen 23 cromosomas no emparejados. Las únicas células haploides humanas son los óvulos y los espermatozoides.

	
<p><i>Cromosomas de una célula somática diploide humana (23 pares = 46 cromosomas)</i> <i>Cualquier célula menos óvulos y espermatozoides</i></p>	<p><i>Cromosomas de una célula haploide humana (23 cromosomas)</i> <i>Óvulos y espermatozoides</i></p>

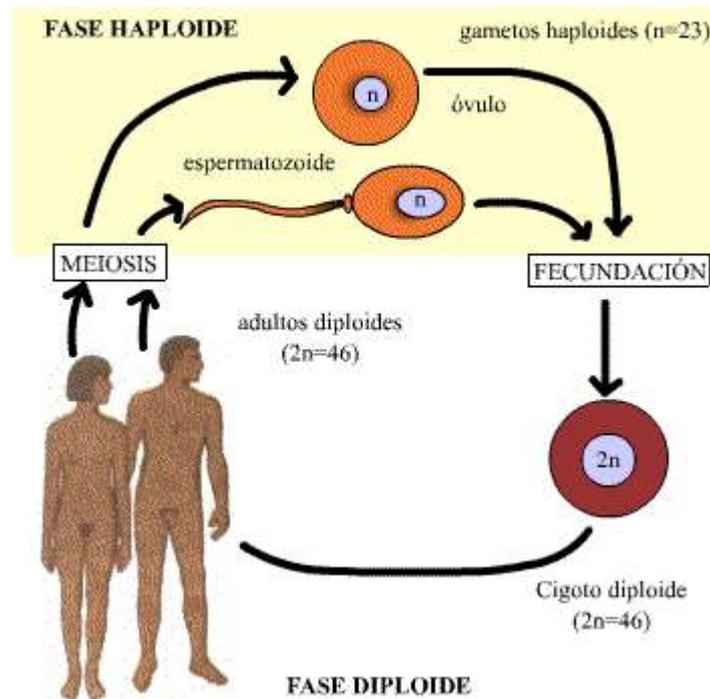
El hecho de por qué las células reproductoras tienen sólo 23 cromosomas es sencillo. En el momento de la fecundación, se unen un óvulo (23 cromosomas) y un espermatozoide (23 cromosomas), formándose una nueva célula (cigoto), que es la primera célula del nuevo individuo, que será diploide, pues tendrá 23 pares de cromosomas (se emparejan cromosomas homólogos de óvulo y espermatozoide)..



Mediante la meiosis, una célula diploide con “n” pares de cromosomas (2n cromosomas) en su núcleo, dará lugar a cuatro gametos (óvulos o espermatozoides) con la mitad de cromosomas: sólo “n”.

Mediante la mitosis, cada célula hija recibe una cromátida de cada cromosoma. En realidad, las dos cromátidas hermanas de un cromosoma son copias exactamente iguales que la célula materna había hecho de su cromosoma original. De este modo, las dos células hijas reciben el mismo número y los mismos cromosomas que poseía la célula materna y, por tanto, se garantiza que el número de cromosomas se mantenga constante de generación en generación.

Se puede decir que los seres vivos a lo largo de su ciclo biológico presentan dos fases: una en la que son diploides y otra en la que son haploides. La fase diploide se desarrolla desde la formación del cigoto hasta la meiosis. La fase haploide transcurre desde la meiosis hasta la formación de un nuevo cigoto a partir de la fecundación de dos gametos.



Según el momento en que se produce la meiosis a lo largo del ciclo biológico, se distinguen tres tipos de ciclos biológicos: haplontes, diplontes y diplohaplontes.

a) Ciclo haplonte

Es característico de seres vivos que poseen una dotación cromosómica haploide (n), como ocurre en los algunos **protocistas** y algunos **hongos**. En estos organismos, la meiosis tiene lugar inmediatamente después de la fecundación tras la formación del cigoto diploide (meiosis cigótica). Así, el cigoto se divide por meiosis y da lugar a cuatro células haploides, cada una de las cuales originará un individuo haploide.

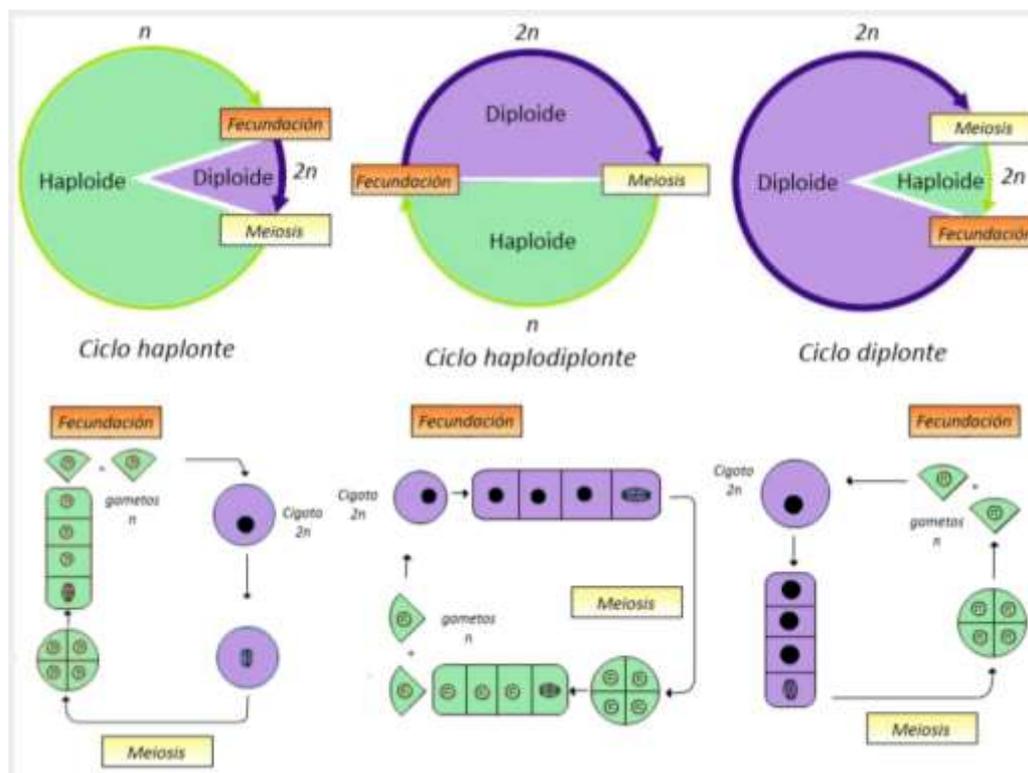
b) Ciclo diplonte

Es característico de organismos que, en estado adulto, presentan dotación diploide ($2n$), como los **animales**, algunas **algas**, la mayoría de los **protozoos** y muchas especies de **hongos**. La meiosis tiene lugar al formarse los gametos. Tras la fecundación, el cigoto diploide originará un individuo, que cuando sea adulto formará gametos haploides por meiosis. Es un ciclo, por tanto, en el que las células adultas son diploides y solo los gametos son haploides.

c) Ciclo diplohaplonte

Es propio de organismos que presentan alternancia de fases en su ciclo biológico con dos tipos de individuos, haploides y diploides. Es característico de las **plantas**. En este ciclo, después de la fecundación de los gametos, el cigoto originado se desarrolla por mitosis y origina un individuo adulto diploide: el esporofito. Éste origina por meiosis un gran número de esporas haploides (meiosporas), que germinan y se desarrollan por mitosis, dando lugar a un individuo adulto haploide: el gametofito. Sobre el gametofito se formarán los nuevos gametos, y tras la fecundación se formará un nuevo cigoto diploide.

Los organismos diplohaplontes presentan una alternancia de generaciones, el gametofito, que se reproduce sexualmente por gametos, y el esporofito, que se reproduce asexualmente por esporas.



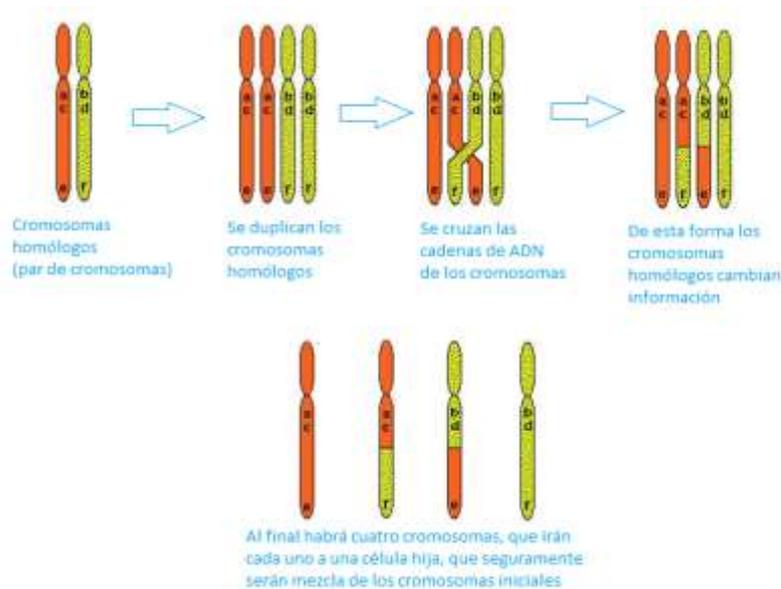
3.1. Fases de la meiosis

El proceso de la meiosis tiene una duración variable, pero es mucho más largo que la mitosis. A lo largo del mismo tienen lugar dos divisiones sucesivas, cada una de ellas similar a una mitosis, por lo que, para su estudio, se divide en las siguientes fases:

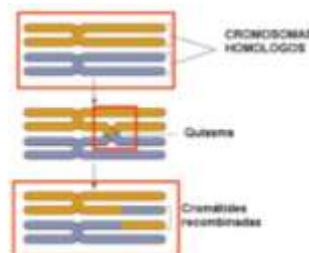
1. Primera división meiótica.

Como en la mitosis, cada cromosoma se habrá replicado previamente en dos cromátidas genéticamente idénticas, pero en lugar de separarse se comportan al principio como una sola unidad. En esta división se distinguen:

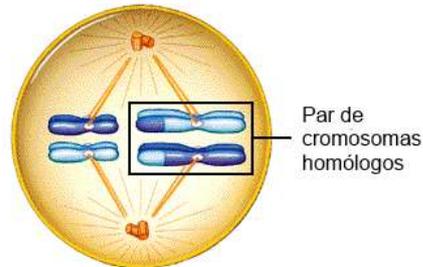
- **Profase I:** Los cromosomas se van condensando. Al mismo tiempo, cada pareja de cromosomas homólogos se reconocen, y se van apareando o uniendo a lo largo de toda su longitud, mediante el proceso de sinapsis cromosómica, originando un bivalente de dos cromosomas y cuatro cromátidas. Ahora tendrá lugar un acontecimiento de gran trascendencia: el entrecruzamiento cromosómico o recombinación genética, en el que los cromosomas no hermanos (uno de origen paterno y otro materno) intercambian fragmentos de cromátidas, recombinándose la información hereditaria procedente del padre y de la madre. Posteriormente los cromosomas se separan en algunos puntos y permanecen unidos en otros llamados *quiasmas*. Al final de esta fase, por fin, se hacen visibles las dos cromátidas de cada cromosoma.



• **Quiasma es el punto (lugar físico) donde ocurre intercambio de material genético o "crossing over"**



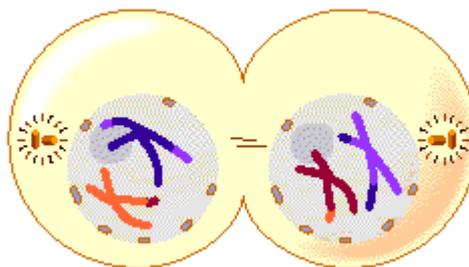
- **Metafase I:** Los cromosomas se disponen en el plano ecuatorial de la célula, pero, al contrario de la mitosis, los microtúbulos del huso se unen por un solo lado al cinetocoro de los cromosomas.



- **Anafase I:** Se separan los quiasmas y un juego completo de cromosomas se desplaza hacia cada polo de la célula.



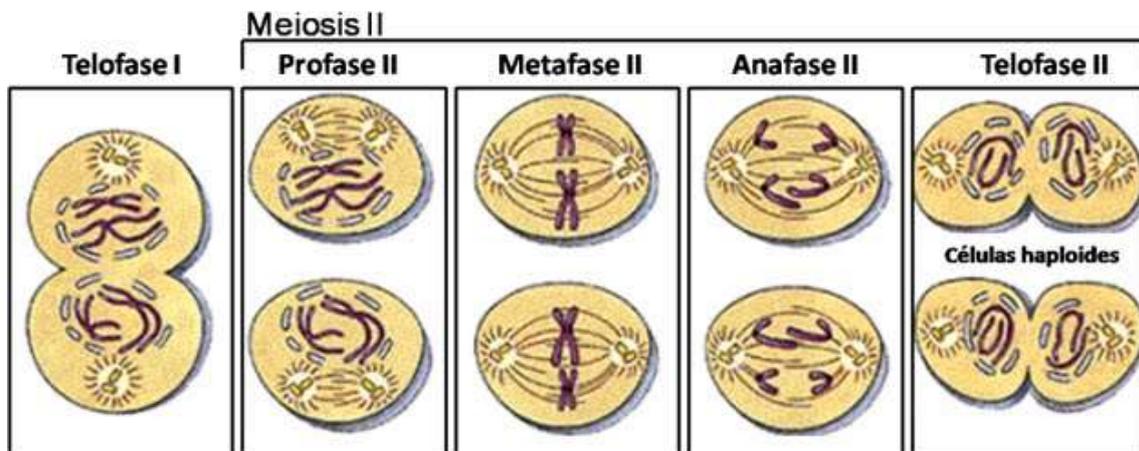
- **Telofase I:** Se forman dos núcleos y, en la mayoría de los casos, también se divide el citoplasma originándose dos células con un número n de cromosomas, cada uno con dos cromátidas.

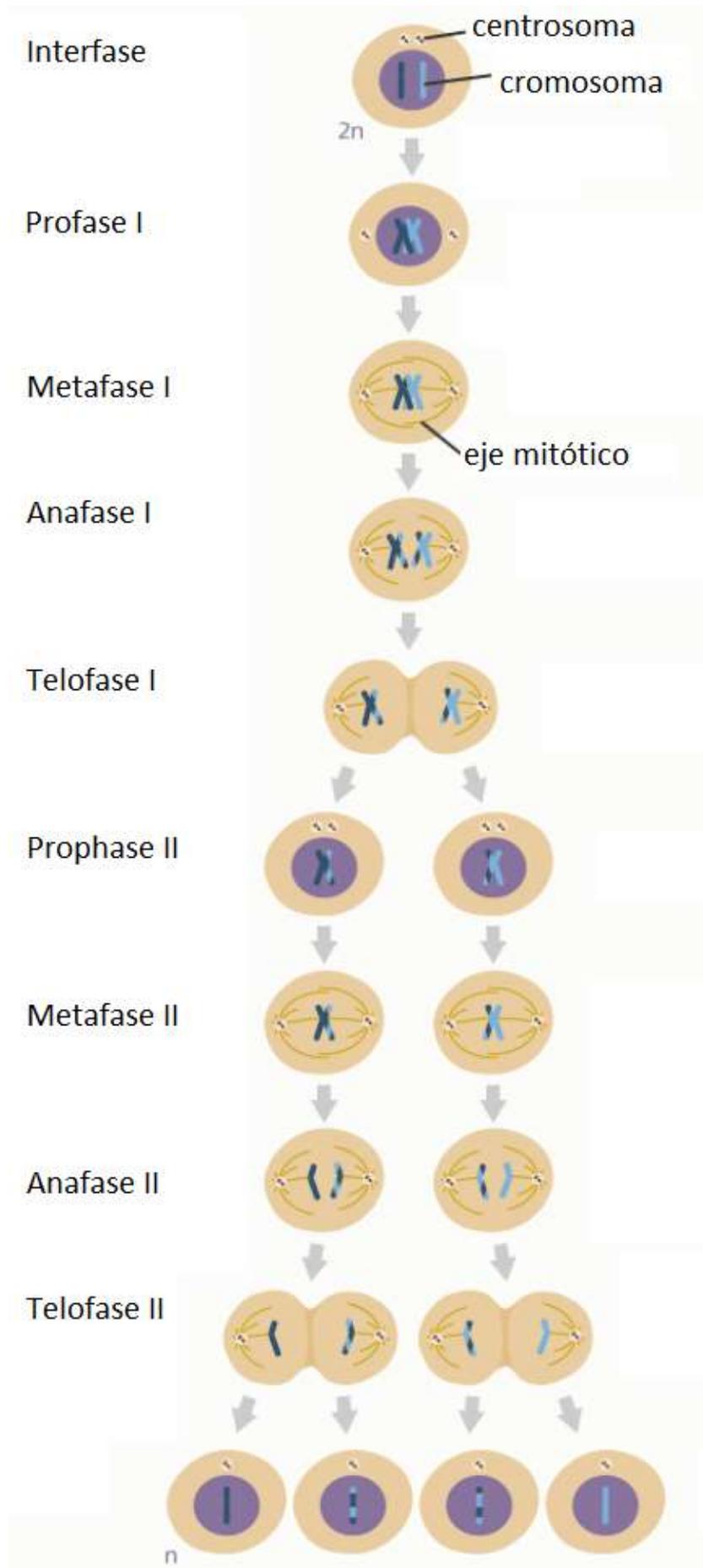


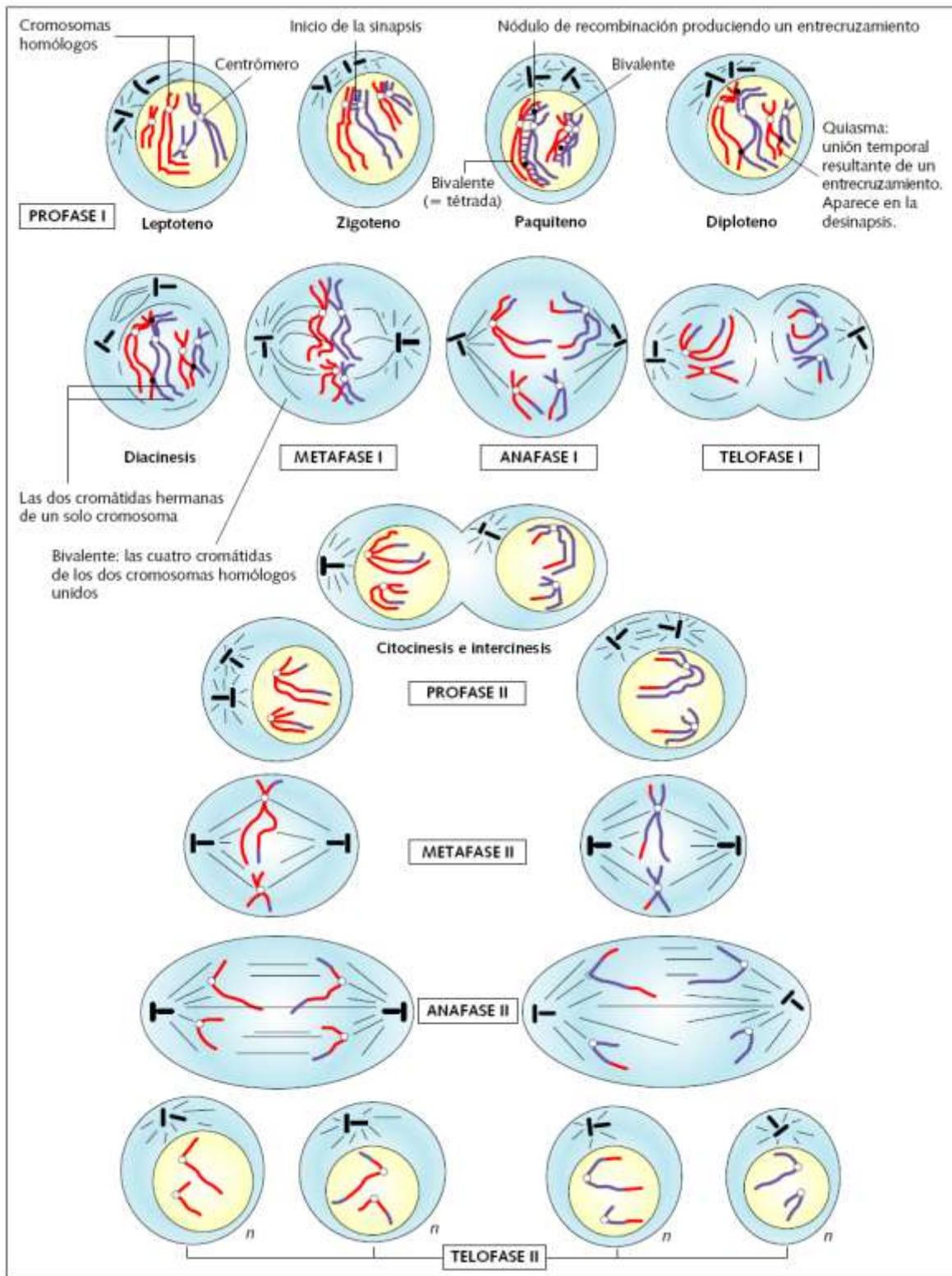
2. Segunda división meiótica.

Se inicia sin que se produzca una replicación previa del ADN de los cromosomas resultantes de la división anterior. En ella se distinguen:

- **Profase II:** Es muy breve, los cromosomas se descondensan, las membranas nucleares se rompen y se forman nuevos microtúbulos del huso.
- **Metafase II:** Los cromosomas se alinean en la placa metafásica. Pero ahora los microtúbulos del huso se unen por ambos lados a cada cromosoma.
- **Anafase II:** Se separan las cromátidas de cada cromosoma y se dirige un juego completo a cada polo de ambas células.
- **Telofase II:** Se forman nuevas envolturas nucleares y se originan, finalmente, cuatro núcleos (y generalmente cuatro células separadas) haploides, cada uno con un solo juego de cromosomas formados por una sola cromátida.







3.2. Significado biológico de la meiosis

La meiosis produce células haploides a partir de células diploides y, además, promueve la *variabilidad genética* de los descendientes obtenidos por reproducción sexual por los siguientes motivos:

- Reduce el número de cromosomas a la mitad, permitiendo la fecundación y, por tanto, la combinación de genes de los dos progenitores. La fecundación es el proceso mediante el cual los gametos masculino y femenino se fusionan, iniciando el desarrollo de un nuevo individuo cuyo material genético difiere del de sus progenitores.
- Durante la primera división de la meiosis se produce un reparto al azar de los cromosomas homólogos paternos y maternos.
- Debido al entrecruzamiento cromosómico, se produce la recombinación o intercambio de segmentos entre los cromosomas homólogos paternos y maternos.

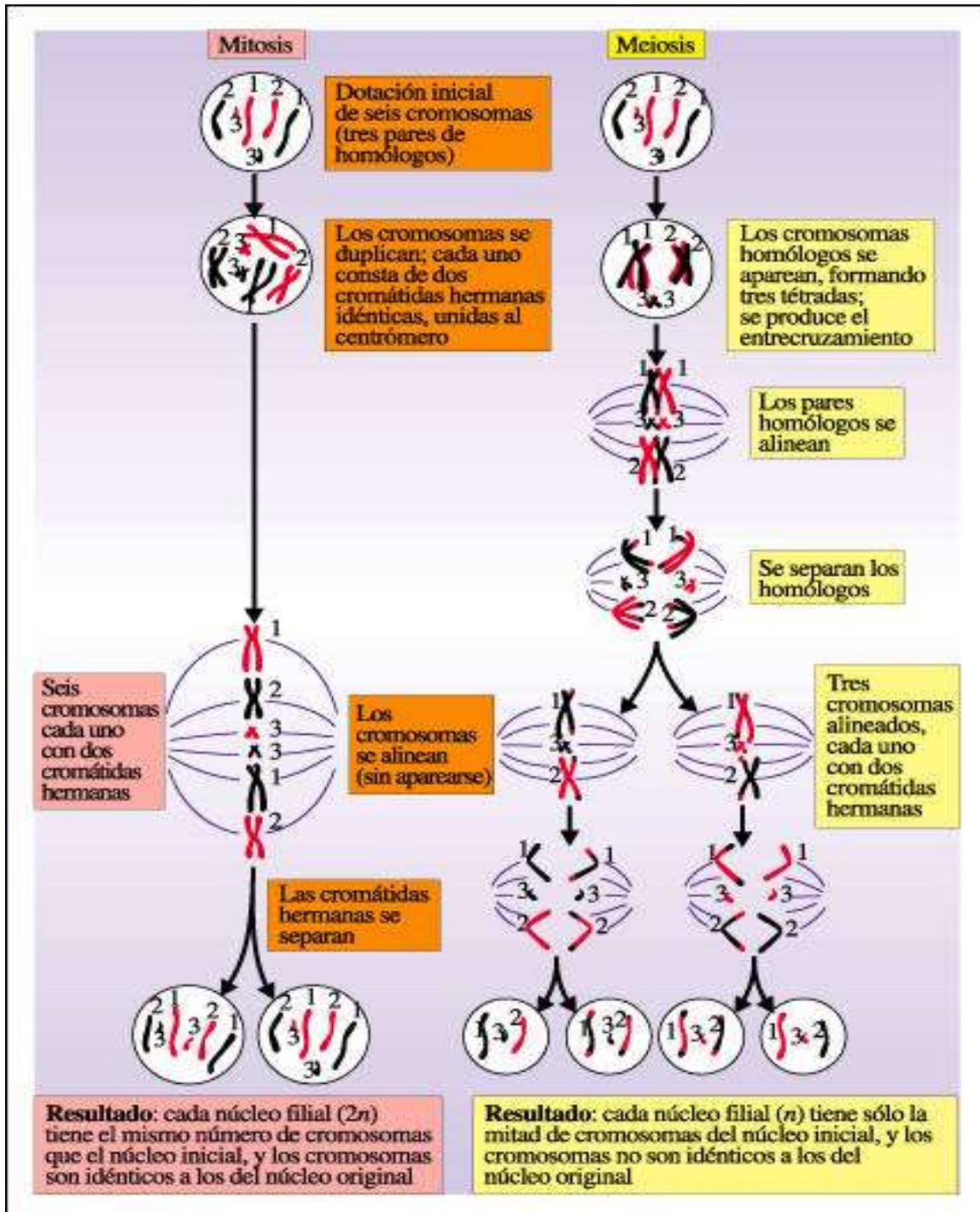
Significado Biológico de la Meiosis

- Relacionada con **la reproducción sexual**
- Asegura que los **gametos sean haploides (n)** y de su fecundación resulte un cigoto diploide (2n)
- Contribuye al éxito evolutivo de la reproducción sexual al **generar variabilidad genética** (base de la evolución de las especies) en la descendencia por:
 - **La recombinación genética** que ocurre en la profase I (mediante el intercambio de segmentos entre cromosomas homólogos)
 - El **reparto de cromosomas al azar** en anafase I (segregación cromosómica: segregación al azar de los cromosomas procedentes de los genomas maternos y paternos)
 - El **encuentro al azar entre los gametos** (reproducción sexual)

3.3. Diferencias entre mitosis y meiosis

A continuación puedes ver una tabla comparativa entre ambos procesos de división celular.

Mitosis	Meiosis
No es reductiva $2n \rightarrow 2n$	Es reductiva $2n \rightarrow n$
Con una división celular se obtienen 2 células hijas diploides idénticas a la célula madre	Con dos divisiones celulares se obtienen 4 células hijas con la mitad de cromosomas que la célula madre
No hay apareamiento entre cromosomas homólogos	Hay apareamiento entre cromosomas homólogos (recombinación genética)
Se obtienen células no gaméticas	Se obtienen células gaméticas
La finalidad es el crecimiento y renovación de células y tejidos	La finalidad es la continuación de la especie y el aumento de la variabilidad genética



4. REPRODUCCIÓN ASEJUAL Y SEXUAL. TIPOS DE REPRODUCCIÓN ASOCIADOS A LA DIVISIÓN CELULAR

La división celular es el proceso por el cual el material celular se divide entre dos nuevas células hijas. En las plantas y organismos multicelulares es el procedimiento en virtud del cual crece el organismo, partiendo de una sola célula, y también son reemplazados y reparados los tejidos estropeados. Sin embargo, en los organismos unicelulares esto aumenta el número de individuos de la población.

La reproducción tiene por objetivo la procreación de nuevos individuos a partir de los existentes. Es un fenómeno por el cual los seres vivos producen a expensas de su propio cuerpo una célula o un grupo de células que mediante un proceso de desarrollo se transformarán en un nuevo organismo semejante al de origen.

4.1. Reproducción Asexual

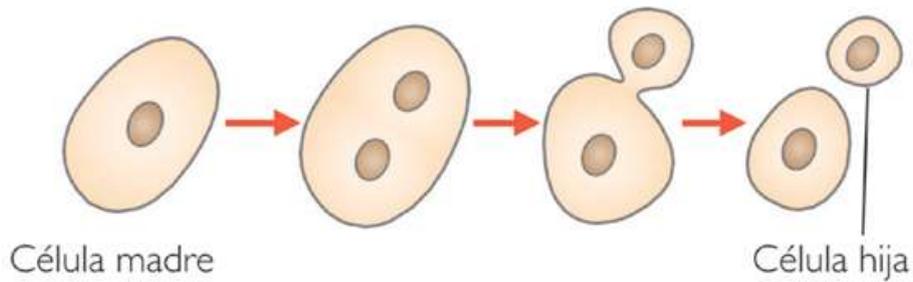
En este tipo de reproducción no existen ni fecundación ni gametos. Se lleva a cabo a partir de células somáticas ya que del organismo progenitor se separan determinadas partes de su cuerpo, puede ser también una sola célula, que están destinadas a formar un nuevo individuo completo.

La reproducción asexual fue, probablemente, el primer mecanismo de reproducción que tuvieron los seres vivos, pues no requiere procesos tan complejos como los que se necesitan en la reproducción sexual.

La reproducción asexual se presenta preferentemente en los organismos vegetales y en los unicelulares, mientras que en los animales se da, sobre todo, en los menos evolucionados.

4.1.1. La gemación

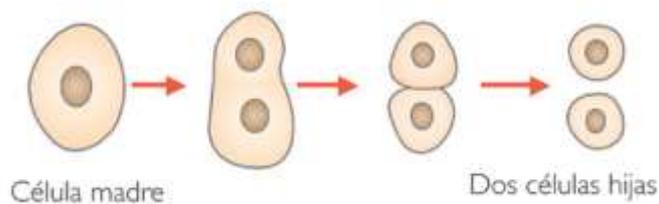
La gemación es un tipo de reproducción asexual. Es una división desigual consistente en la formación de prominencias o *yemas* sobre el individuo progenitor, que al crecer y desarrollarse origina nuevos seres que pueden separarse del organismo parental o quedar unidos a él, iniciando así una colonia.



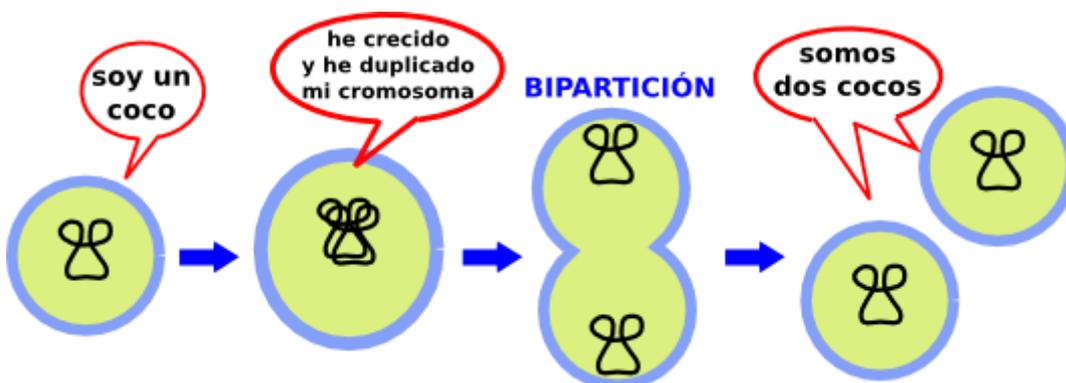
La gemación se da en esponjas acuáticas o medusas. A nivel unicelular, se da en las levaduras.

4.1.2. La bipartición

La fisión binaria o bipartición es una forma de reproducción asexual que se lleva a cabo en bacterias, amebas (protozoo unicelular) y algas unicelulares.



El mecanismo de reproducción habitual en bacterias es asexual (sin que intervengan células sexuales) por bipartición. Mediante este mecanismo se obtienen dos células hijas, con idéntica información en el ADN circular, y de contenido citoplásmico celular similar. Las células hijas son clones de la progenitora. La bipartición se produce cuando la célula ha aumentado su tamaño y ha duplicado su ADN. El ADN bacteriano se une a un mesosoma, que separa el citoplasma en dos y reparte cada copia del ADN duplicado a cada lado. Al final del proceso el mesosoma se ha unido al resto de la membrana plasmática y se han formado dos células hijas genéticamente iguales.



4.1.3. La esporulación

La esporulación, esputación o esporogénesis consiste en un proceso de diferenciación celular para llegar a la producción de células reproductivas dispersivas de resistencia llamadas esporas.

Este proceso ocurre en hongos, amebas, líquenes, algunos tipos de bacterias, protozoos, esporozoos (como el Plasmodium causante de malaria), y es frecuente en vegetales (especialmente algas, musgos y helechos), grupos de muy diferentes orígenes evolutivos, pero con estrategias reproductivas semejantes, todos ellos pueden recurrir a la formación de células de resistencia para favorecer la dispersión. Durante la esporulación se lleva a cabo la división del núcleo en varios fragmentos, y por una división celular asimétrica una parte del citoplasma rodea cada nuevo núcleo dando lugar a las esporas. Dependiendo de cada especie se puede producir un número apreciable de esporas y a partir de cada una de ellas se desarrollará un individuo independiente.

La división celular es el proceso por el cual el material celular se divide entre dos nuevas células hijas. En los organismos unicelulares esto aumenta el número de individuos de la población. En las plantas y organismos multicelulares es el procedimiento en virtud del cual crece el organismo, partiendo de una sola célula, y también son reemplazados y reparados los tejidos estropeados.



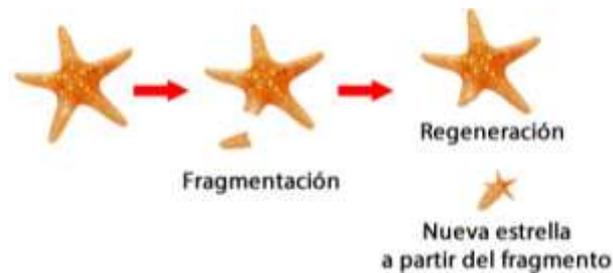
4.1.4. La fragmentación

La fragmentación o escisión es un método de división asexual animal (y por tanto, aunque es asexual, ya no se da en seres unicelulares), por el cual un individuo se divide en dos o más trozos, cada uno de los cuales es capaz de reconstruir un organismo por completo. Unas veces, este proceso de reconstrucción se efectúa después de producirse la escisión (arquitomía) aunque lo frecuente es que se realice antes de dividirse (paratomía). En el primer caso, la

fragmentación puede deberse a un accidente fortuito, mientras que en el segundo caso se realiza de forma espontánea.

Son ejemplos de arquitomía los realizados por estrellas de mar, que escindidas en sentido longitudinal son capaces de regenerar cada una de las partes incompletas e incluso llegar a regenerar todo el organismo a partir de un solo brazo.

Como ejemplo de paratomía, recalcar que en la especie humana se originan de esta forma los denominados gemelos univitelinos, que son por ello genéticamente idénticos a sus progenitor gracias a la célula sexual que manda la información..



4.2. Reproducción sexual

Se caracteriza por la producción de células especializadas haploides: las células sexuales o gametos. Normalmente estas células no pueden desarrollarse por sí mismas y dar un nuevo individuo, necesitan unirse para formar una célula mixta de núcleo diploide, el cigoto o célula huevo. El proceso de fusión de ambos gametos para formar el cigoto recibe el nombre de fecundación. La reproducción sexual es la forma más extendida e importante de reproducción.

Prácticamente todos los seres vivos, incluso los organismos unicelulares, tienen reproducción sexual. La reproducción sexual está íntimamente relacionada con la evolución de los organismos.

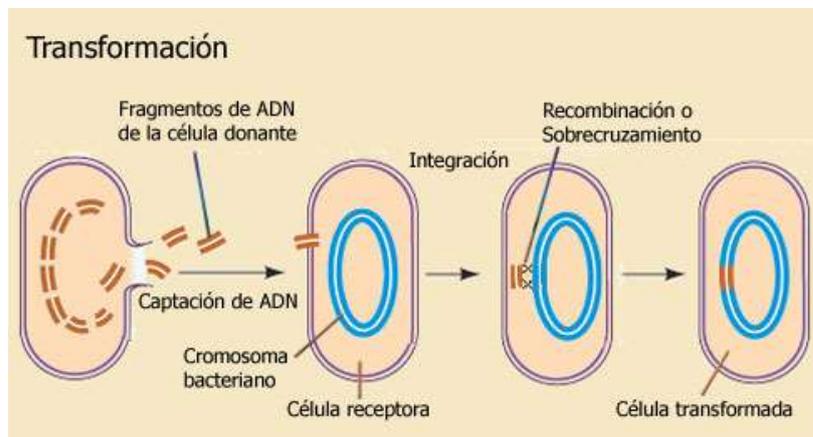
4.2.1. Diferencias entre la reproducción asexual y sexual

- La reproducción asexual se lleva a cabo a partir de células somáticas.
- En la reproducción sexual intervienen células germinales especializadas: los gametos.
- Reproducción asexual: No produce variabilidad genética al existir sólo mitosis.
- Reproducción sexual: Produce variabilidad genética mediante la recombinación genética en la meiosis y mediante la fecundación.

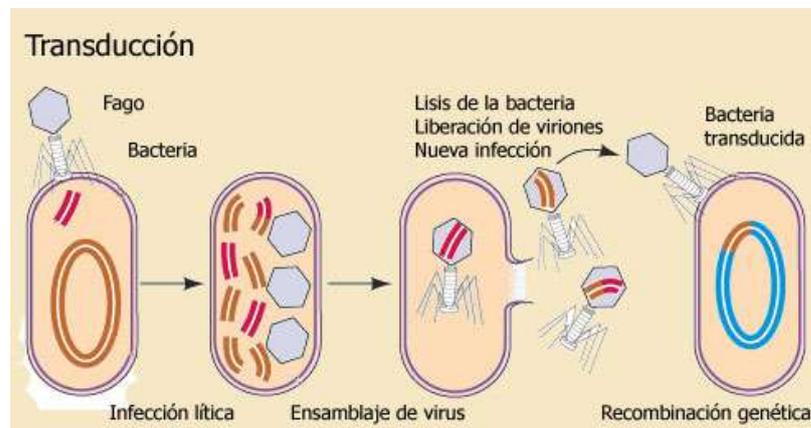
4.3. Reproducción parasexual

En ocasiones, la célula bacteriana tiene la oportunidad de intercambiar información genética por procesos de recombinación. Estos procesos son la transformación, la transducción y la conjugación. En estos procesos no hay formación de ningún tipo de gametos, por lo que no es reproducción sexual.

- **Transformación:** Fragmentos de ADN que pertenecían a células lisadas (rotas) se introducen en células normales. El ADN fragmentado recombina con el ADN de la célula receptora, provocando cambios en la información genética de ésta.



- **Transducción:** Cuando una célula es atacada por un virus bacteriófago, la bacteria genera nuevas copias del ADN vírico. En la fase de ensamblaje se pueden introducir fragmentos de ADN bacteriano en la cápsida del virus. Los nuevos virus ensamblados infectarán nuevas células. Mediante este mecanismo, una célula podrá recibir ADN de otra bacteria e incorporar nueva información.



- **Conjugación:** Este proceso se lleva a cabo si la célula presenta el plásmido F, que contiene la información genética para formar pili, puentes que sirven de unión citoplásmica entre dos bacterias. La célula que presenta el plásmido se denomina F + ; la célula que no lo contiene se llama F - . La bacteria F+ (donadora de información) se une a una bacteria F- (receptora) mediante uno de sus pili. A través de él introduce una hebra del plásmido F, de forma que la bacteria Fse convierte en bacteria F+ .

En ocasiones el plásmido se introduce en el anillo del ADN bacteriano. Entonces, la bacteria donadora se denomina Hfr (High frequency of recombination). De esta forma la bacteria Hfr puede donar a otras células cualquier gen de su ADN.

