

Pág. 239

**PARA COMENZAR**

- Los filamentos descritos por Walther Flemming son los cromosomas y el tenue objeto que se divide en dos es el centrosoma.
- Si los filamentos se sitúan en el centro de la célula, esta se encuentra en metafase, y es en la anafase cuando cada mitad de los filamentos es arrastrada hacia un áster.
- Porque el embrión formado daba lugar a un individuo diploide, y al venir de la unión de dos gametos, estos debían ser haploides.
- En la fotografía hay unos 17 cromosomas aproximadamente. Se encuentran en metafase dado que presentan su máximo grado de condensación y están duplicados, es decir, se componen de dos cromátidas cada uno. Los diferentes colores se deben a una tinción específica.

Pág. 240

- 1 Con la segunda fase, donde se condensa la cromatina y se fragmentan los oligonucleosomas.
- 2 Que dependiendo del tipo de célula, su vida oscila entre ocho horas y doscientos días. Durante la vida de una célula sus orgánulos se van renovando constantemente; por ejemplo, en los hepatocitos humanos, que viven unos 150 días, las mitocondrias se dividen cada 10 días, lo que quiere decir que se dividen al menos unas 15 veces a lo largo de la vida de la célula. Hay células de rápida regeneración, como las de los epitelios, y otras que incluso han perdido su capacidad reproductiva, como los eritrocitos, las células musculares o las neuronas.
- 3 La apoptosis es la muerte celular por autólisis a partir de la ruptura de los lisosomas de la célula.

Pág. 241

- 4 Causas internas: aumento excesivo del tamaño del citoplasma y aumento del tamaño total de la célula.  
Causas externas: dependencia de anclaje, la disponibilidad de espacio y la presencia de factores de crecimiento o agentes mitógenos.
- 5 Si el diámetro del núcleo es de  $2 \mu\text{m}$ , entonces su radio es  $1 \mu\text{m}$ . Considerando el núcleo como una esfera, su volumen sería  $4/3 \cdot \pi \cdot 1^3 \mu\text{m}^3$ .  
$$\text{RNP} = \text{Volumen núcleo} / (\text{Volumen citoplasma} - \text{Volumen núcleo})$$
  
Según el enunciado, si RNP es menor de 0,002, comienza la división celular; por tanto, se trata de resolver la siguiente ecuación:  
$$0,002 < 4/3 \cdot \pi \cdot 1^3 \mu\text{m}^3 / (4/3 \cdot \pi \cdot (r_{\text{citoplasma}}^3 - 1^3)) \mu\text{m}^3$$
  
Resolviendo,  $r_{\text{citoplasma}} < 7,94 \mu\text{m}$ , aproximadamente, para que comience la división celular.

Por tanto, el radio total de la célula sería  $7,94 + 1 = 8,94 \mu\text{m}$  y el volumen máximo que puede alcanzar la célula sin comenzar la división sería:

$$V = 4/3 \cdot \pi \cdot 8,943 \mu\text{m}^3 = \mathbf{2\,992,96 \mu\text{m}^3}$$

Pág. 243

- 6 El ciclo celular o ciclo vital de una célula eucariota comprende el periodo de tiempo que va desde que se forma, es decir, desde que nace, hasta que se divide y genera otras células nuevas.  
En un ciclo celular se diferencian dos etapas que, además, son fácilmente distinguibles al microscopio óptico: la interfase y la división.
- 7 En el periodo S de la interfase.
- 8 El 5% restante de las células estaría en división celular o fase M. En un ciclo vital de 24 horas, la fase G1 dura 11 horas, S dura ocho horas y G2 dura 4 horas, aproximadamente. Por tanto, un 5% de las células se encuentran en división celular durante una hora, aproximadamente.

Pág. 244

- 9 La dotación cromosómica de la célula dibujada es  $2n = 4$ .

Pág. 246

- 10 Tras la duplicación del ADN nuclear sin reparto posterior del material cromosómico entre dos núcleos hijos, no hay separación de las cromátidas hermanas, sino que estas quedan extendidas y unidas entre sí constituyendo cromosomas politénicos o cromosomas gigantes, que pueden tener hasta 1024 cromátidas juntas.

Pág. 247

- 11 En la septación. En las células vegetales, la tabicación se debe a la acumulación de vesículas procedentes del aparato de Golgi, que contienen los componentes de la pared celular.

Pág. 248

- 12 En la partenogénesis sexual, los individuos provienen de un gameto femenino sin fecundar. Se considera reproducción sexual porque cada gameto se ha originado por meiosis y, por tanto, es diferente a los demás. Por el contrario, en la partenogénesis asexual, los individuos provienen de células somáticas que no han sufrido meiosis.
- 13 R. M. Multiplicación por estolones. Son tallos rastreros que tienen nudos donde hay gemas que arraigan y generan una nueva planta.

Multiplicación por rizomas. Son tallos subterráneos horizontales de los que surgen nuevos individuos.

Multiplicación por tubérculos. Son tallos subterráneos con sustancias de reserva.

Multiplicación por bulbos. Son tallos subterráneos, rodeados de hojas, que almacenan sustancias de reserva. Se multiplican y originan nuevos individuos.

Pág. 249

- 14** Los gametos presentan la mitad del número de cromosomas que las células somáticas porque se originan por meiosis. Así, al unirse dos gametos para originar un cigoto, este tendrá la dotación cromosómica de una célula somática y a partir de ella se origina un individuo completo.

Si los gametos tuvieran el mismo número de cromosomas que las células somáticas, entonces la dotación cromosómica de la especie se duplicaría en cada generación.

Pág. 250

- 15** Las cromátidas hermanas son aquellas que constituyen un cromosoma y se encuentran unidas por el centrómero.

Las cromátidas homólogas se encuentran en cromosomas diferentes. En cada pareja de cromosomas homólogos de una célula diploide existen dos pares de cromátidas homólogas.

Pág. 251

- 16 a)** En la profase de la mitosis no hay sinapsis ni entrecruzamientos, a diferencia de la profase I de la mitosis.
- b)** En la metafase de la mitosis son los cromosomas los que se sitúan en la placa ecuatorial. En la metafase I de la meiosis se sitúan en la placa ecuatorial los cromosomas homólogos juntos, en forma de bivalentes o tétradas debido a la recombinación sufrida en la profase I.
- c)** En la anafase de la mitosis se separan las cromátidas hermanas, y en la anafase I de la mitosis, las cromátidas hermanas migran juntas hacia el mismo polo, ya que lo que se separan son los cromosomas homólogos.

Pág. 252

- 17** Para que existan cinco cromosomas en cada polo de la célula, la célula inicial que comenzó la división tenía que ser  $2n = 10$  y habrá tenido lugar la meiosis.

En la primera división meiótica se separan cromosomas homólogos y quedan dos células haploides con cinco cromosomas de dos cromátidas cada una. En la segunda división meiótica se separan cinco cromátidas a cada uno de los polos, por tanto, la célula se encuentra al final de la anafase II o al principio de la telofase II.

Pág. 253

- 18** La meiosis cigótica es la que experimenta el cigoto diploide de aquellas especies que solo tienen individuos haploides; se obtienen cuatro células haploides. A partir de ellas, se forman adultos haploides, los cuales por mitosis generan gametos haploides. La meiosis cigótica es característica del ciclo haplonte, que lo presentan algunos protozoos, algunas algas y hongos.

En el ciclo diplonte, la meiosis se produce para generar los gametos haploides; es la meiosis gamética. Tras la fecundación, los gametos haploides originan un cigoto diploide que se multiplica por mitosis y da lugar al adulto. Ocurre en casi todos los animales, muchos protozoos y algunas algas y hongos. Se produce en especies que solo tienen individuos diploides.

La meiosis esporogénica tiene lugar a partir de un individuo diploide (esporofito), del que se obtienen esporas haploides o meiosporas que darán lugar a los individuos haploides (gametofito), que son los que generan los gametos. Mediante la fecundación, los gametos forman el cigoto ( $2n$ ). El cigoto se divide por mitosis y da lugar al esporofito ( $2n$ ). Este ciclo se denomina diplohaplonte, se da en las plantas, en muchas algas y en algunos hongos; son especies que presentan dos tipos de individuos, unos diploides, de los cuales surgen otros haploides, y viceversa.

- 19** Se trata de un ciclo diplohaplonte, típico de plantas, muchas algas y algunos hongos.

El número 1 corresponde con la mitosis, mediante la cual los gametofitos se multiplican para dar lugar a los gametos. El número 2 corresponde a la fecundación, y el número 3, a la meiosis esporogénica.

Pág. 254

- 20** Los organismos diploides presentaban mayor capacidad de supervivencia que los haploides.
- 21** La variabilidad genética de la descendencia en la reproducción sexual se debe a diversas causas:
- Recombinación de genes en cada cromosoma. Se produce durante la meiosis entre una de las dos cromátidas de un cromosoma y otra del cromosoma homólogo de modo fortuito. Las cromátidas recombinadas resultantes son, pues, diferentes entre sí y diferentes a las originales.
  - Combinaciones al azar de cromosomas. Durante la formación de los gametos, o de las meiosporas, cada una de estas células tan solo recibe un ejemplar, al azar, de cada tipo de cromosoma, el de un progenitor o el del otro. Por este motivo, los gametos también son diferentes entre sí.
  - Influencia del azar en la fecundación. Aunque se repitieran los mismos tipos de gametos que formaron el descendiente anterior, para generar el siguiente descendiente se unirían los que, por azar, estén más próximos entre sí.

Pág. 255

- 22 En las células vegetales los mensajeros son hormonas y en las células animales pueden ser hormonas y neurotransmisores del sistema nervioso.

Pág. 256

- 23 La epinefrina es el primer mensajero porque informa a la célula de la situación exterior (falta de glucosas en este caso) y transforma una señal extracelular en una intracelular. El AMPc actúa como segundo mensajero en el interior celular desencadenando la activación de la proteína cinasa A que, tras la activación de varias enzimas, termina activando la enzima encargada de convertir el glucógeno en glucosas.
- 24 Un estímulo celular es una variación del medio ambiente externo o interno que provoca una respuesta de la célula.
- 25 Son sustancias químicas que se forman como resultado de la llegada a la célula de un estímulo, y que luego llegan a otros lugares de la célula y provocan una respuesta celular. Un ejemplo de segundo mensajero es el AMP cíclico.

Pág. 257

### SABER HACER

- 26 En el experimento a), los paramecios cambian de rumbo al entrar en contacto con el trozo de cubreobjetos, por lo que es un tigmotactismo negativo, se alejan del estímulo. En el experimento b), los paramecios se mantienen en contacto con el hilo de algodón, por lo que es un tigmotactismo positivo, se dirigen al estímulo.
- 27 Una concentración de 0,1 % provoca un quimiotactismo positivo, los paramecios se acercan a la gota de NaCl.
- 28 Al aumentar la concentración de la gota al 0,5 %, los paramecios se alejan, por lo que se provoca un quimiotactismo negativo.
- En el experimento del termotactismo se observa también una respuesta negativa, es decir, los paramecios se alejan del extremo más caliente.
- 29 R. L.
- 30 R. M. Se recibe del exterior un estímulo, en este caso táctil, un hilo de algodón. En el interior celular se desencadena una respuesta que consiste en la activación de genes que producen sustancias que provocan que los cilios de la parte en contacto con el hilo se mantengan adheridos, mientras que el resto de cilios permanecen en movimiento para captar alimento.

Pág. 258

### PARA REPASAR

- 31 Si. Todas las células somáticas de un individuo se dividen por mitosis y en esta no hay reducción del número de cromosomas.

- 32 Porque el cáncer consiste en la división incesante y sin control de ciertas células que invaden tejidos y órganos alterando su funcionamiento y en ocasiones la reproducción celular es activada por ciertas hormonas en la sangre.
- 33 En la división celular o fase M. A partir de una célula madre, nacen dos células hijas con idéntica dotación cromosómica que la progenitora. Comprende la división del núcleo o mitosis y la división del citoplasma o citocinesis.

- 34 Se pueden observar cromosomas con dos cromátidas durante la mitosis en la profase y en la metafase. Los cromosomas con una sola cromátida se observan en la anafase y en la telofase de la mitosis.

Durante la interfase no se observan cromosomas. Al final de la etapa S se originan dos cromátidas que se mantienen unidas por el centrómero y en la etapa G2 se empiezan a condensar los cromosomas.

- 35 En cuanto a los animales, son apropiadas las células de los embriones, los epitelios de las cavidades digestivas y pulmonares y los tejidos de las heridas que cicatrizan, ya que las células de todos estos tejidos presentan un alto grado de división. En cuanto a los vegetales, por la misma razón, son apropiados los meristemas que hay al final de las raíces y los tallos jóvenes.

- 36 a-2; b-3; c-1; d-5; e-4.

- 37 a) Durante la profase mitótica, una célula humana tiene 46 cromosomas. Y durante el tiempo que dura la anafase mitótica hay 92.
- b) En la metafase mitótica se pueden observar tres parejas. Durante el tiempo que dura la anafase mitótica se pueden observar seis parejas de cromosomas con una sola cromátida (tres parejas que van a un polo y tres parejas en el polo opuesto). Durante la interfase no se puede observar ningún cromosoma porque el ADN está desempaquetado.
- c) Se encuentra en la profase. El valor de  $n$  es 4.

- 38 A: metafase; B: final de la profase; C: telofase; D: anafase y E: principio de la profase. El orden correcto sería: E, B, A, D y C.

- 39 Un cromosoma profásico presenta dos cromátidas mientras que un cromosoma anafásico solo tiene una cromátida.

- 40 Se sitúan en la placa ecuatorial porque sus microtúbulos cinetocóricos crecen por la adición de tubulina en sus extremos finales. Esto ocurre en la metafase.

- 41 La mitosis es un proceso que da lugar a dos núcleos con el mismo número de fibras de ADN que la célula madre. La endomitosis, en cambio, se trata de la duplicación del ADN nuclear sin reparto posterior del material en dos núcleos hijos, no se considera una división nuclear ya que todo el material queda en el mismo núcleo. La pleuromitosis es un proceso similar a la mitosis, pero que se lleva a cabo dentro del núcleo, es decir, sin la ruptura de la envoltura o cubierta nuclear; hay duplicación de los cromosomas, repartición en dos polos dentro del núcleo y, finalmente, estrangulación del núcleo con el resultado de dos núcleos con el mismo

número de cromosomas que el núcleo inicial (el mismo resultado que la mitosis). La amitosis es la división del núcleo en dos núcleos hijos mediante el estrangulamiento del núcleo inicial, en la que no es segura una distribución igual de los cromosomas previamente duplicados.

**42** Mitosis sin citocinesis posterior: si la célula inicial solo tuviera un núcleo, se formaría una célula con dos núcleos.

Citocinesis sin mitosis previa: si la célula inicial solo tuviera un núcleo, se formaría un citoplasma sin núcleo, que se degradaría en poco tiempo y quedaría la misma célula inicial, pero con un citoplasma más pequeño.

**43** No se llama mitosis porque su ADN no tiene estructura de cromosoma, porque no hay rotura de la envoltura nuclear ni ningún huso de microtúbulos.

**44** Porque, al ser organismos inmóviles y distanciados unos de otros, la fecundación cruzada en el medio terrestre es más difícil que en el caso de los animales y necesita la intervención del viento o de los insectos.

**45 a)** Es falsa. Las células sexuales son las que se pueden unir para formar un nuevo individuo, es decir, son los espermatozoides y los óvulos, y estas células no experimentan nunca la meiosis. Las que sí lo hacen son las células madre de las células sexuales.

**b)** Es cierto si, como la pregunta anterior, se refiere a la especie humana. En cambio, si la frase incluye todos los organismos, entonces es falsa, porque las células madre de las meiosporas también experimentan meiosis.

**c)** Es falsa. Los anterozoides y las oosferas de musgos y helechos se forman por mitosis, ya que el gametofito es haploide.

**d)** Es falsa. Si bien las esporas surgidas por medio de la mitosis (mitosporas) son una forma de reproducción asexual, hay otro tipo de esporas, las surgidas por meiosis (meiosporas), que son una forma de reproducción sexual, porque los descendientes a los que dan lugar son genéticamente muy diferentes de su progenitor (sus células tienen la mitad de cromosomas que las del progenitor).

**e)** Si es un cromosoma metafásico de una mitosis, sus dos cromátidas llevan el mismo mensaje genético, excepto si ha habido mutaciones. Si es un cromosoma metafásico de una meiosis, sus cromátidas, independientemente de si ha habido mutaciones o no, llevan mensajes genéticos diferentes debido a la recombinación genética al azar.

**46** a-8; b-7; c-6; d-5; e-4; f-3; g-1; h-2.

**47** **Diferencias entre la mitosis y la meiosis**

Mitosis	Meiosis
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Es una cariocinesis.</li> <li>– Da lugar a dos células con el mismo número de cromosomas que la célula inicial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Son dos cariocinesis y dos citocinesis.</li> <li>– Da lugar a cuatro células con la mitad de cromosomas que la célula madre.</li> </ul>

Diferencias entre la mitosis y la meiosis	
Mitosis	Meiosis
<ul style="list-style-type: none"> <li>– En la profase no hay sinapsis ni entrecruzamientos.</li> <li>– En la anafase las cromátidas hermanas se separan.</li> <li>– Si no hay mutación, los cromosomas de los núcleos hijos son idénticos a los del núcleo inicial.</li> <li>– Se da en las células madres de las células somáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En la profase hay sinapsis y entrecruzamientos.</li> <li>– En la anafase, las cromátidas hermanas no se separan, sino que migran juntas hacia uno de los polos.</li> <li>– Aproximadamente, la mitad de los cromosomas de las células hijas son el producto de la recombinación genética entre las cromátidas de los cromosomas homólogos.</li> <li>– Se da en las células madres de los gametos y de las meiosporas.</li> </ul>

**48** Durante la formación de los gametos.

**49** La reproducción asexual resulta ventajosa en ambientes estables, ya que los descendientes son idénticos al progenitor. En las plantas, la reproducción asexual presenta grandes ventajas adaptativas debido a que un único individuo puede producir gran cantidad de descendientes iguales.

**50** En este tipo de reproducción, las células se dividen por mitosis. Los principales tipos son:

- En los organismos unicelulares, la bipartición o división binaria, la pluripartición o esquizogonía y la gemación.
- En los animales, puede realizarse por gemación, como en poríferos y cnidarios, o por escisión o fragmentación, como en algunos cnidarios, anélidos, platelmintos y equinodermos.
- En hongos y plantas, muchas especies se reproducen mediante este tipo de reproducción. Se realiza mediante esporas en hongos, o por multiplicación vegetativa a partir de células somáticas, en plantas. Los principales tipos de multiplicación vegetativa son reproducción por estolones, por rizomas, por tubérculos y por bulbos.

**PARA PROFUNDIZAR**

**51** Después de dos divisiones mitóticas se forman 4 células, después de cinco divisiones mitóticas se forman 32 células, y después de diez divisiones se forman 1024. La fórmula es:  $2^n$ , siendo  $n$  el número de divisiones. Después de veinte divisiones mitóticas se forman 1 048 576 células.

**PARA PROFUNDIZAR**

- 52** En fase G1 habrá 0,8 pg de ADN, en la metafase mitótica habrá el doble; es decir, 1,6 pg, y en la anafase mitótica habrá también 1,6 pg.
- 53** A partir de una célula diploide con seis cromosomas ( $2n = 6$ ) y si no se produjera ningún entrecruzamiento, se formarían cuatro gametos en total (haploides,  $n = 3$ ) y dos tipos diferentes de gametos.

En la meiosis I se separan cromosomas homólogos y se obtendrían dos células haploides diferentes entre sí, con tres cromosomas cada una y cada uno de sus cromosomas con dos cromátidas. Las cromátidas hermanas son iguales (no se ha producido entrecruzamiento) y en la meiosis II se separan cromátidas hermanas a cada uno de los polos de las dos células que se encuentran en división, por tanto, al finalizar esta etapa se obtienen cuatro gametos haploides con tres cromosomas de una cromátida en cada gameto.

- 54 a)** Se trata de una mitosis porque las células meristemáticas de una raíz nunca se dividen por meiosis. En las plantas, la meiosis solo se produce para generar células reproductoras sexuales.
- b)** A: anafase tardía; B: citocinesis; C: metafase; D: profase temprana; E: telofase tardía; F: telofase temprana; G: anafase temprana, y H: profase tardía.
- c)** Dividiría su citoplasma en dos y se formarían dos células.
- d)** D, H, C, G, A, F, E y B.
- e)** Las células en profase (D y H) y la célula en metafase (C) tienen cromosomas con dos cromátidas, por lo tanto, tendrán 56 cromosomas. Son células  $2n$ .

En las células en anafase (A y G) y las células en telofase (E y F), las dos cromátidas de cada cromosoma se han separado, por lo tanto, tendrán 112 cromosomas. Son células  $4n$ .

55

	Tipo de ciclo	Fecundación	Meiosis	Mitosis	Ejemplos de organismos
<b>A</b>	Diplonte	2	1	3	Animales, protozoos, algunas algas y hongos.
<b>B</b>	Haplonte	5	6	4	Algunas algas y hongos.
<b>C</b>	Diplohaplonte	9	11	7, 8 y 10	Plantas, algunas algas y hongos.

**CIENCIA EN TU VIDA**

- 56** Porque como cada año mueren más personas que nacen, la población es cada vez más vieja y por ese motivo más susceptible de enfermar de cáncer, mientras que los avances en oncología se producen de forma más lenta.
- 57** No se podría utilizar con ese fin, ya que lo que el envejecimiento comporta es un menor ritmo de división celular. Por lo tanto, el uso de fármacos para desproteger los telómeros lo que haría sería disminuir aún más el ritmo de reproducción celular.
- 58** En que han visto que tenía los mismos efectos en células sanas de la retina y en células cancerosas del colon.