

# FUNCIONES DE REPRODUCCIÓN CELULAR

## CICLO CELULAR

Desde los primeros estudios celulares se había observado que las células se encontraban a lo largo de su vida en dos estados claramente diferentes: el estado de división o **mitosis** (también puede ser **meiosis**) y el estado de no división (mal llamado de reposo), llamado **interfase**.

Se llama ciclo celular al conjunto de procesos que sufre una célula que se divide a lo largo de su vida. Estos procesos se repiten periódicamente y son en esencia la alternancia entre la fase de reposo o **interfase** y la fase de división celular, por **mitosis** o por **meiosis**.

## INTERFASE

Es el periodo durante el cual la célula está aparentemente inactiva, pero en realidad está realizando intensamente su metabolismo y preparándose para la siguiente división.

En este periodo se produce la síntesis o **replicación** del DNA. Esta síntesis permite que en la siguiente división mitótica todos los cromosomas consten de 2 cromátidas idénticas, cada una de las cuales irá a parar a una célula hija durante la división mitótica.

## MITOSIS

El término **mitosis** se emplea indistintamente como sinónimo de división celular (incluyendo la división del núcleo y del citoplasma) o como sinónimo de **cariocinesis** o **división nuclear**. En este caso la mitosis o **cariocinesis** va seguida de una división del citoplasma o **citocinesis**.

El periodo de mitosis dura de 1 hora (por ej. en una célula de mamífero) a 3 horas (por ej. en meristemas de raíz).

### Finalidad biológica de la mitosis

- La mitosis es la forma de división del huevo fecundado en individuos diplontes. Desde una única célula y por sucesivas divisiones mitóticas se forma un individuo pluricelular, formado por cientos de miles de células diferenciadas. Por lo tanto la mitosis constituye la forma habitual de crecimiento y desarrollo de un individuo pluricelular. Cuando el individuo es adulto las células se siguen dividiendo para garantizar la renovación de los tejidos, si bien cada tejido tiene su propio ritmo de división.

Hay células que se dividen con gran facilidad y una vez diferenciadas tienen una vida relativamente corta, por ej. las células hematopoyéticas (células formadoras de sangre de la médula ósea), los epitelios etc. En el otro extremo estarían las células que no se dividen nunca y que, si mueren no pueden ser reparadas por el individuo, como las neuronas y las células musculares cardíacas. En algunos casos las células no se dividen habitualmente, pero si lo hacen si se suprime gran parte del tejido, por ej. el tiroides y el hígado.

- La mitosis es también una forma de reproducción asexual en individuos unicelulares eucarióticos, porque origina individuos genéticamente iguales. En este caso la reproducción de la célula coincide con la multiplicación asexual de la especie.

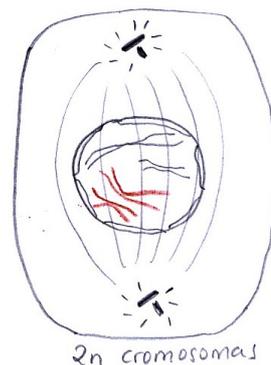
## Fases de la mitosis y citocinesis. Dibujos con una célula con $2n=4$

**PROFASE.** Se producen los siguientes fenómenos: Se **condensa la cromatina** (DNA, cuando la célula está en reposo) y se forman los cromosomas. En la especie humana se forman los **46 cromosomas**.

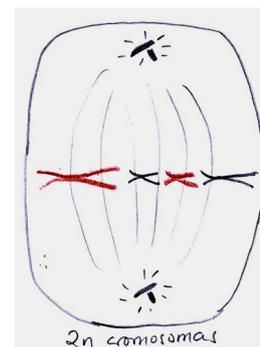
Se forma el **aparato mitótico**: son dos centriolos en cada polo de la célula y unas fibras de proteínas que van de polo a polo, se llaman huso acromático, y van a dirigir el desplazamiento de los cromosomas a cada polo en la anafase.

**Desaparece el nucleolo** o nucleolos (lugar de síntesis de RNA ribosomal).

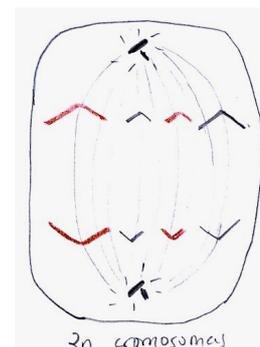
Se **disgrega la membrana nuclear**



**METAFASE.** Es el momento en el cual **los cromosomas se sitúan en el plano ecuatorial de la célula**. Es en este momento en el que se describen y se fotografían los cromosomas, porque es el momento en el que están más condensados. Cada cromosoma aparece formado por dos cromátidas unidas por el centrómero. En la especie humana se sitúan en el plano ecuatorial 46 cromosomas.



**ANAFASE.** Es el momento en el cual **los cromosomas emigran a cada polo**. Para ello, en la mitosis, cada cromosoma, se **rompe por el centrómero** y se **separan los dos cromátidas**, cada una de las cuales va a emigrar a cada polo. Es decir, emigran a cada polo  $2n$  cromosomas, cada uno constituido por una cromátida. En la especie humana, emigran 46 cromosomas, cada uno con una cromátida. Cada célula hija va a recibir los mismos genes que la célula madre, solo que recibe una sola copia de cada gen, pero recibe todos los cromosomas, aunque solo tengan una cromátida. (Los genes se alinean en cromosomas, cada cromosoma tiene miles de genes y cada gen es responsable de cada alternativa de un carácter).



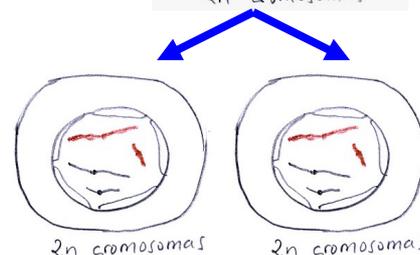
**TELOFASE.** Se producen fenómenos inversos a la profase:

Se **descondensa los cromosomas** y se forma la cromatina (DNA, cuando la célula está en reposo).

Desaparece el **aparato mitótico**.

**Reaparece el nucleolo** o nucleolos.

Se **forma la membrana nuclear**.



**CITOCINESIS.** Después de la división del núcleo o mitosis (cariocinesis) se produce la división del citoplasma o citocinesis. Se forma un tabique con la membrana plasmática que acaba estrangulando a la célula y formando dos células hijas.

## Resultado de la mitosis

Es la formación de **dos células hijas idénticas** entre ellas e idénticas a la célula madre desde el punto de vista genético, es decir, con  $2n$  cromosomas.

Cuando termina la mitosis las células poseen  $2n$  cromosomas, cada uno con una cromátida\*. En la siguiente interfase se duplicará el DNA de modo que en la siguiente mitosis cada cromosoma constará de dos cromátidas, cada una de las cuales irá a parar a cada una de las dos células hijas.

\*¡ATENCIÓN!: Las células pueden tener  $2n$  o  $n$  cromosomas, pero cada cromosoma puede tener solo 1 ó dos cromátidas

# MEIOSIS

## Finalidad biológica de la meiosis.

La meiosis es una forma especial de división celular que se produce en los animales en las gónadas (testículos y ovarios). La finalidad inmediata de la meiosis en los individuos **diplontes** es formar células reproductoras con un solo juego de cromosomas (**n** cromosomas, **haploides**). Estas células reciben el nombre de **gametos** o **células sexuales**. En los animales reciben el nombre de **espermatozoides** (las masculinas) y **óvulos** (las femeninas).

La finalidad última de la meiosis es producir variabilidad genética en la especie, porque después de la formación de gametos se produce la **fecundación**, mediante la cuál se forma un nuevo individuo diferente a sus progenitores y, probabilísticamente hablando, único. La variabilidad genética de una especie permite la adaptación a medios ambientales diferentes y por lo tanto su supervivencia. Es necesario que exista una gran variabilidad genética para que pueda actuar la selección natural.

La meiosis consta de dos divisiones consecutivas, la primera es reduccional (se reduce el número de cromosomas a la mitad), la segunda es ecuacional (es similar a una mitosis con n cromosomas).

## Fases de la meiosis

La meiosis consta de dos divisiones consecutivas, la primera es **reduccional** (las células hijas van a tener la mitad de cromosomas que la célula madre, es decir, se reduce el número de cromosomas a la mitad) y la segunda es **ecuacional** (es como una mitosis con n cromosomas). Como son dos divisiones consecutivas, a partir de una única célula madre se producen 4 células hijas.

Las divisiones reciben el nombre de Meiosis I y Meiosis II.

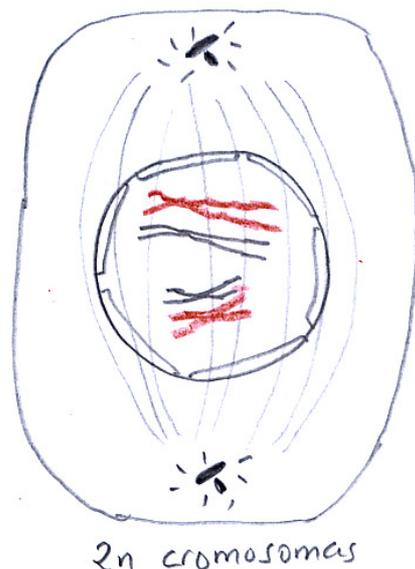
## 1ª DIVISIÓN MEIÓTICA. Dibujos con una célula con $2n=4$

### PROFASE I

Es un periodo muy largo, durante el cual se producen fenómenos similares a los de la profase mitótica:

1. Se forma el huso acromático,
2. Se produce la condensación máxima de los cromosomas hasta mostrar la estructura del cromosoma metafásico.
3. Se produce la progresiva disminución del tamaño del nucleolo hasta su total desintegración.
4. Se disgrega la membrana nuclear.

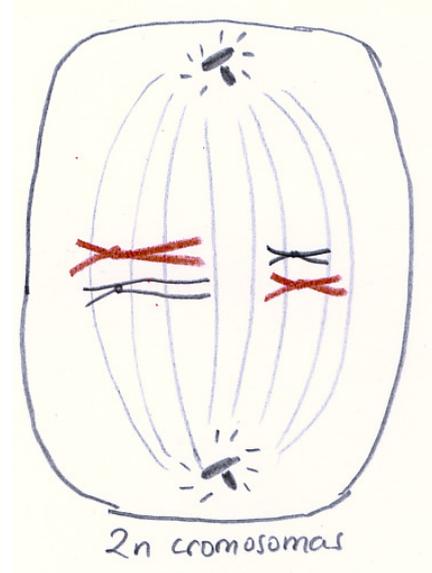
Lo característico de la profase meiótica I es que **se emparejan los cromosomas homólogos**. Cromosomas homólogos son aquellos que tienen igual forma, en cada par un cromosoma es de origen paterno y el otro es de origen materno.



## METAFASE I

Los cromosomas se disponen en el plano ecuatorial de la célula por pares (**emparejados los cromosomas homólogos**) y al azar. Esto significa que en cada meiosis cada par de cromosomas homólogos se combina independientemente con los demás.

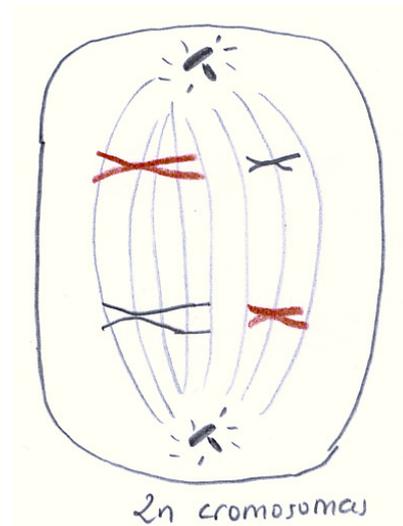
Cada pareja de cromosomas homólogos recibe el nombre de **tétrada o bivalente** (por tener cuatro cromátidas y dos cromosomas). Se forman **n tétradas**, en la especie humana **23 tétradas**.



## ANAFASE I

Emigran hacia polos opuestos cromosomas enteros, con sus dos cromátidas. Por lo tanto, emigra a cada polo un cromosoma de cada par de cromosomas homólogos.

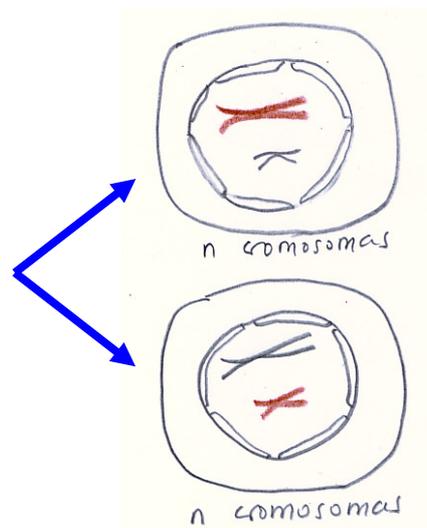
Es decir, **emigran n cromosomas**, pero cada uno con sus **dos cromátidas**. En la especie humana 23. Se dice que los cromosomas homólogos **se segregan o se separan durante la meiosis**.



## TELOFASE I

Comienza cuando los grupos de cromosomas llegan a sus respectivos polos. Como ya sabemos se producen cambios en cierta manera inversos a los de la profase: se descondensan los cromosomas, reaparece la membrana nuclear, reaparece el nucleolo o nucleolos etc.

Al final aparece un tabique en el centro de la célula que la divide en **dos células hijas haploides**, cada una de ellas con **n cromosomas**, con dos cromátidas. En la especie humana se forman dos células hijas con 23 cromosomas, cada uno con dos cromátidas.



## 2ª DIVISIÓN MEIÓTICA

Después de la telofase existe un periodo de interfase de duración variable, generalmente corto. En esta interfase no se produce duplicación del material hereditario, no hay periodo S de síntesis de DNA.

De modo que la segunda división meiótica **es como una mitosis pero con n cromosomas**. Como cada cromosoma está ya constituido por dos cromátidas, la segunda división meiótica tiene como finalidad separar esas cromátidas.

Las fases son: ProfaseII, Metafase II, Anafase II y Telofase II. En la metafase se colocan n cromosomas en el plano ecuatorial y en la anafase emigran n cromosomas a cada polo, cada uno de ellos constituido por una sola cromátida. Al final, a partir de una única célula diploide, se van a formar **4 células hijas con n cromosomas**, cada uno de ellos constituido por **una sola cromátida**.

### Resultado de la meiosis

Como acabamos de decir, el resultado es la **formación de 4 células hijas con n cromosomas, cada uno con una cromátida\***. En el caso del hombre y de los animales esas células se llaman **espermatozoides** y **óvulos** y tienen 23 cromosomas con una cromátida.

\*¡ATENCIÓN!: Las células pueden tener 2n o n cromosomas, pero cada cromosoma puede tener solo 1 ó dos cromátidas. Además, los bivalentes o tétradas tienen 2 cromosomas y cuatro cromátidas.

## **ESPERMATOGÉNESIS Y OVOGÉNESIS**

### La espermatogénesis

Es la formación de gametos masculinos en el hombre. Se produce a partir de la pubertad ( $\pm$  13 años) de forma continua en los **túbulos seminíferos del testículo**. Se realiza a una temperatura 2 ó 3 grados inferior a la temperatura abdominal, por ello los testículos están situados en bolsas (escroto) fuera de su lugar de formación, durante el desarrollo embrionario, en la cavidad abdominal.

En cada división meiótica se producen **4 espermatozoides**. Cada espermatozoide mide unas 55  $\mu$ m y consta de cabeza, cuello, cuerpo y cola. En la cabeza se encuentra el núcleo, en el cuerpo se acumulan las mitocondrias y la cola es un flagelo que le permite moverse. La meiosis tarda 24 horas en completarse y la maduración de los espermatozoides dura aproximadamente 9 semanas.

### La ovogénesis

Es la formación de gametos femeninos en los ovarios. A **mitad de cada ciclo** (los ciclos se cuentan desde el primer día de la última menstruación y duran aproximadamente 28 días) se produce **un único óvulo**, puesto que las otras tres células producto de meiosis degeneran al quedarse el óvulo con todo el citoplasma. Por lo tanto el óvulo es la única célula que puede ser fecundada por el espermatozoide.

## **FECUNDACIÓN**

Es **la unión del óvulo y del espermatozoide** que ocurre en el tercio externo de las trompas uterinas de la mujer. Como el espermatozoide y el óvulo tienen n cromosomas, en la especie humana 23, se forma un individuo con 2n cromosomas, en la especie humana con 46.

## Ejercicios:

1. Repasa con rotuladores o bolígrafos apropiados los dibujos de las fases de la mitosis y de la meiosis.
2. Identifica en esos dibujos el núcleo, los cromosomas, los centriolos y el huso acromático.
3. Rellena el siguiente cuestionario para ver si has comprendido ambos procesos:

### Una célula de 46 cromosomas se divide por mitosis. Responde a las siguientes preguntas.

- A que especie pertenece esa célula (escribe el nombre científico correctamente): .....
- Lugar donde se puede producir esa división (en qué parte del organismo):.....  
.....
- Nº de cromosomas que se sitúan en metafase mitótica en el plano ecuatorial:..... Número de cromátidas que tiene cada cromosoma .....
- Nº de cromosomas que emigran en la anafase mitótica: .....
- Nº de cromátidas que tiene cada cromosoma hijo que emigra: .....
- Resultado de esa división por mitosis. Número de células que se forman:..... Número de cromosomas que tiene cada célula hija:.....Número de cromátidas que tienen los cromosomas de cada célula hija:.....
- Finalidad biológica de la mitosis:.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Una célula de 46 cromosomas se divide por meiosis. Responde a las siguientes preguntas.

- Lugar donde se produce esa división (en qué parte del organismo). Indica también el nombre del lugar exacto (túbulos seminíferos o folículos ováricos).  
En los organismos masculinos: ....., en los .....
- En los organismos femeninos: ....., en los .....
- Nº de cromosomas y forma en que se sitúan en metafase I en el plano ecuatorial: .....
- ¿Qué es una tétrada o bivalente? .....
- Nº de cromosomas que emigran en la anafase meiótica I:..... Nº de cromátidas que tiene cada cromosoma hijo que emigra en la anafase meiótica I:.....
- Resultado de la división por meiosis (**después de las dos divisiones**). Se forman .....células con .....cromosomas, cada una con .....cromátida/s.
- Nombre y número de las células formadas en cada meiosis (**después de las dos divisiones**).  
Las femeninas se llaman.....y se forma .... cada mes.  
Las masculinas se llaman.....y se forman ..... en cada meiosis completa.
- Nombre del proceso por el que se forman las células masculinas: .....
- Nombre del proceso por el que se forman las células femeninas: .....
- Finalidad biológica de la meiosis:.....  
.....  
.....  
.....

**\* ¡Atención!. El número de cromosomas de una célula humana puede ser de 46 (2n) o de 23 (n). Mientras que el número de cromátidas de un cromosoma puede ser 1 ó 2.**