

## TEMA 10: CICLO Y DIVISIÓN CELULARES

### 1. El ciclo celular en las células eucariotas

La reproducción es el mecanismo mediante el cual se perpetúan las especies y la vida.

La reproducción celular consiste en la formación de dos o más células hijas que han de tener la misma información genética que la célula madre. Para ello es necesario que se duplique el ADN y posteriormente el núcleo se divida en dos mediante un proceso llamado mitosis o cariocinesis que, generalmente va seguido de una división del citoplasma o citocinesis.

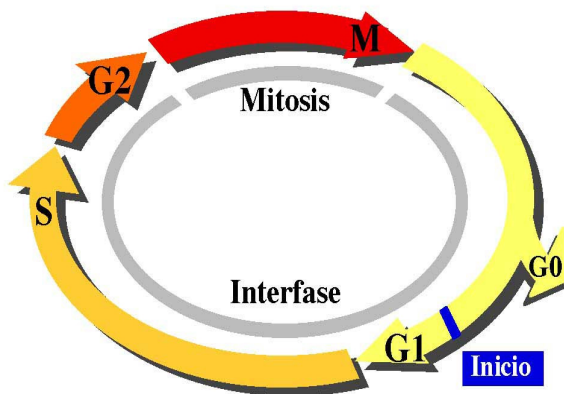
El ciclo celular es el período de biosíntesis y crecimiento de las células al que sigue una división celular. El ciclo celular consta de dos períodos o fases principales:

- **Interfase:** La organización de la célula está encaminada a la autoconservación.
- **Mitosis:** La organización de la célula está encaminada al reparto equitativo del material hereditario (reproducción).

Su duración es muy variable, desde unos minutos hasta unas horas.

#### 1.1. Interfase

Es el período comprendido entre dos mitosis. Es la fase más larga del ciclo celular, dura del orden del 90-95% del tiempo y comprende tres períodos:



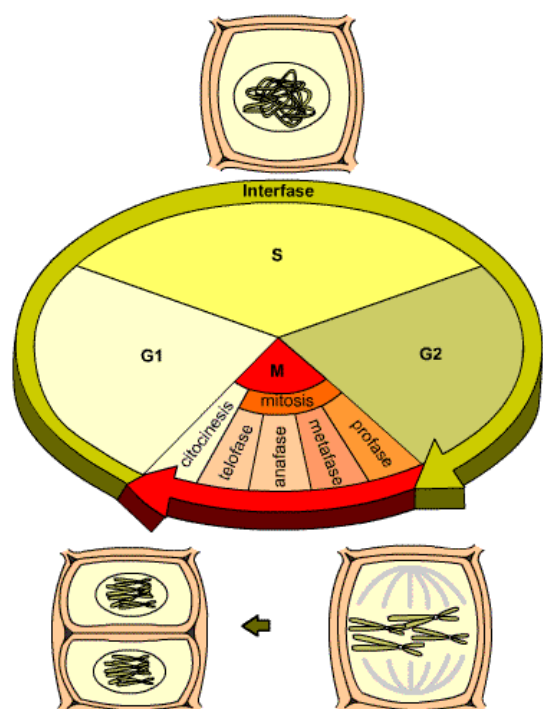
- a) **Período G<sub>1</sub>:** Es el período postmitótico. En él se produce la síntesis de ARNm y proteínas. Es un período de crecimiento general y de duplicación de los orgánulos celulares citoplasmáticos. Es el período más variable del ciclo y de él depende la distinta duración total del ciclo. Posee un único diplosoma.

Al final de G<sub>1</sub> existe un momento de no retorno (**punto de restricción o punto R**) a partir del cual es imposible detener que se sucedan las siguientes fases.

Las células que no se dividen, como las neuronas, permanecen en una fase especial llamada **G<sub>0</sub>**. No se llama G<sub>1</sub> porque las células no están preparadas ni preparándose para la siguiente fase. En G<sub>1</sub> el núcleo presenta X cromátidas, siendo X el número de cromosomas de la célula.

- b) **Período S:** Es el período de síntesis en el que se produce la duplicación del ADN, por lo que el núcleo tiene 2X cromátidas, unidas las de cada par por el centrómero. Continúa la síntesis de ARNm y proteínas. Junto a cada centriolo del diplosoma se forma un procentriolo. (esbozo de centriolo).

- c) **Período G<sub>2</sub>:** Es el período premitótico. Se inicia cuando acaba la síntesis de ADN aunque se sigue sintetizando ARNm y proteínas. Comienzan a distinguirse los cromosomas y al final de la fase ya hay dos diplosomas inmaduros. Es la fase más corta.



## 1.2. Mitosis (Fase M)

La mitosis es el tipo de división celular que se da cuando se han de generar células con igual número de cromosomas que la célula madre. Aunque la mitosis es un proceso continuo, los distintos cambios que experimenta la célula permiten dividirla en 4 fases: Profase, metafase, anafase y telofase.

a) **Profase**: Es el período más largo.

### ***-Profase temprana***

- El núcleo aumenta de tamaño debido a la entrada de agua procedente del citoplasma.
- Los cromosomas formados por dos cromátidas unidas por el centrómero comienzan a espiralizarse y hacerse más cortos y gruesos, visibles.
- El nucleolo se desintegra y la membrana nuclear comienza a romperse.
- Los diplosomas inmaduros comienzan a separarse emigrando hacia los polos.
- Alrededor de cada diplosoma comienzan a formarse los microtúbulos del Áster para formar el centrosoma.
- Entre los centrómeros se forma una serie de microtúbulos que constituyen el huso acromático.
- En los cromosomas comienza a formarse el cinetocoro, que se unirá a los microtúbulos del huso mitótico.

### ***-Profase tardía***

- La membrana nuclear se disuelve dejando libres a los cromosomas ya formados.

En las células vegetales, que carecen de centríolos, el huso se forma en una región del citoplasma que carece de orgánulos y que se llama zona clara.

b) **Metafase**:

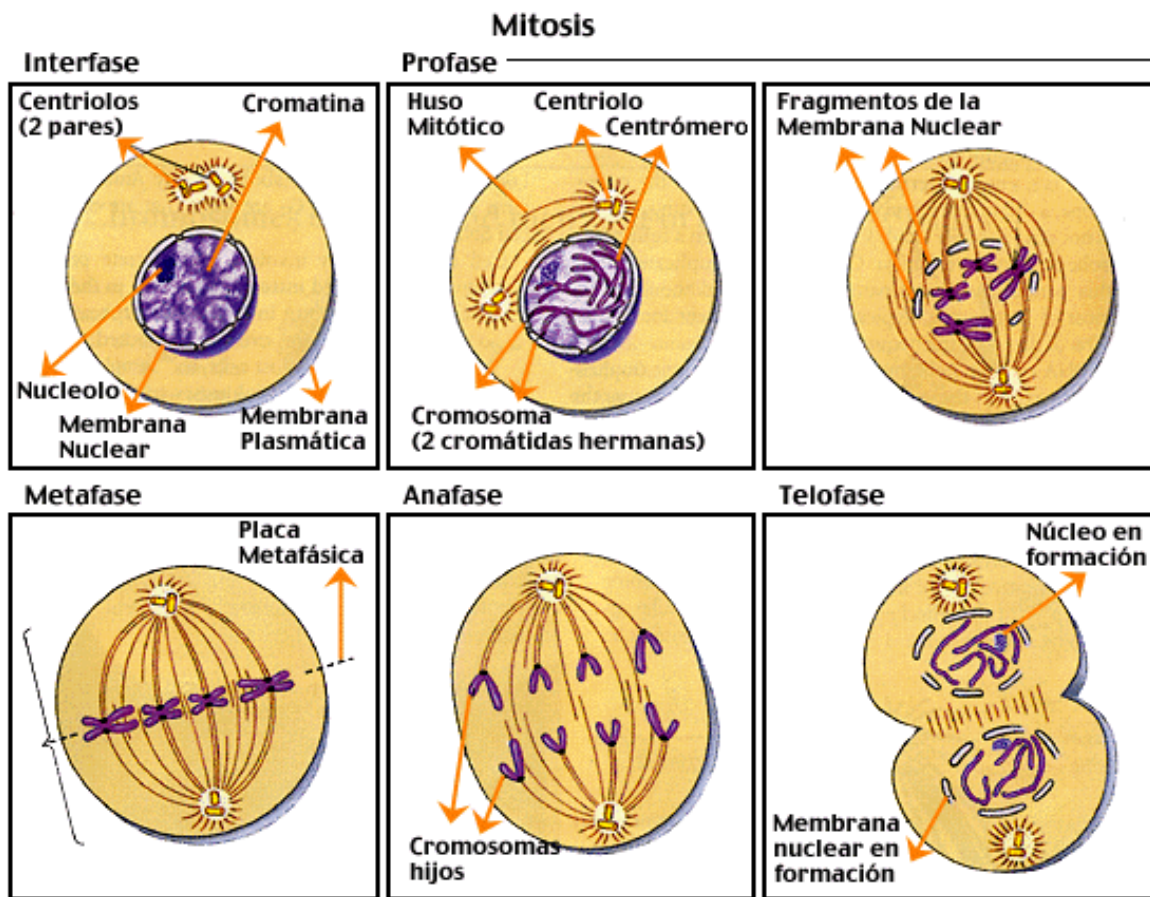
- Los cromosomas se encuentran espiralizados al máximo.
- La membrana nuclear y el nucleolo han desaparecido.
- Los diplosomas se sitúan en los polos y entre ellos el huso acromático totalmente formado.
- Los microtúbulos cinetocóricos del huso sitúan a los cromosomas en la zona ecuatorial de la célula de manera que cada cromátida mira a un polo opuesto de la célula, formando la placa ecuatorial o metafásica o madre.

c) **Anafase**:

- Los filamentos del huso se acortan y los dos cromosomas (ya no son cromátidas) que forman pareja se separan desplazándose a los polos de la célula. Al final de la anafase los cromosomas están próximos a los polos. Entre ellos aparecen unos filamentos que constituyen la **interzona**, que se alarga a medida que los cromosomas se separan.

d) **Telofase**:

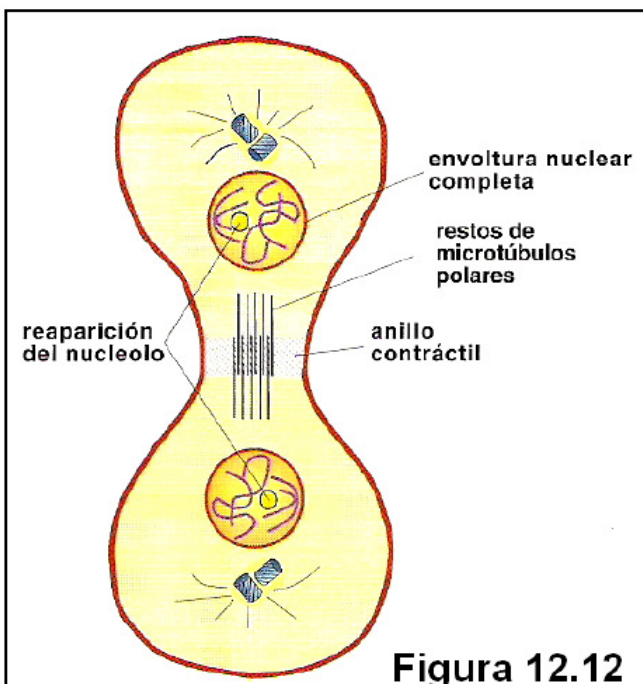
- Los cromosomas se encuentran agrupados en los polos.
- Reaparece la membrana nuclear a partir del retículo en cada polo y de los restos de la membrana nuclear.
- Aparece el nucleolo a partir del organizador nucleolar.
- Los cromosomas se desespiralizan.
- Las fibras del huso desaparecen pero la interzona se mantiene.



### 1.3. Citocinesis

Es la división del citoplasma y está sincronizada con la mitosis. Suele iniciarse al final de la anafase o al comienzo de la telofase, y se realiza de forma diferente según sea la célula animal o vegetal.

#### a) Citocinesis en células animales



A la altura del plano ecuatorial y en la superficie de la célula se produce un estrechamiento que es el surco de segmentación, bajo el cual se organiza un haz de microfilamentos de actina y miosina que forman el anillo contráctil. Este es responsable del estrechamiento del surco que se hace cada vez más profundo por el desplazamiento de los filamentos de actina y miosina, comprimiendo a los microtúbulos interzonales que pudieran quedar. Finalmente la unión se reduce a un fino filamento que luego se rompe. La citocinesis es por tanto por **estrangulamiento**.

## b) Citocinesis en células vegetales

La rigidez de la pared celular impide la formación del surco de segmentación y la división tiene lugar por **tabicación**. El tabique empieza a formarse por alineación de vesículas procedentes del aparato de Golgi que acaban fusionando sus membranas para formar un tabique único llamado **fragmoplasto** entre las dos células hijas, en el plano ecuatorial. Este tabique presenta finos puentes citoplasmáticos llamados **plasmodesmos**. Los extremos de las membranas fragmoplasto se fusionan con la membrana celular quedando un espacio vacío entre ambas células en el que se deposita la pectina, que formará la lámina media. A ambos lados de esta lámina cada célula fabricará su propia pared.

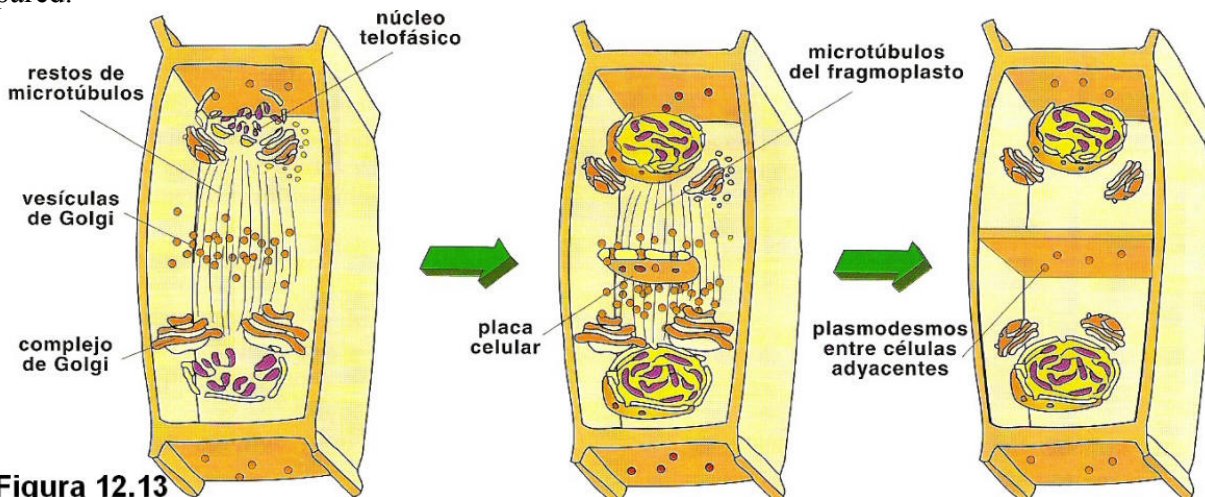


Figura 12.13

### 1.4. Importancia biológica de la mitosis

La mitosis está relacionada con el crecimiento y la regeneración celular manteniendo inalterable la información genética de las células de un individuo.

- La mitosis garantiza la conservación del material hereditario durante el proceso de división celular para lo cual hace un reparto equitativo del y del resto del material celular entre sus dos células hijas.
- Como consecuencia, las dos células resultantes son genéticamente idénticas entre sí e idénticas a la célula madre.

## 2. Meiosis

La división meiótica es un tipo especial de reproducción que está relacionada con los procesos de reproducción sexual. Existen dos tipos de reproducción:

- **Reproducción asexual:** Interviene un solo individuo y su fin es obtener individuos idénticos a su progenitor: mitosis.
- **Reproducción sexual:** Intervienen dos organismos que aportan sus características hereditarias a la descendencia. Su fin es obtener individuos con características de ambos progenitores: meiosis. La reproducción sexual consta de varias fases:
  - **Gametogénesis:** Formación de células reproductoras o gametos con información genética de los individuos que se transmite a la descendencia.
  - **Fecundación:** Es la fusión de los gametos y de los núcleos para dar lugar a una sola célula denominada cigoto o célula huevo.
  - **Desarrollo del cigoto:** Mediante sucesivas divisiones mitóticas el cigoto da lugar a un individuo adulto capaz de producir nuevos gametos.

La reproducción sexual presenta más ventajas evolutivas que la asexual ya que la sexualidad es una de las fuentes de variabilidad genética. Entre los descendientes se producen diferentes combinaciones y, según las condiciones ambientales sobrevivirán por selección natural los más adaptados.

Al fusionarse los gametos, el cigoto presentaría el doble de cromosomas que una célula normal, por lo que ha de existir un mecanismo que reduzca a la mitad el número de cromosomas. Este proceso se llama MEIOSIS, y generalmente tiene lugar durante la formación de los gametos. Así, una célula diploide (2n cromosomas) forma por meiosis gametos haploides (n cromosomas).

La meiosis consta de dos divisiones consecutivas:

- Meiosis I o primera división meiótica, que es una mitosis reduccional
- Meiosis II o segunda división meiótica, que es una mitosis normal.

Como resultado se obtienen 4 células hijas haploides. Previamente a la meiosis también se produce la interfase, pero de menor duración, ya que en la fase S se duplica el ADN, pero sólo una vez, al comienzo del proceso.

## 2.1. Primera división meiótica

Comprende 4 fases: Profase I, Metafase I, Anafase I y Telofase I.

Consiste en la formación de células hijas con la mitad de cromosomas que la célula madre.

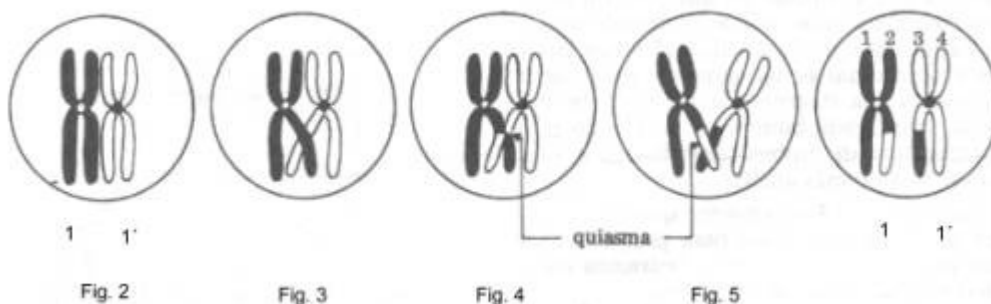
### a) Profase I

Es el período más largo y complejo. Es similar a la profase mitótica ya que desaparece la membrana nuclear y el nucleolo, los cromosomas se espiralizan al máximo y empieza a formarse el huso mitótico. Se diferencia en que los cromosomas homólogos (que codifica para los mismos tipos de genes) se juntan e intercambian material genético: **Recombinación o entrecruzamiento**.

Se distinguen 5 subfases:

- **Leptoteno**: Los cromosomas se condensan haciéndose visibles. Cada cromosoma formado por dos cromátidas unidas por el centrómero, que sólo serán visibles al final de la profase.
- **Zigoteno**: Cada cromosoma se aparea con su homólogo y se juntan gen a gen, en un proceso denominado **sinapsis**, originando una **tétrada o cromosoma bivalente**, formado por 4 cromátidas hermanas.
- **Paquiteno**: Comienza cuando se completa la sinapsis en todos los cromosomas. Esta unión permite el **entrecruzamiento**, proceso mediante el cual se intercambian fragmentos de ADN entre cromosomas homólogos. Como consecuencia se produce una **Recombinación genética** del material hereditario. Suelen producirse 2 o 3 entrecruzamientos o sobrecruzamientos por cromosoma.
- **Diploteno**: Los dos cromosomas homólogos inician su separación o desinapsis evidenciándose los puntos de unión llamados **quiasmas**, que corresponden a los puntos donde se produce el entrecruzamiento.
- **Diacinesis**: Los cromosomas aumentan su condensación por lo que ya se diferencian las 4 cromátidas hermanas. Los cromosomas de cada par de homólogos permanecen unidos por los quiasmas.

Desaparece la membrana nuclear y el nucleolo y aparece el huso acromático.





b) **Metafase I**

Las tétradas se colocan en el ecuador de la célula, unidas por el centrómero a las fibras del huso formando la placa metafásica.

c) **Anafase I**

Las tétradas se dividen en dos cromosomas homólogos, cada uno de ellos con 2 cromátidas, que emigran hacia los polos de la célula al acortarse las fibras del huso. Cada uno de los homólogos podrá ir indistintamente hacia un polo u otro, independientemente de que sean de procedencia paterna o materna. Esta distribución aleatoria de los cromosomas, junto con el entrecruzamiento producido en fases anteriores, constituyen la fuente más importante de variabilidad entre los gametos de los organismos con reproducción sexual.

d) **Telofase I**

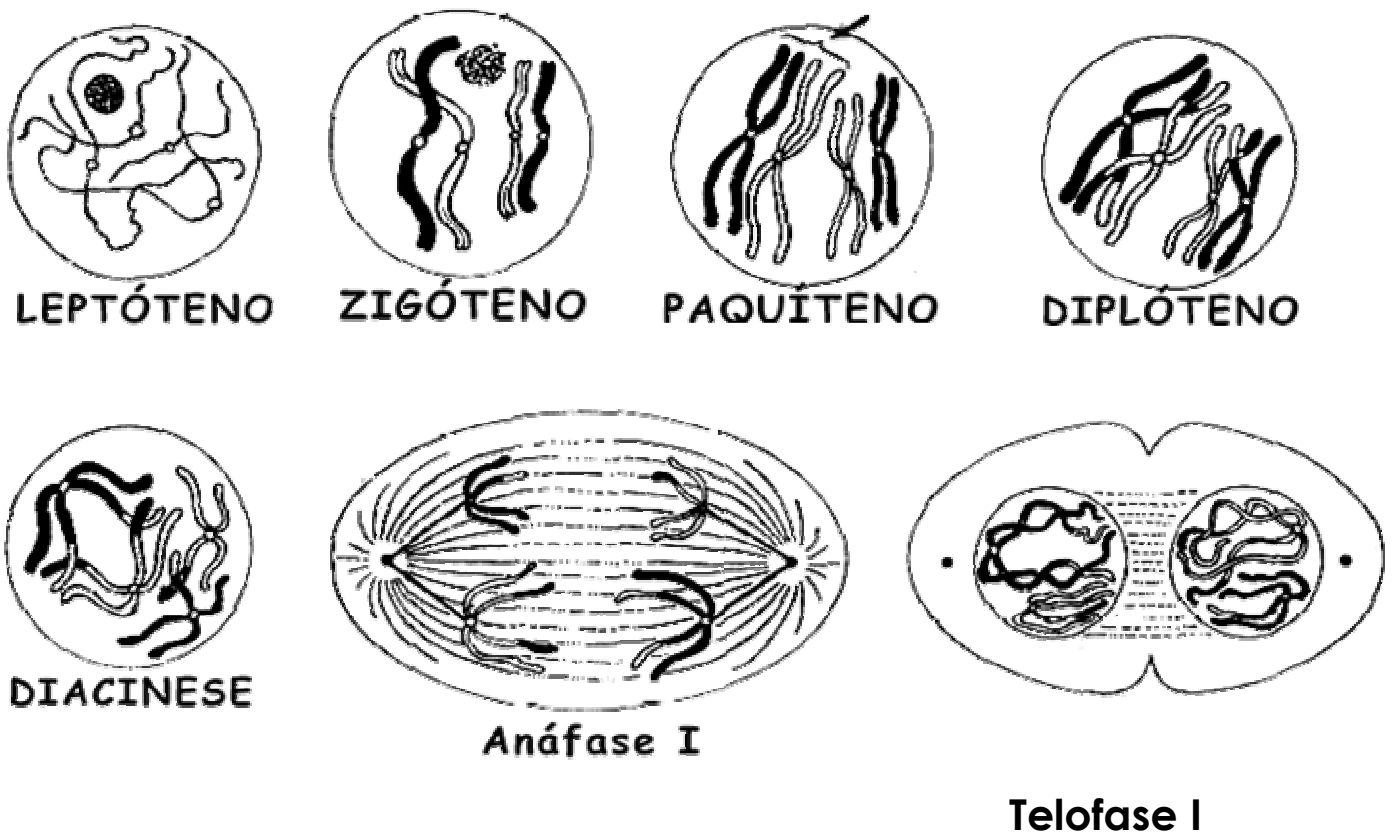
Los cromosomas se desespiralizan. Reaparece el nucleolo y la membrana nuclear (no en todas las especies).

Se produce la citocinesis formándose dos células hijas haploides (n), aunque cada cromosoma tenga dos cromátidas.

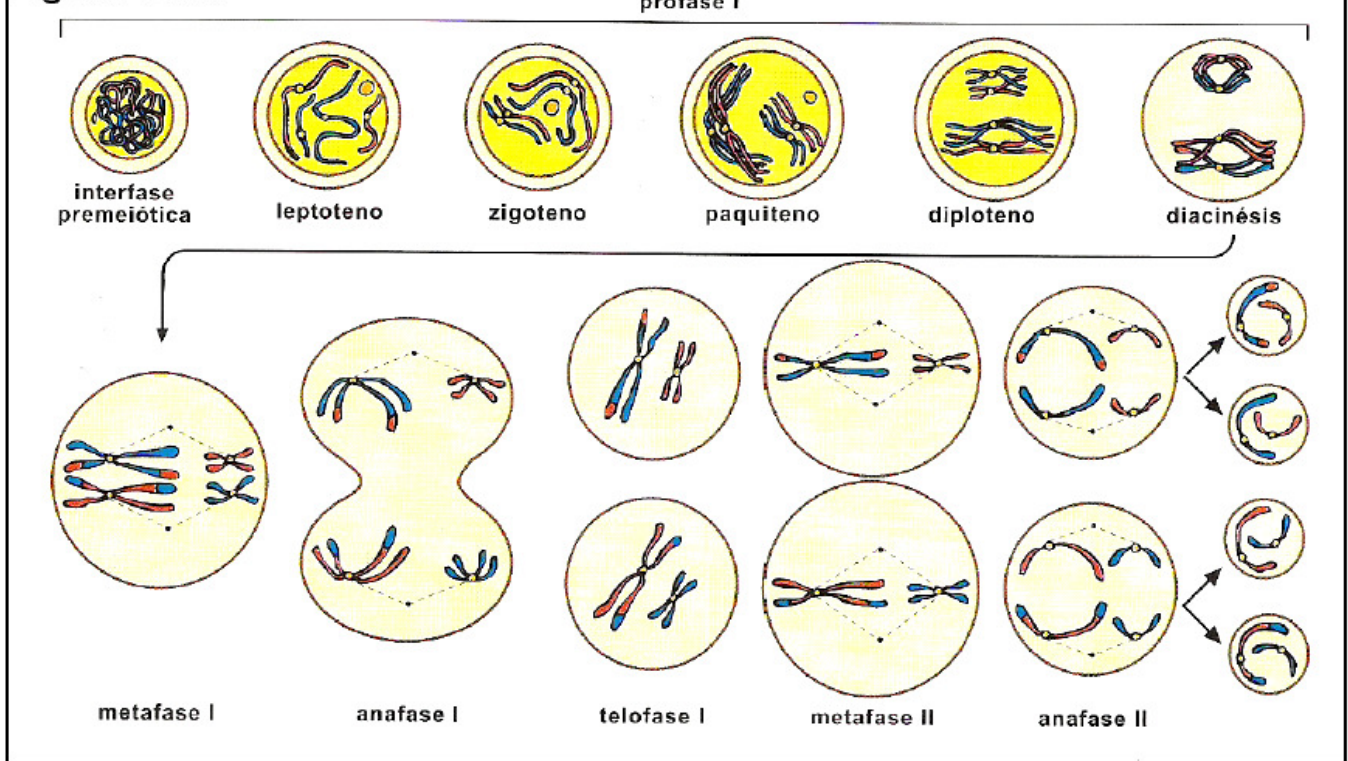
A continuación se inicia la segunda división meiótica que **no** va precedida de una nueva duplicación del ADN.

**2.2. Segunda división meiótica**

Es una mitosis normal y su fin es la separación de las cromátidas formándose al final 4 células haploides, dos de cada una de las células hijas anteriores. Cada célula con la mitad de cromosomas que la célula madre inicial.



**Figura 12.14**



### 2.3. Importancia biológica de la meiosis

La meiosis es imprescindible para que pueda tener lugar la reproducción sexual ya que asegura que el número de cromosomas se mantenga constante de generación en generación:

- La meiosis es la causa de que los gametos tengan la mitad del número de cromosomas que las células somáticas de la especie; en los organismos con reproducción sexual, con la unión de dos gametos en la fecundación se recupera el número de cromosomas de la especie.
- La meiosis aumenta la variabilidad genética debido, por un lado, a la recombinación o entrecruzamiento de los cromosomas, que origina nuevas combinaciones génicas, y por otro, al reparto aleatorio de los cromosomas maternos y paternos entre los gametos, que se mezclarán al azar en la fecundación.

### 3. Actividades

#### Pregunta Obligatoria. 1998

- ¿Qué ocurre en el intervalo de tiempo 2 a 3?  
¿Cómo se denomina la fase que transcurre en este intervalo?
- ¿La gráfica corresponde a un ciclo mitótico o a un ciclo meiótico? ¿por qué?
- ¿Cuáles son las diferencias más destacables entre mitosis y meiosis?

