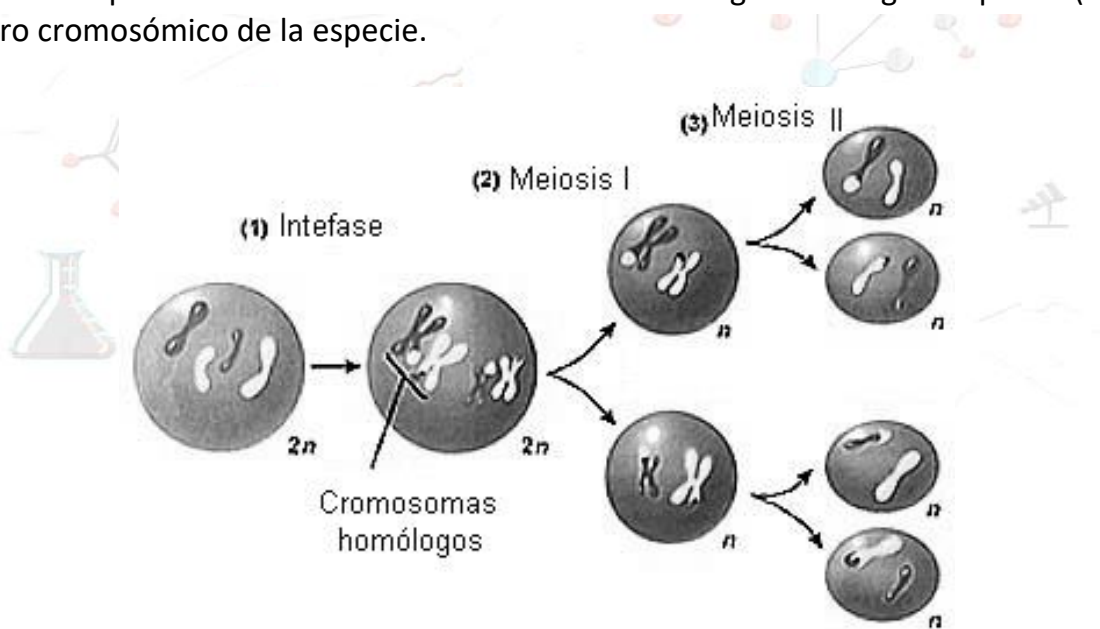


Guía 5 Meiosis

Hemos revisado que la mitosis es un proceso que un organismo utiliza para desarrollarse, aumentando la cantidad de células de un tejido, sustituir células viejas en distintas zonas, restituyendo células que se han perdido por un trauma o una herida, por ejemplo.

Existe otra necesidad que los organismos deben cubrir, que es la reproducción. En la reproducción sexual, los organismos deben combinar la información genética de los progenitores para dar origen a un nuevo ser. Para tal efecto, deben existir células con la mitad de la dotación genética (haploide). Es ahí donde tiene un papel fundamental la meiosis, en donde una célula diploide (dotación completa de material genético) da origen a células “hijas” con la mitad de ese material genético (cromosomas). Por ello decimos que la meiosis es un tipo de división celular que ocurre solamente en las células germinales y como resultado aparecen 4 células hijas con la mitad del número cromosómico de la especie, células haploides (n), de manera que cuando se fusionen en la fecundación originen un cigoto diploide ($2n$) con el número cromosómico de la especie.



Esquema simplificado de la meiosis

Fases de la meiosis

La meiosis es muy similar a la mitosis en muchos aspectos, pues progresa a través de etapas en donde también ocurrirá organización y separación de cromosomas, pero también ocurren eventos muy diferentes.

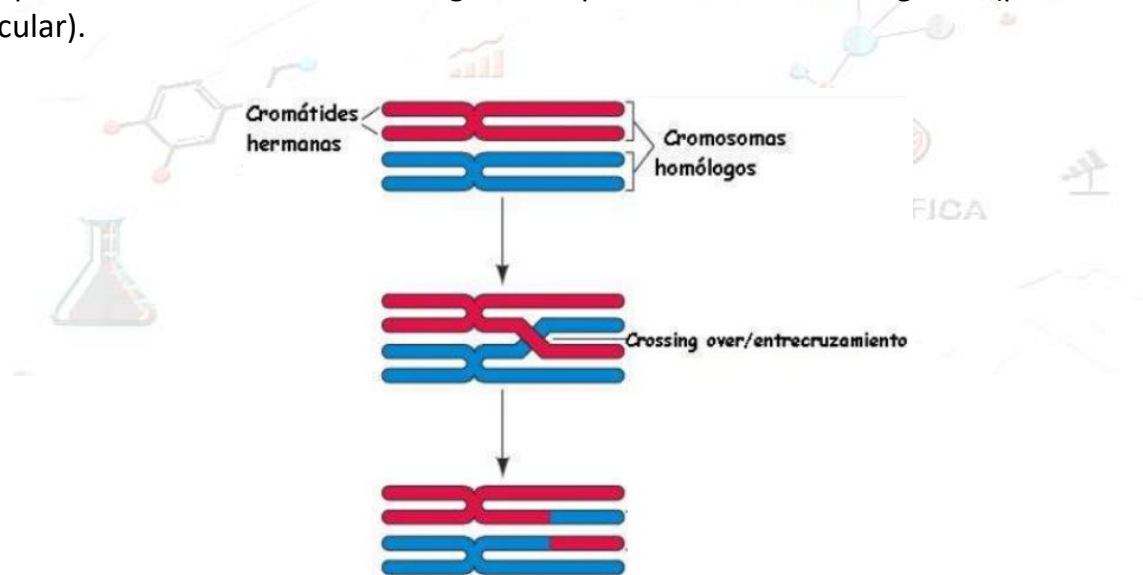
Podemos considerar la meiosis en dos grandes divisiones, la primera de ellas considerada una división reduccional o **meiosis I** y la segunda, una división ecuacional o **meiosis II**.

Meiosis I

Como toda célula que se dividirá, las células que inician meiosis deben experimentar un tránsito por **interfase**, pues es necesario que ocurra (como en la mitosis) crecimiento celular, duplicación del material genético y preparación para una división, en consecuencia, deben pasar por G1, S y G2.

Profase I

Es la etapa más larga de la meiosis. Mientras ocurre la condensación de la cromatina, los cromosomas en formación (que están duplicados) se emparejan con su cromosoma homólogo (uno paterno y otro materno) haciendo contacto (sinapsis) y dando origen a los cromosomas bivalente o “tétrada”. Los cromosomas homólogos se mantienen unidos gracias a la presencia de una estructura proteica llamada “complejo sinaptonémico”, que garantiza el perfecto apareamiento. En este punto ocurre el entrecruzamiento o **crossingover**, en donde se intercambian secuencias de DNA entre homólogos. El puente formado entre la cromatina de las cromátidas no hermanas (de los homólogos) se denomina quiasma y corresponde a una evidencia citológica de que ocurrió el crossingover (proceso a nivel molecular).



Este evento es crucial para permitir asegurar variabilidad genética en las células hijas.

Metafase I

Se forma el huso y comienza a unirse a los cromosomas bivalentes para ubicarlos en la placa metafásica. Los cinetocoros de cada cromosoma se orientan ambos hacia el mismo polo. Así cada cromosoma de la tétrada queda orientado cada uno hacia un polo. El huso comienza a tirar los cromosomas hacia los polos y éstos se separan entre sí. En esta etapa ocurre la permutación cromosómica, que corresponde a la distribución aleatoria de los cromosomas paterno y materno, evento que contribuye a la variabilidad genética.

Anafase I

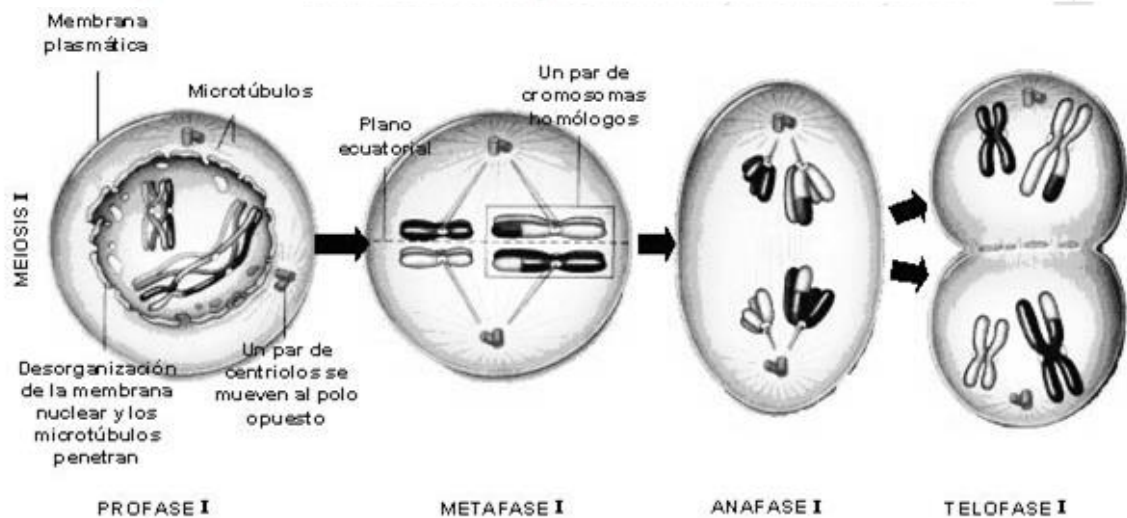
Los cromosomas homólogos migran a los polos (uno a cada polo) totalmente al azar, por lo tanto, el número de combinaciones posible dependerá del número cromosómico de la célula. Las cromátidas hermanas de cada cromosomas aún están unidas.

Telofase I

Se organizan los núcleos de las células hijas. Se reconstituye la membrana nuclear y los cromosomas se descondensan. Notar que las cromátidas hermanas de estos cromosomas, son distintas, pues fueron recombinadas.

De manera casi simultánea se produce la citocinesis, originándose 2 células hijas haploides (n) (la mitad de los cromosomas) pero con contenido de DNA duplicado (2c).

Vemos que el proceso de meiosis inició con células que tenían la totalidad de sus cromosomas y cantidad de DNA, nos referimos a esto como $2n$, $2c$. Al entrar a la interfase, ocurre una duplicación del material genético, por lo tanto, las células entran a meiosis con la totalidad de sus cromosomas, pero el doble de material genético, lo que llamamos, $2n$, $4c$. Al finalizar la meiosis I las células formadas tienen la mitad de los cromosomas y de material genético, por lo que es n , $2c$.



Etapas de la meiosis I

Meiosis II

La célula entra a una segunda división, sin duplicar el material genético, en una secuencia muy similar a una mitosis, podríamos referirnos a ella como una mitosis de células haploides, cuyas etapas son:

Profase II

Desaparece la carioteca, los cromosomas inician su condensación, los centriolos migran hacia los polos y se comienza a formar el huso que hace contacto con los cinetocoros de cada cromátida.

Metafase II

Los cromosomas se ubican en el plano ecuatorial y están en su máxima condensación. En este punto existe la mitad de los cromosomas en el plano metafásico.

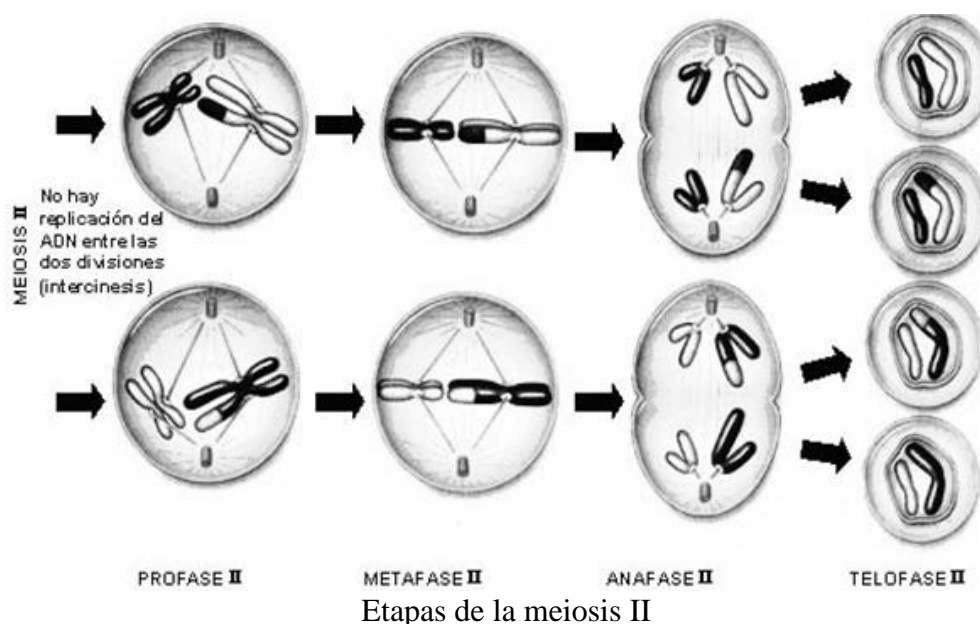
Anafase II

Se separan las cromátidas hermanas y cada una migra hacia los polos opuestos.

Telofase II

Se reconstituyen los núcleos de las células hijas y los cromosomas se descondensan. En este punto cada núcleo celular tiene la mitad de los cromosomas y la mitad del contenido de DNA, por lo que decimos que es n, c .

Luego ocurre la citocinesis que divide los citoplasmas. Como producto final de la meiosis se observan 4 células hijas que poseen la mitad de los cromosomas de las células originales, pero muy importante, son cromosomas totalmente diferentes, pues han ocurrido eventos en donde se ha compartido información genética entre cromosomas.



La meiosis garantiza que las cuatro células haploides sean genéticamente diferentes entre sí y con la célula progenitora, gracias a sucesos que aseguran la variabilidad genética, estos eventos son:

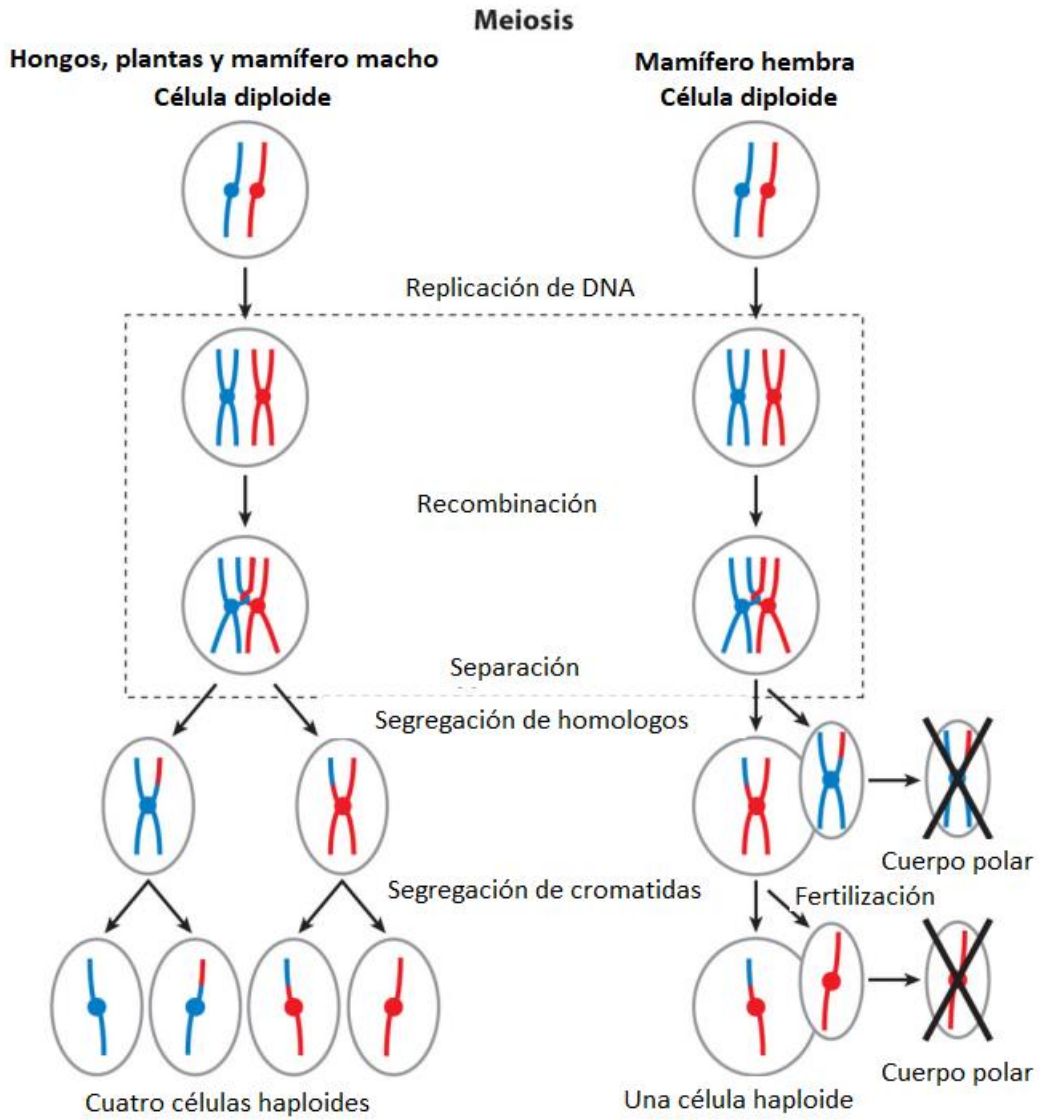
Recombinación genética: Durante la profase I hay intercambio de secuencias de DNA entre cromosomas homólogos, lo que se conoce como “*crossingover*”, que asegura la recombinación de genes.

Permutación cromosómica: Ocurre durante la metafase I de la meiosis, y son las formas de ordenamiento que pueden tener los grupos de cromosomas (tétradas) en el ecuador de la célula.

Etapas de Meiosis	Cantidad de ADN (c)	Cantidad de cromosomas
Profase I	4c	2n
Metafase I	4c	2n
Anafase I	4c	2n
Telofase I	2c	2n
Profase II	2c	n
Metafase II	2c	n
Anafase II	2c	n
Telofase II	c	n

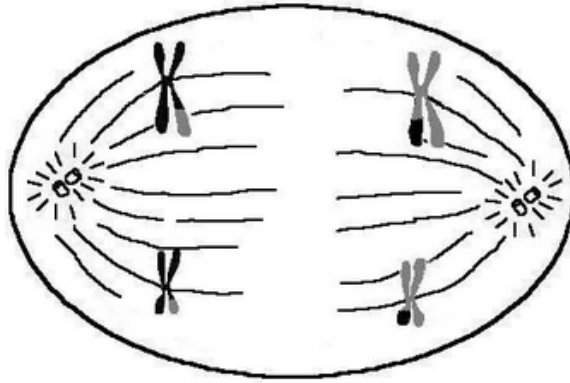
Resumen de la cantidad de cromosomas y contenido de DNA en las etapas de la meiosis.

Para la reproducción sexual la meiosis es de vital importancia, pues mediante este proceso es posible generar los gametos que permitirán entregar la información genética de los progenitores a su descendencia, en un evento meiótico conocido como gametogénesis, con algunas diferencias entre machos y hembras. En plantas, los granos de polen y óvulos se producen de esta manera, así como también los espermatozoides y óvulos en animales.



Preguntas

1. ¿Qué etapa de la meiosis está representada en la siguiente figura?



- A) Profase.
- B) Telofase II
- C) Metafase I.
- D) Anafase I
- E) Profase II.

2. ¿Cuál de las siguientes células podría dividirse generando células con núcleos genéticamente iguales a ella?

- I) Una bacteria.
- II) Una célula epitelial
- III) Un espermatozoide humano.

Es (son) correcta(s)

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III
- D) II y III.
- E) I, II y III.

3. El entrecruzamiento de cromosomas homólogos se produce en:

- A) La profase mitótica.
- B) La profase de la segunda división meiótica.
- C) La metafase de la primera división meiótica.
- D) La profase de la primera división meiótica.
- E) ninguna de las anteriores.

4. La similitud que se podría observar al microscopio óptico, entre células en metafase mitótica y células en metafase I de meiosis es:

- A) En ambas se observan los cromosomas ordenados en la línea media de la célula
- B) En ambas el material genético no ha pasado por la etapa S del ciclo celular.
- C) En ambas se observan los cromosomas ubicados en los polos celulares.
- D) En ambas se observa la formación de la membrana nuclear alrededor de cada polo.
- E) En ambas se observa una reducción en la cantidad de material genético.

5. Si una célula tiene 10 pares de cromosomas homólogos duplicados al inicio de la meiosis, ¿cuántos cromosomas tendrán cada una de las células resultantes cuando hayan finalizado completamente el proceso de meiosis?

- A) Tendrán 10 cromosomas duplicados.
- B) Tendrán 10 cromosomas no duplicados.
- C) Tendrán 5 cromosomas duplicados.
- D) Tendrán 5 cromosomas no duplicados.
- E) Tendrán 20 cromosomas no duplicados

6. La meiosis es un proceso que se lleva a cabo:

- A) cada vez que un organismo repara sus tejidos.
- B) cuando un individuo está creciendo.
- C) para formar gametos.
- D) cada vez que la célula se va a reproducir.
- E) para obtener clones celulares.

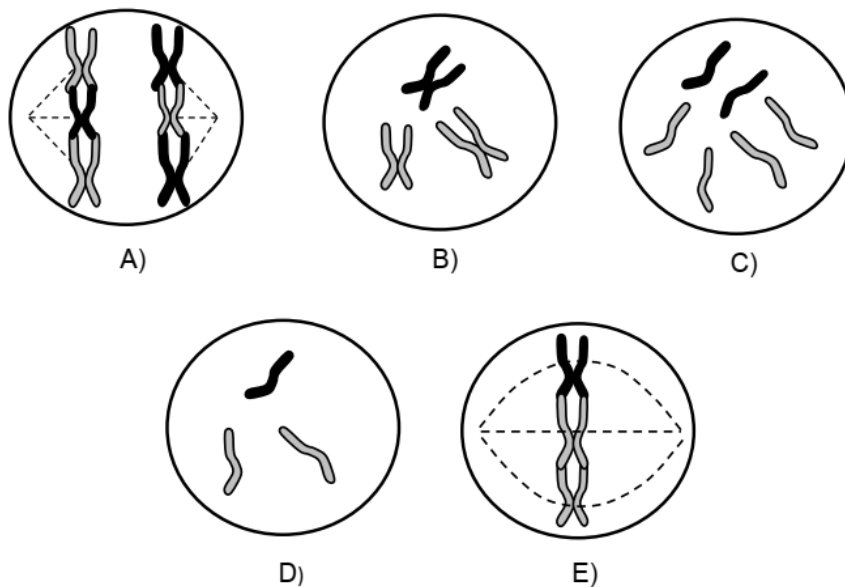
7. Después que ha terminado la telofase I de la meiosis, ¿cuál es el número de cromosomas y la cantidad de material genético presente en una célula?

- A) n y $4c$
- B) n y $2c$
- C) n y c
- D) $2n$ y $4c$
- E) $2n$ y $2c$

8. Si comparamos el proceso de meiosis y de mitosis, ¿cuál de los siguientes eventos ocurre en ambos procesos?

- A) Generación de 4 células hijas.
- B) Duplicación de material genético.
- C) Separación de cromosomas homólogos.
- D) Cromosomas se distribuyen al azar hacia los polos.
- E) Intercambio de material genético entre cromosomas.

9. Si una célula presenta una dotación cromosómica $2n=6$, ¿cuál de los siguientes esquemas representa a dicha célula en una etapa posterior a Metafase II?



10. Se necesita realizar un experimento para el cual se requiere que los organismos de una misma especie sean siempre genéticamente distintos. Estos organismos se podrían obtener de:

- A) un brazo de estrella de mar.
- B) semillas de alfalfa.
- C) una colonia de bacterias.
- D) trozos de una planaria.
- E) estacas de un pino.

1.	D	4.	A	7.	B	10.	B
2.	B	5.	B	8.	B		
3.	D	6.	C	9.	D		