

GUÍA DE CONTENIDO Y TRABAJO

UNIDAD 2: “DIVISIÓN CELULAR: MEIOSIS”

NOMBRE: _____

● INTRODUCCIÓN

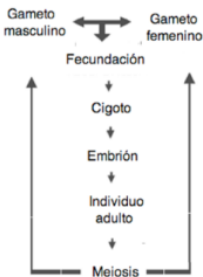
La función de la reproducción es permitir la perpetuación de las especies. Gracias a ella, surgen nuevos individuos semejantes a sus progenitores. En realidad, la reproducción evita que las especies desaparezcan, ya que la vida de los individuos es finita, o al menos la mayoría de los seres vivos son “mortales”. Pero, ¿existen seres inmortales? En cierto modo sí. Los seres unicelulares no mueren en sentido estricto, no están programados para envejecer, ni morir por causas naturales, son, por decirlo de alguna manera, inmortales. Un protozoo cuando se divide por bipartición, da origen a dos nuevos protozoos igual de jóvenes, y a la vez, los dos son igual de viejos, ya que su material genético es idéntico al del progenitor. El envejecimiento y la muerte aparecen con los seres pluricelulares. Los animales, por ejemplo, nacen, crecen envejeciendo y mueren por causas naturales, si no han sido depredados antes. La “inmortalidad” en los seres pluricelulares queda reservada a **los gametos** por cuya unión se formará el cigoto y de ahí el individuo. **Las dos posibilidades con las que cuentan los seres vivos para perpetuarse son la reproducción asexual y la sexual.**

En la **reproducción asexual** tan solo interviene un individuo del que por diferentes vías, como la bipartición, la gemación o la división múltiple, se originan nuevos seres idénticos al progenitor tan solo interviene un individuo del que por diferentes vías, como la bipartición, la gemación o la división múltiple, se originan nuevos seres idénticos al progenitor. Es un proceso rápido, por ejemplo, en el caso de algunas bacterias tan solo se requieren veinte minutos para que, por bipartición, aparezcan dos nuevas bacterias, de tal manera, que en un solo día y de un único progenitor inicial se pueden formar miles de nuevos individuos, todos idénticos entre si e idénticos a su progenitor. La reproducción asexual es un método bastante simple y utilizado por seres poco complejos como las bacterias, los protistas o animales muy sencillos, pero muy difundido en plantas.

En la **reproducción sexual** todo es más complejo y costoso. Se requieren unas células especiales, los gametos, que se formarán tan solo cuando el individuo madure sexualmente. Para que se puedan generar descendientes, en ocasiones, han de transcurrir largos períodos de tiempo (en nuestro caso, se requieren nueve meses de gestación) y los descendientes no son idénticos a sus progenitores, ni son iguales entre sí (solo haz de fijarte en tus hermanos). La reproducción sexual es un mecanismo de reproducción más complejo que la reproducción asexual y que a diferencia de la última, permite la variabilidad genética, fundamental al hablar de selección natural (tema a estudiar en evolución biológica).

1. GAMETOS Y REPRODUCCIÓN SEXUAL

La reproducción sexual implica la singamia o fecundación, o sea la fusión de gametos masculinos y femeninos para producir un cigoto, que al desarrollarse formará un embrión y éste a su vez un nuevo individuo. Su importancia se debe a que en el cigoto se combinan caracteres paternos y maternos, resultando diferente genéticamente a cada uno de los padres, situación distinta a la observada en la reproducción asexuada, donde los descendientes son clones de los progenitores. En cambio, la reproducción sexual permite la variación por recombinación genética, lo que facilita la selección natural (no se puede seleccionar a partir de una población clonal – individuos genéticamente idénticos –).



2. MEIOSIS

La **meiosis**, un tipo especial de división nuclear, consiste en dos divisiones nucleares sucesivas, designadas convencionalmente como Meiosis I y Meiosis II. Durante este proceso de división se redistribuyen los cromosomas y se producen células que tienen un número haploide de cromosomas (n). Las únicas células que sufren el proceso meiótico son las de la línea germinal, es decir, aquellas que van a formar los gametos masculinos y femeninos.

Etapa Reduccional o Meiosis I	Etapa Ecuacional o Meiosis II
Profase I	Profase II
Metafase I	Metafase II
Anafase I	Anafase II
Telofase I	Telofase II

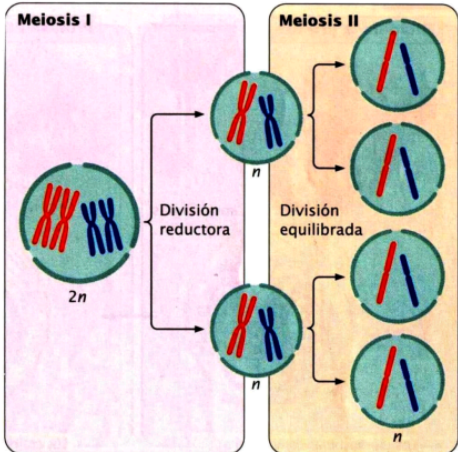


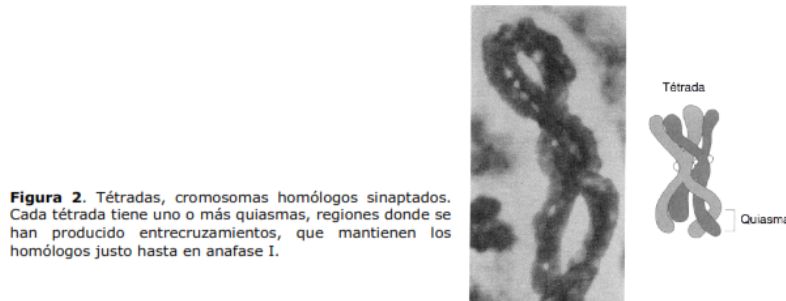
Figura 1. Meiosis. Las dos divisiones consecutivas del núcleo celular; la primera es reduccional y la segunda equilibrada o ecuacional.

PRIMERA DIVISIÓN MEIÓTICA (MEIOSIS I)

PROFASE I

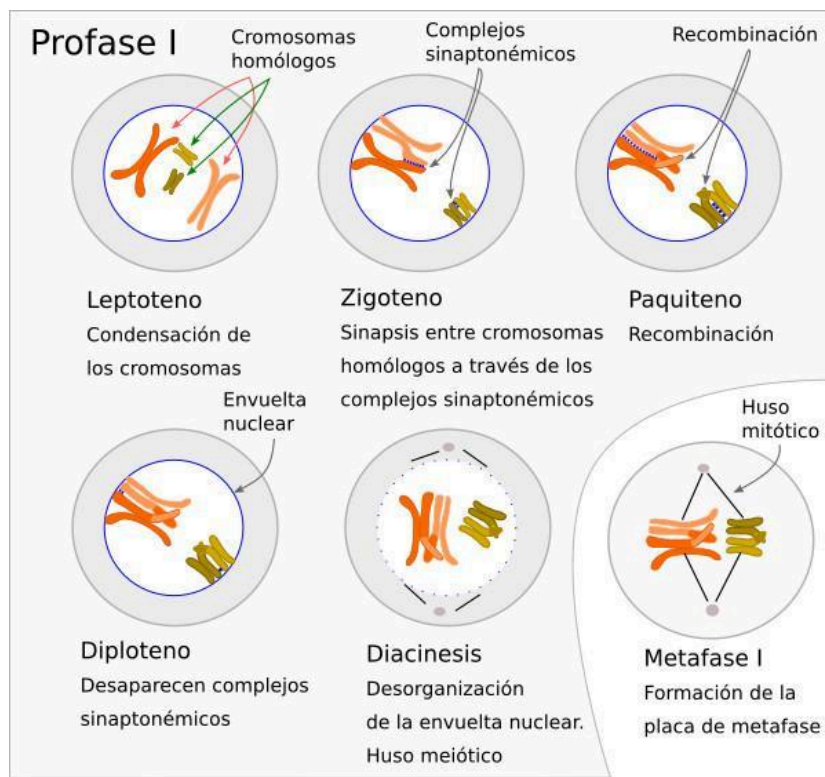
En esta fase suceden los acontecimientos más característicos de la meiosis. La envoltura nuclear se desorganiza al final, al mismo tiempo desaparece el nucléolo y se forma el huso. En términos generales se puede señalar que en profase I:

- Los pares de cromosomas homólogos aparecen íntimamente unidos: bivalentes o tétradas (Figura 2).
- Los cromosomas homólogos intercambian segmentos de material genético, proceso denominado **entrecruzamiento o crossing-over**.



Profase I posee 5 fases:

- **Leptoteno:** La cromatina se condensa y los cromosomas son reconocibles al microscopio.
- **Cigoteno:** Cromosomas homólogos se aparean mediante complejos sinaptonémicos y hacen sinapsis en varios puntos.
- **Paquiteno:** Los cromosomas forman tétradas (las 2 cromátidas de c/homólogo). En los puntos de contacto (quiasmas) ocurre el **crossing-over**, permitiendo la recombinación de genes entre homólogos.
- **Diploteno:** Los cromosomas se separan y solo permanecen unidos por los puntos de contacto. Los quiasmas son visibles.
- **Diacinesis:** Los cromosomas homólogos duplicados se separan más y sólo es posible ver algunos quiasmas en los extremos de c/cromátida.



METAFASE I

Los bivalentes se disponen sobre el plano ecuatorial de la célula, pero lo hacen de tal forma que los dos cinetocoros que tiene cada homólogo se orientan hacia el mismo polo, y en el otro cromosoma ocurre lo mismo, pero orientados al polo opuesto formando la **placa metafísica**. Cada par de homólogos de cromosomas se ubica de forma independiente de los otros pares al formar la placa metafísica. Esta distribución aleatoria (al azar) de los cromosomas paternos y maternos, es la causa

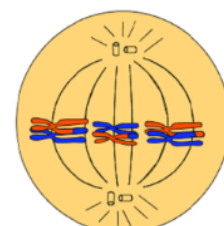


Figura 3. Metafase I.

que al final de Meiosis I las células obtenidas tengan una mezcla diferente de cromosomas paternos y maternos. Esto se denomina **permutación cromosómica**.

Una clase de recombinación es consecuencia de la distribución aleatoria (al azar) de los cromosomas homólogos maternos y paternos entre las células hijas de la primera división meiótica, como resultado de la cual cada célula obtiene una mezcla diferente de cromosomas maternos y paternos. Simplemente por este proceso de distribución al azar de los homólogos uno puede obtener 2^n distribuciones distintas, siendo "n" el número haploide de cromosomas: así, para la especie humana, donde "n" es 23, cada individuo podrá producir $2^{23} = 8,4 \times 10^6$ gametos diferentes.

ANAFASE I

Debido a que los cromosomas presentan un solo centrómero para las dos cromátidas, éstos se separan a polos opuestos como cromosomas completos, con sus dos cromátidas (Figura 4). Esta disyunción o separación de los cromosomas homólogos da lugar a una reducción cromosómica.

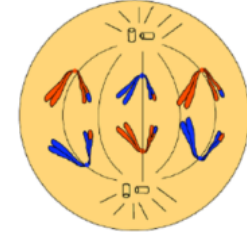


Figura 4. Anafase I.

TELOFASE I

En una telofase normal se originan dos núcleos, cada uno de éstos posee un cromosoma homólogo de cada par, por lo tanto, su dotación cromosómica es haploide. Cada cromosoma es doble, de dos cromátidas. En la figura 5, también se observa el surco de segmentación que señala el inicio de la citocinesis (división del citoplasma)

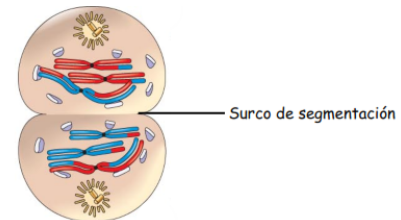


Figura 5. Célula en telofase I e inicio de citocinesis.

Al finalizar la primera división existe una etapa llamada intercinesis, la que puede ser variable en su duración, incluso puede faltar por completo, de manera que tras la telofase I se inicia sin interrupción la segunda división. En cualquier caso, nunca hay síntesis de ADN.

SEGUNDA DIVISIÓN MEIÓTICA (MEIOSIS II)

PROFASE II:

Se forma el huso en la profase II avanzada, los cromosomas dobles (de dos cromátidas hermanas), se mueven al plano ecuatorial.

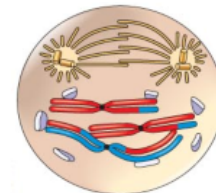


Figura 6. Profase II.

METAFASE II

Se forma la placa metafásica II, debido al entrecruzamiento (Meiosis I), las dos cromátidas hermanas de cada cromosoma no son idénticas desde el punto de vista genético. Los cinetocoros de las cromátidas hermanas están adheridos a los microtúbulos que se extienden desde los polos opuestos.

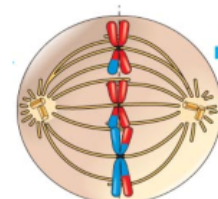


Figura 7. Metafase II.

ANAFASE II

Se dividen los centrómeros de cada cromosoma y las cromátidas hermanas se apartan, separadas hacia polos opuestos. Cada cromátida hermana ahora se constituye como un cromosoma simple, de una cromátida.

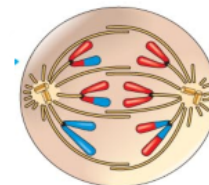


Figura 8. Anafase II.

TELOFASE II

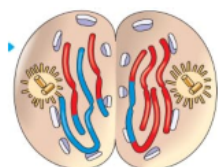
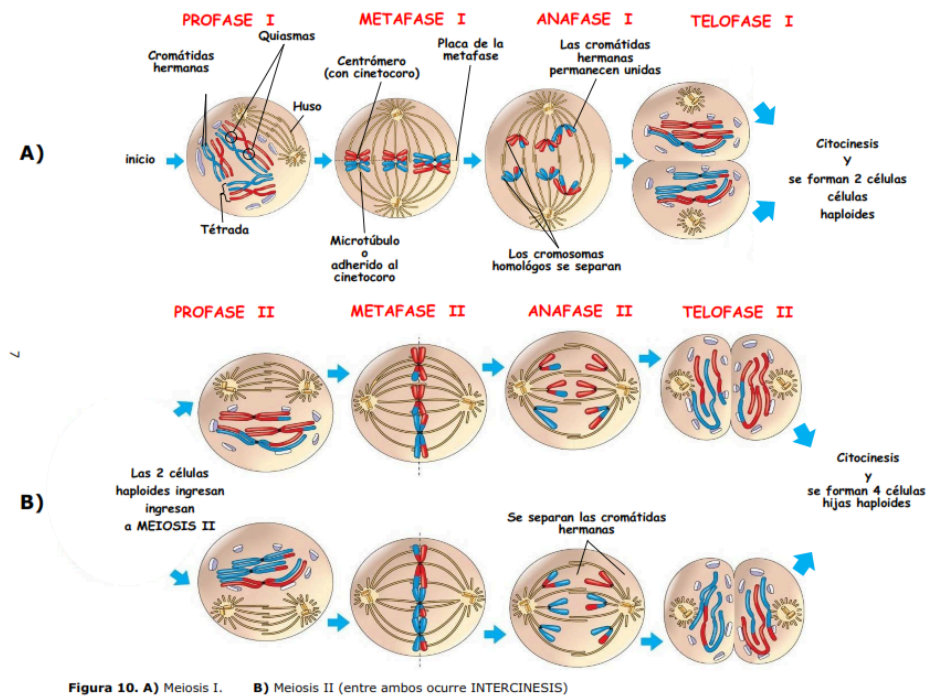


Figura 9. Telofase II.

Terminada el anafase quedan dos conjuntos de cromosomas simples en cada polo y alrededor de cada conjunto se forma un nuevo núcleo. Recuerde que la primera división Meiótica origina 2 células ($n = 2c$), las cuales entran a la segunda división Meiótica, por lo tanto, la segunda división Meiótica origina 4 células hijas (n y c), distintas genéticamente, unas de otras y de la célula progenitora.



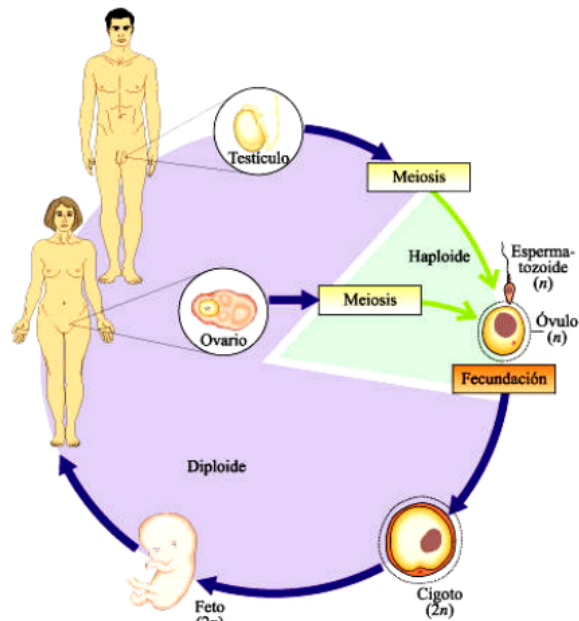
3. MEIOSIS: Fuente de variabilidad genética

Cada una de las células haploides (gametos) producidas por meiosis contiene un juego único de cromosomas (los gametos no poseen cromosomas homólogos los cuales presentan recombinaciones genéticas propias y diferentes de la de otros gametos del individuo. Esto es consecuencia del **entrecruzamiento o crossing-over** (Figura 11) y a la **permutación cromosómica o distribución independiente de los cromosomas homólogos** (Figura 12). De esta manera, la meiosis constituye una fuente de **variabilidad en la descendencia**.

4. SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LA MEIOSIS

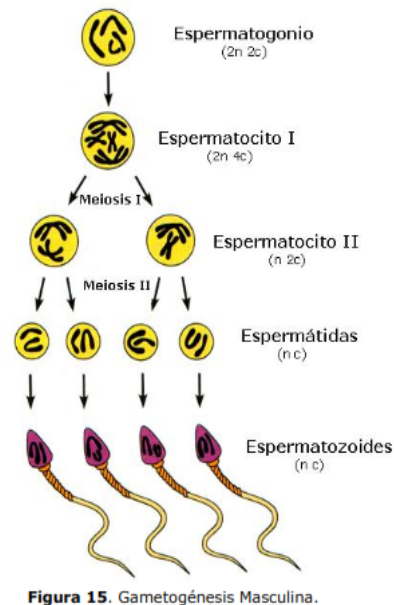
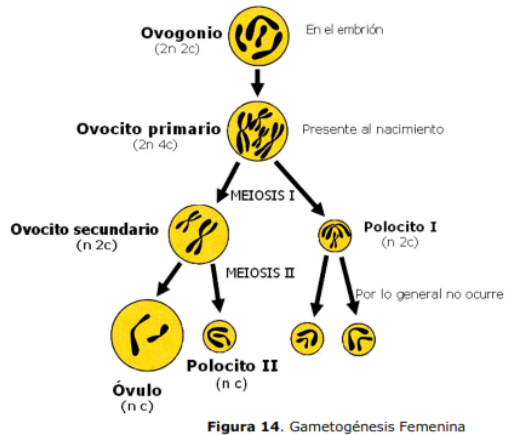
El entrecruzamiento da lugar a nuevas combinaciones de genes en los cromosomas, es responsable de la recombinación genética. Por otra parte, cada una de las cuatro células finales dispone de un conjunto de n cromátidas que no es idéntico al de las otras. Tanto el entrecruzamiento como el reparto de las cromátidas dependen del azar y dan lugar a que cada una de las cuatro células resultantes tenga un pool de genes diferentes. Estos pools de alelos se verán más adelante sometidos a las presiones de la selección natural de tal forma que solamente algunas combinaciones alélicas podrán proyectarse en sucesivas generaciones. A nivel genético, la meiosis es una de las fuentes de generación de nuevas combinaciones (**variación**) de la información genética. La meiosis da lugar a la reducción cromosómica. Las células diploides se convierten en haploides. Las células haploides resultantes de la meiosis se van a convertir en las células sexuales reproductoras: los gametos o en células asexuales reproductoras: las esporas. La meiosis es un mecanismo directamente implicado en la formación de gametos y esporas. En muchos organismos los gametos llevan cromosomas sexuales diferentes y son los responsables de la determinación del sexo, en estos casos la meiosis está implicada en los procesos de diferenciación sexual.

Recuerda que la meiosis no forma parte de un ciclo celular, dado que las células que se forman no vuelven a dividirse (es un callejón sin salida) Figura 13.



5. MEIOSIS Y GAMETOGENESIS

La Meiosis es parte de un proceso mayor llamado **Gametogénesis**, la cual ocurre en las gónadas y tiene por objetivo la formación de gametos haploides, por lo tanto, la gametogénesis y por ende la meiosis ocurren solamente en células germinales localizadas en las gónadas de los organismos sexuales. Existe una gametogénesis femenina llamada **Ovogénesis** (Figura 14) y una gametogénesis masculina, la **Espermatogénesis** (Figura 15).



La ovogénesis y la espermatogénesis tienen algunas diferencias en cuanto a la duración de las etapas, distribución de citoplasma de las células hijas y a la modificación de éstas, pero tienen etapas similares, las cuales se indican a continuación (Tabla 1).

ACTIVIDAD A PARTIR DE LA GUÍA

Realiza las siguientes preguntas de alternativas a partir de lo estudiado y completa.

1. Una célula humana en división posee 92 moléculas de ADN en

- I) anafase mitótica.
- II) anafase I meiótica.
- III) anafase II meiótica.

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

2. El óvulo tiene el mismo número de cromosomas y cantidad de ADN que un(a)

- I) polocito II.
- II) espermátida.
- III) espermatozoide.

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

3. Si una célula somática en G1 contiene 13 pg (picogramos) de ADN. ¿Cuántos picogramos de ADN debería contener un espermatozoide de dicho individuo?

- A) 3,25
- B) 6,5
- C) 13
- D) 18,5
- E) 26

4. Diploidía significa que una célula

- I) presenta moléculas de ADN bicatenario.
- II) posee dos juegos de cromosomas homólogos.
- III) puede dividir su núcleo por mitosis.

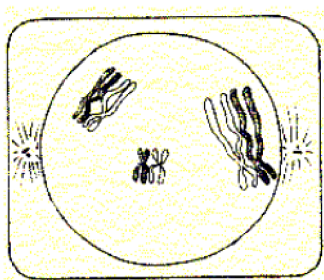
- A) Solo I.
- B) Solo II.
- C) Solo III.
- D) Solo II y III.
- E) I, II y III.

5. Si un gameto de cuyo posee 31 cromosomas, es correcto afirmar que una célula en división de este organismo al encontrarse en

- I) metafase I meiótica, tendrá 62 cromosomas.
- II) anafase II meiótica, tendrá 124 moléculas de ADN.
- III) profase I meiótica, formará 31 tétradas.

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

6. Las células en su proceso de división pueden experimentar mitosis o meiosis. De acuerdo a esta información y considerando el esquema. ¿Cuál es el resultado final una vez concluido el proceso?



- A) Cuatro células distintas a su progenitora con 3 cromosomas cada una.
- B) Tres células distintas a su progenitora con 3 cromosomas cada una.
- C) Dos células idénticas a su progenitora con 4 cromosomas cada una.
- D) Dos células distintas a su progenitora con 3 cromosomas cada una.
- E) Una célula distinta a su progenitora con 3 cromosomas.

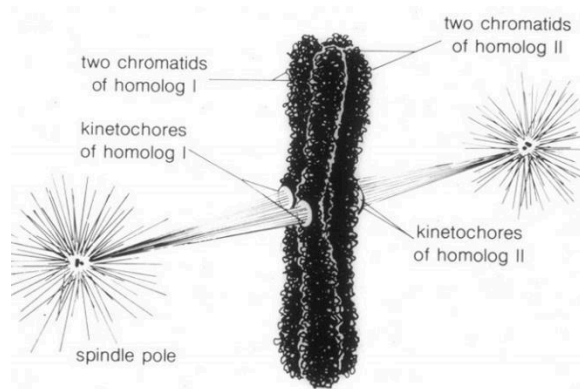
7. Respecto de los cromosomas homólogos, es correcto señalar que

- A) presentan diferente morfología.
- B) portan genes no alélicos entre sí.
- C) suelen encontrarse en el mismo gameto.
- D) se separan durante anafase II de la meiosis.
- E) portan información para las mismas características.

8. La diversidad genética entre los individuos de la especie humana se produce como resultado de tener reproducción sexuada y variación genética en los gametos principalmente debida a:

- A) Mutación de genes codificantes
- B) Permutación cromosómica
- C) Recombinación entre cromosomas homólogos
- D) B y C
- E) A y C

9. El esquema representa a dos cromosomas en una división meiótica. Señale la opción correcta



- A) Corresponde a una metafase I
- B) Los cromosomas están duplicados
- C) Se observa un par cromosómico homólogo
- D) A y B son correctas
- E) A, B y C son correctas

10. Como consecuencia de la meiosis se producen células haploides. Señale la opción que describe con mayor completitud las características cromosómicas de estas células.

- A) Presentan la mitad del número de cromosomas de la especie
- B) Portan un miembro de cada par cromosómico homólogo
- C) Pueden tener cromosomas paternos y maternos
- D) Todas las anteriores
- E) Ninguna de las anteriores