



BIBLIOTECA DEL PROFESORADO

Biología

SERIE **OBSERVA**

SOLUCIONARIO

Solucionario para 2.º Bachillerato es una obra colectiva concebida, diseñada y creada en el Departamento de Ediciones Educativas de Santillana Educación, S. L., dirigido por **Teresa Grence Ruiz**.

En su elaboración ha participado el siguiente equipo:

Antonio Jimeno

Luis Ugedo

Manuel Ballesteros

EDICIÓN

Ana Piqueres Fernández

Daniel Masciarelli García

Raquel de Andrés González

EDICIÓN EJECUTIVA

Begoña Barroso Nombela

DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Antonio Brandi Fernández

Índice

Unidad 1	5
Unidad 2	10
Unidad 3	13
Unidad 4	17
Unidad 5	21
Unidad 6	25
Unidad 7	29
Unidad 8	33
Unidad 9	38
Unidad 10	43
Unidad 11	49
Unidad 12	54
Unidad 13	59
Unidad 14	65
Unidad 15	70
Unidad 16	75
Unidad 17	80
Unidad 18	84
Unidad 19	88
Unidad 20	93

Pág. 7

PARA COMENZAR

- Porque todas las reacciones químicas necesarias para la vida se realizan en el seno del agua y generalmente entre sustancias solubles en agua.
- Debe mantener una distancia adecuada respecto a una estrella para que su temperatura permita la existencia de agua líquida. También debe tener un tamaño suficiente para mantener una atmósfera suficientemente importante para poder estabilizar la temperatura superficial del planeta y para poder filtrar las radiaciones ultravioletas (RUV) solares.
- Sí, estas son las condiciones ideales para las bacterias fermentadoras, y son las condiciones de nuestro planeta cuando empezó la vida en él hace 3 800 m.a.
- R.L.
- R.L. La partícula más pequeña es el átomo y el nivel que presenta mayor complejidad es la biosfera.

Pág. 9

- 1 El átomo de número atómico 17 será el más electronegativo, ya que en el primer orbital tendrá 2 electrones, en el segundo tendrá 8 electrones y en el tercero tendrá 7 electrones, es decir, tan solo necesita ganar un electrón para llegar a tener 8 en su último orbital.

En cambio, el de número atómico 12 tendrá 2 electrones en su último orbital y, por tanto, tenderá a cederlos, en vez de atraer más electrones.

En una tabla periódica se puede observar que el átomo de número atómico 12 es el magnesio y el de número atómico 17 es el cloro.

- 2 Los dos átomos presentan 6 electrones en su último orbital, es decir, los dos tienen tendencia a coger dos electrones de los átomos que presentan menos de seis electrones en su último orbital.

Cuanto mayor es la distancia entre los últimos electrones y el núcleo, menos atraídos están. El oxígeno solo tiene ocho electrones y por ello es más pequeño que el azufre, que presenta 16 electrones; por lo tanto, el oxígeno es mucho más electronegativo que el azufre.

- 3 No sería posible porque reaccionaría con el oxígeno, formaría agua y desprendería una gran cantidad de energía. De hecho esta es la base de la bomba de hidrógeno y del futuro aprovechamiento del hidrógeno en los coches como combustible no contaminante.

Pág. 10

- 4 Porque su función es reguladora o biocatalizadora, es decir, forman parte de muchas enzimas, y no tienen función estructural. Debido a ello resultan indispensables, aunque sea suficiente que solo se encuentren en pequeñas cantidades.

Pág. 11

- 5 Porque los enlaces carbono-carbono forman cadenas estables, y los enlaces carbono hidrógeno también son estables y forman moléculas apolares, es decir, moléculas que no se disolverán en el agua. Esto les permite formar estructuras que perduran mucho tiempo, pero, a su vez, no son excesivamente estables, por lo que se pueden romper con un poco de energía, lo cual permite que reaccionen con otras sustancias, y la reacción química es imprescindible para la vida.
- 6 Porque, al ser muy electronegativos, tienden a atraer los electrones de los átomos de carbono e hidrógeno, lo que supone la rotura de los enlaces entre carbonos y entre carbonos e hidrógenos, con la consiguiente liberación de energía. Esta oxidación de los compuestos orgánicos es la que permite obtener la energía que se necesita para vivir.
- 7 El calcio.

Pág. 12

- 8 *Materia viva* son todas las biomoléculas que constituyen un ser vivo, mientras que *materia orgánica* son los compuestos formados básicamente por C e H, independientemente de si constituyen un ser vivo o una sustancia artificial, es decir, una sustancia sintetizada por el ser humano. En la naturaleza la materia orgánica solo la forman los seres vivos, o bien deriva de ellos, como sucede con el carbón y el petróleo, que derivan de restos de organismos que vivieron hace millones de años. Fuera de la naturaleza la materia orgánica puede ser sintetizada por los seres humanos. Por ejemplo, los plásticos, que son materia orgánica, pero no son materia viva. La materia viva solo procede de materia viva, aunque en la actualidad se está muy cerca de poder sintetizar el primer organismo vivo bacteriano.

- 9 R.L.

Pág. 13

- 10 Por los puentes de hidrógeno que se forman continuamente entre las moléculas de agua, que hacen que las moléculas permanezcan unidas. Así, por ejemplo, si se unen 10 moléculas de agua, el polímero resultante tiene una masa molecular de 180 u, que es mucho más elevada que la masa molecular del SO₂, que es 64.

Pág. 14

- 11 Todas y cada una de estas propiedades del agua se deben a su polaridad y a la formación de enlaces de hidrógeno entre los dipolos, salvo la propiedad del bajo grado de ionización, que se debe a lo poco que se disocian las moléculas de agua en iones hidronio (H₃O⁺) e hidroxilo (OH⁻). Entrando en el detalle de cada una de ellas, se debe decir que:

- La alta tensión superficial se debe a los puentes de hidrógeno horizontales existentes entre las moléculas superficiales.
- El elevado calor específico, a que se ha de suministrar mucho calor para que aumente la temperatura, porque hay que romper muchos enlaces de hidrógeno para conseguir que aumente el grado de agitación de las moléculas de agua.
- El elevado calor de vaporización, a que se ha de suministrar mucho calor para que el agua pase de estado líquido a estado de gas, porque hay que romper muchos enlaces entre las moléculas para conseguir que queden aisladas y empiecen a constituir un gas.
- La mayor densidad en estado líquido se debe a que los puentes de hidrógeno provocan que las moléculas estén más próximas entre sí en estado líquido que en estado sólido.
- El elevado poder disolvente se debe a que el oxígeno es muy electronegativo y acapara el electrón del hidrógeno, generando moléculas dipolares.
- El bajo grado de ionización se debe a que si las moléculas tienen tantas dificultades para separarse entre sí, más lo tienen para desdoblarse en dos iones.

Pág. 15

12	Propiedades del agua	Funciones biológicas
	Elevada fuerza de cohesión	El agua resulta incompresible y actúa como esqueleto hidrostático, da volumen. Facilita el ascenso de la savia bruta en las plantas por capilaridad.
	Elevada tensión superficial	Permite a los pequeños animales desplazarse por la superficie del agua.
	Elevado calor específico	Amortiguador térmico, evita variaciones bruscas de temperatura.
	Elevado calor de vaporización	Sistema de refrigeración; transpiración en plantas y sudoración en animales.
	Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido	El agua superficial se hiela y forma una capa termoaislante que permite la vida bajo el hielo.
	Elevado poder disolvente	Transporte de sustancias en disolución y medio donde ocurren las reacciones biológicas.
	Bajo grado de ionización	Función bioquímica.

Pág. 16

SABER HACER

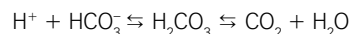
- 13** El hueso de pollo es flexible y elástico porque todavía contiene colágeno, pero no sales minerales. El HCl no reacciona con proteínas, pero sí con las sales minerales. La cáscara de almeja y el caparazón de cangrejo se han disuelto totalmente porque el HCl ha reaccionado con el CaCO_3 :
- $$\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightleftharpoons \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- El exoesqueleto no ha sufrido modificaciones porque la quitina es un polisacárido derivado de la glucosa que no se ve atacado por el HCl como las sales. Podemos concluir que el exoesqueleto de los insectos no contiene sales minerales.
- 14** La flexibilidad de los huesos de los seres recién nacidos se debe a su menor contenido en sales de calcio y fósforo.
- 15** La fragilidad de los huesos de los organismos viejos se debe a que, a medida que se envejece, el calcio y el fósforo se reabsorben y el tejido óseo se debilita.

Pág. 17

- 16** Porque, al dejarlas en agua, las hojas de lechuga se encuentran en un medio hipotónico y, por lo tanto, sus células absorben agua.
- En cambio, al aliñarlas, se encuentran en un medio hipertónico y, por tanto, pierden agua, dejan de estar turgentes y se arrugan.

Pág. 18

- 17** Que sufriría variaciones importantes del valor de pH, lo cual perjudicaría gravemente el funcionamiento celular.
- 18** La disolución de agua con gas o carbonatada constituye una disolución tampón, ya que se trata de agua con H_2CO_3 . Al añadir HCl a este tampón bicarbonato con pH 7, el pH se mantendrá estable:



Por el contrario, la concentración de protones del agua pura experimenta un aumento inmediato al añadir HCl, por eso el pH desciende hasta 4.

SABER HACER

- 19** El líquido inicial es violeta.
- 20** Según la escala de valores de pH indicada; tras añadir vinagre, la coloración roja indica que la disolución se vuelve muy ácida; por el contrario, tras añadir una base como el NaOH, la disolución se torna amarilla, lo que indica un pH muy básico.
- 21** Esta propiedad de cambio de color según varíe el pH del medio puede emplearse para conocer la acidez o basicidad de una disolución a simple vista o durante un análisis químico.

- 22** Porque las partículas de agua quedan adheridas a las fibras entrelazadas que forman el gel.
- Ejemplos de las ventajas que aportan los geles son: la capacidad de algunos organismos unicelulares para pasar parte del citoplasma de sol a gel, que hace que puedan emitir pseudópodos y desplazarse; las sustancias mucosas que recubren la superficie de los caracoles terrestres y de los anfibios, que les permite mantener su piel húmeda (si se seca, les provocaría graves trastornos).
- 23** Porque facilita el contacto entre las enzimas y los sustratos, lo que favorece las reacciones bioquímicas, y porque facilita el contacto entre los antígenos y los anticuerpos, lo que favorece la eficacia de la respuesta inmunológica.

SABER HACER

- 24** En el interior del tubo, la prueba de Biuret resultó positiva, lo que indica la presencia de proteínas en él. Esto era de esperar, ya que partimos de una disolución de albúmina de huevo en su interior. La prueba del NaCl en el interior también resultó positiva: la disolución de albúmina de huevo contenía NaCl al 1 %, que se disoció formando AgCl (precipitado de color blanco) al reaccionar con el AgNO₃.
- En el exterior del tubo, la prueba de Biuret resultó negativa, lo que nos indica que el papel celofán actuó como una membrana semipermeable que no permitió el paso de proteínas. Sin embargo, sí permitió el paso de los iones del NaCl al resultar la prueba positiva con formación de AgCl, como en el interior del tubo.
- La conclusión es que el celofán actuó correctamente como dializador, permitiendo el paso de coloides, pero no de coloides o moléculas grandes.

- 25** El SDS es un detergente con carga negativa que se une a las proteínas cargándolas negativa y proporcionalmente a su masa molecular. De esta forma, al realizar la electroforesis, todas migrarán hacia el ánodo y se separarán en función de su masa molecular.
- 26** En la electroforesis, la velocidad de las partículas es mayor cuanto más carga y menor masa tengan. En este caso, en el que solo se separan por su masa molecular, las proteínas de menor masa se corresponden con las bandas de la parte inferior del gel (las más alejadas del lugar de aplicación de las muestras).
- 27** La ósmosis es el paso del disolvente a través de una membrana semipermeable (que solo deja pasar al disolvente) entre dos disoluciones de diferentes concentraciones salinas y que tiende a igualar sus concentraciones.
- La diálisis es el fenómeno de separación de las partículas coloidales de los cristaloides, gracias a una membrana que

solo deja pasar al disolvente y los cristaloides a favor del gradiente de concentración, pero no a las partículas coloidales.

- 28** R. L.

PARA REPASAR

- 29** El nitrógeno atmosférico apenas es aprovechado por unos pocos microorganismos como fuente de nitrógeno para sintetizar materia orgánica, por lo que su concentración en la atmósfera no varía. Las plantas solo saben aprovechar el nitrógeno de los nitratos disueltos en el agua del suelo, y si hay una cantidad insuficiente, se mueren, pese a que vivan en un ambiente aéreo con un 79 % de nitrógeno.
- 30** El carbono y el hidrógeno.
- 31** Porque el enlace entre dos grupos fosfatos es un enlace que acumula mucha energía y basta con romper un solo enlace para obtener dicha energía.
- 32** En que todas las reacciones químicas que permiten la obtención de energía y las que permiten su acumulación en moléculas químicas se realizan en el seno del agua, es decir, en medio acuoso. Dicho de otro modo, sin agua líquida la vida es imposible. Por tanto, la vida apareció en el agua.
- 33** El carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno son bioelementos de masa atómica baja y que tienen, por lo menos, la mitad de los electrones necesarios para completar su último orbital, lo que les facilita formar enlaces covalentes. El carbono y el hidrógeno son elementos escasos en las capas más externas de la Tierra y los compuestos químicos que forman no se disuelven bien en agua.

Biomoléculas	Simples	Oxígeno molecular (O ₂)	
		Nitrógeno molecular (N ₂)	
	Compuestos	Inorgánicos	Agua (H ₂ O)
			Dióxido de carbono (CO ₂)
			Sales minerales (NaCl, CaCO ₃ , etc.)
		Orgánicos	Glúcidos
			Lípidos
			Proteínas
			Ácidos nucleicos

- 35** Porque una sola molécula estaría en forma de gas debido a su masa molecular; son los enlaces de hidrógeno entre las moléculas los que hacen que permanezca en estado líquido a temperatura ambiente. En el momento en que tengamos unidas varias moléculas, estas se encontrarán en estado líquido.

- 36** El agua es un gran disolvente de los compuestos iónicos, como por ejemplo el NaCl, porque, como es una molécula dipolar, con sus cargas eléctricas positivas atrae a los iones Cl^- y con sus cargas negativas atrae a los iones Na^+ , y así debilita los enlaces entre estos dos iones. También disuelve bien los compuestos covalentes polares, como por ejemplo la glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, porque debilita los enlaces entre las moléculas de estas. No disuelve los hidrocarburos porque estos son moléculas apolares, es decir, sin cargas eléctricas.
- 37** Iones antagónicos son los que desempeñan funciones contrarias dentro de los organismos. Por ejemplo, el K^+ y el Ca^{2+} . El K^+ aumenta la turgencia de la célula, y el Ca^{2+} , la disminuye.
- 38** Porque al salarlos se aumenta la concentración del medio extracelular (lo hace hipertónico), lo que provoca la salida de agua de esos alimentos, es decir, quedan secos y, como las bacterias que producen su putrefacción ya no tienen agua para vivir, los alimentos se puedan conservar durante mucho tiempo.
- 39** Si fueran más concentradas que la salinidad interna de los glóbulos rojos, provocarían la salida de agua, que el glóbulo rojo se arrugara e incluso que se rompiera su membrana. Si fuera mucho menos concentrada que la del interior del glóbulo rojo, provocaría la entrada de agua y que el glóbulo rojo se pusiera turgente y finalmente estallara.
- 40** Las membranas plasmáticas son membranas semipermeables, que dejan pasar las moléculas del disolvente y que, en cambio, seleccionan los demás tipos de partículas, en lo que se denomina «permeabilidad selectiva».
- 41** a) Si el medio es muy ácido, habrá muchos iones H^+ y, por lo tanto, el grupo $-\text{COOH}$ no se podrá ionizar.
b) Si el medio es muy básico, habrá mucho $-\text{OH}$ y, por esta causa, mucho grupos $-\text{NH}_3\text{OH}$ no se podrán ionizar.
De esta forma la disolución resiste al cambio de pH, es decir, actúa como una disolución tampón.
- 42** Las dispersiones coloidales pueden presentarse en estado de gel o semisólido y en estado de sol o líquido.
- 43** Las dispersiones coloidales se diferencian de las disoluciones verdaderas en que las partículas pueden formar geles, su viscosidad es alta, son adsorbentes, son opalescentes o, si son transparentes, se vuelven opalescentes si se iluminan de forma lateral, por centrifugación se puede conseguir la sedimentación de las partículas dispersas y, si contiene diferentes tipos de partículas, estas se pueden separar por electroforesis.
- 44** No. Las membranas de diálisis permiten el paso del disolvente y cristaloides, mientras que las membranas de ósmosis solo dejan pasar el disolvente.
- 45** La espectrofotometría. Se basa en que cada sustancia presenta un grado de absorción diferente según la longitud de onda utilizada. Empleando la longitud de onda a la que dicha sustancia conocida presenta su máxima absorción, es posible conocer su concentración en una solución comparándola con la absorbancia, a esa misma longitud de

onda, de una solución de concentración conocida de la misma sustancia. Para ello se emplea un espectrofotómetro.

PARA PROFUNDIZAR

- 46** a) La que tiene el mayor porcentaje de sales es la de Tyrode, después la de Ringer y, por último, la de Arnon. La causa de ello es que las células vegetales están adaptadas a vivir en contacto con el agua dulce y a conseguir que esta entre en ellas por ósmosis. En cambio, las células animales viven en contacto con la sangre, que es un medio más salado. Los anfibios tienen una piel delgada y permeable, y en estado larvario, respiración branquial. Todo esto hace que, por procesos de ósmosis, entre mucha agua y que, por lo tanto, la salinidad de su sangre sea inferior a la de los mamíferos.
- b) Solo contiene glucosa la disolución de Tyrode para mamíferos. La disolución de Arnon no tiene glucosa porque las células vegetales no se alimentan de glucosa, sino mediante la fotosíntesis. La disolución de Ringer no tiene glucosa porque las células de los anfibios no tienen unas necesidades energéticas tan elevadas como las de los mamíferos; por lo tanto, para hacer experimentos que deben durar pocas horas, no hace falta añadir glucosa.
- c) Contienen sustancias que originan buenas disoluciones tampón la disolución fisiológica de Ringer y la de Tyrode. La primera contiene bicarbonato sódico, y la segunda, bicarbonato sódico y dihidrógeno fosfato sódico.
- La de Arnon no contiene sustancias que mantengan el pH porque no está destinada a entrar en contacto con células vivas, sino con las células de la epidermis de las raíces.
- d) Porque la disolución de Arnon no está destinada a mantener unas células durante un corto periodo de tiempo, sino a nutrir plantas a lo largo de toda su vida y, por lo tanto, no puede faltar ningún elemento, aunque solo sea necesario en cantidades muy bajas.

Pág. 23

PARA PROFUNDIZAR

- 47** a) El oxígeno y el hidrógeno son bioelementos primarios y son muy abundantes en la hidrosfera, puesto que constituyen el agua.
- Su abundancia en los seres vivos se debe, en parte, a que los organismos tienen un elevado porcentaje de agua en su cuerpo. Por otro lado, se debe a que el hidrógeno es fundamental para formar las cadenas hidrocarbonadas y el oxígeno es necesario porque al combinarse con algunos de estos bioelementos se originan compuestos orgánicos solubles, como son los glúcidos. Como las reacciones bioquímicas se hacen en el seno del agua, los compuestos orgánicos que dan lugar a energía deben ser solubles.
- El nitrógeno es muy abundante en la atmósfera y se podría pensar que esa es la razón por la que los

organismos tienen mucho nitrógeno. Pero esta conclusión resultaría falsa. Puesto que muy pocos organismos pueden aprovechar el nitrógeno atmosférico. En realidad, el nitrógeno de los organismos proviene de los nitratos disueltos en el agua del suelo que absorben las raíces de las plantas.

El carbono, el fósforo y el azufre no son abundantes en estas capas.

- b)** El hidrógeno y el oxígeno constituyen el agua, y los glúcidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. El hidrógeno también está en los lípidos. En cambio, el porcentaje de oxígeno en los lípidos es muy bajo. El nitrógeno se encuentra en las proteínas y los ácidos nucleicos.
- El carbono se encuentra en todas las biomoléculas o principios inmediatos orgánicos (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos).
- c)** El carbono ha sido seleccionado porque permite formar grandes cadenas hidrocarbonadas, con enlaces lo suficientemente estables para poder constituir estructuras y para poder almacenar la información biológica, pero que, a la vez, son susceptibles de ser rotos y liberar energía.
- El fósforo ha sido seleccionado porque los enlaces entre los grupos fosfatos pueden almacenar una gran cantidad de energía.
- El azufre ha sido seleccionado porque permite formar unos enlaces fuertes en las proteínas.

48 a) R. G.

- b)** Los porcentajes de agua en los alimentos al principio del experimento son:
- Espinacas. Las espinacas tenían al principio 18 g de agua ($20 - 2 = 18$); por lo tanto, un porcentaje de $(18 / 20) \times 100 = 90\%$.
 - Carne. La carne tenía al principio 19,7 g de agua ($30 - 10,3 = 19,7$); por lo tanto, un porcentaje de $(19,7 / 30) \times 100 = 65,66\%$.

c) R. G.

El porcentaje de agua para la representación se calcula de la siguiente forma:

El primer día las espinacas tienen un 90% de agua.

El segundo día tenían 6,1 g de agua ($8,1 - 2 = 6,1$); por lo tanto, un porcentaje de $6,1 / 8,1 \times 100 = 75,31\%$, etc.

- d)** Se sabe que hemos llegado a la deshidratación porque entre el sexto y el séptimo día ya no ha disminuido más el peso de los alimentos.

49 R. L.

Pág. 25

CIENCIA EN TU VIDA

- 50** Porque nos permiten hacer un seguimiento de las moléculas marcadas durante el metabolismo. Podemos saber si sufren alguna transformación o dónde se acumulan.

- 51** La tomografía por emisión de positrones consiste en la obtención de imágenes mediante irradiación con rayos gamma de cortes de los órganos examinados.

Estos rayos detectan las radiaciones emitidas por los isótopos marcados radioactivamente, lo que permite identificarlos y estudiar su función y metabolismo.

- 52** En una resonancia magnética no se emplea radiación ionizante. Consiste en generar un campo electromagnético (mediante un imán) y en emitir ondas de radio por medio de un escáner.

- 53** R. M. Tomaría una muestra de la misma cantidad de agua en cada uno de los lagos y la mantendría en completa oscuridad hasta llegar al laboratorio. Allí añadiría al agua de la muestra una cantidad concreta de $[^{14}\text{C}]\text{O}_2$, taparía la muestra y la dejaría un tiempo determinado bajo una iluminación constante. Luego destaparía la muestra, la dejaría abierta y en oscuridad, para que se fuera el $[^{14}\text{C}]\text{O}_2$ no absorbido, y al cabo de un tiempo mediría la cantidad de radiación gamma presente, que correspondería a la materia orgánica sintetizada, que sería mayor cuanto mayor fuera la cantidad de algas presentes en la muestra.

- 54** Algunas de las principales medidas que se deben tener en cuenta son: la correcta clasificación y división de las instalaciones; la comprobación periódica de los dispositivos y las técnicas de protección; la calibración, verificación y comprobación del buen estado de los instrumentos de medición; la formación del personal; llevar un registro e historial debidamente cumplimentado; vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos; el empleo de equipos de protección para pacientes y empleados; etc.

Pág. 27

PARA COMENZAR

- Porque no producimos las enzimas necesarias para romper los enlaces beta que unen a sus glucosas. Los alimentos ricos en celulosa son aquellos de origen vegetal, como frutas, verduras o cereales.
- La celulosa está formada por la unión de muchas glucosas mediante enlace beta glucosídico. Para calcular su masa molecular se debe multiplicar el número de glucosas por la masa molecular de cada una de ellas (masa molecular glucosa = 180 uma) y restar el número de moléculas de agua que se van, una en cada enlace beta, por la masa molecular del agua (masa molecular agua = 18 uma).
- Porque las encinas crecen muy lentamente. Se necesitan más de 100 años para tener un ejemplar bien desarrollado.
- R. L.
- Porque los animales se alimentan de materia orgánica y la materia orgánica que más abundaba, y que todavía lo sigue siendo, era la materia orgánica vegetal, que es básicamente glucídica. Por ello sus células siguen utilizando la glucosa, y los animales carnívoros para conseguirla presentan procesos de generación de glucosa a partir de las proteínas.

Pág. 28

- 1 Todos los glúcidos han de tener un grupo aldehído ($-\text{CHO}$) o un grupo cetónico ($-\text{CO}-$), es decir, un grupo carbonilo, en el que el carbono se une mediante un doble enlace a un oxígeno.
- 2 Los glúcidos empleados para almacenar energía son los polisacáridos, ya que la energía se almacena en los enlaces que unen a los monosacáridos. Mediante la hidrólisis de un policascárido se liberará energía al romper los enlaces.

Pág. 29

- 3 En la reacción de Fehling el carbono carbonílico se oxida (cede electrones) para formar un grupo ácido y el ion Cu^{2+} se reduce (acepta electrones) generando Cu^+ insoluble y de color rojo.
- 4 El reactivo de Fehling consta de dos disoluciones; el Fehling A: CuSO_4 disuelto en agua y Fehling B: NaOH y tartrato de Na/K disuelto en agua.

Pág. 30

- 5 No, porque no tienen ningún carbono asimétrico. Por lo tanto, no tiene actividad óptica; es decir, no es dextrógira ni levógira.

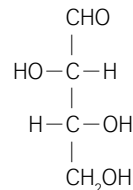
Pág. 31

- 6 No, no es posible deducir si la D-eritrosa es levógira o dextrógira. Para saberlo es necesario comprobarlo experimentalmente. Hay monosacáridos con estructura D

que son levógiros, como la fructosa, y otros también con estructura D que son dextrógiros, como la glucosa.

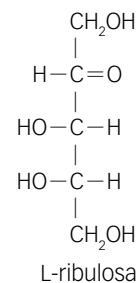
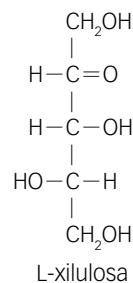
- 7 Solo son posibles dos aldotetrosas porque solo hay dos carbonos asimétricos. El más alejado (carbono 3) determina la configuración D o L, por lo tanto, solo queda un carbono que puede variar su grupo alcoholico.

La estructura de la D-treosa será:



- 8 Como tan solo hay dos carbonos asimétricos, el tercero y el cuarto, y el más alejado del grupo cetónico, es decir el cuarto debe tener su $-\text{OH}$ a la izquierda, solo hay dos L-cetopentosas, según el tercer carbono tenga su $-\text{OH}$ a la izquierda o a la derecha.

Sus estructuras serán:



Pág. 32

- 9 La α -glucopiranososa presenta el radical $-\text{OH}$ del carbono anomérico en el lado opuesto del plano que el radical $-\text{CH}_2\text{OH}$ y la β -glucopiranososa presenta estos dos radicales en el mismo lado del plano. Las dos son dextrógiros pero en un grado diferente. La α -glucosa produce un desvío de $122,2^\circ$ y la β -glucosa produce un desvío de solo $18,7^\circ$.
- 10 R. G. La α -D-fructofuranosa presentará el radical $-\text{OH}$ de su carbono anomérico en lado opuesto del plano que su radical $-\text{CH}_2\text{OH}$.

Pág. 33

- 11 El carbono 1.
- 12 Tan solo se puede decir que es una hexosa.
- 13 La fructosa.

Pág. 34

- 14 Se trata de la molécula de sacarosa (ver su estructura en la página 35 del libro del alumno), el enlace se denomina enlace O-glucosídico, es un enlace dicarbonílico y de tipo α .

Pág. 35

- 15 La maltosa tipo β es la α -D-glucopiranosil-(1 \rightarrow 4)- β -D-glucopiranososa y la lactosa tipo β es la β -D-galactopiranosil-(1 \rightarrow 4)- β -D-glucopiranososa.
- 16 Porque la miel, a causa de las enzimas sacarosas que hay en la saliva de las abejas, se hidroliza y la mezcla de D-glucosa y de D-fructosa que queda es levógira, dado que la D-fructosa es mucho más levógira que dextrógira es la D-glucosa.
- 17 Porque la miel, al hidrolizarse en la boca de las abejas, da lugar a dos moléculas libres de D-glucosa y de D-fructosa, dos moléculas que tienen su carbono anomérico libre, es decir el carbono que puede reducir el reactivo de Fehling.

Pág. 37

- 18 Que las enzimas amilasas rompen los enlaces α (1 \rightarrow 4), mientras que las enzimas R-desramificantes rompen los enlaces α (1 \rightarrow 6).
- 19 R. G.
- 20 La digestión del glucógeno se puede explicar en tres fases:
1. Glucógeno $\xrightarrow{\text{Amilasa}}$ Maltosas + Dextrina límite
 2. Maltosa $\xrightarrow{\text{Maltasa}}$ Glucosas
 3. Dextrina límite $\xrightarrow[\text{Maltasa}]{\text{Enzima R-desramificante}}$ Maltosas \rightarrow Glucosas

Pág. 38

- 21 Los glúcidos presentes en las membranas de las células se asocian a lípidos, como los cerebrósidos y los gangliósidos, y también se asocian a proteínas. La función principal de los glucolípidos y las glucoproteínas de membrana es actuar como receptores específicos de membrana.

Pág. 39

- 22 La glucosa es capaz de atravesar la membrana plasmática por lo que, si esta molécula no se almacenara en glucógeno, aumentaría la concentración del medio interno de las células, provocando que la célula se hinche al entrar agua por osmosis.

SABER HACER

- 23 Los únicos compuestos positivos para Fehling son la glucosa y la maltosa, dado que son los únicos azúcares que tienen su carbono carbonílico libre. Tras realizar la hidrólisis con HCl a la sacarosa y al almidón, vemos que el único que da Fehling positivo es la sacarosa; esto se debe a que el ácido rompe el enlace de la sacarosa generando dos azúcares libres que pueden reducir Fehling. Sin embargo, la hidrólisis con HCl en el almidón no genera azúcares libres, sino polisacáridos más pequeños y maltosas que no son capaces de reducir el reactivo de Fehling. Posteriormente se comprueba con el lugol que, en efecto, en el tubo del almidón quedan polisacáridos y no azúcares libres.

- 24 Los polisacáridos forman dispersiones coloidales.
- 25 R. G. La sacarosa se hidroliza en presencia del ácido (HCl) generando D-glucosa (dextrógira) y D-fructosa (levógira).

Pág. 40

PARA REPASAR

- 26 a) Hay dos tipos: los homopolisacáridos, o polímeros de un solo tipo de monosacárido, y los heteropolisacáridos, o polímeros en los que intervienen más de un tipo de monosacárido.
- b) Hay dos tipos: los que presentan enlace β -glucosídico que, como pocos organismos los pueden romper por carecer de la enzima apropiada, tienen función estructural (por ejemplo, la celulosa y la quitina); y los que presentan enlace α -glucosídico que, como todos los organismos los pueden romper por poseer la enzima apropiada, tienen función de reserva energética (por ejemplo, el almidón y el glucógeno).
- c) Los que repiten maltosas se denominan amilasas, los que repiten celobiosas se denominan celulasas y los que repiten quitobiosas se denominan quitinasas.
- 27 Su epímero es la D-treosa.
- 28 R. G. Su forma cíclica será la ribofuranosa (pentosa). Ver página 32 del libro del alumno.
- 29 La A es la α -galactopiranososa, la B es la α -ribofuranosa, la C es la α -fructofuranosa y la D es la α -glucopiranososa.
- 30 La sacarosa es el único disacárido con enlace dicarbonílico, es decir, se da entre el carbono anomérico del primer monosacárido y el carbono anomérico del segundo monosacárido.
- 31 De las dos maltosas se obtendrán 4 glucosas, de las dos celobiosas se obtendrán 4 glucosas y de las dos sacarosas se obtendrán 2 glucosas.
- 32 Porque en la maltosa las dos glucosas están unidas por un enlace α -glucosídico y, en cambio, en la celobiosa están unidas por un enlace β -glucosídico. Si ingerimos celobiosa, no aumenta el nivel de glucosa en sangre porque nuestras enzimas no son capaces de romper el enlace β -glucosídico.
- 33 Porque la lactosa presenta un enlace β -glucosídico y para digerirla es necesario romper este enlace, lo cual precisa una molécula de agua, de ahí que esta reacción se denomine hidrólisis, y una enzima especial denominada lactasa. Se trata de una enzima diferente de la enzima maltasa y de la enzima sacarasa.
- No pueden tomar leche ni requesón porque los dos presentan lactosa, en cambio, el yogur, al ser un producto fermentado por las bacterias no presenta lactosa, ya que ha sido hidrolizada y ha dado lugar a una molécula de galactosa y una de glucosa.
- 34 La celulosa y la quitina presentan enlaces β (1 \rightarrow 4).
- 35 a-2-D; b-1-2-E; c-2-A-C; d-2-3-B.
- 36 A partir del exoesqueleto de los insectos.

- 37** Que el elevado número de ramas ofrece muchos puntos de ataque para iniciar su hidrólisis e, igualmente, muchos puntos de inicio para realizar una nueva síntesis que dé lugar al alargamiento o elongación de las cadenas.
- 38** b) Almidón, maltosa.
- 39** a-5; b-1; c-4; d-2; e-3; f-10; g-7; h-9; i-8; j-6.
- 40** c) Captar los potenciales de membrana.

- 44** Las rebanadas de pan se humedecen y se tapan para generar un ambiente propicio para el crecimiento de los mohos (húmedo y anaerobio). Si no se hiciese, aparecerían más contaminantes, no solo mohos, que interferirían en el estudio.
- 45** R. L.
- 46** R. L.

Pág. 41

PARA PROFUNDIZAR

- 41** a) Durante los primeros 30 minutos las dos gráficas suben porque al aumentar la glucosa en sangre, por la ingesta de alimentos, el páncreas genera insulina. Del minuto 30 al 60, la glucemia baja mientras que la insulina sigue subiendo porque todavía no se han alcanzado los niveles normales de glucosa en sangre. La insulina empieza a bajar cuando la glucosa en sangre alcanza sus valores normales, alrededor de los 120 mg/dL. Finalmente, la curva de la glucemia disminuye a menor velocidad, ya que la insulina en sangre ha disminuido mucho.
- b) Porque como la glucosa en sangre está dentro de los valores normales no se produce más insulina, y la que hay en la sangre pasa a la orina debido a la filtración renal.
- 42** a) La gráfica A corresponde a una persona con diabetes tipo II; la gráfica B, a una persona con diabetes tipo I, y la gráfica C, a una persona no diabética.
- b) Porque pese a producir insulina, la mayor parte del tiempo están con una concentración de glucosa en sangre superior a la normal. Esta situación produce un deterioro de los vasos sanguíneos que provoca anomalías en los capilares sanguíneos renales (insuficiencia renal), los capilares sanguíneos de la retina (pérdida de visión) y los capilares de las extremidades (pérdida de sensibilidad en pies y manos y dificultades por superar las infecciones en ellos).

Pág. 43

CIENCIA EN TU VIDA

- 43** a) Se pretende averiguar la calidad de cada jamón de york o comparar la relación calidad-precio de jamón de york de dos marcas comerciales distintas.
- b) Los embutidos se han tratado con lugol.
- c) En la muestra A, la reacción con el lugol es negativa de lo que se deduce que el jamón no contiene almidón, mientras que en la muestra B la reacción es positiva y, por tanto, se deduce que el jamón contiene almidón.
- d) Con los resultados de este experimento podemos deducir que en el proceso de fabricación del embutido A no se ha añadido almidón, mientras que en la fabricación del B sí. Esto nos lleva a pensar que el embutido A será de mejor calidad que el embutido B.

Pág. 45

PARA COMENZAR

- Los lípidos son insolubles en agua y, por tanto, también en la sangre, para poder ser transportados requieren asociarse a una lipoproteína.
- Nuestro organismo necesita colesterol para formar las membranas celulares y producir algunas hormonas sexuales, hormonas suprarrenales, vitamina D y sales biliares. Su carencia provocaría la muerte de las células al romperse sus membranas y problemas de salud al carecer de hormonas sexuales, hormonas suprarrenales, vitamina D y sales biliares.
- Con alimentos de origen animal, como carne, huevos y productos lácteos.
- El HDL se denomina colesterol bueno porque retira colesterol de la sangre, mientras que el LDL se conoce también como colesterol malo porque al transportar el colesterol del hígado a las células puede generar placas de ateroma, formadas por depósitos de colesterol, en las arterias y obstruirlas.
- A partir de un nivel de 200 mg/dL de colesterol en sangre. R. L.
- Para conocer el nivel de colesterol total en sangre hay que sumar el colesterol transportado por las lipoproteínas LDL y el transportado por las HDL.

Pág. 46

- 1 Los lípidos de las cubiertas externas de las células vegetales tienen función protectora.

Pág. 47

- 2 La presencia de dobles enlaces dificulta la unión por fuerzas de Van der Waals, por lo que los ácidos grasos saturados presentarán más enlaces de Van der Waals al carecer de dobles enlaces en sus cadenas.

Pág. 48

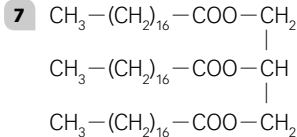
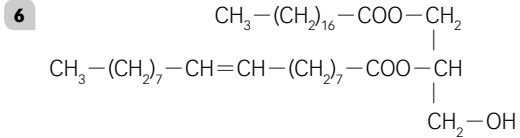
SABER HACER

- 3 La reacción de saponificación.
- 4 Al hacer reaccionar un ácido graso con una base fuerte como el NaOH, se genera un jabón más un alcohol; de ahí viene la glicerina (alcohol) de la capa inferior.

Pág. 49

- 5 a) Es el monopalmitato de glicerina. Un monoacilglicérido formado por la unión de un ácido palmítico y una glicerina.
b) Es una molécula de glicerina.
c) Es la cera de abeja, el palmitato de miricilo, formado por la unión de un alcohol monovalente de cadena larga, el alcohol miricílico, y un ácido graso, el ácido palmítico.

- d) Es un ácido orgánico no graso.
- e) Es una molécula del jabón palmitato sódico.
- f) Es una molécula de alcohol miricílico.



Pág. 51

- 8 Fosfolípidos: fosfoglicéridos y fosfoesfingolípidos.
Esfingolípidos: fosfoesfingolípidos y glucosfingolípidos.
- 9 a) Es un fosfoglicérido.
b) Constituyen, junto con otros tipos de lípidos, la doble capa lipídica de la membrana plasmática.
c) Presenta dos zonas hidrófilas, una de las cuales es el grupo amino, que, cuando se pone en contacto con el agua, se une con una molécula de agua y queda en forma iónica ($-\text{NH}_3^+$). La reacción es:

$$-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow -\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$$
La otra zona hidrófila es el radical $-\text{OH}$ del grupo fosfato que, cuando se pone en contacto con el agua, se ioniza y queda con una carga negativa. La reacción es:

$$-\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow -\text{O}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$
Sus zonas lipófilas son las dos cadenas hidrocarbonadas simbolizadas con las letras R1 y R2.

Pág. 52

SABER HACER

- 10 R. L.
- 11 En el primer proceso no se forma emulsión. Tras la adición de jabón a la mezcla de aceite y agua, sí.
- 12 Los jabones, al contactar con el aceite, forman micelas en las que las cadenas hidrófobas se unen a los lípidos y sus radicales hidrófilos se orientan hacia el agua, permitiendo la emulsión de los lípidos en el seno del agua.
- 13 Las sales de los ácidos grasos y las de Na^+ o K^+ , los denominados jabones de Na^+ o K^+ , tienen un comportamiento anfipático, es decir, presentan una parte lipófila (la cadena hidrocarbonada) capaz de establecer enlaces de Van der Waals con las cadenas hidrocarbonadas de las grasas, y una parte hidrófila (los grupos $-\text{COONa}$ o $-\text{COOK}$) que, en contacto con el agua, generan un grupo carboxilo ionizado ($-\text{COO}^-$) y un catión (Na^+ o K^+). Así pues, cuando el jabón se pone en contacto con la mancha de grasa, la parte lipófila del jabón se extiende en el seno de la grasa, y la parte hidrófila queda fuera, dirigida hacia el exterior de la mancha. En presencia de agua, el polo hidrófilo se ioniza ($-\text{COO}^-$), se aproxima el catión (Na^+ o K^+) gracias a las fuerzas eléctricas, y este, a su vez, queda rodeado de moléculas dipolares de agua, también gracias a

atracciones de tipo eléctrico (hidratación iónica). La agitación que se produce en el lavado posibilita la subdivisión de la mancha de grasa en micelas, que están formadas por moléculas de grasa en su interior y por una monocapa, no necesariamente continua, de moléculas de jabón ionizado en la periferia. El agua tiene una función mecánica de arrastre de las micelas fuera del sustrato manchado.

- 14** Las micelas no se unen entre sí porque, como tienen cargas negativas en su superficie, atraen los cationes (Na^+ o K^+), que forman una capa de cargas positivas, que a su vez atraen moléculas de agua (solvatación iónica), y estos escudos de agua impiden la unión entre las micelas.

Pág. 53

- 15** Las prostaglandinas se sintetizan continuamente a partir del ácido prostanoico, molécula formada por un anillo de ciclopentano y dos cadenas alifáticas, debido a la acción de enzimas como las ciclooxigenasas.
- 16** Impide su formación ya que inhibe la acción de una de las enzimas que actúan en el proceso de síntesis de las prostaglandinas.

Pág. 54

- 17** Son hormonas insaponificables los isoprenoides, como las vitaminas A, E y K, y los esteroides, como las vitaminas D2 y D3.

Pág. 55

Lípidos	Funciones biológicas	
Sapo-nificables	Ácidos grasos	Producción de energía y componentes de membranas celulares.
	Acilglicéridos	Reserva energética.
	Céridos	Forman parte de estructuras como la epidermis, los pelos, las plumas o las escamas reptilianas.
	Fosfoglicéridos	Forman membranas celulares. Transporte.
	Fosfoesfingolípidos	Función estructural, presentes principalmente en las membranas celulares. Transporte.
	Gucoesfingolípidos	Actúan como receptores de moléculas externas en las bicapas lipídicas de las membranas plasmáticas de todas las células.

Lípidos	Funciones biológicas	
Insapo-nificables	Isoprenoides	Muy abundantes en vegetales, algunos con función vitamínica.
	Esteroides	Estabilidad en membranas plasmáticas (como el colesterol), emulsión de grasas en el intestino (las sales biliares) y algunos función hormonal (hormonas suprarrenales y sexuales).
	Prostaglandinas	Percepción del dolor, regulación del funcionamiento de los aparatos e intervienen en la coagulación de la sangre.

- 19** R. M. El exceso de vitamina D produce la calcificación de órganos como, por ejemplo, el riñón, el hígado y el corazón. El exceso de vitamina A produce descamación de los cabellos, debilidad y vómitos. Dado que las vitaminas liposolubles, como la A y la D, no se eliminan tan fácilmente como las hidrosolubles, como la B y la C, su ingesta debe ser muy prudente y siempre consultando a un médico.
- 20** Básicamente es debido a que en el intestino los lípidos son emulsionados por los ácidos biliares, como el ácido cólico. Estos ácidos introducen su parte lipófila en el seno de los lípidos ingeridos, y su polo hidrófilo ionizado queda dirigido hacia el exterior. Por la acción mecánica de las paredes del intestino, estos lípidos emulsionados se escinden en numerosas micelas, que quedan separadas entre sí porque cada una de ellas queda rodeada de muchas moléculas dipolares de agua, atraídas por los polos hidrófilos ionizados.

Pág. 56

PARA REPASAR

- 21** Las cadenas insaturadas presentan angulaciones o codos debidos a los dobles enlaces, lo que hace que su empaquetamiento no sea tan fuerte como en los ácidos grasos saturados, por lo que, las interacciones o fuerzas son más débiles y se forman relativamente pocos enlaces de Van der Waals. En consecuencia, sus puntos de fusión son más bajos y a temperatura ambiente son líquidos.
- 22** Cuanto más larga sea la cadena alifática más enlaces de Van der Waals se forman y, en consecuencia, más tendencia presentan a constituir sólidos. Por otro lado, la presencia de dobles enlaces hace que las cadenas lineales presenten codos, lo cual dificulta la ordenación espacial en paralelo de las cadenas hidrocarbonadas y, por tanto, la formación de enlaces de Van der Waals. Así, cuanto más largas sean las moléculas y menos dobles enlaces

presenten, más enlaces de Van der Waals habrá y, debido a ello, tanto más alto será el punto de fusión.

Según esto, el ácido lignocérico tendrá el punto de fusión más alto debido a que su cadena hidrocarbonada es la más larga y por ello puede establecer mayor número de enlaces intermoleculares de Van der Waals. El ácido oleico tendrá el punto de fusión más bajo, ya que al presentar un doble enlace genera un codo en su cadena hidrocarbonada que impide el establecimiento de enlaces de Van der Waals con otras moléculas.

- 23** Es una reacción química de formación de un éster. Esta molécula se forma al reaccionar un ácido graso y un alcohol que quedan unidos mediante un enlace covalente denominado enlace éster. Todos los lípidos derivados de ácidos grasos son ésteres.

Un ejemplo sería la esterificación del ácido palmítico de la página 48 del libro del alumno.

24

Hololípidos	Clasificación	Composición	Propiedades
Acilgli-céridos	Se clasifican en aceites (con ácidos grasos insaturados), sebos (con ácidos grasos saturados) y mantequillas (con ácidos grasos de cadena corta).	Ésteres de glicerina (alcohol) con una, dos o tres moléculas de ácidos grasos. Según esto, pueden ser monoacilgli-céridos, diacilgli-céridos o triacilgli-céridos.	Función de reserva energética. Los triacilgli-céridos carecen de polaridad y son insolubles en agua.
Céridos	—	Ésteres de alcohol monovalente de cadena larga y un ácido graso.	Carácter lipófilo en sus extremos.

- 25** Es un diacilgli-cérido.
- 26** Un jabón es una sal de ácido graso, se forma mediante una reacción de saponificación de un ácido graso con una base fuerte (NaOH o KOH).
- 27** Porque la molécula de las ceras es muy hidrófoba por los dos extremos; en cambio, los acilgli-céridos, si son monoacilgli-céridos o diacilgli-céridos no lo son, y si son triacilgli-céridos no lo son con la misma intensidad que las ceras.
- 28** R. G. Se trata de la esfingomielina. Se encuentra en la vaina de mielina de las neuronas. Ver dibujo en página 50 del libro del alumno.
- 29** El parecido es que los tres son ésteres. Las diferencias son que los triacilgli-céridos son lípidos simples; es decir, solo están constituidos por un alcohol esterificado con ácidos

grasos, en cambio los fosfoglicéridos y los fosfoesfingolípidos además presentan otro tipo de moléculas. La diferencia entre estos dos últimos es que los fosfoglicéridos presentan el alcohol glicerina y, en cambio, los fosfoesfingolípidos presentan el alcohol esfingosina.

- 30** a) Se trata de un fosfoglicérido compuesto por un ácido fosfórico, un alcohol (glicerina) y ácidos grasos.
b) Presenta dos ácidos grasos, uno saturado (el superior) y uno insaturado (el inferior).
c) Estos lípidos tienen comportamiento anfipático, igual que los jabones. En contacto con el agua, los lípidos complejos se disponen formando bicapas, en las cuales las zonas hidrófobas quedan en la parte interior y las zonas hidrófilas en las exteriores, en contacto con las moléculas de agua. Son las principales moléculas constitutivas de la doble capa lipídica de las membranas plasmáticas, por lo cual también se les denomina lípidos de membrana.

- 31** El colesterol realiza una función estructural ya que forma parte de las membranas celulares de los animales, especialmente de la plasmática, a las cuales confiere estabilidad.
- 32** Como para almacenar una misma cantidad de energía haría falta el doble de peso de glúcidos que de grasas, el peso del ave sería mayor y esta no podría prácticamente volar.
- 33** Se trata de una molécula de isopreno y su polimerización da lugar a los isoprenoides o terpenos. Pueden formar cadenas lineales o cíclicas. Según el número de moléculas de isopreno que contengan, pueden ser monoterpénos, como el mentol o el limoneno; diterpenos, como el fitol que es un componente de la clorofila; triterpenos, como el escualeno, a partir del que se sintetiza el colesterol; tetraterpenos, como los pigmentos fotosintéticos carotenos o las xantofilas; y politerpenos, como el caucho.
- 34** a-3; b-2; c-5; d-6; e-1; f-4.

- 35** A nivel celular esta función la realizan los lípidos de membrana, es decir fosfoglicéridos, fosfoesfingolípidos, glucoesfingolípidos y colesterol. La razón es que al ser moléculas anfóteras se disponen formando bicapas, lo que les permite delimitar espacios comunicados con el exterior. A nivel de órganos también tienen esta función los acilgli-céridos, ya que al acumularse constituyendo estructuras insolubles y blandas sirven como protectores mecánicos.

- 36** Realizan esta función las ceras, como la cera de abeja, la lanolina de la lana y el cerumen del conducto auditivo. La razón es que al ser muy hidrófobas por los dos extremos de la molécula resultan muy útiles como impermeabilizantes.

PARA PROFUNDIZAR

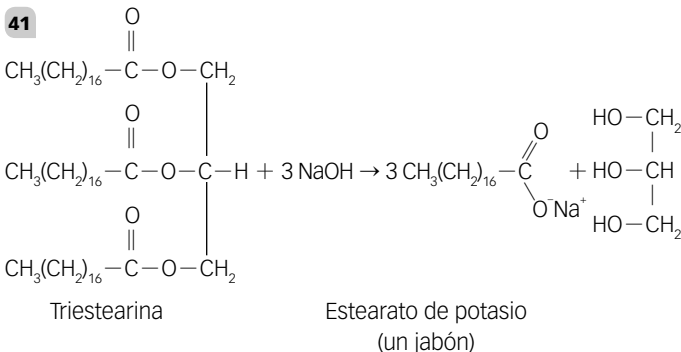
- 37** a) R. G.
b) R. G.
c) El ácido linoleico, puesto que es muy abundante en los vegetales y muy escaso en los animales. En menor grado, el ácido mirístico, puesto que es más abundante en los animales que en los vegetales.

- d) Por orden de parecido son el ácido oleico, el palmitoleico, el esteárico y el palmítico.
- e) En los animales predominan los saturados, mientras que en los vegetales predominan los insaturados (oleico y linoleico).

Pág. 57

PARA PROFUNDIZAR

- 38 a) Las principales diferencias son la ausencia de colesterol y de algunos fosfolípidos en la membrana interna de la mitocondria y la diferente proporción de fosfatidilcolina y de esfingomielina.
- b) La membrana de las bacterias y de la membrana interna de la mitocondria tienen en común la ausencia de colesterol y de algunos fosfolípidos que sí están presentes en el resto de membranas eucariontes.
- 39 Porque como las plantas no se mueven, para ellas no es un grave problema el aumento de peso y de volumen que supone tener las reservas energéticas en forma de polisacáridos en lugar de lípidos. Las estructuras vegetales que presentan un alto porcentaje de lípidos son las semillas. La razón es, que cuanto más pequeñas sean, más fácil resulta su dispersión y como tienen que estar enterradas en tierra húmeda para poder germinar, los lípidos son más resistentes que los polisacáridos ante las bacterias del suelo.
- 40 R. G.



42 a)

	Entera kcal/100 g	Desnatada kcal/100 g
Proteínas	12,8	13,6
Glúcidos	18,4	18,8
Lípidos	33,3	1,8
Total kcal/100g	64,5	34,2
% kcal lípidos	51,6	5,2

- b) Se trata de los triacilglicéridos. Son ésteres de tres ácidos grasos con una glicerina. El enlace que une cada uno de los ácidos grasos con la glicerina es un enlace de tipo éster.

- 43 Respuesta en la web.

Pág. 59

CIENCIA EN TU VIDA

- 44 Son ácidos grasos cuya cadena alquílica presenta dos o más enlaces dobles, situándose el primero de ellos en el carbono número tres contando a partir del extremo $-\text{CH}_3$ de la cadena.
- 45 Los omega 3 los obtenemos de los alimentos de nuestra dieta, especialmente en el pescado azul, el marisco, las almendras, las nueces, así como en algunos aceites vegetales, como los de linaza, nuez, soja y colza.
- 46 Son moléculas vitales para el organismo, dado que no las puede sintetizar. Es decir, son las sustancias que de forma ineludible se tienen que obtener mediante la alimentación.
- 47 R. L.
- 48 Algunas de las funciones que realizan los ácidos grasos omega 3 y que reducen la posibilidad de un ataque cardíaco son:
- Reducen la formación de ateromas, placas ricas en colesterol y diversos tipos de células que se forman en las arterias al reducir el nivel de colesterol en sangre.
 - Reducen la formación de trombos constituidos por agregación plaquetaria.
 - Fluidifican la sangre.
 - Presentan efectos vasodilatadores.

Pág. 61

PARA COMENZAR

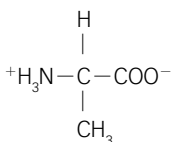
- Porque las fibras de colágeno forman parte de los tejidos conectivos que unen a los otros tejidos y así mantienen y dan forma a nuestro cuerpo.
- Se sintetiza en células del tejido conectivo de nuestro cuerpo, especialmente en los fibroblastos, que la segregan a la matriz extracelular que las envuelve.
- Es una proteína constituida por la unión de tres hélices filamentosas formadas por tres tipos de aminoácidos: prolina, glicina e hidroxiprolina.
- Las fibras de colágeno se caracterizan por su flexibilidad y su resistencia a la tracción.
- Los aminoácidos son compuestos orgánicos que constituyen las proteínas.
- R. M. Son 20 los aminoácidos que constituyen las proteínas. Los aminoácidos esenciales son aquellos que resultan vitales para el organismo y que este no puede sintetizar, por lo tanto, hay que ingerirlos en la dieta. Algunos ejemplos pueden ser la leucina, el triptófano, la metionina, la lisina...
- Las proteínas tienen función estructural, de reserva, de transporte, enzimática, contráctil, hormonal, de defensa e, incluso, homeostática.

Pág. 62

- 1 Los componentes son los aminoácidos y el enlace que los une es el enlace peptídico.
- 2 Todos los aminoácidos tienen un carbono asimétrico llamado α , menos la glicina. La isoleucina y la treonina tienen además un segundo carbono asimétrico.

Pág. 64

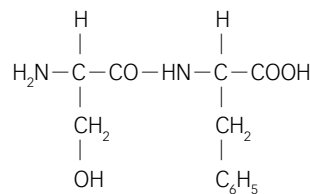
- 3 No, la disposición D o L es independiente de la actividad óptica. Es decir, tanto un D-aminoácido como un L-aminoácido pueden ser levógiros o dextrógiros.
- 4 Que puede comportarse como ácido y como base. Esto significa que, a partir de un pH determinado, diferente según el tipo de aminoácido, si el medio se hace básico, se comporta como un ácido y libera iones hidrógeno (H^+) que neutralizan el exceso de basicidad; en cambio, si el medio se acidifica, se comporta como una base y capta iones hidrógeno (H^+), dicho de otro modo, libera iones hidroxilo (OH^-), así neutralizan el exceso de acidez.
- 5 A pH 6 la alanina estará en su forma dipolar.

**SABER HACER**

- 6 R. M. La formación de un compuesto amarillo tras la adición de ácido nítrico es indicativo de la presencia de aminoácidos con cadenas cíclicas. Según esto, este tipo de aminoácidos están presentes en la clara de huevo y en la leche. El hidróxido amónico se añade para confirmar los resultados anteriores, por lo tanto, es positivo tanto en la clara de huevo como en la leche. En la clara de huevo podemos encontrar fenilalanina, y en la leche, fenilalanina y tirosina. Todos ellos son aminoácidos esenciales.
La disolución de glicina se emplea, en este caso, como control negativo dado que la glicina no contiene cadena cíclica y, por lo tanto, ha de dar negativo. Por el contrario, la disolución de tirosina se emplea como control positivo; la tirosina contiene una cadena cíclica y, por tanto, ha de dar positivo.
Es importante probar también con el agua para comprobar que no hay interferencias, ya que las disoluciones anteriores se han hecho en este medio.

Pág. 65

- 7 Los aminoácidos se asocian de forma que el grupo carboxilo del primer aminoácido se une con el grupo amino del segundo aminoácido. De esta forma, en una cadena polipeptídica, el extremo con el grupo amino del carbono α libre corresponde al primer aminoácido, y el extremo con el grupo carboxilo del carbono α libre corresponde al último aminoácido.



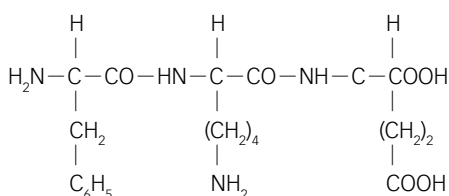
Dipéptido Ser-Phe

- 8 En el polipéptido intervienen nueve aminoácidos, por lo tanto, habrá ocho enlaces peptídicos en los que se ha liberado una molécula de agua por enlace.
El peso molecular del oligopéptido es:
 $4 \cdot (\text{PM de la alanina} = 89) + 3 \cdot (\text{PM de la valina} = 117) + 2 \cdot (\text{PM de la glicina} = 75) - 8 \cdot (\text{PM del agua} = 18) = 713 \text{ daltons}$

SABER HACER

- 9 R. M. La coloración violeta en las muestras tratadas con hidróxido sódico nos indica la presencia de más de un enlace peptídico, por lo tanto, podemos concluir que las muestras con resultado positivo (la clara de huevo, la leche y la albúmina) contienen proteínas. La glicina da Biuret negativo, ya que no presenta ningún enlace peptídico al ser un aminoácido aislado. La prueba con agua es necesaria para confirmar que el medio con el que se han efectuado las disoluciones no genera interferencias en los resultados de la práctica.

- 10 a) «Lys», «H₂N-Met-Ala-Arg-COOH» y «H₂N-Met-Val-COOH».
 b) El péptido resultante hay que leerlo manteniendo la dirección de unión de los aminoácidos, empezando por el extremo N-inicial. El resultado de tratar este péptido con tripsina será: «H₂N-Phe-Lys-COOH», «N₂H-Cys-Met-Arg-COOH» y «Lys».
- 11 El primer aminoácido puede ser fenilalanina (Phe) o alanina (Ala); el segundo puede ser lisina (Lys) o histidina (His), y el tercero tan solo puede ser el ácido glutámico (Glu). Por lo tanto, existen varios tripéptidos según los aminoácidos elegidos para las dos primeras posiciones. Un ejemplo puede ser el tripéptido Phe-Lys-Glu:



Tripéptido Phe-Lys-Glu

- 12 Los enlaces de hidrógeno, también denominados puentes de hidrógeno.

- 13 Temperaturas superiores a 50 °C provocan la rotura de los enlaces débiles que mantienen la estructura terciaria de las proteínas. La rotura de estos enlaces provoca la desnaturalización de la proteína o pérdida de su estructura terciaria. En muchos casos, esta pérdida de estructura conlleva una pérdida de funcionalidad, por lo que, por ejemplo, las enzimas dejarían de actuar correctamente llevando a errores en el sistema que pueden hacer imposible la vida del individuo. Los enlaces disulfuro necesitan de mayor temperatura para romperse, unos 150 °C.

- 14 Los enlaces covalentes fuertes, denominados puentes disulfuro, y los enlaces débiles, como los enlaces de hidrógeno, las interacciones iónicas, las fuerzas de Van der Waals y las interacciones hidrofóbicas.
- 15 Enlaces débiles del mismo tipo que los enlaces débiles que mantienen la estructura terciaria globular. En ocasiones, también pueden presentarse unidas por enlaces covalentes (tipo puentes disulfuro), como en la insulina.

SABER HACER

- 16 R. M. En las tres disoluciones de clara de huevo, leche y albúmina todas las reacciones son positivas. Esto nos indica que todas ellas contienen proteínas que por efecto

de cambios de pH (adición de ácido HCl o base NaOH), de concentración en el medio (adición de NaCl saturado), de adición de líquidos apolares solubles en agua (acetona) y de temperatura pierden su estructura globular y precipitan, es decir, se desnaturalizan.

- 17 La glicina es un aminoácido aislado, no una proteína, por lo que no presenta estructura globular y no tienen enlaces que puedan romperse con estos cambios. En este experimento, la disolución del aminoácido glicina se emplea como control negativo.

Por otro lado, es necesario verificar que el agua no interfiere en los resultados de la práctica. El agua tampoco presenta estructura globular, dado que no es una proteína, que pueda alterarse o romperse con estos cambios.

- 18 De la secuencia de aminoácidos, es decir, de la estructura primaria, especialmente de los aminoácidos que forman el centro activo si se trata de una enzima, y de las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria (estas dos últimas en el supuesto de que las tenga). Aunque la secuencia de aminoácidos sea la correcta, si la cadena polipeptídica no adopta la estructura requerida, la proteína no podrá llevar a término correctamente muchas de las funciones que ejerce.
- 19 La mayor parte de las proteínas tienen una masa molecular elevada; por lo tanto, más que de solubilidad se debe hablar de dispersabilidad, es decir, de capacidad de formar dispersiones coloidales. Las proteínas que presentan forma globular tienen más posibilidades que las filamentosas de que los radicales ionizables, que quedan rodeados de una capa de moléculas de agua, lleguen a impedir la unión de las moléculas proteicas entre sí y que, por tanto, precipiten. Las proteínas filamentosas, como tienen la estructura secundaria estirada, presentan más distancia entre los radicales ionizados, por lo que muchos segmentos no quedan cubiertos de moléculas de agua; esto posibilita que se unan muchas cadenas polipeptídicas y, así, lleguen a dimensiones enormes que provocan la precipitación.
- 20 Se entiende que una temperatura es elevada cuando supera los 60 °C, pero sin llegar a centenares de grados, condición en que incluso se romperían los enlaces peptídicos. A estas temperaturas elevadas (60 °C), los enlaces que se rompen son los enlaces de hidrógeno que mantienen la estructura α-hélice y también los enlaces débiles que mantienen las estructuras terciaria y cuaternaria. Los enlaces de puente disulfuro resisten mucho el efecto de la temperatura (se necesita superar los 150 °C para romperlos), por lo cual las proteínas que son ricas en estos enlaces soportan mejor las temperaturas altas.
- Este proceso de pérdida de estructura cuaternaria, terciaria e, incluso, secundaria se denomina desnaturalización.
- En una proteína desnaturalizada tan solo queda la estructura primaria debido a que el enlace peptídico es muy fuerte. Si la proteína, por ejemplo, era una enzima, cuando se destruyen los niveles estructurales superiores, la forma

del centro activo ya no coincide con la del sustrato y, por lo tanto, la proteína habrá perdido la función biocatalizadora; si era una proteína estructural, los perjuicios son menores; por ejemplo, las fibras de queratina de los cabellos, cuando se calientan, simplemente se alargan y después, cuando se enfrían, simplemente se acortan y se deforman algo.

- 21** Porque debido a las mutaciones, se pueden producir cambios al azar en la secuencia de aminoácidos que, como no afectan al centro activo, en el supuesto de que tengan una función biocatalizadora, o a las propiedades de resistencia mecánica, en el supuesto de que tengan una función estructural, etc., no se eliminan por selección natural y, por lo tanto, se generan diferencias moleculares incluso entre los individuos de una misma especie. Por esto hay muchas posibilidades de que algunas proteínas del órgano trasplantado sean totalmente desconocidas por el sistema inmunológico del receptor, desencadenando una reacción antígeno-anticuerpo contra las proteínas de membrana de las células del órgano recibido.

Pág. 71

- 22** Con la función contráctil.
- 23** Significa catalizador de reacciones biológicas. Es una sustancia que, sin gastarse en la reacción, la acelera, es decir, no hace que se forme más producto, sino que se forme la misma cantidad pero en menos tiempo.
- 24** Porque las hormonas son biocatalizadores específicos, es decir, aceleran unas reacciones biológicas concretas. Sin las hormonas, estas reacciones prácticamente no tendrían lugar y el organismo podría llegar a morir. Es el caso, por ejemplo, de los diabéticos insulino dependientes que necesitan de tres a cuatro inyecciones diarias de insulina. Si la alteración simplemente consiste en menor producción, las consecuencias, lógicamente, no son tan graves; por ejemplo, es el caso del enanismo por déficit de producción de hormona del crecimiento.
- Las hormonas se diferencian de las enzimas en que no actúan en el lugar donde se producen, sino que la glándula que las produce las segrega a la sangre, o a la savia si son hormonas vegetales, y así se transportan a todas las células del organismo; pero tan solo actúan sobre las células diana, que son las que tienen receptores específicos de estas hormonas en las membranas.

Pág. 72

- 25** R. L.

Pág. 73

- 26** Porque esta molécula se encarga de captar el oxígeno (O_2) del aire y transportarlo hasta los lugares donde es escaso y, en cambio, abunda el CO_2 , lo que provoca que la hemoglobina libere el oxígeno. Este atraviesa las membranas plasmáticas y mitocondriales, donde en las crestas

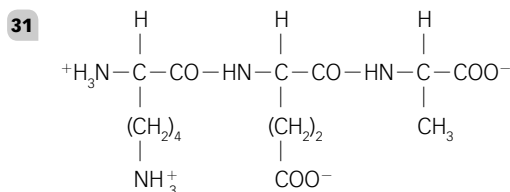
mitocondriales reacciona con los hidrógenos procedentes de la materia orgánica y forma una molécula de agua. El O_2 se intercala entre el ion Fe^{2+} del grupo hemo y el aminoácido 63 (una histidina) de la globina, al cual estaba unido el ion Fe^{2+} antes de la llegada del oxígeno.

- 27** a) Falso.
b) Falso.
c) Verdadero.

Pág. 74

PARA REPASAR

- 28** El C.
- 29** Sí, la isoleucina y la treonina. Estos dos aminoácidos presentan dos carbonos α .
- 30** a) Negativa.
b) Positiva.



Tripéptido de Lys-Glu-Ala ionizado

- 32** En medio muy ácido y en medio neutro tendrá carga positiva, mientras que en medio muy básico tendrá carga negativa.
- 33** En medio muy ácido y en medio neutro migrará hacia el cátodo, y en medio muy básico, hacia el ánodo.
- 34** Se trata de un polipéptido compuesto por 12 aminoácidos unidos por 11 enlaces peptídicos. Hay que tener en cuenta que por cada enlace peptídico se pierde una molécula de agua. La masa molecular será:
 $3 \cdot (\text{PM alanina} = 89) + 4 \cdot (\text{PM lisina} = 146) + 5 \cdot (\text{PM valina} = 117) - 11 \cdot (\text{PM agua} = 18) = \mathbf{1238 \text{ daltons}}$.
- 35** Con dos aminoácidos de diferente tipo se pueden hacer dos dipéptidos y con dos del mismo tipo solo se puede hacer uno.
- 36** Sin repetición se pueden formar seis tripéptidos (en dirección N-terminal \rightarrow C-terminal):
- | | |
|---------------|---------------|
| - Ala-Ser-Gly | - Ser-Gly-Ala |
| - Ala-Gly-Ser | - Gly-Ser-Ala |
| - Ser-Ala-Gly | - Gly-Ala-Ser |
- Con posibilidad de repetición, el número aumenta.

Tripéptidos con repetición			
Ala-Ser-Gly	Ala-Gly-Gly	Gly-Ala-Gly	Ser-Ser-Gly
Ala-Gly-Ser	Ser-Ala-Ala	Gly-Gly-Ala	Ala-Gly-Ala
Ser-Ala-Gly	Ser-Gly-Gly	Ala-Ser-Ala	Ala-Ala-Gly
Ser-Gly-Ala	Gly-Ser-Ser	Ala-Ala-Ser	Ala-Ala-Ala
Gly-Ser-Ala	Gly-Ala-Ala	Gly-Ser-Gly	Ser-Ser-Ser
Gly-Ala-Ser	Ser-Ala-Ser	Gly-Gly-Ser	Gly-Gly-Gly
Ala-Ser-Ser	Ser-Ser-Ala	Ser-Gly-Ser	

- 37** R. G.
- 38** Dos o más cadenas.
- 39** Para saber si dos proteínas son la misma ha de coincidir su secuencia de aminoácidos y han de presentar la misma estructura tridimensional.
- 40** La solubilidad de las proteínas se debe a una mayor proporción de aminoácidos con radicales polares (sobre todo si tienen carga) que de aminoácidos con radicales apolares. Los radicales polares establecen enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua y, así, cada molécula queda recubierta de una capa de moléculas de agua que impide que se pueda unir a otras moléculas proteicas, hecho que provocaría su precipitación.
- 41** a) Un enlace disulfuro.
b) Un enlace de hidrógeno.
c) Una interacción iónica.
d) Un enlace de hidrógeno.
e) Una interacción hidrofóbica.
f) Una interacción hidrofóbica.
- 42** a-2; b-1; c-8; d-9; e-5; f-10; g-6; i-7 h-3; j-4.
- 43** Un grupo prostético es la parte no polipeptídica de una heteroproteína (proteína constituida por una cadena polipeptídica y una fracción que no está formada de aminoácidos).
Ejemplos de grupos prostéticos son los grupos hemo que tienen función de transporte de oxígeno, los oligosacáridos de las glucoproteínas que realizan diversas funciones, los lípidos de las lipoproteínas que permiten el transporte proteico a través de la sangre y el ácido fosfórico de las fosfoproteínas que tiene función energética.
- 44** Las inmunoglobulinas pertenecen a las glucoproteínas, puesto que contienen oligosacáridos como grupo prostético.
- 45** a-6; b-4; c-5; d-3; e-1; f-2.
- 46** b) Hemoglobina, saliva y valina.

Pág. 75

PARA PROFUNDIZAR

- 47** El gráfico muestra cómo varía el pH (eje vertical) de una disolución muy ácida de alanina cuando se añade una base, es decir, cuando se añade OH⁻ (eje horizontal). Los OH⁻ se unen a los H⁺, lo que implica que disminuya la concentración de iones H⁺. La característica más evidente del gráfico es que hay dos pH (pH = 3,3 y pH = 10,7) en los que para variarlos hace falta añadir muchos iones (OH⁻), es decir, en estos grados de acidez la alanina constituye un buen estabilizador de pH o una buena disolución tampón. A continuación se expone la explicación detallada de este proceso:
– A pH 1, es decir, cuando la concentración de iones H⁺ es muy alta, la alanina actúa como una base; capta protones y adopta la forma catiónica ($^+H_3N-CHCH_3-COOH$).

- A pH 3,3, existe un equilibrio entre esta forma catiónica y la forma de ion dipolar o zwitterión:
 $^+H_3N-CHCH_3-COOH \leftrightarrow ^+H_3N-CHCH_3-COO^- + H^+$.
– A pH 6,02, toda la alanina se encuentra en forma dipolar ($^+H_3N-CHCH_3-COO^-$).
– A pH 10,7, hay un equilibrio entre la forma dipolar y la forma de anión:
 $^+H_3N-CHCH_3-COO^- \leftrightarrow H_2N-CHCH_3-COO^- + H^+$.
– Por último, a pH 12, cuando la concentración de H⁺ es muy baja, la alanina se encuentra en forma de anión ($H_2N-CHCH_3-COO^-$), es decir, actúa como ácido y libera H⁺.

- 48** Se debe a que la solubilidad aumenta en disoluciones salinas diluidas, puesto que los iones salinos se acercan a los radicales polares y aumentan su polaridad, pero disminuye en disoluciones salinas concentradas, puesto que los iones salinos compiten con los radicales polares por las moléculas de agua.
- 49** a) Se trata de la proteína caseína. Ha precipitado porque se ha desnaturalizado al cambiar el grado de ionización de sus radicales con carga. Comercialmente se conoce como requesón o queso fresco. Se puede reconocer realizando la prueba de Biuret.
b) Se trata de triglicéridos, básicamente de triestearina. En la leche se encuentra emulsionada por la proteína caseína que forma una capa envolvente de cada pequeña gota de grasa. Su nombre común y comercial es «nata». Se puede reconocer comprobando que se tiñe de rojo con Sudán III y que es soluble en disolventes polares como el benceno.
c) El glúcido que hay en la leche es el disacárido lactosa. Se puede reconocer confirmando que reduce el reactivo de Fehling.

50 R. L.

51 R. L.

52 Respuesta en la web.

Pág. 77

CIENCIA EN TU VIDA

- 53** La replicación es la copia de moléculas de ADN.
- 54** Los receptores de interferón situados en las membranas de las células, al captar el interferón emitido por una célula vecina infectada, provocan la activación del ADN del núcleo de forma que, algunos genes inician la síntesis de proteínas con propiedades antivíricas.
- 55** Hay dos razones claras para ello. Una es que su acción se ejerce también sobre las células sanas, lo que provoca efectos secundarios, y la otra razón es la selección natural, por la que las enfermedades resisten cada vez mejor el interferón sintético.
- 56** El interferón de tipo I se produce en respuesta a infecciones víricas ante la síntesis de ARN bicatenario en la replicación vírica. El interferón de tipo II lo fabrican los linfocitos en respuesta a procesos tumorales.

Pág. 79

PARA COMENZAR

- Se trata de dos tipos de organismos procariotas con grandes diferencias genéticas, por lo que constituyen dos dominios distintos. Las arqueas, a diferencia de las bacterias, no tienen peptidoglucanos en la pared celular, su membrana presenta isoprenoides ramificados en lugar de ácidos grasos, su ADN está asociado a histonas como el de los organismos eucariotas y presentan varias clases de ARN polimerasas.
- Un par de bases de ADN es el término que se utiliza para referirse a la pareja de nucleótidos (cada uno de una hebra de ADN) complementarios que se unen para formar la doble hélice de ADN. Este nombre deriva de que los nucleótidos tienen una base nitrogenada, por lo que es lo mismo decir un par de nucleótidos que un par de bases.

La secuenciación de una hebra de ADN consiste en conocer los nucleótidos o bases que componen dicha hebra, es decir, conocer su estructura primaria.

- Un gen es un segmento, continuo o discontinuo, generalmente de ADN (en algunos virus puede ser de ARN) que contiene información sobre cómo sintetizar una proteína o un ácido nucleico.
- R. L.
- R. M. Existen dos tipos de ácidos nucleicos según la pentosa que los constituya. El ADN está formado por desoxirribosa y el ARN por ribosa. Para que la información contenida en el ADN pueda ser traducida y concluya con la síntesis de una proteína, es necesario que previamente se transcriba en una molécula de ARN mensajero.
- El ADN presenta varias estructuras, la más característica es la estructura de doble hélice. Se trata de dos cadenas de ADN antiparalelas y complementarias enrolladas de forma dextrógira. A partir de esta doble hélice se suceden varios superenrollamientos y asociaciones con proteínas para condensarse aún más y reducir su tamaño.

Por otro lado, el ARN puede presentar estructuras monocatenarias y bicatenarias pero sin los grados de condensación y empaquetamiento del ADN, ya que, para realizar su función, no es necesario.

Pág. 81

- 1 Se trata de la adenina. Ver estructura en la página 80 del libro del alumno.
- 2 R. G. Se unen mediante el enlace N-glucosídico.
- 3 R. G. El grupo fosfato se une mediante un enlace fosfoéster.

Pág. 82

- 4 Según su forma, puede ser lineal o circular.
- 5 El ADN lineal se encuentra principalmente en el núcleo de las células eucariotas. El ADN circular se encuentra en bacterias, arqueobacterias, cloroplastos y mitocondrias.

Los virus pueden presentar todo tipo de ADN e, incluso, ARN como material genético.

Pág. 84

- 6 Los enlaces de hidrógeno que unen las dos hélices que forman el ADN bicatenario se forman entre bases complementarias. Esto quiere decir que la adenina se une con la timina y que la citosina se une con la guanina. Según las leyes de Chargaff, si se ha encontrado un 23 % de A, el porcentaje de T ha de ser también un 23 % ($N.^{\circ} \text{adeninas} / N.^{\circ} \text{timinas} = 1$).
Entre A y T suman un 46 %, el 54 % restante ($100 - 46 = 54$) ha de repartirse equitativamente entre las citosinas y las guaninas de modo que a cada una le corresponde un 27 % ($54 / 2 = 27$).

Pág. 85

- 7 3'...ATGGAGTGA ...5'
- 8 a) Se trata de un ARN, puesto que el ADN no presenta U, sino T.
b) Es monocatenario porque si fuera bicatenario habría la misma cantidad de A que de U, y la misma cantidad de G que de C.
- 9 La desnaturalización del ADN es la separación de las dos hebras que forman la doble hélice mediante la rotura de los enlaces de hidrógeno que se establecen entre las bases nitrogenadas enfrentadas. Este fenómeno se produce a unos 100 °C.
La renaturalización es la nueva unión de las dos hebras complementarias de un ADN de doble hélice, previamente separadas. Si la desnaturalización se ha producido por el aumento de temperatura del medio, la renaturalización se inicia cuando se enfría por debajo de los 65 °C.

Pág. 86

- 10 La cromatina laxa está constituida por una sucesión de partículas de 100 Å de diámetro denominadas nucleosomas. Si los nucleosomas se asocian a una molécula de histona H1, la fibra se acorta y pasa a estar compacta o condensada.

Pág. 87

- 11 Los niveles estructurales se refieren a los diferentes rangos de complejidad estructural que presenta el ADN. Así se distinguen: estructura primaria, secundaria y terciaria o ADN superenrollado. En las células eucariotas el ADN se une además a histonas, lo que determina los niveles de empaquetamiento.
- 12 El cromosoma metafásico es el máximo grado de empaquetamiento que puede lograr una fibra de ADN.

SABER HACER

- 13 Añadiendo un detergente que emulsione y disperse los lípidos de las membranas y aumentando la temperatura que desnaturaliza (precipita) las proteínas de la membrana.
- 14 Añadiendo bromelaína, una enzima que rompe los enlaces peptídicos reduciendo las histonas a aminoácidos y a cortos oligopéptidos.
- 15 Añadiendo etanol, ya que es un medio de polaridad baja y el ADN es una sustancia polar y, por lo tanto, insoluble en medios que no sean fuertemente polares.
- 16 R. L.

- 17 R. G.
- 18 Porque presentan algunos segmentos que son complementarios; esto facilita que se doblen y que estos segmentos se complementen formando una región con estructura en doble hélice.
- 19 Se diferencian en el triplete denominado anticodón, que es el que se complementa con el triplete codón del ARNm.

- 20 EL ARNm procariótico no adopta la estructura tridimensional del ARN eucariótico ni presenta exones e intrones, carece de capucha (simplemente empieza con un nucleótido trifosfato no invertido), carece de cola de poli-A y, además, puede ser policistrónico, es decir, puede contener información para diferentes proteínas.

- 21 EL ARNr o ARN ribosómico procede del ARNn o ARN nucleolar. Este ARNn se asocia con proteínas del citoplasma constituyendo una ribonucleoproteína que se rompe en fragmentos de ARN que, junto con otros procedentes de fuera del nucléolo, se unen para formar las subunidades ribosomales.

22	ARN	Localización
	ARN de transferencia	Citoplasma
	ARN mensajero	En el núcleo y en el citoplasma
	ARN ribosómico	Citoplasma
	ARN nucleolar	Nuécleo
	ARN pequeño nuclear	Núcleo de células eucariotas
	ARN de interferencia	Citoplasma

- 23 El ARN, al igual que el ADN, puede tener la función de guardar la información biológica. Es el caso de algunos virus que carecen de ADN y tienen moléculas de ARN como material genético.

PARA REPASAR

- 24 R. G.
- 25
 - a) Presenta tres nucleótidos.
 - b) La distancia entre cada nucleótido en una hebra de la doble hélice de ADN es de 3,4 Å, por lo que el segmento representado tiene una longitud de $3,4 \cdot 3 = 10,2$ Å.
 - c) Se trata de un ADN porque tiene desoxirribosa.
 - d) El extremo 5' es el superior, y el 3', el inferior.
 - e) La secuencia ordenada es 5'... TCA ... 3'.
 - f) La secuencia ordenada de nucleótidos de la cadena complementaria es 5' ... TGA ... 3'.
 - g) Presenta 5 enlaces fosfoéster entre nucleótidos y entre cada pentosa y su ácido fosfórico. Por otro lado, presenta 3 enlaces N-glucosídicos entre la pentosa y su base nitrogenada.
- 26 El fragmento que falta es la secuencia 5' ... ATGACAGACGT ... 3'
- 27
 - a) Es un ADN, puesto que presenta T.
 - b) Es un ARN, puesto que presenta U.
 - c) Es un ADN, puesto que presenta T.
 - d) No se puede decir si es ADN o ARN, puesto que no presenta ni T ni U.

28		ADN	ARN
Composición química	Azúcar	Desoxirribosa	Ribosa
	Bases	A, G, C, T	A, G, C, U
Estructura		Generalmente bicatenario (doble hélice con cadenas complementarias).	Monocatenario, en ocasiones bicatenario.
Función		Contiene la información genética y es el encargado de transmitirla de generación en generación.	Encargado de recoger la información genética del ADN y traducirla a proteínas.

- 29 El ADN debe ser una molécula muy estable, ya que contiene la información biológica sobre cómo es y cómo funciona el organismo, y si se alterara con facilidad, se pondría en peligro su supervivencia. De todas formas, esta estabilidad no debe ser absoluta ya que esto impediría la aparición de nuevas informaciones que resultan

imprescindibles para sobrevivir en un entorno ambiental cambiante como el que presenta nuestro planeta a lo largo de millones de años.

- 30** Esta molécula se encuentra en el interior de las células y en el interior de una gran parte de virus. En las células procariotas se encuentra más o menos condensado en una zona del citoplasma y en las células eucariotas se encuentra rodeado de una doble membrana constituyendo un orgánulo denominado núcleo.
- 31** R. M. Se trata dos hélices complementarias y antiparalelas enrolladas de forma dextrógira y con enrollamiento plectonómico. Cada vuelta tiene una longitud de 34 Å y presenta 10 pares de bases separadas entre ellas 3,4 Å. El diámetro de la doble hélice es de 20 Å.
- 32** R. G. Ver esquema de la página 87 del libro del alumno.
- 33** En los dominios en forma de bucle.
- 34** R. G. Se trata de ARN porque presenta uracilo (U). Los enlaces tipo éster se dan en las uniones de los grupos fosfato con las pentosas y en las uniones entre nucleótidos. Al ser ARN, la pentosa ha de ser una ribosa.
- 35** a) Se trata de ARN porque presenta uracilo.
b) La estructura completa es
- ```

5'... CCGACUGAGAGU ... 3'
 ||| ||| ||| |||
3'... GGCUAUCUCUCA ... 5'

```
- c) No puede corresponder al sector del anticodón de un ARNt puesto que presenta estructura secundaria (dos segmentos espiralizados uno sobre el otro) y el anticodón está en un segmento con solo estructura primaria.
- Sin embargo, sí que podría corresponder a uno de los brazos de un ARNt, puesto que una parte de los brazos presenta estructura en doble hélice.
- 36** Se trata de un ADN monocatenario dado que los porcentajes de las bases complementarias (A-T y C-G) no coinciden. Este tipo de material genético lo podemos encontrar en algunos virus.
- 37** a-2; b-4; c-7; d-6; e-9; f-10; g-8; h-5; i-3; j-1.

#### PARA PROFUNDIZAR

- 38** Primero que se trata de un ARN, puesto que presenta ribosa. Segundo que presenta una sola cadena, es decir, que se monocatenario, puesto que no hay la misma cantidad de bases complementarias. Por último, se puede decir que se trata de un ARNt, puesto que su peso molecular es muy bajo.
- 39** Por complementariedad de bases y según las leyes de Chargaff, si presenta 26% de guanina, presentará un 26% de citosina. El porcentaje restante, un 48% ( $100 - 26 - 26 = 48$ ) habrá que repartirlo equitativamente entre las bases timina y adenina. Por lo tanto, presentará un 24% de timina y un 24% de adenina ( $48/2 = 24$ ).

Pág. 93

#### PARA PROFUNDIZAR

- 40** El aspecto más adecuado de esta estructura es que, al estar constituida por dos cadenas, estas son susceptibles de separarse entre sí y cada una de ellas servir de molde para sintetizar sobre ella la cadena complementaria. De esta forma, se pueden obtener dos moléculas idénticas con la información biológica completa, que se repartirán en cada una de las células resultantes de la división celular.
- 41** En una célula somática humana hay 46 moléculas de ADN, que después, cuando se enrollan sobre sí mismas, originan los 46 cromosomas. Los espermatozoides son gametos y, por lo tanto, células haploides que presentan la mitad de cromosomas, es decir, 23 moléculas de ADN.
- 42** Si presenta 600 nucleótidos y es humano, tendrá 300 nucleótidos en cada cadena. Como cada nucleótido ocupa un espacio de longitud de 3,4 Å, en total tendrá 1020 Å de longitud ( $3,4 \cdot 300 = 1020$ ).
- 43** Los enlaces de hidrógeno y de Van der Waals.
- 44** Los procesos que sufre el ADN hasta convertirse en proteína son la transcripción y la traducción. En la transcripción, que permite la expresión de la información genética, la molécula de ADN se copia a una molécula de ARNm. En la traducción, se convierte esta secuencia de ribonucleótidos del ARNm en una secuencia de aminoácidos.
- 45** En la electroforesis, las muestras migran más o menos en función de su tamaño o masa molecular. Según esto, la muestra 1 (cromosoma humano) corresponde al carril A, la muestra 2 (cromosoma bacteriano) corresponde al carril C, y la muestra 3 (ADN 200 pb), al carril B.
- 46** Se incorporarán al ADN y al ARN. La citosina está presente en los dos ácidos nucleicos y en el periodo S de la interfase, durante la duplicación, podemos encontrar ambos tipos de ácidos nucleicos en la célula.
- 47** Según la temperatura de desnaturalización, la secuencia A corresponde con la muestra 3; la secuencia B, con la muestra 1, y la secuencia C, con la muestra 2. Se debe a que a mayor porcentaje de C + G, más triples enlaces y, por lo tanto, se necesita mayor energía para romperlos.
- 48** Un gen es un segmento, continuo o discontinuo, generalmente de ADN, aunque en algunos virus puede ser de ARN, que contiene información sobre cómo sintetizar una proteína o un ácido nucleico.
- Se ha estimado que, probablemente, la mayoría de los mamíferos tienen el mismo número de genes. Las diferencias en la longitud y los pares de bases de cada genoma radican en las diferentes longitudes de las secuencias intergénicas que indican la mayor o menor complejidad de cada uno.
- 49** Sí puede afirmarse que se trata de un ADN monocatenario, ya que en un ADN de doble cadena la suma de G y A no puede superar el 50%. Si  $G = 40\%$ , significa

que  $C = 40\%$  y que, por tanto, la suma  $A + T$  no puede exceder del  $20\%$ , lo que en este caso no es cierto porque se indica que  $A$  representa un  $30\%$ .

Sí, los virus pueden presentar ADN bicatenario.

**50** Respuesta en la web.

**Pág. 95**

#### **CIENCIA EN TU VIDA**

**51** R. L.

**52** Comparando su ADN con el de los diferentes pueblos actuales y viendo si el porcentaje de diferencias es superior o no al que se observa entre las especies de primates actuales.

**53** En el caso de los hermanos univitelinos.



Pág. 97

## PARA COMENZAR

- a) Se utiliza un flujo de electrones, es decir, una corriente eléctrica.
- b) La imagen no se puede observar directamente porque nuestro ojo no puede observar un flujo de electrones, por lo tanto, se hace incidir este flujo en la pantalla de un televisor y se observa la imagen que en él se forma.
- El número de aumentos es la relación entre la medida de la imagen y la medida real del objeto.
- El número de aumentos de un microscopio óptico se define como:

$$NA = \frac{\text{medida de la imagen}}{\text{medida real}}$$

Por lo tanto, la medida mínima que ha de tener una estructura celular para poder observarla con un microscopio óptico de 1000 aumentos será:

$$1000 = \frac{0,2 \text{ mm}}{\text{medida real}};$$

$$\text{medida real} = 0,0002 \text{ mm} = 0,2 \mu\text{m}$$

- Las células eucariotas son aquellas que tienen núcleo, es decir, tienen su material genético rodeado por una doble membrana. Una célula eucariota es una estructura biológica constituida por membrana, citoplasma y núcleo.

Pág. 98

- Se sabía que los vegetales estaban constituidos por unas estructuras que recordaban las celdas de una colmena, que se denominaron células; que el color rojo de la sangre era debido a unas células rojas, los denominados glóbulos rojos; que en el esperma había unas células flageladas, los espermatozoides, y que había organismos constituidos por una sola célula, como por ejemplo los protozoos, las levaduras y las bacterias.
- En las imágenes A y B se pueden observar las siguientes estructuras: membrana, citoplasma y núcleo.

Pág. 99

- No son la forma de vida más pequeña posible porque no pueden reproducirse por sí solas, necesitan de los orgánulos de otra célula. No son la unidad morfológica de los seres vivos porque los seres vivos no están constituidos por virus.
- Quiere decir que la célula contiene toda la información sobre cómo construir su estructura y sobre cómo controlar su funcionamiento, y que es capaz de multiplicar esta información y transmitirla a las células hijas.

Pág. 100

$$5 \text{ En } \text{\AA}: 0,25 \mu\text{m} \cdot \frac{10000 \text{ \AA}}{1 \mu\text{m}} = 2500 \text{ \AA}$$

$$\text{En nm: } 0,25 \mu\text{m} \cdot \frac{1000 \text{ nm}}{1 \mu\text{m}} = 250 \text{ nm}$$

$$6 \quad 500000 \text{ daltons} \cdot \frac{1 \text{ g}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ daltons}} \cdot \frac{10^{12} \text{ pg}}{1 \text{ g}} = 8,301 \cdot 10^{-7} \text{ pg}$$

Pág. 101

- La variedad de formas depende de la estirpe celular a la que pertenezcan, de su edad y de su momento funcional.
- Las células prismáticas de los ejemplos corresponden a células de los epitelios. Su forma se debe a su función y a las tensiones que soportan debido a las uniones entre las células contiguas.

Pág. 102

- El volumen del citoplasma es el volumen total y el volumen del núcleo es el 8% del total ( $V_n = 4000 \cdot 8/100 = 320 \text{ mm}^3$ ). Según esto, la relación nucleoplasmática es:

$$RNP = \frac{vn}{(vc - vn)} = \frac{320 \text{ mm}^3}{400 \text{ mm}^3 - 320 \text{ mm}^3} = 0,0869$$

Pág. 103

- Los orgánulos celulares transductores de energía presentan una doble membrana, tanto los cloroplastos como las mitocondrias. La diferencia respecto al núcleo es que la doble membrana nuclear presenta poros que comunican el citosol con el nucleoplasma.
- Que ambos son estructuras rodeadas por membranas.

Pág. 104

- Los tilacoides de las cianobacterias son estructuras delimitadas por membranas que realizan la fotosíntesis con desprendimiento de oxígeno. Sin embargo, los clorosomas del resto de bacterias son estructuras delimitadas por paredes proteicas que realizan la fotosíntesis sin desprender oxígeno.
- A diferencia del ADN bacteriano, el ADN de las arqueobacterias está asociado a histonas, igual que en las células eucariotas.

Pág. 107

- El nucléolo está constituido básicamente por proteínas y ARN. Sintetiza el ARN nucleolar (ARN<sub>n</sub>), que se convierte en los diferentes ARNr imprescindibles para la formación de los ribosomas. Puede haber más de uno por célula y será de mayor tamaño cuanto más actividad tenga la célula, ya que precisará de mayor número de proteínas y, por tanto, de ARNr.
- Porque se ve desplazado por la gran vacuola central que presentan este tipo de células.
- Los orgánulos y estructuras exclusivos de las células vegetales son los cloroplastos y la pared celular.

Las vacuolas no son orgánulos exclusivos de las células vegetales, ya que también las poseen las células animales, pero son más pequeñas y ocupan un menor volumen celular.

Pág. 108

- 17 Un colorante vital como, por ejemplo, el azul de metileno que permite observar estructuras vivas.

Pág. 110

### SABER HACER

- 18 La hematoxilina es un colorante básico. Al ser colorante básico, se unirá a estructuras ácidas como, por ejemplo, los ácidos nucleicos del núcleo. También se ha empleado eosina.
- 19 Es bueno para observar las estructuras ácidas de las células como los núcleos celulares que contienen ácidos nucleicos con abundantes radicales ácidos, a los que se une el colorante.
- 20 Se han deshidratado porque, en este caso, el medio empleado en el montaje es hidrófobo.
- 21 Sí, dado que al realizar el montaje de la preparación, el medio de montaje se consolida y permite obtener una preparación definitiva.

Pág. 111

### SABER HACER

- 22 Tejido muscular estriado.
- 23 La parafina fundida es un líquido apolar y el agua (muy abundante en los tejidos biológicos) es un líquido polar, por lo que, los dos líquidos son inmiscibles y, por tanto, la parafina no penetraría en el interior del tejido biológico.
- 24 El planchado consiste en introducir las muestras cortadas con el micrótopo en agua corriente templada para conseguir que se extiendan.
- 25 Los cortes se hidratan antes de teñirlos porque, al contrario que la parafina, los colorantes son acuosos.

Pág. 113

- 26 Si se compara el poder de resolución del ojo humano (100  $\mu\text{m}$ ) con el del microscopio óptico (0,2  $\mu\text{m}$ ) y con el del microscopio electrónico (4  $\text{\AA}$ ), se deduce que:
- El microscopio óptico puede aumentar la resolución del ojo unas 500 veces:  

$$100 \mu\text{m} / 0,2 \mu\text{m} = 500$$
  - El microscopio electrónico puede aumentar la resolución del microscopio óptico también unas 500 veces:  

$$2000 \text{\AA} / 4 \text{\AA} = 500$$

Pág. 114

### PARA REPASAR

- 27 a) Robert Brown.  
b) Rudolf Virchow.
- 28 Pensaba que las células se podían formar por agregación de orgánulos. Por ejemplo, un núcleo inicial se iba recubriendo de orgánulos hasta formar una célula.
- 29 Los ribosomas se descubrieron gracias al perfeccionamiento del microscopio electrónico en 1952, que aplicado en microbiología, permitió también el descubrimiento de otras estructuras, como los lisosomas, los peroxisomas o las vesículas sinápticas.
- 30  $1 \text{ mm} = 10^3 \mu\text{m} = 10^6 \text{ nm} = 10^7 \text{\AA}$ .  
 $1 \text{ g} = 10^{12} \text{ pg} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ daltons o uma}$ .
- 31 Por la fuerza de cohesión entre las moléculas de agua.
- 32  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ ;  $4 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3 = \frac{4}{3} \pi r^3$ ;  $3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3 = \pi r^3$ ;  
 $0,95492 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3 = r^3$ ;  $r = 9,847 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ ;  
 $r = 9,847 \mu\text{m}$ .
- 33 Siendo  $r$  el radio del núcleo, el radio celular será  $r_c = 5r$  (5 veces mayor que el radio del núcleo). Según esto:

$$RNP = \frac{vn}{(vc - vn)}$$

$$RNP = \frac{\frac{4 \pi r^3}{3}}{\frac{4 \pi (5r)^3}{3} - \frac{4 \pi r^3}{3}} = \frac{4 \pi r^3}{4 \pi \cdot 124 r^3} = \frac{1}{124} = 0,008$$

- 34 a) Porque un aumento de volumen en una célula globular no está acompañado de un aumento proporcional de su superficie, sino que a medida que aumenta el volumen celular disminuye la relación superficie/volumen. Esto lleva a una situación en la que la superficie resulta insuficiente para permitir la entrada y salida de todas las sustancias que precisa la célula. Por otro lado, como la cantidad de ADN no aumenta, se puede llegar a un volumen citoplasmático tal, que el ADN sea incapaz de controlar.
- b) Una forma globular puede indicar que la célula es joven, porque para evitar el problema antes mencionado, la mayoría de las células, a medida que aumentan de volumen adquieren formas aplanadas o filiformes para mantener constante su relación superficie/volumen.
- 35 a-5; b-1; c-6; d-2; e-4; f-3; g-7; h-10; i-8; j-9.
- 36 La célula A es una célula animal. 1: aparato de Golgi, 2: vesícula de secreción, 3: centriolos, 4: cromatina, 5: cilios; 6: ribosomas, 7: peroxisoma, 8: retículo endoplasmático liso, 9: mitocondria, 10: poros nucleares, 11: retículo endoplasmático rugoso, 12: membrana plasmática, 13: flagelo y 14: nucléolo.
- La célula B es una célula vegetal. 1: nucléolo, 2: poros nucleares, 3: centrosoma, 4: cromatina, 5: membrana plasmática, 6: pared celular, 7: plasmodismo, 8: vacuola,

9: ribosomas, 10: retículo endoplasmático rugoso, 11: aparato de Golgi, 12: vesícula de secreción, 13: citoesqueleto, 14: cloroplastos, 15: retículo endoplasmático liso y 16: mitocondria.

- 37** El sistema endomembranoso es el conjunto de estructuras membranosas intercomunicadas y de vesículas aisladas derivadas de ellas. Lo forman el retículo endoplasmático liso y rugoso, el aparato de Golgi, las vacuolas, los lisosomas, los peroxisomas y los glioxisomas.

Este sistema está presente en todas las células eucariotas. Las estructuras que lo componen se encuentran en las células animales y vegetales excepto los glioxisomas, que solo se encuentran en las células vegetales y los lisosomas que solo se encuentran en las células animales.

| Características de las células animales que no tienen las células vegetales                              | Características de las células vegetales que no tienen las células animales                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matriz extracelular<br>Lisosomas<br>Centriolos<br>Cilios<br>Flagelos<br>Gránulos de reserva de glucógeno | Pared celular de celulosa<br>Plasmodesmos<br>Estructuras similares a los lisosomas<br>Gránulos de reserva de almidón |
| Diferencias de tamaño                                                                                    |                                                                                                                      |
| Aparato de Golgi muy grande<br>Vesículas (Vacuolas pequeñas)<br>Núcleo central                           | Aparato de Golgi pequeño<br>Vacuolas muy grandes<br>Núcleo lateral                                                   |

- 39** 1: oculares, 2: tubos ópticos de los oculares, 3: tambor o revólver, 4: objetivo, 5: platina, 6: diafragma, 7: fuente de luz, 8: pie o base, 9: columna, 10: tornillo micrométrico, 11: tornillo macrométrico y 12: brazo.

- 40** Que no se pueden distinguir dos objetos que estén a menos de 200 nm de distancia.

|                                                     | Número máx. aumentos | Poder resolución  | Tipo de imagen                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Microscopio óptico (MO)</b>                      | 1200                 | 0,2 $\mu\text{m}$ | Se ven los colores si existen.                                                                 |
| <b>Microscopio electrónico de transmisión (TEM)</b> | 1000000              | 4 Å               | Imagen proyectada en pantalla fluorescente, en blanco y negro y del objeto en dos dimensiones. |

|                                                 | Número máx. aumentos | Poder resolución | Tipo de imagen                                                                                   |
|-------------------------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Microscopio electrónico de barrido (SEM)</b> | 200000               | 200 Å            | Imagen proyectada en pantalla fluorescente, en blanco y negro, y del objeto en tres dimensiones. |

- 42** Un microscopio electrónico.

Pág. 115

#### PARA PROFUNDIZAR

- 43** La bacteria de la imagen mide aproximadamente 9 cm, como la micrografía está hecha a 30000 aumentos, la medida real es 30000 veces más pequeña, es decir:  
Medida aparente (MA) = Medida real (MR) · Número de aumentos ;  $90 \text{ mm} = \text{MR} \cdot 30000$  ;  $\text{MR} = 0,003 \text{ mm} = 3 \mu\text{m}$ .

- 44** R. L.

- 45** Se trata de cilios celulares. La imagen A es un *Paramecium* observado con un microscopio óptico. La imagen B es un *Paramecium* observado con un microscopio electrónico de barrido (*scanning*) y la imagen C es una sección longitudinal de un cilio (ultraestructura) observado con un microscopio electrónico de transmisión.

Pág. 117

#### CIENCIA EN TU VIDA

- 46** El poder de resolución es directamente proporcional a la apertura numérica, y esta lo es a los rayos de luz que inciden en la muestra. Por lo tanto, cuantos más rayos incidan, más clara es la imagen y mayor será el poder de resolución.

La longitud de onda del flujo de electrones, que se utiliza en los microscopios electrónicos, es más pequeña que la longitud de onda del flujo de fotones de la luz visible, que se emplea en los microscopios ópticos. Esto implica que, con el flujo de electrones se consigue un mayor aumento.

Con este tipo de microscopía se pueden observar estructuras subcelulares, es decir, más pequeñas que una célula.

- 47** En la microscopía de fluorescencia confocal. Consiste en un microscopio de fluorescencia que emplea como fuente de luz un láser y en el que se ha añadido un colimador que impide que llegue luz procedente de distintos planos. La luz pasa por toda la superficie del objeto y los datos se vuelcan en un programa informático que realiza la reconstrucción tridimensional del mismo.

- 48** Es un colorante fluorescente o fluorocromo empleado para ver ADN con un microscopio de fluorescencia. Los fluorocromos son sustancias que emiten luz al ser iluminadas con luz ultravioleta. Sus electrones captan la energía de la luz ultravioleta y ascienden a orbitales superiores, al regresar a sus orbitales originales, devuelven la energía absorbida en forma de radiación de menor longitud de onda.
- 49** La microscopía confocal emplea como fuente de luz un láser, de forma que todas las radiaciones tengan la misma longitud de onda y no se disperse. Este tipo de microscopio también presenta, a diferencia del de fluorescencia, un colimador que impide que llegue luz de planos diferentes al que se está enfocando.
- 50** Por inmunofluorescencia suelen observarse proteínas, principalmente anticuerpos. En microscopía óptica se emplea una sustancia fluorescente o colorante como marcador, y en microscopía electrónica, una sustancia con un metal pesado.
- 51** Los especialistas, antes de observar las células al microscopio las preparan y las procesan. A nivel celular se emplean técnicas de fijación e inclusión en resinas epoxi y acrílicas.

Pág. 119

## PARA COMENZAR

- En el movimiento anterógrado actúa la quinesina y en el movimiento retrógrado actúa la dineína.
- La dineína.
- R. M. Aparte de la función esquelética, el citoesqueleto se encarga de mantener la forma de la célula y permitir que se deforme cuando es necesario, posibilita el desplazamiento de la célula por emisión de pseudópodos y realiza la contracción de las células musculares.
- El citoesqueleto se encuentra en el citoplasma que está separado del exterior celular por la membrana plasmática.
- Los orgánulos relacionados con este aporte de energía son las mitocondrias que están presentes en todas las células eucariotas (animales y vegetales).
- Los lisosomas son orgánulos presentes en las células animales que contienen enzimas digestivas. R. M. La célula fagocita las vesículas sinápticas viejas formando fagosomas, a los que se unen los lisosomas que, gracias a las enzimas digestivas, ayudan a la destruir dichas vesículas.

Pág. 120

- 1 La fluidez de la membrana plasmática se debe a la disposición que adoptan los lípidos que la componen. Tanto la bicapa lipídica como las moléculas de proteína asociadas se pueden mover entre sí.

El colesterol cohesiona el conjunto de la membrana y le da estabilidad: se coloca entre los espacios que generan los ángulos de los ácidos grasos insaturados, de manera que disminuye la fluidez excesiva de cada una de las capas de lípidos de la bicapa. También impide que los lípidos de la membrana se unan entre sí, hecho que provocaría la ruptura de la membrana por cristalización.

Pág. 121

- 2 Las funciones que dependen de las proteínas de la membrana son:
  - Regular la entrada y la salida de moléculas en la célula.
  - Regular la entrada y la salida de iones.
  - Posibilitar el reconocimiento celular.
  - Constituir puntos de anclaje para el citoesqueleto interno y para la matriz extracelular.
  - Intervenir en la transducción de señales.
  - Constituir uniones intercelulares.
  - Realizar actividad enzimática.
- 3 Los oligosacáridos son las moléculas que actúan como receptores de membrana. El conjunto de las cadenas de oligosacáridos se encuentra en la cara externa de la membrana, lo que les permite actuar como receptores.

Pág. 122

- 4
  - a) La doble capa lipídica deja pasar con facilidad las sustancias apolares, como el  $O_2$ , el  $N_2$  y los isoprenoides, por difusión simple, que es un tipo de transporte pasivo.
  - b) El transporte de estos aniones se realiza por proteínas de canal.
  - c) Las moléculas grandes se transportan por difusión facilitada, gracias a la intervención de proteínas transmembranales específicas para cada sustrato, que lo arrastran hacia el interior o hacia el exterior de la célula según sea el gradiente. Son las denominadas proteínas transportadoras o permeasas.
  - d) Los cationes como el  $K^+$  y el  $Na^+$  se transportan por difusión simple gracias a proteínas de canal.

Pág. 123

- 5 La bomba de sodio y potasio es una proteína transmembranal que bombea  $Na^+$  hacia el exterior de la célula y  $K^+$  hacia el interior. Gracias a su actividad ATP-asa puede actuar en contra de gradiente. De cada molécula de ATP se obtiene la energía necesaria para bombear tres  $Na^+$  hacia el exterior y dos  $K^+$  hacia el interior. De esta forma, el exterior de la membrana plasmática siempre resulta positivo respecto al medio interno.

Pág. 124

- 6 Ambos procesos se diferencian por el tamaño de las partículas endocitadas. En la fagocitosis, el material ingerido son partículas muy grandes, como microorganismos o restos celulares. Por el contrario, en la pinocitosis el material ingerido es líquido o está en forma de pequeñas partículas. La clatrina es una proteína filamentosa que forma una red alrededor de un determinado sector de la membrana, que induce el surgimiento de un relieve membranoso, para formar una vesícula de endocitosis. Así es posible la entrada de macromoléculas y pequeños cuerpos externos. Posteriormente, la clatrina abandona la vesícula y regresa a la membrana plasmática.

Pág. 125

- 7
  - A. Desmosoma. Son uniones puntuales que dejan mucho espacio intercelular. Tienen dos estructuras discoidales o placas unidas por proteínas transmembranales. Mantienen el paso de sustancias por el espacio intercelular.
  - B. Unión adherente. Dejan un pequeño espacio intercelular y están formadas por la proteína transmembranal cadeína. Dificultan el paso de sustancias.
  - C. Unión íntima. No dejan espacio intercelular, por lo que no permiten el paso de sustancias. Están formadas por claudinas y ocludinas.
  - D. Microvellosidades de ambas células.

- 8 Las ocludinas son unas proteínas transmembranales que, junto con las claudinas, sueldan las membranas plasmáticas de dos células entre sí. Intervienen, por tanto, en las uniones íntimas, herméticas, estrechas o de oclusión.

Pág. 126

- 9 El ácido hialurónico presente en la sustancia fundamental amorfa.

Pág. 127

- 10 El componente principal de la lámina media es la pectina, el de la pared primaria es una matriz rica en pectinas y microfibrillas de celulosa, y el componente principal de la pared secundaria son las microfibrillas de celulosa.
- 11 La madera es un material muy resistente constituido por fibras de celulosa unidas por lignina.
- 12 Sí.

Pág. 128

#### SABER HACER

- 13 El azul de metileno es un colorante que nos permite ver las células vivas al microscopio.

Pág. 129

- 14 La pared celular de vegetales está formada por una red de fibras de celulosa y una matriz, en la cual hay agua, sales minerales, hemicelulosa y pectina (sustancia con una gran capacidad para retener agua).

En los hongos, la pared celular tiene una composición distinta, en ella se encuentran fundamentalmente polisacáridos, los más abundantes son la quitina, el glucano y el manano, y diversas proteínas.

En las bacterias, tanto las gram positivas como en las gram negativas, la pared tiene una capa de mureína, que es un peptidoglucano formado por una red de dos elementos, la N-acetilglucosamina (NAG) y el N-acetilmurámico (NAM) unidos alternadamente, formando largas cadenas.

Pág. 130

- 15 La consistencia del citosol es fluida si este posee una elevada cantidad de agua (forma de sol) y es viscosa (forma de gel) si el contenido en agua disminuye.
- 16 Que puede contener disueltas muchas moléculas que formen una dispersión coloidal, como son prótidos, glúcidos, nucleósidos, nucleótidos, ácidos nucleicos, sales minerales, enzimas o productos del metabolismo, que le permiten formar una disolución tampón que mantiene el pH de la célula y contener las sustancias necesarias para su metabolismo.

También le permite a la célula emitir pseudópodos al gelificarse y contener un alto número de enzimas necesarias para las reacciones metabólicas.

Pág. 131

- 17 Inclusiones citoplasmáticas en células animales: pigmentos, inclusiones de proteínas precipitadas y de reserva glucídica y lipídica.

Inclusiones citoplasmáticas en células vegetales: de reserva lipídica en forma de gotas de grasa, aceites esenciales y látex.

- 18 No. Los granos de glucógeno de las células hepáticas se hidrolizan para generar glucosa, cuando su concentración en sangre disminuye por debajo de 1 g/L, que pasa a la sangre para llegar al resto de células. Sin embargo, la glucosa generada por la hidrólisis del glucógeno de los granos de las células musculares solo es consumida por ellas.
- 19 Las gotas lipídicas son las inclusiones de reserva lipídica. Su principal componente son triglicéridos.

Pág. 132

- 20 Las microvellosidades están formadas por microfilamentos o filamentos de actina.

Pág. 133

- 21 Cada protofilamento está constituido por la unión de dímeros de tubulina ( $\alpha$  y  $\beta$ ). La unión de trece protofilamentos, dispuestos cilíndricamente, da lugar a los microtúbulos.
- 22 Los filamentos intermedios abundan en el tejido nervioso, en el epitelial, en el conjuntivo y en el muscular. Tienen principalmente funciones estructurales.

Los microfilamentos abundan en el citoesqueleto. Su principal función también es estructural; dan forma a la célula y generan la emisión de pseudópodos, que posibilitan el movimiento, y de otras prolongaciones. También presentan una función contráctil en las células musculares.

Pág. 135

- 23 Un centrosoma sin centriolos no tiene límites bien definidos y simplemente son zonas del citoplasma engrosadas y claras.

Los centrosomas con centriolos se encuentran en las células de las algas, protozoos y animales.

Los centrosomas sin centriolos se hallan en las células de los hongos y en las de los vegetales superiores y algunos protozoos.

Pág. 136

- 24 La estructura 9 + 2 solo se encuentra presente en la zona del tallo de un undulipodio.



- 25** Los cilios son más cortos, de 2 a 20  $\mu\text{m}$ , y se encuentran en gran número, mientras que los flagelos son más largos, entre 10 y 200  $\mu\text{m}$ , y su número es más reducido, generalmente uno o dos.

Pág. 137

- 26** Los ribosomas están constituidos por dos subunidades: la subunidad pequeña, que sedimenta a valores de 40 S y la subunidad grande, con una velocidad de sedimentación de 60 S, en células eucariotas. En las células procariotas, la subunidad pequeña tiene, una velocidad de sedimentación de 30 S, y la grande, de 50 S.
- 27** Las dos subunidades se unen para sintetizar proteínas. Una vez acabada la síntesis de la proteína, las dos subunidades se separan.
- 28** En las células eucariotas están dispersos por el citosol, adheridos a la membrana del retículo endoplasmático rugoso, libres en la matriz mitocondrial y en el estroma de los cloroplastos.
- En el citosol, las unidades se encuentran separadas y solo se unen para la síntesis de proteínas.
- 29** Las riboforinas son unas proteínas que ayudan a los ribosomas a mantenerse anclados a la membrana del retículo endoplasmático rugoso.

Pág. 138

### PARA REPASAR

- 30** La cara externa es la cara superior. A: fosfolípidos, B: proteína integral, C: colesterol y D: proteína transmembranal.
- 31** Se trata de una difusión facilitada. Cada sustrato tiene unas proteínas transmembranales específicas, las permeasas, que lo arrastran al interior o al exterior celular, según sea su gradiente de concentración. El transporte depende tanto de la diferencia de concentración como del grado de saturación de las permeasas. Permiten el paso de moléculas como aminoácidos, glucosa, sacarosa...
- 32** Por difusión. Porque el  $\text{O}_2$  es una sustancia apolar.
- 33** Mantener separados los medios acuosos exterior e interior y realizar los procesos de endocitosis y exocitosis.
- 34** Un endosoma es una vesícula en la que hay una pequeña partícula capturada sin que haya digestión de la misma.
- Intervienen en procesos de endocitosis. Las vesículas se forman cuando un mecanismo de control de la membrana induce la formación de un sistema de clatrina en un sector de la membrana. Tras incorporar las sustancias deseadas en el interior de esta vesícula, la membrana se cierra, generando una vesícula rodeada de membrana de doble capa lipídica.
- 35** Se trata de células eucariotas, puesto que en ellas se observa el núcleo, y son células vegetales, ya que se identifican los cloroplastos y las paredes celulares entre células. Están unidas mediante plasmodesmos.

- a) No presentan pared secundaria, por tanto, son células en crecimiento.
- b) R. G. Los plasmodesmos son orificios de la pared celular que constituyen finas comunicaciones citoplasmáticas entre células. Se encuentran distribuidos por toda la superficie o forman grupos en la pared primaria.

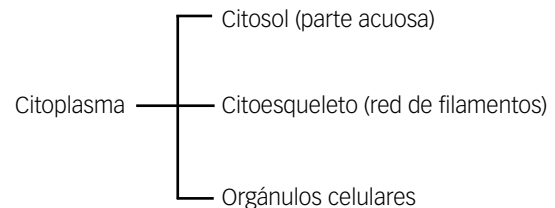
- 36** La pared celular es una cubierta gruesa y rígida que rodea las células vegetales, las de hongos y las de bacterias.

La pared celular de vegetales está formada por una red de fibras de celulosa y una matriz, en la cual hay agua, sales minerales, hemicelulosa y pectina (sustancia con una gran capacidad para retener agua).

En los hongos, la pared celular tiene una composición distinta, en ella se encuentran fundamentalmente polisacáridos, los más abundantes son la quitina, el glucano y el manano, y diversas proteínas.

En las bacterias, tanto las gram positivas como en las gram negativas, la pared tiene una capa de mureína, que es un peptidoglucano formado por una red de dos elementos, la N-acetilglucosamina (NAG) y el N-acetilmurámico (NAM) unidos alternadamente, formando largas cadenas.

**37**



- 38** El citoesqueleto es una red de filamentos proteicos, con función esquelética, que constituyen el «andamio» interno de la célula. Además de los filamentos proteicos, existe un elevado número de pequeñas proteínas asociadas que unen los filamentos entre sí y a estos con el sistema membranoso celular.
- El citoesqueleto se encuentra en todas las células eucariotas. Se diferencian tres tipos de filamentos que, de menor a mayor grosor son: los microfilamentos, los filamentos intermedios y los microtúbulos.
- 39** R. G. Ver página 135 del libro del alumno.
- 40** Porque es el encargado de generar los microtúbulos de la célula.
- 41** R. G.
- 42** Los centriolos dan lugar a la formación de cilios y flagelos.
- Los centriolos están implicados en la reproducción celular, y los cilios y flagelos, en la función locomotora.
- 43** En el citosol, las subunidades de los ribosomas se encuentran separadas, pero una vez que comienza la síntesis de una proteína, las dos subunidades se unen y los ribosomas se acoplan con un ARNm.
- 44** Las riboforinas.
- 45** a-6; b-7; c-9; d-2; e-8; f-4; g-5; h-3; i-1.

### PARA PROFUNDIZAR

- 46 Se trata de un proceso de fagocitosis en el que la célula está englobando a una gran partícula u organismo del exterior (manchas más oscuras).
- 47 R. M. A partir de los centriolos se forman los corpúsculos basales, que se presentan en la base de los undulipodios eucariotas (cilios y flagelos). Son estructuralmente iguales, cada uno de ellos contiene una configuración helicoidal en  $9 + 0$  tripletes de microtúbulos (9 exteriores y 0 interiores) formando un cilindro hueco.
- 48 Las células vegetales, debido a la elevada presión osmótica, pueden originar corrientes de agua hacia el interior celular.
- 49 Las enzimas son de naturaleza proteica y los ribosomas son los encargados de la biosíntesis de proteínas. Por tanto, al ser las células pancreáticas muy activas en la síntesis de enzimas digestivas, deben poseer un número muy elevado de ribosomas.
- 50 Respuesta en la web.
- 51 R. L.

### CIENCIA EN TU VIDA

- 52 Se trata de un transporte por difusión simple a través de canales iónicos. Estos canales son proteínas transmembranales en las que un cambio en el potencial eléctrico de la membrana provoca un cambio estructural que abre el canal, permitiendo el paso de los iones  $\text{Ca}^{2+}$ .
- 53 Mediante el trasplante de células nerviosas adultas no se pueden curar estas enfermedades, dado que estas células no se reproducen. Aunque las células madres sí pueden generar células nerviosas, todavía no se ha demostrado que las recién generadas puedan sustituir a las células nerviosas afectadas.
- 54 R. L.
- 55 R. M. El ser humano es un ser social y encuentra su mejor equilibrio fisiológico cuando forma parte de un grupo, por tanto, es muy recomendable formar parte de una asociación de afectados de su misma enfermedad. Esto puede ayudarle porque una situación psicológica positiva influye en el sistema inmunológico y, por tanto, en la producción correcta y abundante de anticuerpos normales, lo cual tal vez es eficaz si aparecen moléculas inadecuadas como consecuencia de dichas enfermedades.



Pág. 143

**PARA COMENZAR**

- Mereschkowski estableció en su teoría de la simbiogénesis que la simbiosis y la incorporación de simbiontes eran las únicas formas de poder evolucionar a formas más complejas. Esto derivó en la simbiología evolutiva.
- Mereschkowski estudiaba líquenes y Margulis bacterias. Las bacterias son organismos procariotas, mientras que los líquenes surgen de la asociación simbiótica de un hongo y un alga.
- Las arqueobacterias son organismos unicelulares procariotas que se diferencian de las bacterias en que no tienen peptidoglucanos en la pared celular, su membrana presenta isoprenoides ramificados en lugar de ácidos grasos, su ADN está asociado a histonas como el de los organismos eucariotas y presentan varias clases de ARN polimerasas.
- La ventaja de la compartimentación del interior celular es que, de este modo, no hay interferencias entre las reacciones químicas que se producen en cada uno de los compartimentos.
- Porque el aparato de Golgi se forma a partir de cisternas desprendidas del retículo endoplasmático, y las vacuolas, los lisosomas y los peroxisomas proceden de las vesículas generadas en el retículo endoplasmático y en el aparato de Golgi.
- Según la teoría de la endosimbiosis de Margulis, el primer organismo eucariota surgió de la asociación de una arqueobacteria anaerobia con una espiroqueta.
- Considera que los cloroplastos proceden de cianobacterias que fueron ingeridas para, posteriormente, ser digeridas, pero en lugar de esto, permanecieron en el interior celular aportando alimento a la célula, la cual les proporcionaba protección, es decir, se originó una endosimbiosis. Lo mismo sucedió con las bacterias aeróbicas, que generan energía química a partir de materia orgánica y oxígeno, que dieron lugar a las mitocondrias. La membrana externa procede de la membrana de la vacuola y la membrana interna de la membrana plasmática bacteriana.

Pág. 145

- 1 Las riboforinas.
- 2 Las enzimas son de naturaleza proteica y los ribosomas son los encargados de la biosíntesis de proteínas. Por tanto, al ser las células pancreáticas muy activas en la síntesis de enzimas digestivas, deben poseer un número muy elevado de ribosomas.
- 3 En el citosol, las subunidades de los ribosomas se encuentran separadas, pero una vez que comienza la síntesis de una proteína las dos subunidades se unen y los ribosomas se acoplan con un ARNm.
- 4 El retículo endoplasmático liso o agranular (REL) no presenta ribosomas, y el retículo endoplasmático rugoso o granular (RER) posee ribosomas en su cara externa.  
El retículo endoplasmático liso está constituido por una red de túbulos, unidos al retículo endoplasmático rugoso, que se expande por todo el citoplasma. El retículo endoplasmático

rugoso está formado por cisternas comunicadas entre sí. Además, presenta las denominadas vesículas de transporte. Se comunica con el retículo endoplasmático liso y con la parte externa de la envoltura nuclear.

Aunque en general las funciones del retículo endoplasmático son la síntesis de proteínas y de lípidos, la adición a ellos de glúcidos y la transformación de las sustancias tóxicas en sustancias no tóxicas, cada uno de ellos posee funciones específicas.

- 5 Porque en estas células se sintetizan una gran cantidad de esteroides y la síntesis de lípidos es la actividad principal del retículo endoplasmático liso.
- 6 En las células musculares en reposo, el retículo endoplasmático liso bombea iones calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) al lumen y, al llegar un impulso nervioso, estos iones salen rápidamente de este al citosol, posibilitando su contracción.

Pág. 146

- 7 La cara *cis* del aparato de Golgi es la cara en la que los sáculos forman una superficie plana o convexa. Es la cara más próxima al núcleo. Así pues, la cara *cis* es la que queda en la parte superior del dibujo, próxima al retículo endoplasmático de color morado.  
La cara *trans* es la cara en la que los sáculos forman una superficie cóncava, son gruesos y en los extremos se forman las vesículas. Es la cara más alejada del núcleo. Así pues, la cara *trans* es la que está situada en la parte inferior del dibujo, próxima a la membrana plasmática.
- 8 El aparato de Golgi está formado por:
  - Vesículas de transición que provienen del núcleo y del retículo endoplasmático y aportan sustancias al aparato de Golgi.
  - Vesículas intercisternas que transportan el contenido de los sáculos, de cisterna a cisterna, de la cara *cis* a la cara *trans*.
  - Vesículas de secreción que acumulan el contenido molecular antes de expulsarlo al exterior.
- 9 El dictiosoma es cada una de las agrupaciones de cisternas que componen el aparato de Golgi.  
La cisterna es un tipo de vesícula discooidal que, dispuesta en paralelo junto a otras y con las vesículas de secreción, constituyen el aparato de Golgi.
- 10 Entre las principales funciones del aparato de Golgi destacan:
  - Transporte. Este aparato es el principal responsable del transporte de sustancias dentro de la célula. Sus membranas, al formar vesículas, permiten transportar un gran número de moléculas procedentes del retículo endoplasmático.
  - Maduración. Contiene gran cantidad de proteínas de tipo enzimático, que transforman las sustancias iniciales durante su recorrido por los sáculos.
  - Acumulación y secreción de proteínas. Muchas proteínas, del retículo endoplasmático, varían su estructura o alteran

las secuencias de aminoácidos y se activan. Después se concentran y pasan a las vesículas de secreción.

- Glucosilación de lípidos y proteínas. Los oligosacáridos se unen a los lípidos y a las proteínas y dan lugar a glucolípidos y a glucoproteínas de membrana.
- Síntesis de polisacáridos. Como, por ejemplo, los proteoglucanos de la matriz extracelular y los glúcidos constitutivos de la pared celular vegetal.

#### Pág. 147

- 11** Ambos son lisosomas y se han formado en el aparato de Golgi. El acrosoma de un espermatozoide es un lisosoma primario que almacena solo enzimas digestivas en su interior. Sin embargo, el grano de aleurona de una semilla es un lisosoma secundario que almacena tanto enzimas digestivas como proteínas, que serán digeridas por las propias enzimas digestivas.
- 12** Los lisosomas primarios solo presentan enzimas digestivas en su interior, mientras que los lisosomas secundarios contienen sustratos en proceso de digestión, porque anteriormente se han unido a una vacuola con materia orgánica.
- 13** Los lisosomas tienen una membrana plasmática con las proteínas de la cara interna muy glucosiladas. Estas glucoproteínas impiden que las enzimas hidrolasas ataquen la membrana interna del lisosoma.

#### Pág. 148

- 14** En las células animales, las vacuolas suelen ser pequeñas y generalmente se denominan vesículas. Por el contrario, las vacuolas de las células vegetales suelen ser muy grandes, en general, solo hay una o dos en cada célula y su membrana recibe el nombre de tonoplasto.

#### Pág. 149

- 15** Para los primeros organismos anaeróbicos el  $O_2$  era un elemento tóxico. Los peroxisomas transforman el  $O_2$  en peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) por medio de la enzima oxidasa. Este  $H_2O_2$  es un compuesto altamente tóxico que se destruye gracias a la enzima catalasa. En ambas reacciones la energía se libera en forma de calor. De esta forma, los peroxisomas son capaces de defender a la célula de la toxicidad del oxígeno.

#### Pág. 150

- 16** Las crestas mitocondriales son invaginaciones de la membrana mitocondrial interna que incrementan su superficie y, por tanto, su capacidad metabolizadora. Es una membrana bastante impermeable y carece de colesterol. En ella se localizan las proteínas que permiten realizar la respiración mitocondrial (permeasas, citocromos y las ATP sintasas).

#### Pág. 151

- 17** Las ATP sintasas se encuentran sobre las crestas mitocondriales y permiten fosforilar el ADP y transformarlo en ATP gracias al paso de  $H^+$  desde el espacio intermembranoso hasta la matriz mitocondrial.
- 18** Es el conjunto de mitocondrias de una célula.
- 19** En la membrana interna de las mitocondrias se realiza la fosforilación oxidativa, que es la etapa final de la respiración mitocondrial. En la cadena respiratoria se junta el hidrógeno procedente de la materia orgánica con el oxígeno y se libera energía que queda almacenada en moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP sintasas.
- 20** En la respiración celular se distinguen dos etapas:
  - Ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico. Es la etapa inicial, se realiza en la matriz mitocondrial y se desprende dióxido de carbono.
  - Cadena respiratoria o fosforilación oxidativa. Es la etapa final, se produce en la membrana interna y se libera agua y energía en forma de ATP.

#### Pág. 152

- 21** La síntesis de ATP en los cloroplastos se produce en la membrana de los tilacoides mediante las ATP sintasas.
- 22** Los sistemas enzimáticos que efectúan el transporte de electrones y las ATP sintasas, ambos localizados en la membrana tilacoidal.

#### Pág. 153

- 23** Los cloroplastos que se engloban dentro de los cromoplastos. Su principal diferencia con los leucoplastos es que los primeros contienen pigmentos que dan color, mientras que los segundos son incoloros y almacenan sustancias como almidón o proteínas.
- 24** Las cianobacterias son bacterias verdes fotosintéticas.

#### Pág. 154

##### SABER HACER

- 25** R. G. En los filamentos del alga se distingue un núcleo central y largos cloroplastos con el borde dentado y aspecto helicoidal.
- 26** R. G. En el citoplasma se perciben una serie de gránulos rojizo-anaranjados, de forma ovoide o esférica que son los cromoplastos. También se observa el núcleo redondeado, la presencia de gránulos de almidón de forma arriñonada y en las células menos alteradas por la compresión se ven grandes vacuolas incoloras.
- 27** Se observan amiloplastos con diferentes formas. Dichos orgánulos están formados por capas que rodean una zona central (denominada hilio), que puede ocupar el centro del plasto o estar lateralizado.

**Pág. 155**

- 28** No en sentido estricto. La interfase se considera como el periodo en el cual no se produce la mitosis, por tanto, no se puede decir que sea una fase de la mitosis. Lo que sí es correcto decir es que, como el ADN se duplica durante la interfase, sin este proceso, no podría darse luego la mitosis.

**Pág. 156**

- 29** El ANR nucleolar (ARNn) se encuentra en el nucléolo, el pre-ARN mensajero o transcrito primario (ARNm) se encuentra en las zonas de la cromatina en las que se transcribe un gen que codifica proteínas, el ARN pequeño nucleolar (ARNpn) se encuentra en el nucléolo, y el ADN, en la cromatina.
- 30** Porque en el ADN del núcleo es donde está la información necesaria para sintetizar todas las proteínas: las enzimas, las proteínas receptoras de membrana, las proteínas de los ribosomas, las proteínas del citoesqueleto, las histonas, etc.
- 31** Una posibilidad es por la fusión de las membranas de las células contiguas; en un solo citoplasma hay dos o más núcleos, estructura que se denomina sincitio. Otra opción es por una serie de divisiones sucesivas del núcleo, sin que vaya acompañada de sendas divisiones del citoplasma. Así se genera una estructura denominada plasmodio.
- 32** El radio del núcleo ( $r$ ) mide aproximadamente 1,3 cm y el radio del citoplasma ( $R$ ) mide aproximadamente 2 cm.

$$\begin{aligned} \text{RNP} &= \frac{V_n}{V_c - V_n} = \frac{4/3\pi r^3}{4/3\pi R^3 - 4/3\pi r^3} = \\ &= \frac{4/3\pi(1,3)^3}{4/3\pi(2^3 - 1,3^3)} = \frac{2,197}{8 - 2,197} = \mathbf{0,378} \end{aligned}$$

- 33** En las células vegetales el núcleo interfásico suele ser discoidal y, generalmente, se encuentra en posición lateral. En las células animales el núcleo interfásico suele ser esférico y se encuentra en posición central.

**Pág. 157**

- 34** No podría salir el ARNm y, por tanto, no se podrían fabricar proteínas. Tampoco podrían entrar las proteínas del tipo: ADN polimerasas, ARN polimerasas, histonas y las proteínas del ARNn; por tanto, no se podría duplicar el ADN, no se podría formar la fibra de cromatina de 100 Å, ni el ARNn, ni las partículas pre-ribosómicas.
- 35** Para regular qué proteínas pueden entrar o salir y cuáles no, y para regular también la salida de las subunidades ribosómicas.
- 36** Como en las células eucariotas hay unas cuantas moléculas de ADN (a diferencia de las procariotas, que tan solo tienen una) que se enrollan sobre sí mismas para evitar enredarse entre sí, muy probablemente quedarían condensadas en lugares muy distantes, por lo que sería más difícil coordinar

la replicación del ADN, la recombinación genética en la meiosis y el reparto final de los cromosomas.

- 37** Porque las fibras de cromatina que forman los cromosomas presentan puntos de unión con la lámina nuclear, y determinadas proteínas de esta se asocian a las proteínas de la membrana interna de la cubierta nuclear.

**Pág. 158**

- 38** ADN polimerasas, ARN polimerasas, ribonucleoproteínas, histonas y nucleótidos. La razón es porque son las moléculas necesarias para la duplicación del ADN, para la síntesis de ARN y para la formación de las subunidades ribosómicas.
- 39** Gracias a una red proteica fibrilar y al hecho de encontrarse en estado de gel.
- 40** La zona granular del nucléolo está formada por ARN ribosómico asociado a proteínas, contiene las subunidades ribosómicas 60 S y 40 S.
- 41** Porque es en el ADN donde está la información sobre cómo sintetizar el ARN nucleolar y sobre su secuencia de nucleótidos.

Hay más nucléolos en las células secretoras de enzimas porque, como las enzimas son proteínas, son necesarios muchos ribosomas, y esto implica un nucléolo grande o unos cuantos nucléolos pequeños, ya que es el ARN nucleolar el que da lugar a los diferentes ARN ribosómicos.

**Pág. 159**

- 42** No es correcta, ya que la heterocromatina facultativa es aquella que en un mismo individuo está condensada en unos tipos de células pero no en otros.

**Pág. 161**

- 43** En los humanos no puede haber células somáticas con un número impar de cromosomas salvo que se haya producido una mutación, como pasa, por ejemplo, en el síndrome de Down, en el que hay tres ejemplares del cromosoma 21 en lugar de dos, que es lo normal (uno heredado del padre y otro heredado de la madre), o en el síndrome de Klinefelter, en el que hay dos cromosomas X y un cromosoma Y.

En los gametos humanos hay un número impar de cromosomas, concretamente 23, excepto que se hayan producido determinadas mutaciones.

**Pág. 162**

**PARA REPASAR**

- 44** Durante el transporte de moléculas en la célula, las vesículas de transición procedentes del retículo endoplasmático se unen a la cara *cis* de los dictiosomas del aparato de Golgi.
- 45** La parte proteica de las glucoproteínas de la membrana plasmática tiene su origen en el retículo endoplasmático

rugoso, donde los ribosomas las sintetizan a partir de la información contenida en el ARNm. Una vez formadas, penetran en el interior de los sáculos del retículo, para pasar después a quedarse en el interior de las vesículas de transición que llegan al aparato de Golgi, donde son glucosiladas mediante la unión de cadenas de oligosacáridos. Más tarde, en el interior de las vesículas de secreción, llegan a la membrana plasmática, donde se integran.

- 46** Los lisosomas secundarios reciben el nombre de vacuolas digestivas heterofágicas cuando el sustrato digerido procede del exterior por fagocitosis o pinocitosis. Se llaman vacuolas autofágicas cuando el sustrato orgánico digerido es una estructura propia de la célula, por ejemplo, una mitocondria vieja, un sáculo, etc.

- 47** a) Mitocondrias.  
b) Vacuola pulsátil.  
c) Aparato de Golgi.  
d) Ribosomas, retículo endoplasmático rugoso.  
e) Retículo endoplasmático liso.  
f) Mitocondrias.  
g) Citosol.  
h) Aparato de Golgi.  
i) Cloroplastos.  
j) Aparato de Golgi.

- 48** La ATP sintasa es un complejo enzimático que se encarga de la síntesis de ATP. Se sitúa en la cara interna de las membranas mitocondriales internas y en la cara externa de los tilacoides de los cloroplastos. El paso de  $H^+$  a través del complejo ATP sintasa, que se produce a favor del gradiente químico de  $H^+$ , proporciona la energía necesaria para la formación del ATP.

- 49** La detoxificación es el proceso de degradación oxidativa que sufren determinadas sustancias tóxicas en el interior de la célula. Esta actividad la realizan el retículo endoplasmático y los peroxisomas.

| <b>50</b> A. Mitocondrias                                                                                                                                   | B. Cloroplastos                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Función principal: respiración mitocondrial.                                                                                                                | Función principal: fotosíntesis.                                                                                                              |
| Presente en todas las células eucariotas.                                                                                                                   | Presente en células vegetales.                                                                                                                |
| Sus dimensiones oscilan entre 1 y 4 $\mu m$ de largo y entre 0,3 y 0,8 $\mu m$ de ancho.                                                                    | Miden entre 3 y 19 $\mu m$ de diámetro mayor y entre 1 y 2 $\mu m$ de diámetro menor.                                                         |
| Se originaron a partir de bacterias fagocitadas que no fueron digeridas, sino que se quedaron en simbiosis en el citosol de una célula eucariota primitiva. | Proceden de cianobacterias que fueron fagocitadas y que, en lugar de ser digeridas, quedaron en simbiosis con una célula eucariota primitiva. |

- 51** a-2; b-6; c-4; d-3; e-1; f-7; g-5; h-9; i-8.

- 52** a) Citoplasma de las células musculares.  
b) Citosol de las células.  
c) Membrana de los tilacoides y membrana interna mitocondrial.  
d) Matriz mitocondrial.

- 53** Porque las fibras de cromatina que forman los cromosomas presentan puntos de unión con la lámina nuclear, y determinadas proteínas de esta se asocian a las proteínas de la membrana interna de la cubierta nuclear.

- 54** En función del número de cromátidas, están los cromosomas profásicos y metafásicos con dos cromátidas y, los cromosomas anafásicos y telofásicos con una sola cromátida. Dentro de los cromosomas con dos cromátidas se distinguen cuatro tipos en función de la posición del centrómero:

- Cromosoma metacéntrico. El centrómero se localiza en la mitad del cromosoma.
- Cromosoma submetacéntrico. El centrómero está desplazado y los brazos cromosómicos son ligeramente desiguales.
- Cromosoma acrocéntrico. Los brazos cromosómicos son muy desiguales.
- Cromosoma telocéntrico. El centrómero se encuentra en el telómero.

- 55** Presenta un corpúsculo de Barr, como las células de las mujeres.

- 56** Todas las células somáticas de un individuo poseen el mismo número de cromosomas, se trata de células diploides o  $2n$ , siendo  $n$  el número de tipos diferentes de cromosomas. Estas células presentan dos juegos de cada tipo de cromosoma, uno heredado de un progenitor y otro heredado del otro.

- 57** Porque la cantidad de ADN es mucho menor en las células procariotas que en las células eucariotas.

Pág. 163

### PARA PROFUNDIZAR

- 58** a) 47 cromosomas.  
b) Se trata de los cromosomas de una célula diploide porque hay dos ejemplares de cada tipo. El valor de  $2n$  de esta persona es 47 cromosomas.  
c) Se trata de un hombre, porque tiene el cromosoma Y, y este cromosoma contiene el gen de la información determinante de los testículos.  
d) Hay 24 tipos de cromosomas. El valor de  $n$  es 24. Si fuera del otro sexo, el valor de  $n$  sería 23.  
e) Cada cromosoma tiene dos cromátidas. Pertenecen a la profase.  
f) Los cromosomas del recuadro pequeño son los heterocromosomas o cromosomas sexuales. El resto son los autosomas o cromosomas autosómicos.

- g)** Los criterios seguidos son el tamaño y, dentro del mismo tamaño, la posición del centrómero.
- h)** Las características de cada grupo son:
- Grupo A: cromosomas muy largos y metacéntricos.
  - Grupo B: cromosomas largos y submetacéntricos.
  - Grupo C: cromosomas medianos y metacéntricos o submetacéntricos.
  - Grupo D: cromosomas medianos y acrocéntricos o telocéntricos.
  - Grupo E: cromosomas pequeños y metacéntricos o submetacéntricos.
  - Grupo F: cromosomas muy pequeños y metacéntricos.
  - Grupo G: cromosomas muy pequeños y acrocéntricos.
- i)** Por longitud y forma, el cromosoma X pertenece al grupo C y el cromosoma Y pertenece al grupo E o al G.

- 59** La estructura de la microfotografía corresponde con el aparato de Golgi. Está constituido por cisternas apiladas y vesículas de secreción (ver página 146 del libro del alumno). Sus principales funciones son el transporte, maduración, acumulación y secreción de proteínas procedentes del retículo endoplasmático; la glucosilación de lípidos y proteínas; y la síntesis de polisacáridos.
- 60** Las sustancias sintetizadas en el retículo endoplasmático rugoso se transfieren al aparato de Golgi, donde son modificadas. Las enzimas hidrolíticas de los lisosomas se sintetizan en el retículo endoplasmático rugoso y después se modifican en el aparato de Golgi, que es el orgánulo que genera la mayoría de los lisosomas.
- 61** Respuesta en la web.
- 62** R. L.
- 63** R. L.

Pág. 165

## CIENCIA EN TU VIDA

- 64** La edad máxima de cada especie está relacionada con aquella que necesita para generar una diversidad de descendientes que asegure su supervivencia.
- 65** Porque el niño nace a partir de células germinales que se han mantenido jóvenes durante toda la vida de la madre y del padre. La edad de la madre sí influye en los hijos; con la edad aumenta el riesgo de enfermedades congénitas como, por ejemplo, el síndrome de Down.
- 66** Porque existe un riesgo muy elevado de que se transformen en células cancerosas.
- 67** Se basa en la existencia de los llamados genes reguladores de la longevidad. Todas las células están programadas para vivir, envejecer y morir. Tienen un número limitado de divisiones tras las cuales entran en un periodo de senescencia celular. Es lo que se conoce como «reloj biológico».
- 68** El no cuidar la dieta puede llevar a un exceso de glucosilación en las proteínas, lo que provoca

ensanchamiento de las arterias y alteraciones renales. Una dieta rica en alimentos antioxidantes, como frutas y verduras, acompañado de ejercicio diario, es la mejor recomendación contra el envejecimiento prematuro celular.

**69** R. L.

Pág. 167

**PARA COMENZAR**

- Porque la vida se sustenta en un conjunto de reacciones químicas encaminadas a conseguir materia y energía para crecer, desarrollarse, relacionarse y reproducirse. Sin estas reacciones químicas no puede haber organismos vivos.
- Reacciones de catabolismo, en las que las moléculas complejas se transforman en otras más sencillas liberando energía, y reacciones de anabolismo, en las que a partir de moléculas más simples y energía se sintetizan otras más complejas.
- Las plantas obtienen energía de la luz solar mediante la fotosíntesis. Sin embargo, los animales no pueden utilizar la luz del Sol como fuente de energía, por lo que la obtienen de la rotura de los enlaces de los compuestos cargados de energía durante las reacciones químicas.
- Las reacciones químicas de los organismos vivos, las llamadas reacciones bioquímicas, solo se dan cuando son necesarias, si no fuera así, se produciría un caos bioquímico con la consecuente muerte celular.
- La especificidad de una enzima por un solo tipo de sustrato determina que la presencia o ausencia de la enzima acelera o no la velocidad de la reacción en la que participa. Así, es posible controlar el conjunto de reacciones que se producen en el interior de la célula.

Pág. 169

- 1 Las reacciones anabólicas son endergónicas, consumen energía, y las reacciones catabólicas son exergónicas, liberan energía.
- 2 Aun cuando las dos vías tienen como objeto la síntesis de compuestos ricos en energía, generalmente ATP, que después se invierten en mantener las funciones vitales, en el caso de la fotosíntesis la energía que se aprovecha para hacerlo es la energía luminosa, y en el caso de la quimiosíntesis es la energía química, la que se desprende en determinadas reacciones de oxidación.
- 3 Los procesos catabólicos tienen como objetivo principal obtener energía, generalmente en forma de ATP, y como objetivo secundario obtener moléculas pequeñas con las cuales poder producir moléculas diferentes de las que se han consumido.
- 4 Sin luz no hay posibilidad de hacer la fotosíntesis, y sin materia orgánica para catabolizar no hay posibilidad de hacer ni la respiración ni la fermentación. Así pues, simplemente con cobre y con oxígeno atmosférico, la única vía posible es la quimiosíntesis (oxidación de compuestos de cobre para obtener energía que se invierte en la síntesis de ATP).
- 5 R. M. La diferencia es que la fuente de los bioelementos primarios, carbono (C), nitrógeno (N), azufre (S), etc., que los organismos necesitan para generar la materia, en los litótrofos es materia inorgánica ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , etc.), y en los organótrofos procede de materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas, etc.).

- 6 En estas condiciones, al principio son posibles todos los tipos de metabolismo, puesto que hay materia orgánica, materia inorgánica, oxígeno y luz; pero con el tiempo, si la materia orgánica acumulada es muy superior a los otros nutrientes, la situación es diferente. Como la fotosíntesis bacteriana no desprende oxígeno, y como hay mucha materia orgánica en descomposición, las bacterias respiradoras lo agotan, por lo que, ya no pueden sobrevivir ni las bacterias que hacen la respiración aeróbica ni las que hacen la quimiosíntesis (también necesitan mucho oxígeno por oxidar los compuestos inorgánicos). Como hay mucha materia orgánica en descomposición, las bacterias anaeróbicas, que utilizan  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , como receptores de los hidrógenos, finalmente también los agotan, por lo cual tampoco podrán sobrevivir ni las bacterias que hacen la respiración anaeróbica ni los que hacen la fotosíntesis litótrofa, puesto que su fuente de N y de S son los nitratos y los sulfatos, respectivamente. En el agua habrá mucho  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y otras sustancias reductoras procedentes de la materia orgánica en descomposición. Las que podrán vivir muy bien son las bacterias que hacen las fermentaciones, puesto que esta vía tan solo necesita materia orgánica, y los que hacen la fotosíntesis organótrofa, puesto que además de luz necesitan materia orgánica como fuente de carbono, de nitrógeno y de azufre.

Pág. 170

- 7 La molécula de ATP se utiliza como «moneda energética» debido a los enlaces anhídrido fosfórico de alta energía que existen entre sus grupos fosfato.
- 8 Aumentaría bruscamente la temperatura del medio interno celular, con la consiguiente destrucción de la estructura secundaria y terciaria de las proteínas, y de la estructura en doble hélice del ADN.
- 9 La importancia de la molécula de ATP recae en el enlace que se produce entre dos grupos fosfato consecutivos (P—O—P). Este enlace es lo suficientemente fuerte como para que cuando se rompa se libere una gran cantidad de energía, y lo suficientemente débil como para que sea posible romperlo en las condiciones internas de la célula. El oxígeno que separa los dos fosfatos consecutivos, como solo le faltan dos electrones para llegar a tener ocho en su último orbital, los atrae con mucha fuerza, y el fósforo, como solo le faltan tres electrones para conseguir lo mismo, también los atrae con una cierta fuerza.

Pág. 171

- 10 Son sustancias que disminuyen la energía de activación facilitando las reacciones químicas. Al rebajar la energía de activación se facilita la rotura de los enlaces de los reactivos para llevarlos al estado de transición, donde podrán formar los productos correspondientes o desactivarse.



Pág. 173

- 11** Las enzimas presentan aminoácidos estructurales que no se unen al sustrato, y aminoácidos de fijación y catalizadores que sí se unen al sustrato.
- 12** Las enzimas actúan siempre a la temperatura del ser vivo, tienen una alta actividad (aumentan la velocidad de reacción), tienen una elevada masa molecular y tienen una alta especificidad con los sustratos sobre los que actúan.
- 13** Cofactor: fracción no polipeptídica que forma parte, junto con cadenas polipeptídicas, de una holoenzima.

Apoenzima: fracción polipeptídica que forma parte, junto con una fracción no polipeptídica, de una holoenzima.

Coenzima: cofactor de origen orgánico. Biomolécula orgánica que interviene en determinadas reacciones enzimáticas.

Pág. 175

- 14 a)** En la disolución A hay dos moléculas de enzima cuyos centros activos están vacíos. Ello se debe a que como la concentración de sustrato es muy baja, la mitad que en la disolución B, no se han encontrado con ninguna molécula de sustrato todavía. Se podría evitar elevando la temperatura, ya que ello provoca una mayor agitación de las moléculas de los fluidos y, por tanto, aumenta la facilidad de que choquen, pero como un incremento de temperatura podría desnaturalizar las enzimas, que son proteínas, esta solución es inadecuada. La otra forma, la correcta, es aumentando la concentración del sustrato.
- b)** No se podría mejorar aumentando la concentración del sustrato, ya que por muchas moléculas de sustrato que se añadieran no podrían acceder a los centros activos de las enzimas porque todas ellas ya están ocupadas al 100 %. Se podría mejorar aumentando la concentración de enzimas. Si no se cambia nada, con el tiempo se irán acabando las moléculas de sustrato y la formación de moléculas de producto por unidad de tiempo disminuirá, quedando solo las moléculas de enzima y las moléculas de producto.
- 15** En una reacción enzimática con una concentración de enzima constante, si se incrementa la concentración del sustrato se produce un aumento de la velocidad de reacción. Ello se debe a que, al haber más moléculas de sustrato por unidad de volumen, aumenta la probabilidad de encuentro entre el sustrato y la enzima.
- 16** Porque la especificidad enzimática llega a discernir una y otra y, así, favorece la reacción de la primera y queda inactiva (neutral) respecto de la reaccionabilidad de la segunda.

Pág. 176

- 17** Cuanto más afinidad hay entre la enzima y el sustrato, lógicamente más velocidad de reacción hay. A cualquier concentración que se considere se observa que la enzima 1 consigue una mayor velocidad de reacción, por tanto, la enzima 1 tiene más afinidad por el sustrato que la enzima 2.

- 18 a)** A medida que pasa el tiempo, lógicamente, hay más moléculas de producto (aumento de la línea azul) y quedan menos moléculas de sustrato (descenso de la línea roja).
- b)** La reacción es:  $E + S \rightarrow ES \rightarrow E + P$ , por tanto, cuanto más tiempo pase, más E (línea amarilla) y más P (línea azul) habrá, e igualmente menos ES (línea morada) quedará.
- c)** Porque la cantidad de enzima (línea amarilla) es muy inferior a la del sustrato (línea roja). Basta con una cantidad muy pequeña de enzima para transformar una gran cantidad de sustrato (línea roja) en producto (línea azul). Esto es debido a que la enzima actúa como catalizador, es decir, favorece el proceso sin consumirse. Una enzima que ha transformado una molécula de sustrato en producto, vuelve a quedar libre por actuar sobre otra nueva molécula de sustrato.

- 19** Primero necesitamos conocer la velocidad máxima de la reacción:

$$v = v_{\max} \cdot \frac{[S]}{K_M + [S]}$$

$$2,5 \mu\text{M}/\text{mín} = v_{\max} \cdot \frac{4 \cdot 10^3 \mu\text{M}}{4,5 \mu\text{M} + 4 \cdot 10^3 \mu\text{M}}; v_{\max} = 2,503 \mu\text{M}/\text{mín}$$

Ahora ya es posible conocer la velocidad para una concentración de sustrato de  $0,5 \mu\text{M}$ :

$$v = 2,503 \mu\text{M}/\text{mín} \cdot \frac{0,5 \cdot 10^3 \mu\text{M}}{4,5 \mu\text{M} + 0,5 \cdot 10^3 \mu\text{M}} = 2,480 \mu\text{M}/\text{mín}$$

Pág. 177

**SABER HACER**

- 20** R. M. El burbujeo en los tubos donde no se ha hervido el material se debe a la descomposición del  $\text{H}_2\text{O}_2$  por parte de las bacterias anaerobias del tejido. Sin embargo, en los tejidos hervidos, las bacterias presentes en los tejidos se han eliminado con el hervido y no se aprecia descomposición del  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- 21** Muchas de las bacterias patógenas son anaerobias, y mueren en ambientes ricos en oxígeno. Por ello, al echar agua oxigenada sobre la herida se produce su descomposición debido a la catalasa presente en los tejidos, descomponiéndose en agua y oxígeno, que provoca la muerte de las bacterias.
- 22** El pH actúa influyendo en la capacidad de ionización de los radicales carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) y amino ( $-\text{NH}_2$ ). Por ejemplo, un exceso de  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aquí usaremos el equivalente  $\text{H}^+$ ) impide que se pueda ionizar el grupo carboxilo ( $-\text{COOH} \rightarrow -\text{COO}^- + \text{H}^+$ ), dado que hay un exceso de  $\text{H}^+$  en el medio. Igualmente, un exceso de  $\text{OH}^-$  impide que se ionicen los grupos amino ( $-\text{NH}_3^+ \rightarrow -\text{NH}_2 + \text{H}^+$ ), dado que hay un exceso de  $\text{OH}^-$  en el medio.
- 23** Al igual que las proteínas, las enzimas se desnaturalizan (pierden su estructura) cuando se someten a altas temperaturas. Dejan de ser funcionales.



Pág. 178

- 24 R. G. Se trata de representar en un mismo gráfico las tres velocidades para poder compararlas más fácilmente. En el eje vertical se representa la velocidad, y en el horizontal, la concentración en  $\mu\text{M}$ . De esta forma se observa que:
- La gráfica de la velocidad A, la que con igual concentración de sustrato logra más velocidad de reacción, corresponde lógicamente a ausencia de inhibidor.
  - La gráfica de la velocidad B, la que a medida que se aumenta la concentración de sustrato se disminuye la diferencia respecto de la curva sin inhibidor, corresponde a presencia de inhibidor competitivo, puesto que, cuanto más concentración de sustrato, menos efecto produce el inhibidor.
  - Finalmente, la gráfica de la velocidad C corresponde a la presencia de inhibidor no competitivo, puesto que por más que se aumente la concentración del sustrato, como el inhibidor se ha fijado en un lugar diferente del que ocupa el sustrato, la molécula de enzima queda inactiva.
- 25 Porque al quedar el centro activo ocupado, o alterado, la enzima ya no actuará nunca jamás.

Pág. 179

- 26 Que se puede autorregular la actividad, por ejemplo, si el producto final actúa como inhibidor o si el sustrato actúa como activador.
- 27 Que se necesite menos enzima por lograr la velocidad máxima y que esta tan solo actúe significativamente a partir de una determinada concentración de sustrato.

Pág. 180

- 28 La acción de una enzima se puede impedir con la presencia de sustancias inhibidoras, con una temperatura excesivamente baja y con un pH inadecuado.
- 29 Los complejos multienzimáticos de la cadena de transporte electrónico respiratoria se encuentran incluidos en las membranas. Su principal ventaja es que facilita la unión entre los sucesivos productos y enzimas.

Pág. 181

- 30 A una hidrolasa.

Pág. 183

**SABER HACER**

- 31 Porque se oxida al ceder  $\text{H}^+$ .
- 32 La vitamina C se ha comportado como un reductor, ella se oxida (cede  $2\text{H}^+$ ) y reduce el diclorofenol-indofenol, provocando un cambio de color.

- 33 Los alimentos cocidos no son una buena fuente de vitamina C. Tras hervir el zumo de limón, el colorante se presenta azul, color indicativo de su forma oxidada. Esto quiere decir que no se ha producido la reacción de reducción del colorante y que la vitamina C está toda en su forma oxidada o de ácido dehidroascórbico.
- 34 El escorbuto es una deficiencia de la vitamina C. Era típica de los marineros porque carecían en su dieta de frutas frescas y hortalizas, alimentos ricos en vitamina C.
- 35 Porque en el interior de sus células pueden almacenar una gran cantidad de las vitaminas que han ingerido.
- 36 En el tejido adiposo, dado que, como los adipocitos contienen una gran cantidad de lípidos, se encuentran dispersas las vitaminas liposolubles.
- 37 Los alimentos que se ingieren sin calor, puesto que el calor destruye las vitaminas; es decir, la fruta, los tomates, las lechugas y las zanahorias de las ensaladas, los frutos secos, la leche y los huevos frescos. En segundo lugar, la carne, el hígado y el pescado azul, crudos o poco hechos, y el queso.
- 38 La vitamina D3 y también la vitamina B3. Además, se deben tener en cuenta las vitaminas B8, B12 y K, que produce la flora bacteriana intestinal simbiote.
- 39 La vitamina B2 origina el FAD y el FMN; la vitamina B3, el  $\text{NAD}^+$ ; la vitamina B5, la acetil-coenzima-A; la vitamina B6 transfiere grupos amino; la vitamina B8 transfiere grupos carboxilo, y la vitamina B12 interviene como coenzima en el metabolismo de los aminoácidos.
- 40 Que son hidrosolubles, que son del grupo B y que son necesarias para llevar a término la eritropoyesis (generación de glóbulos rojos cargados de hemoglobina).
- 41 El exceso de vitamina D produce calcificación de órganos, como por ejemplo el riñón, el hígado y el corazón. Conviene recordar que el exceso de vitamina B6 provoca convulsiones; y el exceso de vitamina A produce caída del cabello, debilidad, cefaleas y vómitos.
- 42 La vitamina D.

Pág. 184

**PARA REPASAR**

| Fuente de carbono                            | Fuente de energía                                                                      |                                                                                   |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                              | Luz (fotosintéticos)                                                                   | Energía química (quimiosintéticos)                                                |
| <b><math>\text{CO}_2</math> (autótrofos)</b> | Fotoautótrofo. Plantas, algas, cianobacterias, bacterias púrpuras y verdes del azufre. | Quimioautótrofo. Bacterias nitrificantes, bacterias incoloras del azufre y otras. |
| <b>Materia orgánica (heterótrofos)</b>       | Fotoheterótrofo. Bacterias púrpuras no sulfúreas.                                      | Quimioheterótrofo. Animales, hongos, protozoos y muchos tipos de bacterias.       |

- 44** Si la energía se desprendiera en forma de calor, aumentaría la temperatura interna celular, o la del tracto digestivo si son enzimas de la digestión, hecho que puede ser peligroso para el organismo. Por otro lado, esta energía se desprendería al exterior sin poderse almacenar para ser aprovechada más adelante. Normalmente se almacena en forma de ATP ( $\text{ADP} + \text{P}_i + \text{energía} \rightarrow \text{ATP}$ ).

La energía almacenada se puede invertir en producir luz, como hacen las luciérnagas para atraer a los machos o los pescados abisales para atraer a las presas.

- 45** Holoenzimas.

- 46** Que se deberían producir grandes cantidades. Energéticamente esto puede significar que muchas vías metabólicas ya no serían rentables.

- 47**  $v = v_{\text{máx}} \cdot [\text{S}]/(\text{K}_\text{M} + [\text{S}])$ . Donde:

- $v$  es la velocidad de reacción para diferentes concentraciones de sustrato.
- $v_{\text{máx}}$  es la velocidad máxima de reacción. Por mucho que aumentemos la concentración del sustrato, la velocidad no aumenta.
- $[\text{S}]$  es la concentración del sustrato.
- $\text{K}_\text{M}$  es la constante de Michaelis-Menten, que es la concentración del sustrato en la que la velocidad de reacción es la mitad de la velocidad máxima.

- 48** El texto a) se corresponde con el número 1 de ambas gráficas. El texto b), con el número 3 de ambas gráficas. El texto c) con el número 4 de la gráfica B. El texto d), con el número 4 de la gráfica A. El texto e) va con el número 2 de ambas gráficas.

- 49** Pasar de 0 a 40 °C hace aumentar la velocidad de reacción porque, al aumentar el grado de reacción de las moléculas, aumentan los encuentros de moléculas de enzima con moléculas de sustrato y esto hace que se produzca la reacción.

Al acercarse a los 50 °C, empieza el descenso de producción de productos porque empieza la destrucción de una gran parte de las moléculas de enzima, puesto que se ha roto la estructura terciaria debido al calor, que rompe los puentes disulfuro que la mantienen.

Disminuir de 40 a 0 °C sí que es un paso reversible porque esto no implica ninguna alteración en la estructura molecular de la enzima, tan solo el descenso del grado de agitación.

- 50 a)** A una determinada concentración de enzima, la velocidad de reacción aumenta a medida que aumenta la concentración del sustrato, hasta llegar a un grado en que, por más que se aumente la concentración del sustrato, ya no aumenta la velocidad de reacción. Esto es porque todas las moléculas de enzima ya están ocupadas continuamente por el sustrato. Si la concentración de enzima se duplica, se observa que la velocidad de reacción también se duplica, es decir, en el mismo tiempo se obtiene el doble del producto. Esto es debido a que hay muchas más moléculas de enzima trabajando.

- b)** Si la concentración de la enzima es la misma, la cantidad de producto formado en un mismo tiempo (expresada moles/litro) es más grande si la concentración del sustrato es más alta. Esto se da porque, cuanto más concentración de sustrato, más frecuentes son los encuentros de moléculas de sustrato con moléculas de enzima, lo cual induce que el sustrato se transforme en el producto.

- 51** En la gráfica A, la curva 1 corresponde a una reacción sin inhibidor y la curva 2 a una reacción con inhibidor.

En la gráfica B, la curva 3 corresponde a una reacción sin inhibidor y la curva 4 a una reacción con inhibidor.

- 52** a) y d) corresponden a la curva 4 de la gráfica B.

b) y c) corresponden a la curva 2 de la gráfica A.

- 53** Porque consumen mucho pescado, en el cual abunda la vitamina D. Hay una hipótesis sobre que la pérdida de melanina en las razas humanas, todas surgidas del *Homo sapiens sapiens* africano con la piel muy probablemente negra debido a la insolación, está relacionada con la necesidad de que la piel pueda sintetizar la suficiente vitamina D, pese a que se viva en un medio con una insolación más baja que la de las zonas tropicales.

- 54** Porque también eliminan las colonias bacterianas simbiotes del intestino que producen vitaminas, como por ejemplo B8, B12 y K3.

Pág. 185

### PARA PROFUNDIZAR

- 55 a)** R. M. Primero hay que comprobar que la unión del almidón con lugol tiene como resultado una coloración azul oscuro. Por tanto, el lugol sirve para reconocer la presencia de almidón.

Se dejar actuar una pequeña cantidad de almidón con una gran cantidad de saliva durante unas cuantas horas para asegurar que todo el almidón ha pasado a maltosa.

Por último, se añade lugol al medio anterior y se constata que no hay almidón porque no coge el color azul oscuro.

- b)** R. M. Parar demostrar la influencia de la temperatura se puede proceder igual que en el protocolo anterior, pero con cuatro muestras: una que se introduce en la nevera, otra que se deja a temperatura ambiente, otra en un baño María a 40 °C y otra en un baño María a 60 °C. A continuación se puede comprobar cada quince minutos la persistencia del almidón, y así se pueden observar las diferencias de velocidad de reacción debido a la temperatura.

Para demostrar la influencia del pH se puede proceder como en el protocolo anterior, pero con tres muestras: una que se deja en un medio básico añadiendo unas cuantas gotas de NaOH al 5 % hasta llegar a un pH de 8,5 o superior; otra que se deja tal y como está, y otra que se deja a un pH ácido añadiendo unas cuantas gotas de HCl al 5 % hasta llegar a un pH 6 o inferior. A continuación se puede comprobar cada quince minutos la persistencia

del almidón, y así se pueden observar las diferencias de velocidad de reacción debido al pH.

- 56** a) El inhibidor 1, al unirse a la enzima provoca un cambio conformacional en esta que le impide unirse al sustrato. Se denomina inhibición reversible no competitiva.
- b) R. G. El inhibidor 2 se unirá al centro activo de la enzima debido a su estructura tridimensional, de forma que lo inutiliza para la unión del sustrato y la inhibición resultaría irreversible.
- 57** Si los enlaces fueran covalentes fuertes, los productos no se podrían separar de los centros activos, por lo que las enzimas quedarían permanentemente ocupadas y la reacción no progresaría.

Pág. 187

### CIENCIA EN TU VIDA

- 58** Los objetivos de la biología sintética son la síntesis de moléculas artificiales como enzimas, material genético, etc., diferentes de las existentes en la naturaleza. Se trata del diseño de sistemas biológicos que no existen en la naturaleza.
- 59** Los XNA, en lugar de ribosa o desoxirribosa, como el ARN o el ADN respectivamente, contienen moléculas de 4 a 7 átomos de carbono.
- 60** Se podrían utilizar las enzimas que pasan el ADN a XNA, el cual no es degradado por los virus infectantes, para que este mantuviera el control de la célula infectada.
- 61** Controlando la disponibilidad de los nucleótidos sintéticos por parte de la célula cuyo ADN los contiene, se podría controlar su replicación, lo cual puede ser importante en casos de virus y microbios patógenos.
- 62** Se podrían crear más fácilmente todo tipo de xenoenzimas en función de las necesidades. Por ejemplo, para que destruyan sustancias tóxicas en el medio natural, para que aceleren la producción de sustancias beneficiosas, para que actúen frente a sustancias cuya acumulación en exceso provoca enfermedades, etc.
- 63** Se trata de una genética molecular distinta de la natural y que no interfiera con ella.
- 64** Plantea la posibilidad de que la vida pueda surgir a partir de una set de moléculas diferentes de las que conocemos actualmente.

Pág. 189

**PARA COMENZAR**

- a) El vino se obtiene a partir del zumo de la uva prensada, el llamado mosto.
- b) La principal diferencia es que el vino contiene alcohol y el mosto no.
- c) La fermentación alcohólica.
- d) Esta fermentación está producida por una levadura, es decir, por un hongo unicelular. La especie es *Saccharomyces ellypsoides*.
- a) Este proceso permitió la vida en la Tierra desde hace 3500 millones de años pese a que no había oxígeno en su atmósfera. Lo que sí fue imprescindible era que sus aguas tuvieran mucha materia orgánica originada por síntesis abiótica (caldo primitivo).
- b) Este proceso permitiría la vida de estos organismos en planetas con atmósfera sin oxígeno, si el planeta presentara agua líquida y mucha materia orgánica en ella. Por tanto, se podría enviar a estos organismos e iniciar la vida en dicho planeta.

Pág. 191

- 1 Los reactivos tienen mayor energía libre que los productos, por lo que la diferencia de energía se libera al exterior. Esto se debe a que los reactivos acumulan mayor energía en sus enlaces químicos que los productos, que son moléculas más sencillas.
- 2 Las reacciones del catabolismo son reacciones de oxidación de moléculas ricas en energía. En estas reacciones, una sustancia transfiere electrones (se oxida) y otra sustancia capta esos electrones (se reduce). El agente oxidante será la sustancia que acepta los electrones y el agente reductor, la que los cede.
- 3 La energía liberada procede de los electrones cedidos por la glucosa al reubicarse en las moléculas de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

Pág. 193

- 4 En la combustión, la energía se libera de modo súbito y en forma de calor, mientras que en el catabolismo la energía se libera gradualmente y en forma de energía química, es decir, energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas de ATP.

La producción gradual de energía química en el catabolismo respiratorio es posible por las siguientes características:

- Reacciones sucesivas. En el catabolismo las reacciones ocurren una después de otra y cada una de ellas es catalizada por una enzima distinta.
- Transporte de hidrógenos. Los electrones de la glucosa no pasan directamente a los átomos de oxígeno, sino que en las primeras etapas del catabolismo viajan junto a protones, constituyendo átomos de hidrógeno, que pasan a una coenzima, generalmente el  $\text{NAD}^+$ , que actúa como transportador de hidrógenos.

– Cadena transportadora de electrones. La coenzima NADH no pasa directamente sus electrones al oxígeno, sino que pasa a una cadena transportadora de electrones. Esta está constituida básicamente por unas proteínas, los citocromos, englobadas de forma ordenada en determinadas membranas, como en las de las crestas mitocondriales. Los electrones pasan de un citocromo al siguiente ocupando cada vez un lugar más próximo al núcleo del átomo aceptor. Finalmente, los electrones son transferidos a átomos de oxígeno (O) a los que se unen los protones libres ( $\text{H}^+$ ) y se forma agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). La energía que se libera al pasar los electrones a una posición inferior se utiliza para fosforilar el ADP y formar moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP sintasas.

- 5 El  $\text{NAD}^+$  es un transportador de hidrógenos, capta los hidrógenos que libera un sustrato orgánico y los lleva hasta otra sustancia orgánica, que los capta. El  $\text{NAD}^+$  es la llamada forma oxidada, y el  $\text{NADH} + \text{H}^+$  es la forma reducida.

Pág. 195

- 6 La glucólisis se realiza en el citosol. El sistema piruvato deshidrogenasa está en las mitocondrias de las células eucariotas y en el citosol de las células procariotas. El ciclo de Krebs se realiza en la matriz mitocondrial de las células eucariotas y en el citosol de las células procariotas. La fosforilación oxidativa se realiza en la membrana interna mitocondrial en las células eucariotas y en la membrana plasmática en las células procariotas.
- 7 Porque precisa una vía metabólica que oxide los  $\text{NADH} + \text{H}^+$  y regenere los  $\text{NAD}^+$  que necesita. Esta vía puede ser la respiración o la fermentación. Si no se diera una u otra, la glucólisis no se podría realizar por falta de  $\text{NAD}^+$ . Así pues, entre la glucólisis y estas vías existe una interdependencia a nivel de la coenzima  $\text{NAD}^+$ .

Pág. 197

- 8 Proceden de los dos carbonos del acetil-CoA ( $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{S} - \text{CoA}$ ) que entran en el ciclo de Krebs. Es decir, que sus dos carbonos se han transformado en materia inorgánica ( $\text{CO}_2$ ) que vuelve al medio externo.
- 9 Se considera una vía respiratoria, aunque no se necesita oxígeno para realizarla porque precisa  $\text{NAD}^+$  y FAD para poderse llevar a cabo, y estas sustancias se producen en la cadena respiratoria, que sí precisa oxígeno. Si este oxígeno procede del  $\text{O}_2$  atmosférico, se denomina respiración aeróbica, y si procede de los iones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , etc., se denomina respiración anaeróbica.

Pág. 199

- 10 Porque es el conjunto de enzimas capaz de ceder la energía de un flujo interno de protones ( $\text{H}^+$ ) al ADP para unirle  $\text{P}_i$  y formar ATP. Se activa cuando la cantidad de protones ( $\text{H}^+$ ) es tan elevada en el espacio intermembranoso, que la

membrana interna es incapaz de actuar como aislante de dicha diferencia de potencial, y se establece un flujo de protones hacia la matriz mitocondrial que atraviesa el complejo enzimático ATP sintasa, situado en dicha membrana, sobre todo a nivel de las crestas mitocondriales, provocando la síntesis de ATP.

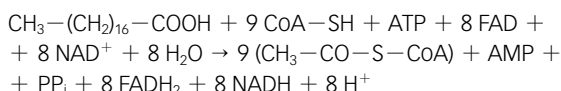
- 11** Que en el paso de los electrones entre un transportador y otro se libera suficiente energía como para bombear protones hacia el espacio intermembranoso de la mitocondria, originándose así la diferencia de potencial necesaria para que se inicie, por quimiósmosis, un flujo de protones que generará ATP a nivel de las ATP sintasas.

La energía liberada se debe a que los electrones, al pasar de un transportador a otro, cada vez ocupan un orbital menor, es decir, un orbital más próximo al núcleo atómico, y por tanto, de nivel energético inferior, por lo que hay sobrantes de energía.

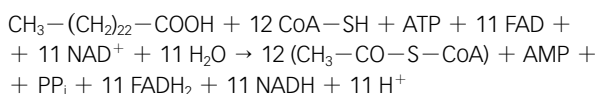
Pág. 201

- 12** Tienen mucha importancia porque una masa de lípidos aproximadamente rinde el doble de energía que una masa igual de glúcidos o de proteínas. La causa de ello es que, en los lípidos, los carbonos presentan un estado de oxidación muy bajo, prácticamente solo se enlaza con hidrógenos o con otros carbonos; en cambio, los glúcidos y las proteínas presentan muchos más oxígenos unidos a los carbonos. Tras la respiración, todos los carbonos quedan en forma de  $\text{CO}_2$ , totalmente oxidados, por ello donde hay una transformación más grande es en los lípidos y, por tanto, es donde se ha de desprender más energía.
- 13** Hace falta que el ácido graso se una a la coenzima A (CoA) y formen el acil-CoA, el cual, gracias a un transportador orgánico especial llamado carnitina, ya puede entrar en la mitocondria.

- 14** Para el ácido esteárico:



Para el ácido lignocérico:



Pág. 203

- 15** La transaminación es la transferencia de grupos amino ( $-\text{NH}_2$ ) desde un aminoácido a un cetoácido. En cambio, la desaminación oxidativa es la liberación al medio externo, por parte de los aminoácidos, de sus grupos amino en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco al contactar con el agua, a  $\text{pH} = 7,4$  que es el de la sangre, forma hidróxido amónico,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , que se ioniza en ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) e ion hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), por ello en muchos textos se indica que el grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) se va en forma de ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). En la sangre solo el 1 % del total está en forma de  $\text{NH}_3$ , pese a ello

es la forma capaz de atravesar la membrana plasmática y la membrana mitocondrial, los iones amonio apenas la atraviesan.

- 16** La única fase de la degradación de los ácidos nucleicos que rinde energía es el metabolismo de la ribosa-5-fosfato (o de la desoxirribosa-5-fosfato). Aunque en general se utiliza para la biosíntesis de nuevos nucleótidos, en caso de que se necesite energía se puede catabolizar. El proceso que se sigue es su conversión en glucosa-6-fosfato siguiendo la fase regenerativa de la vía de las pentosas fosfato, luego esta sigue el proceso de la glucólisis.
- 17** Los otros productos que se obtienen son el ácido úrico a partir de las bases púricas, el amoníaco (común en peces y animales acuáticos) y la urea (común en animales terrestres) a partir de las bases pirimidínicas. Todos ellos son tóxicos, por lo que simplemente son excretados. La otra sustancia que se forma es el ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), que aunque en parte se puede excretar principalmente se utiliza para la síntesis de ATP, de fosfolípidos, de nuevos nucleótidos, y para la formación de tejido óseo en forma de fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Pág. 205

- 18** Los anaerobios estrictos son aquellos que siguen la vía fermentativa o la respiración anaeróbica y que en presencia de oxígeno mueren, dado que para ellos este gas resulta tóxico y no lo saben transformar en otra sustancia que no lo sea. Los anaerobios facultativos son los que pueden vivir en ambientes sin oxígeno y también en ambientes con oxígeno. Esta es su gran ventaja. Existen dos tipos de microorganismos anaerobios facultativos, unos, como las bacterias del ácido láctico, que son capaces de vivir tanto en ambientes con oxígeno como en ambientes sin oxígeno, pero siempre realizando la vía fermentativa (no interviene el oxígeno), y otros, como muchas bacterias intestinales y muchas levaduras, que pueden seguir la vía fermentativa si no hay oxígeno, o la respiración aeróbica si sí lo hay.
- 19** Las fermentaciones como las respiraciones son procesos de oxidación de compuestos orgánicos que liberan energía. Cuanta más diferencia haya entre el estado de oxidación de los carbonos del sustrato inicial y los carbonos de los productos, más energía se liberará. Por ello, en la respiración, como los carbonos acaban en forma de  $\text{CO}_2$ , que es el máximo estado de oxidación de un carbono, la energía liberada será mucho mayor que si el producto final es un compuesto orgánico, como sucede en la fermentación.

## SABER HACER

- 20** En un tiempo corto, primeras horas, se mantiene el mismo ritmo, pero disminuirá cuando vaya disminuyendo de forma brusca la concentración de glucosa que se está fermentando.
- 21** Como la mayoría de reacciones químicas, la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas se incrementa con la temperatura (siempre que no se llegue a una temperatura en la que se desnaturalicen las enzimas que catalizan la reacción).



22 R. L.

Pág. 206

23 Las células musculares en situaciones extremas, como por ejemplo, en los últimos metros de una carrera de potencia muscular, ante una falta de oxígeno, pueden seguir la vía de la fermentación para conseguir energía, aunque sea en muy pequeña cantidad. A partir de una glucosa se producen dos moléculas de ácido láctico y 2 ATP. El ácido láctico se acumula en tales concentraciones que forma soluciones sobresaturadas, con la consiguiente formación de cristales de ácido láctico, que se clavan en las terminaciones nerviosas. Esto da lugar a que, pasadas unas horas, aparezcan los típicos dolores denominados «agujetas». Estos dolores desaparecen solos, al cabo de unas horas o de unos días, cuando se disuelven los cristales de ácido láctico.

Pág. 207

24 En la respiración aerobia se puede oxidar cualquier principio inmediato. Sin embargo, en la fermentación se oxidan preferentemente glúcidos y proteínas.

A partir de una glucosa, en la respiración aerobia se obtienen hasta 38 ATP y en la fermentación solo se obtienen 2 moléculas de ATP.

25 El primer aceptor de electrones y protones en los procesos fermentativos es el mismo que en la respiración aerobia y anaerobia, el  $\text{NAD}^+$ .

Pág. 208

#### PARA REPASAR

| Proceso                                                      | Nombre                          | Localización          |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Glucosa $\rightarrow$ Ácido pirúvico                         | Glucólisis                      | Citosol               |
| Ácido graso $\rightarrow$ Acil-CoA                           | Activación del ácido graso      | Citosol               |
| $\beta$ -hidroxiacil-CoA $\rightarrow$ $\beta$ -cetoacil-CoA | Etapas de la $\beta$ -oxidación | Matriz mitocondrial   |
| Ácido pirúvico $\rightarrow$ Acetil-CoA                      | Descarboxilación oxidativa      | Mitocondria           |
| Ácido $\alpha$ -cetoglutarico $\rightarrow$ Succinil-CoA     | Etapas del ciclo de Krebs       | Matriz mitocondrial   |
| Acetil-CoA $\rightarrow$ $\text{CO}_2$                       | Descarboxilación                | Matriz mitocondrial   |
| $\text{NAD}^+ \rightarrow \text{NADH} + \text{H}^+$          | Reducción del $\text{NAD}^+$    | Citosol y mitocondria |
| Alanina $\rightarrow$ Ácido pirúvico + $\text{NH}_4^+$       | Desaminación oxidativa          | Citosol               |

27 a) De glucosa a ácido pirúvico: glucólisis.

De ácido pirúvico a ácido láctico: fermentación láctica.

De ácido pirúvico a etanol: fermentación alcohólica.

b) El número 1 corresponde con el acetyl-CoA.

c) El número 2 corresponde al ciclo de Krebs.

d) Tanto en la fermentación láctica como en la fermentación alcohólica se obtienen al final dos moléculas de ATP. Sin embargo, en cada vuelta del ciclo de Krebs se genera una molécula de GTP, tres de NADH y una molécula de  $\text{FADH}_2$ . El balance energético del ciclo de Krebs aparentemente es muy bajo, ya que en una vuelta completa solo se genera un ATP, pero el resto de la energía se invierte en producir tres NADH y un  $\text{FADH}_2$  que en la cadena respiratoria liberarán mucha energía (ATP).

e) El destino del  $\text{CO}_2$  es ser eliminado mediante diferentes mecanismos según el tipo de organismo. El destino del  $\text{FADH}_2$  y NADH es la cadena de transporte electrónico, donde se oxidan y se utilizan para sintetizar ATP.

f) El anabolismo es el proceso metabólico de formación de moléculas orgánicas complejas a partir de otras orgánicas sencillas, llamadas moléculas precursoras.

El catabolismo es la fase degradativa del metabolismo, en la cual se obtiene energía. En las vías catabólicas las moléculas orgánicas iniciales son transformadas sucesivamente en otras más sencillas, hasta convertirse en los productos finales del catabolismo, muchos de ellos son los denominados productos de excreción.

La energía liberada en el catabolismo es almacenada en los enlaces ricos en energía del ATP y es utilizada para las distintas actividades celulares o para sintetizar compuestos orgánicos complejos en los que se almacena la energía sobrante (anabolismo).

28 R. G. El orgánulo en el que tiene lugar la cadena electrónica y la fosforilación oxidativa es la mitocondria. De fuera a dentro las mitocondrias constan de:

- Membrana mitocondrial externa. Limita por completo a la mitocondria. Posee un gran número de proteínas transmembrana que actúan como canales de penetración. Es permeable debido a la presencia de proteínas porinas, que forman canales en la membrana, a través de los cuales pasan moléculas de gran tamaño.
- Membrana mitocondrial interna. Presenta numerosas invaginaciones, denominadas crestas mitocondriales, que incrementan su superficie. Es bastante impermeable y carece de colesterol. En ella se localizan las cadenas de transporte electrónico y los complejos formadores de ATP (fosforilación oxidativa), las ATP sintasas. Las ATP sintasas constan de tres partes: una base hidrofóbica, que se ancla en la membrana, un pedúnculo o región  $\text{F}_0$  y una esfera o región  $\text{F}_1$  que es donde se catalizan las reacciones de síntesis de ATP.
- Espacio intermembranas. Se sitúa entre la membrana externa e interna. Contiene una matriz de composición parecida al citoplasma.
- Matriz mitocondrial. Medio interno que contiene ADN mitocondrial circular de doble cadena, ribosomas 70 S

(semejantes a los de las bacterias), enzimas metabólicas y que intervienen en la duplicación del ADN mitocondrial y síntesis de proteínas, así como ARN y diferentes iones.

| Proceso                   | Compuestos iniciales                                       | Compuestos finales                                                |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Glucólisis                | Glucosa                                                    | Ácido pirúvico, NADH + H <sup>+</sup> y ATP                       |
| β-oxidación ácidos grasos | CoA-SH, FAD, NAD <sup>+</sup> , ATP y H <sub>2</sub> O     | Acetil-CoA, NADH + H <sup>+</sup> y FADH <sub>2</sub>             |
| Fermentación láctica      | Ácido pirúvico y NADH + H <sup>+</sup>                     | Ácido láctico y NAD <sup>+</sup>                                  |
| Fosforilación oxidativa   | NADH + H <sup>+</sup> y FADH <sub>2</sub>                  | ATP y H <sub>2</sub> O                                            |
| Ciclo de Krebs            | Acetil-CoA, NAD <sup>+</sup> , FAD, GDP y H <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> , NADH + H <sup>+</sup> , FADH <sub>2</sub> y GTP |

**30** El proceso íntimamente relacionado con la cadena electrónica es el ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico. Dicho proceso tiene lugar en la matriz interna de la mitocondria.

- 31 a)** El ciclo de Krebs constituye una etapa de la respiración oxidativa que consiste en la oxidación completa a CO<sub>2</sub> de moléculas de acetil-CoA, que se incorporan a un ciclo de reacciones. El ciclo de Krebs es la vía metabólica en la que termina la degradación total de la materia orgánica y se transforma en inorgánica. Estas oxidaciones proporcionan energía (ATP) que se obtiene, bien directamente en este ciclo (solo 1 ATP), o bien reoxidando las coenzimas reducidas en la cadena de transporte de electrones.
- b)** El ciclo de Krebs tiene lugar en la mitocondria, exactamente en la matriz mitocondrial en la que se encuentran todas las enzimas implicadas en esta ruta metabólica.
- c)** Las rutas que interaccionan con el ciclo de Krebs son la glucólisis, la β-oxidación de los ácidos grasos y la oxidación de los aminoácidos.

**32** Ambos procesos compiten por el NAD<sup>+</sup> y el FAD que proceden de la cadena respiratoria.

**33** El alcohol (CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>OH) es oxidado en las células hepáticas hasta CO<sub>2</sub>, que es expirado, e hidrógenos que quedan en forma de NADH. Si este es muy abundante, se reduce la actividad del ciclo de Krebs (sus productos también son CO<sub>2</sub> y NADH). Debido a ello, los glúcidos y los lípidos en lugar de ser catabolizados por respiración, dan lugar a grasas que se acumulan en las células del hígado, debido a lo cual, al cabo de unos cuantos años, muchas de ellas mueren. Esto origina cicatrices que impiden la llegada de sangre a determinados sectores del hígado, por lo que se necrosan. Es la llamada cirrosis hepática, que generalmente conduce a la muerte del paciente.

**34** La fermentación es un proceso catabólico en el que no interviene la cadena respiratoria. Debido a ello presenta las siguientes diferencias respecto a la respiración:

- El aceptor final de hidrógenos no es ni el oxígeno del aire, como pasa en la respiración aeróbica, ni los nitritos ni sulfatos, como sucede en la respiración anaeróbica.
- No hay síntesis de ATP a nivel de las ATP sintasas, sino solo a nivel de sustrato.
- Como el aceptor final de hidrógenos es un compuesto orgánico, este se reduce más, lo que equivale a que al final de una fermentación siempre hay un producto orgánico, y no solo sustancias inorgánicas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SH<sub>2</sub>, etc.) como sucede en la respiración si se realiza completamente.
- El rendimiento energético de la fermentación es muy bajo, por ejemplo, en la fermentación de glúcidos se limita a los 2 ATP que se producen durante la glucólisis, frente a los 38 ATP que rinde por respiración.
- Respecto a la respiración aeróbica, la fermentación se diferencia en que es una vía anaeróbica.

**35** La fermentación alcohólica. La harina es rica en azúcares que consumen las levaduras como *S. cerevisiae* y producen CO<sub>2</sub> y etanol. El etanol producido se evapora en el horno con el calor y el CO<sub>2</sub> proporciona la textura esponjosa del pan.

**36** En ausencia de oxígeno, el proceso metabólico empleado es la glucólisis y/o la fermentación.

La glucólisis es una ruta metabólica anaerobia (pues no necesita la presencia de oxígeno) del catabolismo, en la que la glucosa se escinde en dos moléculas de ácido pirúvico, NADH y energía (ATP). Se lleva a cabo en el citoplasma celular. Se trata de una ruta universal, pues la realizan prácticamente todos los seres vivos. Dicho proceso tiene lugar en casi todas las células, desde las procariotas hasta las eucariotas, tanto animales como vegetales.

La fermentación es un proceso catabólico en el que a diferencia de la respiración, no interviene la cadena respiratoria. Además, es un proceso de oxidación incompleta de compuestos orgánicos (ya que no se libera toda la energía química que contienen), y el aceptor final de protones y electrones no es una molécula inorgánica, sino que es un compuesto orgánico, por lo que la fermentación siempre da entre sus productos finales compuestos orgánicos. Se produce ATP por fosforilación a nivel de sustrato, ello explica la baja rentabilidad energética de las fermentaciones. Son propias de los microorganismos (ciertas levaduras y bacterias), aunque alguna, como la fermentación láctica, puede realizarse en el tejido muscular de los animales cuando no llega suficiente oxígeno a las células.

**a)** Si se añade oxígeno al medio, se inicia la respiración celular. El ácido pirúvico de la glucólisis entra en el ciclo de Krebs y en la posterior cadena respiratoria. La coenzima reducida, el NADH, es la encargada de ceder los electrones a dicha cadena respiratoria.

En la fermentación no hay cadena respiratoria; es siempre un proceso anaeróbico.

**b)** El aceptor final de electrones en la cadena respiratoria es el oxígeno.

**37 a)** En las rutas catabólicas.



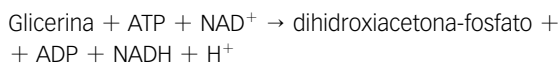
- b) En ambas.
- c) Mediante la respiración celular, proceso que tiene lugar en tres etapas: la formación del acetil-CoA en la matriz mitocondrial, el ciclo de Krebs o del ácido cítrico en dicha matriz y la cadena respiratoria y fosforilación oxidativa que se localiza en la membrana mitocondrial interna.
- d) Mediante fermentaciones que suceden en el citosol de ciertas bacterias y algunas células eucariotas, como levaduras o músculo. En dichos procesos anaerobios se produce ATP mediante fosforilación a nivel de sustrato sin cambio neto del estado de oxidación de las sustancias reaccionantes respecto al de los productos.

Pág. 209

### PARA PROFUNDIZAR

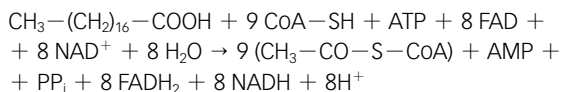
- 38** Estas bacterias realizan la fermentación de la materia orgánica muerta, que sobre todo son hojas y pequeños tallos, contribuyendo a su descomposición, y por tanto a los ciclos biogeoquímicos de los elementos.

- 39 a)** Una molécula de triestearina es hidrolizada por las enzimas lipasas de la célula adiposa, que es donde se acumulan los triglicéridos, y da lugar a una glicerina y a tres ácidos esteáricos  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$ . La glicerina se fosforila y se oxida y da lugar a dihidroxiacetona-fosfato. Para ello se precisa el gasto de un ATP y se produce un NADH:



La dihidroxiacetona-fosfato se isomeriza en gliceraldehído-3-fosfato, el cual, en las células del hígado, puede seguir la vía de la glucólisis y dar lugar a ácido pirúvico, 1 ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ) y a 2 ATP. A partir de un ácido pirúvico en el sistema piruvato deshidrogenasa y en el ciclo de Krebs se forman 4 ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ), 1  $\text{FADH}_2$  y 1 GTP. Después, en la cadena respiratoria, los 6 ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ) dan 18 ATP, el  $\text{FADH}_2$  da 2 ATP, lo cual son 20 ATP, que menos el ATP gastado al principio, más los 2 ATP de la glucólisis, más el GTP del ciclo de Krebs son 22 ATP, obtenidos a partir de la glicerina.

Cada ácido esteárico primero se transforma en acil-CoA, luego sigue la  $\beta$ -oxidación en las mitocondrias, y da lugar a acetil-CoA que pasan al ciclo de Krebs y después a la cadena respiratoria. El rendimiento energético de cada uno de ellos es:



Rendimiento energético:

$$9 \cdot 12 \text{ ATP} + 8 \cdot 2 \text{ ATP} + 8 \cdot 3 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} = 146 \text{ ATP}$$

Por tanto, la respiración total de una triestearina da lugar a **460 ATP** ( $22 + 3 \cdot 146 = 460$ ).

- b)** La maltosa procede de la hidrólisis del almidón gracias a las enzimas amilasas de la saliva y del jugo pancreático. Luego la maltosa se desdobra por hidrólisis en dos

glucosas gracias a la enzima maltasa presente en la superficie de las microvellosidades de las células epiteliales que revisten el intestino delgado. Como ya se ha explicado en el texto, la glucosa por respiración genera 38 ATP, por tanto, una maltosa da lugar a **76 ATP**.

- c)** Las proteínas por hidrólisis gracias a las enzimas peptidasas dan lugar a aminoácidos, estos pueden servir para sintetizar nuevas proteínas, o ser catabolizados para dar energía, con la consiguiente formación de compuestos nitrogenados, que dada su toxicidad precisan un aparato excretor que los extraiga de la sangre. La desaminación de la alanina genera ácido pirúvico y un NADH. El ácido pirúvico en el sistema piruvato deshidrogenasa y en el ciclo de Krebs genera 4 ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ), 1  $\text{FADH}_2$  y 1 GTP. Después, en la cadena respiratoria, los 5 ( $\text{NADH} + \text{H}^+$ ) dan 15 ATP, el  $\text{FADH}_2$  da 2 ATP, lo cual son 17 ATP, que más el GTP del ciclo de Krebs son 18 ATP, obtenidos a partir de cada alanina. Así pues, 4 alaninas generarán **72 ATP**.

- 40 a)** Es el principal intermediario de energía metabólica.
- b)** Coenzima transportadora de electrones utilizados para la síntesis de ATP en la fosforilación oxidativa.
- c)** Coenzima utilizada en las biosíntesis reductivas.
- d)** Transportadora de grupos acilo.
- e)** Igual que el NADH: coenzima transportadora de electrones utilizados para la síntesis de ATP en la fosforilación oxidativa.
- 41 a)** 1: glucosa; 2: ácido pirúvico; A: glucólisis; B: respiración (ciclo de Krebs y transporte de electrones); C: fermentación láctica.
- b)** En eucariotas, A tiene lugar en el citosol, B en las mitocondrias y C en el citosol.
- c)** B tiene lugar en presencia de oxígeno y genera mucha energía (38 ATP) y C tiene lugar en ausencia de oxígeno y genera solo 2 ATP.

Pág. 211

### CIENCIA EN TU VIDA

- 42** R. M. En primer lugar, le preguntaría si tiene un gran cansancio, si su corazón se acelera mucho incluso con ejercicios muy suaves; observaría si tiene los párpados un poco caídos, si ha notado pérdida de agudeza visual por la noche o en lugares un poco oscuros. Le preguntaría si alguno de sus parientes (padres o hermanos) ha tenido esta enfermedad o ha presentado alguno de los síntomas típicos de ella. Si todo ello o una parte de ello coincide con los síntomas de una miopatía mitocondrial, le pediría un análisis de sangre. Si los resultados no son normales, le pediría que se hiciera una biopsia de tejido muscular en la que se observara la presencia o ausencia de fibras rojas rasgadas y la forma y estructura de las mitocondrias, lo cual confirmaría dicha enfermedad. Si los análisis de sangre o los estudios descartaran dicha enfermedad, habría que proceder a esperar un tiempo para ver cómo evoluciona el paciente.

- 43** Se trata de sustancias que intervienen de una u otra manera en el catabolismo mitocondrial, por lo que se están suministrando sustancias que pueden compensar un posible déficit. La coenzima Q es un componente de la cadena respiratoria, la carnitina es indispensable en el catabolismo de los lípidos para la entrada de los acil-CoA en la matriz mitocondrial, la vitamina A, la vitamina E, la tiamina y la riboflavina son vitaminas, es decir, precursores de coenzimas que utilizan muchas de las enzimas del metabolismo mitocondrial. El motivo por el cual una vez son eficaces unas pero no las otras radica en que, según sea la mutación, faltarán unas enzimas u otras.

Pág. 213

**PARA COMENZAR**

- R. G. Es la celulosa. Se trata de un polímero de  $\beta$ -glucosas unidas entre sí por un enlace  $\beta$ .
- Estas moléculas son idóneas porque rinden el doble de energía por gramo que los glúcidos (los glúcidos rinden 4,3 kcal/g y los lípidos rinden 9 kcal/g). Esto se debe a que los lípidos están constituidos básicamente por C e H, mientras que los glúcidos ya presentan un elevado porcentaje de oxígeno. Debido a ello, el número de enlaces que se han de romper en estos para formar  $\text{CO}_2$  es menor y, por tanto liberan menos energía. Además, los lípidos, al ser insolubles en agua, no tienen tanto peligro de ser atacados por las bacterias del suelo, como los polisacáridos. Por ello, las semillas contienen un alto porcentaje de lípidos.
- La macromolécula se denomina almidón. En realidad, bajo este nombre se hallan dos tipos de moléculas: la amilosa y la amilopectina. El almidón se encuentra constituyendo gránulos de almidón que se acumulan en el interior de los plastos. Cuando estos contienen muchos gránulos, se denominan leucoplastos o amiloplastos.
- $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{Energía luminosa} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

Pág. 214

- 1 El anabolismo autótrofo consiste en el paso de moléculas inorgánicas a moléculas orgánicas sencillas, y el anabolismo heterótrofo es la transformación de moléculas orgánicas sencillas en otras de mayor complejidad.
- 2 La fotosíntesis la realizan las plantas, las algas, las cianobacterias y las bacterias fotosintéticas. La quimiosíntesis solo la realizan algunos tipos de bacterias, las denominadas bacterias quimiosintéticas.
- 3 No, existen algunos organismos autótrofos, como ciertos grupos de bacterias, que no realizan la fotosíntesis. Este es el caso de las bacterias quimiosintéticas.

Pág. 215

- 4 Son moléculas capaces de convertir la energía luminosa procedente del sol en energía química.
- 5 El nombre se debe a que durante este proceso se produce oxígeno, que se libera al medio ambiente. En la fotosíntesis anoxigénica no se libera oxígeno, sino que se forman precipitados de azufre.

La fotosíntesis oxigénica la realizan plantas, algas y cianobacterias. La fotosíntesis anoxigénica la realizan bacterias púrpuras y verdes del azufre, que viven en las aguas sulfuradas.

Pág. 217

**SABER HACER**

- 6 Las moléculas de clorofila *a* y *b* son casi idénticas en estructura química, solo se diferencian en uno de los carbonos, que en la

clorofila *a* forma parte de un radical metilo, y en la clorofila *b*, de un grupo aldehído. Esta diferencia se refleja en la distinta solubilidad que presentan ambas clorofilas. La clorofila *a* presenta mayor solubilidad en disolventes orgánicos (no polares); en cambio, la clorofila *b*, que posee un grupo aldehído en lugar del radical metilo, poseerá mayor afinidad por los disolventes de tipo polar, ya que el grupo aldehído posee una polaridad que no tiene el radical metilo.

Los carotenoides están formados por largas cadenas con enlaces conjugados, lo cual, unido a la facilidad de oxidarse y presentar isomería geométrica, da lugar a sus distintas coloraciones. Las xantofilas pueden considerarse productos de oxidación de los carotenos, lo que determina que ambos pigmentos presenten diferente solubilidad. Así, los carotenos tienen facilidad para disolverse en disolventes orgánicos, y las xantofilas, en disolventes polares.

- 7 Sin humedad, la cromatografía no sería resolutive, las muestras no avanzarían por el papel cromatográfico.
- 8 Porque cada tipo de iluminación tiene una longitud de onda que excita a pigmentos diferentes. Los electrones excitados, al bajar a orbitales inferiores liberan esa energía en forma de radiación de mayor longitud de onda, por lo que, según el pigmento que se excite, se liberará energía de mayor o menor longitud de onda.

Pág. 219

- 9 Los pigmentos antena captan energía luminosa, se excitan y transmiten la energía de excitación de unas moléculas a otras hasta que la ceden finalmente al centro de reacción, constituyen el complejo captador de luz. Los pigmentos diana, al recibir la energía captada por los pigmentos antena, transfieren sus electrones a otra molécula, denominada primer aceptor de electrones.
- 10 Si no existe un primer donador de electrones, no tendría lugar la serie de reacciones químicas que constituyen la fotosíntesis.
- 11 El fotosistema I capta luz de longitud de onda menor o igual a 700 nm debido a su pigmento diana. Este fotosistema es abundante en los tilacoides del estroma y no puede romper la molécula de agua para liberar electrones al medio.  
  
El fotosistema II tiene un pigmento diana que capta luz de longitud de onda menor o igual a 680 nm. Este fotosistema abunda más en los tilacoides apilados que forman los grana y puede romper las moléculas de agua para liberar al medio electrones que repongan los que ha cedido el pigmento diana.
- 12 La fase luminosa o dependiente de la luz tiene lugar en los tilacoides y la fase oscura o independiente de la luz tiene lugar en el estroma.

Pág. 221

- 13 La fotólisis de seis moléculas de agua da lugar a doce electrones.

- 14** No, porque no se produciría el  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ , necesario para la fase oscura de la fotosíntesis.
- 15** Proceden de la fotólisis del agua.
- 16** En la fase luminosa acíclica de la fotosíntesis se obtiene oxígeno,  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  y ATP. En la fase luminosa cíclica solo se obtiene ATP.
- 17** La fase luminosa cíclica tiene lugar gracias al flujo de electrones y en ella se produce ATP, que es necesario además del que se obtiene durante la fase acíclica.
- 18** 700 nm.
- 19** La plastocianina.

**Pág. 223**

- 20** a) Se utiliza la energía (ATP), el  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ , procedentes de la fase luminosa, y el  $\text{CO}_2$  para comenzar el ciclo de Calvin.
- b) Los dos principales procesos son: la fijación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y la reducción del  $\text{CO}_2$  fijado.
- c) El G3P puede seguir tres vías:
- Regeneración de la ribulosa-1,5-difosfato dentro de los cloroplastos, mediante un proceso complejo, en el que se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete átomos de carbono. Este proceso recibe el nombre de ciclo de las pentosas-fosfato.
  - Síntesis de almidón, ácidos grasos y aminoácidos en los cloroplastos.
  - Síntesis de glucosa y fructosa fuera del cloroplasto, es decir, en el citosol, por un proceso similar a la glucólisis, pero en sentido inverso.
- 21** No, porque en la fase oscura se necesita  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ , que proceden de la fase luminosa acíclica.
- 22** Se une a la ribulosa-1,5-difosfato.
- 23** No, porque es necesario que el poder reductor, obtenido en la fase luminosa acíclica, sea utilizado en la fase oscura para la síntesis de compuestos orgánicos. No tendría sentido que las células almacenasen de forma indefinida  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ .
- 24** Para que se forme una molécula de glucosa son necesarios 12 NADPH y 18 ATP.

**Pág. 225**

- 25** La escasez de agua provoca el cierre de los estomas para evitar la desecación de la planta, lo que dificulta, a su vez, la entrada de  $\text{CO}_2$ . Las plantas C4 pueden captar  $\text{CO}_2$  por un mecanismo diferente, la ruta de Hatch-Slack, de forma que, su capacidad fotosintética no se ve afectada por el cierre de los estomas o por la escasez de agua. Por el contrario, en las plantas C3, el cierre de los estomas provoca una alta concentración de oxígeno producido en la fotosíntesis y la enzima ribulosa difosfato carboxilasa oxidasa destruye la ribulosa-1,5-difosfato necesaria para captar el  $\text{CO}_2$ . En estas plantas, el cierre de los estomas reduce en un 50% su capacidad fotosintética.

**Pág. 226**

- 26** La quimiosíntesis consiste en la síntesis de ATP a partir de la energía que se desprende en las reacciones de oxidación de determinadas sustancias inorgánicas.
- 27** Porque las bacterias oxidan los compuestos reducidos dando lugar a sales minerales que pueden ser absorbidas por las plantas. Estas bacterias cierran, por tanto, los ciclos biogeoquímicos, posibilitando la vida en el planeta.

**Pág. 227**

- 28** Que los animales no pueden obtener glúcidos a partir de una dieta exclusiva de lípidos y proteínas.

**Pág. 229**

- 29** No, se lleva a cabo tanto en las células autótrofas como en las heterótrofas.
- 30** La gluconeogénesis no es el proceso inverso de la glucólisis, ya que, aunque algunos pasos están catalizados por enzimas reversibles y son comunes a ambos procesos, existen tres pasos que no son irreversibles:
- Conversión del ácido pirúvico en ácido fosfoenolpirúvico.
  - Transformación de la fructosa-1,6-difosfato en fructosa-6-fosfato.
  - Conversión de glucosa-6-fosfato a glucosa.
- 31** Porque el ácido pirúvico puede proceder de la glucólisis, del catabolismo de los aminoácidos y de la transformación del ácido láctico producido por reacciones de fermentación en los músculos y estas reacciones no tienen lugar en la mitocondria. En las células vegetales y en los microorganismos, además, el ácido pirúvico puede proceder de los ácidos grasos. Por otra parte, la enzima encargada de transformar el ácido pirúvico en fosfoenolpiruvato se encuentra en la mitocondria y este es el metabolito necesario para la síntesis de glucosa en el citosol.

**Pág. 231**

- 32** Se necesitan once moléculas de malonil-CoA, puesto que a partir de un butiril-SAG (ácido graso de cuatro átomos de carbono, dos de ellos procedentes de un malonil-CoA), en cada vuelta se añaden dos carbonos más procedentes de un malonil-CoA al ácido graso que se está sintetizando.

**Pág. 233**

- 33** El ácido  $\alpha$ -cetoglutarico.
- 34** Esta reacción es una desaminación porque el ion amonio proviene de los aminoácidos, alanina y glicina, que han perdido su grupo amino.

## PARA REPASAR

- 35 No, debido a que no tendría lugar la fotólisis del agua y como consecuencia no habría desprendimiento de  $O_2$ , incompatible con la vida aerobia.
- 36 No sería posible porque, como no se generaría NADPH, no habría hidrógenos para reducir el  $CO_2$  en materia orgánica y, por tanto, no se podría construir el cuerpo de los seres vivos.
- 37 Procede del agua, concretamente de la hidrólisis (fotólisis):  
 $H_2O \rightarrow 1/2 O_2 + 2 H^+ + 2 e^-$

|                                                                           | Respiración                                         | Fotosíntesis                                  |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| La cadena transportadora de electrones está en                            | Membrana interna de mitocondrias                    | Membrana del tilacoide                        |
| El transportador de hidrógeno es NADH o NADPH                             | NADH                                                | NADPH                                         |
| ¿Se produce oxidación del NADH o reducción del $NADPH^+$ ?                | Oxidación del NADH                                  | Reducción del $NADP^+$                        |
| ¿Qué enzima interactúa con el NADH o el $NADP^+$ ?                        | El complejo proteico I transportador de electrones  | $NADP^+$ reductasa                            |
| ¿Cuándo actúa dicha enzima, al principio o al final del proceso?          | Al principio de la cadena de transporte electrónico | Al final de la fase luminosa                  |
| Los protones ( $H^+$ ) son aportados por                                  | NADH y $FADH_2$                                     | $H_2O$                                        |
| Los protones ( $H^+$ ) son introducidos en                                | Espacio intermembrana                               | Interior del tilacoide                        |
| Los protones ( $H^+$ ) se unen finalmente a ciertas moléculas para formar | Se unen a $O_2$ para formar $H_2O$                  | Se unen al $NADP^+$ para formar $NADPH + H^+$ |
| La parte globosa de la ATP sintasa está dirigida hacia                    | Matriz mitocondrial                                 | Cara externa del tilacoide (estroma)          |
| La síntesis de ATP se denomina                                            | Fosforilación oxidativa                             | Fosforilación del ADP                         |

- 39 En la fase luminosa acíclica de la fotosíntesis se introducen protones en el interior del tilacoide. Por cada dos electrones, entran cuatro protones: dos procedentes de la hidrólisis del agua y otros dos impulsados por la cadena de transporte electrónico. Como resultado, se establece una diferencia de potencial electroquímico entre las dos caras de la membrana del tilacoide. Este gradiente hace que los protones salgan por la ATP sintasa y se produzca la síntesis de ATP. Por cada tres protones se sintetiza una molécula de ATP.

- 40 La finalidad del ciclo de Calvin es la síntesis de materia orgánica a partir de dióxido de carbono.
- 41 La fotólisis del agua, la fosforilación del ADP y la fotorreducción del  $NADP^+$  se llevan a cabo en las membranas de los tilacoides. El ciclo de Calvin (reducción del  $CO_2$ ) y la reducción de los nitratos y de los sulfatos que aportan nitrógeno y azufre reducidos para la síntesis de aminoácidos tienen lugar en el estroma.

Aunque no son reacciones de la fotosíntesis, es necesario mencionar otras reacciones bioquímicas importantes que también tienen lugar en el estroma, que son la síntesis de almidón, la síntesis de aminoácidos, la síntesis de muchas proteínas en los ribosomas de los cloroplastos y la duplicación del ADN del cloroplasto.

- 42 Durante la noche no hay síntesis de ATP ni síntesis de NADPH debida a la luz. Si ha quedado algo de lo que se ha sintetizado durante el día, se puede utilizar para hacer la fase oscura, como también se utilizaba durante el día. Durante la noche, la célula vegetal puede obtener ATP a partir de la glucólisis y de la respiración mitocondrial, que utilizará para mantener todas las funciones vitales. El poder reductor que se genera en la glucólisis, que se encuentra en forma de NADH y no de NADPH como ocurre en los cloroplastos, se gasta en la cadena respiratoria para producir ATP.
- 43 Por cada  $CO_2$  que se incorpora en el ciclo de Calvin, se requieren dos moléculas de NADPH y tres de ATP.
- 44 Los organismos fotoautótrofos (plantas, algas, bacterias fotosintéticas sulfurosas y cianobacterias) en general utilizan nitratos ( $NO_3^-$ ); algunas bacterias, como *Rhodospirillum*, y algunas cianobacterias pueden aprovechar, además, el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ).

Los organismos fotoheterótrofos (bacterias fotosintéticas no sulfurosas) utilizan los grupos amino ( $-NH_2$ ) de los aminoácidos procedentes de la digestión externa de las proteínas que hay en el medio externo.

Los organismos quimioautótrofos (bacterias nitrificantes, bacterias nitrosificantes, bacterias del hierro, bacterias del azufre, etc.) en general utilizan los nitratos ( $NO_3^-$ ); algunas bacterias pueden aprovechar, además, el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ).

Los organismos quimioheterótrofos (animales, hongos, protozoos y muchas bacterias) utilizan los grupos amino ( $-NH_2$ ) de los aminoácidos procedentes de la digestión de las proteínas. Algunas bacterias, como *Azotobacter*, *Clostridium* o *Rhizobium*, pueden aprovechar, además, el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ).

- 45 Pueden llevar a cabo este ciclo las células de los organismos fotoautótrofos y de los organismos quimioautótrofos. En las plantas (organismos fotoautótrofos), como para llevar a cabo este ciclo se necesita captar  $CO_2$  atmosférico y se necesita también el ATP y el NADPH obtenidos en la fase luminosa, solo lo pueden llevar a cabo las células de las hojas y otras estructuras verdes de la planta.
- 46 La enzima nitrato sintetasa es la enzima que cataliza la reacción de síntesis de los nitritos ( $NO_2^-$ ). Esta reacción se

- lleva a cabo a partir del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y la hacen las bacterias nitrificantes. El paso de  $\text{NH}_3$  a  $\text{NO}_2^-$  necesita oxígeno y, por tanto, es una reacción de oxidación.
- 47** La fuente de glúcidos difiere según el tipo de organismo. Las bacterias heterótrofas de vida libre, como *Azotobacter* o *Clostridium*, obtienen los glúcidos de la materia orgánica externa en descomposición; las bacterias que son simbioses, como el *Rhizobium*, obtienen los glúcidos de la savia elaborada de la planta en que viven, y las bacterias fotosintéticas, como el *Rhodospirillum*, y las cianobacterias producen glúcidos propios mediante la fotosíntesis a partir del  $\text{CO}_2$ .
- 48** La quimiosíntesis consiste en la síntesis de ATP a partir de la energía que se desprende en las reacciones de oxidación de determinadas sustancias inorgánicas. Solo la realizan algunos tipos de bacterias, las denominadas bacterias quimiosintéticas.
- 49** El ATP procedente del catabolismo.
- 50** A partir del gliceraldehído-3-fosfato.
- 51** Porque el ácido pirúvico puede proceder de la glucólisis, del catabolismo de los aminoácidos y de la transformación del ácido láctico producido por reacciones de fermentación en los músculos, y estas reacciones no tienen lugar en la mitocondria. En las células vegetales y en los microorganismos, además, el ácido pirúvico puede proceder de los ácidos grasos. Por otra parte, la enzima encargada de transformar el ácido pirúvico en fosfoenolpiruvato se encuentra en la mitocondria y este es el metabolito necesario para la síntesis de glucosa en el citosol.
- 52** Porque el primer ácido oxalacético se produce en la mitocondria (a partir del ácido pirúvico que ha entrado) y, como no es capaz de atravesar la membrana interna, no puede salir de la mitocondria; por ello se transforma en ácido málico, que sí es capaz de hacerlo. Una vez fuera, se transforma en ácido oxalacético y la gluconeogénesis prosigue.
- 53** La activa el uridín-trifosfato (UTP). En la amilogénesis, la molécula activadora es el ATP.
- 54** Es un aminoácido que no puede faltar en la dieta, ya que el organismo, a pesar de que lo necesita, no es capaz de sintetizarlo. Para los humanos son esenciales la leucina, la isoleucina, la lisina, la metionina, la fenilalanina, la treonina, el triptófano y la valina.
- 55** Es una reacción de degradación; así pues, es una reacción catabólica. Como se trata de un aminoácido, la alanina, que pierde el grupo amino (desaminación) y los hidrógenos (oxidación), es la desaminación oxidativa de la alanina.
- 56** Aquellos que sintetizan ATP a partir de la energía desprendida en una reacción química de oxidación de un compuesto inorgánico externo.
- 57** La fuente de energía es la oxidación del amoníaco a nitritos ( $2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{energía en forma de ATP}$ ). La fuente de hidrógenos es un transporte inverso de electrones en la cadena respiratoria con un desgaste de una parte del ATP sintetizado antes. La fuente del carbono es el  $\text{CO}_2$  atmosférico y la fuente del nitrógeno es el ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).
- 58** No. Hay organismos que, a pesar de que son heterótrofos, es decir, obtienen el C, el N, el S, etc., de la materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), captan la energía de la luz. Son los organismos fotoheterótrofos, tales como las bacterias fotosintéticas no sulfurosas.
- 59** El acetil-CoA.
- 60** En realidad no necesitan glicerina, sino glicerol-3-fosfato, y este se obtiene de la dihidroxiacetona-3-fosfato, que es un metabolito intermedio de la glucólisis. Los ácidos grasos se forman a partir del acetil-CoA, y este, a partir del ácido cítrico, que es uno de los metabolitos intermedios del ciclo de Krebs.
- 61** En el citosol.
- 62** No, puesto que la reacción por la que se forma acetil-CoA a partir del ácido pirúvico no es reversible, lo que supone que las moléculas de acetil-CoA formadas en la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos de los lípidos no puedan convertirse en ácido pirúvico y seguir la vía inversa de la glucólisis hasta formar glucosa.
- 63** Son un grupo de ocho aminoácidos proteicos que los seres humanos y muchos otros animales no podemos sintetizar por nosotros mismos y que, por tanto, debemos ingerir en nuestra dieta.
- 64** La síntesis de los aminoácidos, básicamente, se realiza a partir de un ácido orgánico (de tres a cinco átomos de carbono), al que se le añade un grupo amino. Según la procedencia del grupo amino:
- Transaminación: se recibe directamente el grupo amino de otro aminoácido.
  - Desaminación: si proviene de un ion amonio libre ( $\text{NH}_4^+$ ), procedente de otro aminoácido que ha perdido un grupo amino.
- 65** A partir del ácido iosínico, que, a su vez se forma a partir del ácido aspártico más una glicina, una glutamina y una molécula de  $\text{CO}_2$ .

Pág. 235

## PARA PROFUNDIZAR

- 66** a) La fotosíntesis.  
b) En los cloroplastos.  
c) Células vegetales. La fotosíntesis tiene lugar en plantas, algas, cianobacterias y bacterias púrpuras y verdes del azufre.  
d) El agua proporciona protones y electrones mediante la fotólisis, que permiten la reducción del  $\text{NADP}^+$  y la síntesis de ATP. Por cada molécula de agua:
- $$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- + 1/2 \text{O}_2$$
- e) En la fase 1 se representa la cadena transportadora de electrones, que forma parte de la fase luminosa de la fotosíntesis. Si la fase luminosa es acíclica, ocurren tres procesos: la fotólisis del agua, la fotofosforilación del ADP y la fotorreducción del NADP. Si la fase luminosa es cíclica



el único proceso que ocurre es la fotofosforilación del ADP y solo interviene el fotosistema I (PS I).

En la fase 2 del esquema se representa el ciclo de Calvin, que tiene lugar durante la fase oscura o independiente de luz de la fotosíntesis. En él se pueden distinguir dos procesos:

- Fijación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El  $\text{CO}_2$  atmosférico entra en el estroma del cloroplasto y allí se une a la ribulosa-1,5-difosfato, gracias a la acción de la enzima ribulosa difosfato carboxilasa oxidasa (rubisco) y da lugar a un compuesto inestable de seis átomos de carbono, que se disocia en dos moléculas con tres átomos de carbono, el ácido-3-fosfoglicérico.
- Reducción del  $\text{CO}_2$  fijado. Mediante el consumo del ATP y del NADPH obtenidos en la fase luminosa, el ácido 3-fosfoglicérico es reducido a gliceraldehído-3-fosfato (G3P). El G3P puede seguir, a su vez, tres vías:
- Regeneración de la ribulosa-1-5-difosfato dentro de los cloroplastos, mediante un proceso complejo, en el que se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete átomos de carbono. Este proceso recibe el nombre de ciclo de las pentosas-fosfato.
- Síntesis de almidón, ácidos grasos y aminoácidos en los cloroplastos.
- Síntesis de glucosa y fructosa fuera del cloroplasto, es decir, en el citosol, por un proceso similar a la glucólisis, pero en sentido inverso.

- 67** a) La fase luminosa de la fotosíntesis.  
b) La conversión de energía luminosa en energía química.  
c) Las células vegetales y algunas bacterias.  
d) 1 y 2: fotones de la luz.  
3:  $\text{NADP}^+ + 2\text{H}^+$ .  
4:  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ .  
5:  $\text{H}_2\text{O}$ .  
6:  $\text{O}_2 + \text{H}^+$ .  
7:  $\text{ADP} + \text{P}_i$ .  
8: ATP.

Pág. 237

## CIENCIA EN TU VIDA

- 68** R. M. Evitar la obesidad disminuyendo el consumo de azúcares y grasas y evitando el sedentarismo haciendo ejercicio cada día, al menos, andar rápidamente media hora diaria.
- 69** En primer lugar se enviará glucagón a la sangre para que el glucógeno hepático se transforme en glucosa, que pasará a la sangre para alimentar principalmente a las neuronas. Agotada esta glucosa, las células empezarían a consumir ácidos grasos en las mitocondrias para obtener cuerpos cetónicos, dado que estos, aunque son tóxicos y producen mareo, pueden ser consumidos por las células nerviosas, las cuales solo consumen glucosa y cuerpos cetónicos, y sin energía mueren en poco tiempo y no pueden ser

reemplazadas por otras. El paciente se encontraría mareado, como si estuviera borracho. Si no ingiriera pronto glucosa disuelta en agua, sufriría un coma diabético con peligro de muerte.

- 70** Los animales controlan el metabolismo celular mediante los mensajeros químicos, es decir, mediante las hormonas. Estas influyen en los genes favoreciendo la síntesis de determinadas proteínas, unas con función estructural, como son las musculares, y otras con función enzimática, como las que controlan el metabolismo.

Por ejemplo, en el caso de necesitarse una mayor síntesis de proteínas musculares, el proceso seguiría el modelo descrito para el nivel de la testosterona. Cuando el nivel de testosterona en sangre es bajo, el hipotálamo segrega la hormona GnRH que actúa sobre la glándula hipófisis, la cual libera a la sangre las hormonas FSH y LH, que actúan sobre las gónadas provocando la síntesis de testosterona. Cuando la testosterona recupera su concentración normal, actúa frenando la acción estimuladora de hipotálamo e hipófisis.

Un aumento de testosterona favorece la síntesis de proteínas musculares, ya que entra en las células, en parte se transforma en dihidrotestosterona y ambas se unen a receptores específicos presentes en el citoplasma. Esto les permite entrar en el núcleo celular y unirse a secuencias específicas de nucleótidos del ADN, los denominados elementos de respuestas a hormonas (HRE), gracias a lo cual incrementa la transcripción de los genes responsables de la síntesis de proteínas musculares.



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  $2\text{ }\mu\text{m}$ , entonces su radio es  $1\text{ }\mu\text{m}$ . Considerando el núcleo como una esfera, su volumen sería  $4/3 \cdot \pi \cdot 1^3\text{ }\mu\text{m}^3$ .  
$$\text{RNP} = \text{Volumen núcleo} / (\text{Volumen citoplasma} - \text{Volumen núcleo}).$$
  
Según el enunciado, si RNP es menor de 0,002, comienza la división celular; por tanto, se trata de resolver la siguiente ecuación:  
$$0,002 < 4/3 \cdot \pi \cdot 1^3\text{ }\mu\text{m}^3 / (4/3 \cdot \pi \cdot (r_{\text{citoplasma}}^3 - 1^3))\text{ }\mu\text{m}^3$$
  
Resolviendo,  $r_{\text{citoplasma}} < 7,94\text{ }\mu\text{m}$ , aproximadamente, para que comience la división celular.

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

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

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.

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

- 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.

### 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.

### 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 anterófitos 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 esquizogonia 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.

Pág. 263

**PARA COMENZAR**

- Algunas características heredables son la forma de los ojos, el color de los ojos, el color del pelo, la forma de la nariz, la altura, la estructura corporal, el color de la piel, etc. Tres características no heredables son una cicatriz, la habilidad de tocar un instrumento y la capacidad de hablar un idioma. Las primeras son características que están en el ADN que el individuo recibe de sus progenitores mientras que las segundas son las que se han adquirido durante la vida.
- Se debería cruzar el caballo albino con los no albinos y escoger los descendientes que mostraran un mayor grado de albinismo para reproducirlos entre sí. Este proceso se debería repetir muchas veces hasta conseguir que todos los descendientes ya nacieran albinos.
- La reproducción sexual, ya que en la reproducción asexual todos los descendientes son idénticos al único progenitor y, por tanto, no hay ningún cambio genético.
- R. L.

Pág. 265

- 1** Porque en el cruce entre guisantes raza pura lisa con raza pura rugosa, pese a que en la  $F_1$  todos los descendientes eran lisos, en la  $F_2$  había individuos de semillas lisas e individuos de semillas rugosas, concretamente había el triple de individuos de semillas lisas que de semillas rugosas.

De este experimento dedujo que la información biológica sobre cada carácter biológico estaba por duplicado, ya que los individuos de la  $F_1$ , por un lado tenían la información para producir la forma lisa, porque ellos la presentaban, y por otro lado también tenían la información para producir la forma rugosa, pues algunos de sus descendientes la presentaban, y lógicamente la habían recibido de sus progenitores.

- 2** Los factores que se manifiestan siempre son los dominantes y los que solo lo hacen en ausencia del dominante son los factores recesivos.

Mendel demostró este hecho cruzando entre sí las plantas de la  $F_1$  (que presentaban el mismo fenotipo) y obtuvo una segunda generación filial ( $F_2$ ) con individuos de semillas lisas (3/4) e individuos de semillas rugosas (1/4).

De este experimento dedujo que el factor que controlaba ese carácter se encontraba por duplicado, y que cada organismo poseía dos factores hereditarios para cada uno de sus caracteres, uno heredado de un progenitor y otro del otro. Así, las plantas de la  $F_1$  tendrían ambos factores distintos, aunque solo se expresaba uno de ellos.

Pág. 266

3

|                       |                     | Ley de la uniformidad   | Ley de la segregación                                                                     |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fenotipo              | Generación parental | Liso $\times$ rugoso    | Liso $\times$ liso                                                                        |
|                       | Generación filial   | Liso                    | Liso y rugoso                                                                             |
| Proporciones filiales | Genotipo            | 100 % heterocigoto (Ll) | 25 % homocigoto dominante (LL)<br>50 % heterocigoto (Ll)<br>25 % homocigoto recesivo (ll) |
|                       | Fenotipo            | 100 % liso              | 75 % liso<br>25 % rugoso                                                                  |

Pág. 267

- 4** El cuadro de Punnett con los genotipos y fenotipos (indicados entre paréntesis) de la  $F_2$  es el siguiente:

| $F_2$ | LA                         | La                         | IA                           | la                           |
|-------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| LA    | LLAA<br>(liso<br>amarillo) | LLAa<br>(liso<br>amarillo) | LIAA<br>(liso<br>amarillo)   | LIAa<br>(liso<br>amarillo)   |
| La    | LLAa<br>(liso<br>amarillo) | LLaa<br>(liso<br>verde)    | LIAa<br>(liso<br>amarillo)   | Llaa<br>(liso<br>verde)      |
| IA    | LIAA<br>(liso<br>amarillo) | LIAa<br>(liso<br>amarillo) | IIAA<br>(rugoso<br>amarillo) | IIAa<br>(rugoso<br>amarillo) |
| la    | LIAa<br>(liso<br>amarillo) | Llaa<br>(liso<br>verde)    | IIAa<br>(rugoso<br>amarillo) | IIaa<br>(rugoso<br>amarillo) |



En la  $F_2$  se generan 9 genotipos con las siguientes proporciones:

|               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| $LLAA$ : 1/16 | $LlAa$ : 4/16 | $llAA$ : 1/16 |
| $LLAa$ : 2/16 | $Llaa$ : 1/16 | $llAa$ : 2/16 |
| $LlAA$ : 2/16 | $Llaa$ : 2/16 | $llaa$ : 1/16 |

De los 9 genotipos solo hay 4 fenotipos diferentes con las siguientes frecuencias:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Liso amarillo: 9/16 | Rugoso amarillo: 3/16 |
| Liso verde: 3/16    | Rugoso verde: 1/16    |

Pág. 269

### SABER HACER

- 5 a) Dominante.  
b)  $Aa \times Aa$ .  
c) La probabilidad de no ser acondroplásico es de 0,25 (1/4) y de ser acondroplásico es de 0,75 (3/4).

- 6  $AABB$ : 1/16       $AaBB$ : 2/16       $aaBb$ : 2/16  
 $AABb$ : 2/16       $aaBB$ : 1/16       $Aabb$ : 2/16  
 $AAbb$ : 1/16       $AaBb$ : 4/16       $aabb$ : 1/16

- 7 El cruzamiento que se propone es un cruzamiento prueba. Por tanto, el genotipo de la generación filial  $F_1$  se presenta con las mismas proporciones que la frecuencia gamética del individuo heterocigótico, en este caso concreto: 25 %  $GgMm$ , 25 %  $Ggmm$ , 25 %  $ggMm$  y 25 %  $ggmm$ .

El cruzamiento prueba tiene gran interés genético: consiste en cruzar un individuo con el homocigótico recesivo, respecto de los caracteres que estamos examinando y permite averiguar la frecuencia gamética del individuo heterocigótico, pudiéndose descubrir los heterocigóticos en el tipo de herencia dominante.

- 8 Utilizamos los alelos  $A$ : pelo negro;  $a$ : pelo blanco;  $B$ : cola larga y  $b$ : cola corta. El cruzamiento indicado es  $AaBb \times aabb$ .

- a) Se trata de un cruzamiento prueba, por lo que en la  $F_1$  se obtienen los siguientes genotipos y fenotipos.

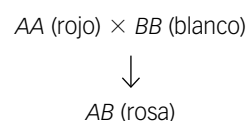
| $F_1$ | $AB$                         | $Ab$                         | $aB$                          | $ab$                          |
|-------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $ab$  | $AaBb$<br>(negro cola larga) | $Aabb$<br>(negro cola corta) | $aaBb$<br>(blanco cola larga) | $aabb$<br>(blanco cola corta) |

- b) Las proporciones de la  $F_1$  es la misma para todos los genotipos, 0,25 (1/4).
- 9 a) Toro:  $Pp$ ; vaca  $A$ :  $pp$ ; vaca  $B$ :  $Pp$ ; vaca  $C$ :  $pp$ .  
b) El cruce es  $Pp \times pp$  y la proporción de la  $F_1$  es: 1/2 con cuernos y 1/2 sin cuernos.  
c) El cruce es  $Pp \times Pp$  y la proporción de la  $F_1$  es: 3/4 sin cuernos y 1/4 con cuernos.
- 10 Utilizamos los alelos  $A$ : ausencia de molares y  $a$ : presencia de molares.

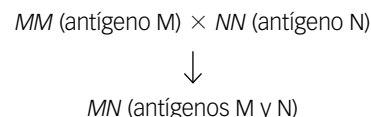
- a) Si la hija tiene molares, su fenotipo será  $aa$ . Por tanto, los padres, que no tienen molares, presentarán el alelo  $a$  en su genotipo. El genotipo del padre y de la madre es  $Aa$ , y el de la hija,  $aa$ .  
b) La probabilidad de que tengan otra hija con molares es 0,25 (1/4).  
c) La proporción de heterocigóticos ( $Aa$ ) de la descendencia es de 0,5 (1/2).

Pág. 271

- 11 La herencia con dominancia incompleta es aquella en la cual los alelos no presentan una dominancia completa, es decir, el alelo dominante no anula completamente la información del alelo recesivo de forma que, los híbridos (heterocigotos) muestran un «fenotipo intermedio» entre las dos razas puras. Ejemplo: sea  $A$  color rojo y  $B$  color blanco:



En la herencia codominante, los dos alelos son equipotentes y no hay dominancia de uno sobre otro. Los híbridos presentan características de las dos razas puras a la vez. Ejemplo: sea  $M$  presencia de antígeno  $M$  y  $N$  presencia de antígeno  $N$



### SABER HACER

- 12 a) El total de la descendencia (100 %) será de genotipo  $Pp$  y de fenotipo intermedio entre plumas rizadas y lisas.  
b) La mitad de la descendencia (50 %) será de genotipo  $Pp$  y tendrá plumas intermedias.
- 13 a) Mujer:  $I^A i$ ; Hombre:  $I^B i$ ; Hijo:  $i i$ .  
b) 0,25 (1/4).  
c) 1/64.

Pág. 273

- 14 La proporción fenotípica de la  $F_2$  sin diferenciar entre machos y hembras es, 75 % ojos rojos y 25 % ojos blancos. Se corresponde con la ley de la segregación de Mendel.

Pág. 274

- 15 Primer cruzamiento prueba  $b^+b^+vg^+vg^+ \times bbvgvg$

| $F_1$ | $b^+vg^+$    |
|-------|--------------|
| $bvg$ | $b^+bvg^+vg$ |



Segundo cruzamiento prueba  $b^+bvg^+vg \times bbvgvg$

| F <sub>2</sub> | $b^+vg^+$    | $b^+vg$    | $bvg^+$    | $bvg$    |
|----------------|--------------|------------|------------|----------|
| $bvg$          | $b^+bvg^+vg$ | $b^+bvgvg$ | $bbvg^+vg$ | $bbvgvg$ |

- 16** Mendel habría obtenido los mismos resultados que Morgan en sus experimentos, puesto que los individuos del primer cruzamiento son razas puras para dos caracteres en los dos casos.

Tanto en los experimentos de Mendel como en los de Morgan, se cumple la primera ley de Mendel, puesto que la F<sub>1</sub> es de genotipo híbrido. En la especie de moscas *Drosophila melanogaster* se deduce por los resultados de la F<sub>1</sub> que el color gris del cuerpo domina sobre el negro y que las alas normales dominan sobre las vestigiales; pero al ser genes parcialmente ligados, se obtiene una F<sub>2</sub> con diferentes proporciones a lo esperado según los experimentos de Mendel.

Si comparamos los caracteres estudiados por Mendel en cuanto a la forma y color de las semillas con los resultados de Morgan y sus proporciones, entonces las proporciones que Mendel habría obtenido serían:

*LLAa* 41,5 % lisas amarillas.

*Llaa* 8,5 % lisas verdes.

*lLAa* 8,5 % rugosas amarillas.

*ltaa* 41,5 % rugosas verdes.

Pág. 275

- 17** Los genes ligados suelen heredarse juntos. Cuando dos genes ligados se heredan por separado, se puede concluir que se ha producido un entrecruzamiento entre ambos genes durante la meiosis.
- 18** La frecuencia de recombinación entre dos genes ligados aumenta cuanto más separados estén esos genes en el cromosoma, dado que la probabilidad de que se produzca un entrecruzamiento es más elevada entre genes que están muy separados que entre los que están más próximos.

#### SABER HACER

- 19** Cuanto mayor es la distancia entre los genes ligados, más alta es, lógicamente, la frecuencia de recombinación. Por tanto, los genes B y C que se heredan por separado con menos frecuencia que los genes A y B, habrán tenido una frecuencia de recombinación menor, lo que significa que se encuentran más próximos entre sí que A y B.
- 20** La frecuencia de recombinación se calcula con el porcentaje de descendencia recombinante. Los descendientes recombinantes en este caso son Aabb y aaBb, en total 30 individuos (15 + 15).
- a)** La frecuencia de recombinación de A y B será  $(30/1000) \cdot 100 = 3\%$ .

- b)** Considerando que cada 1 % de recombinaciones entre genes ligados equivale a una unidad de distancia en el mapa del cromosoma, la distancia de estos dos genes equivale a 3 centimorgan.

Pág. 276

- 21** Hacen referencia a la cantidad de autosomas de cada especie.

Pág. 277

- 22** Si posee 17 cromosomas, será macho (X0). En sus células somáticas tendrá 16 autosomas (8 parejas) y en sus células sexuales (espermatozoides) tendrá 8 autosomas.

Pág. 279

- 23 a)** Porque al ser el gen de la hemofilia recesivo y ser un gen ginándrico, para que aparezca una mujer hemofílica es necesario que este gen esté en sus dos cromosomas X, mientras que en el hombre es suficiente que esté en su único cromosoma X.
- b)** El gen hemofílico de la reina Victoria pudo aparecer por mutación a partir del gen no hemofílico.

Pág. 280

#### SABER HACER

- 24 a)** Las hembras serán el 100 % de ojos rojos, y los machos serán el 50 % de ojos blancos y el 50 % de ojos rojos.
- b)** Será el 100 % de ojos blancos porque ninguno de los dos progenitores tiene el gen ojos rojos.
- c)** Las hembras serán la mitad de ojos blancos y la mitad de ojos rojos; los machos también serán la mitad de ojos blancos y la otra mitad de ojos rojos.
- 25** Si la mujer es daltónica, tendrá un genotipo  $X^dX^d$ , y el hombre al no ser daltónico no portará ningún gen para el daltonismo, por tanto, será  $X^+Y$ .
- La probabilidad de que los hijos varones sean daltónicos ( $X^dY$ ) es del 100 %, puesto que la mujer siempre aportará  $X^d$  en sus gametos y el hombre aportará el cromosoma Y.

Pág. 281

#### SABER HACER

- 26 a)**  $2/3$ .
- b)**  $(2/3) \cdot (1/2) = 1/3$ .

Pág. 282

#### PARA REPASAR

- 27** Un alelo es cada una de las variantes que puede tener un gen que controla un determinado carácter. El alelo dominante predomina sobre el recesivo. Por ejemplo, en el

guisante para el carácter color de la semilla hay dos alelos, el amarillo, que se comporta como dominante, y el verde, que se comporta como recesivo. El alelo dominante se representa con mayúscula (A) y el recesivo con minúscula (a).

Homocigoto o raza pura hace referencia a los organismos diploides en los que, para un carácter, poseen ambos alelos iguales. Puede ser dominante (AA) o recesivo (aa).

El cruzamiento prueba es el cruce de un individuo «problema» con un individuo homocigótico recesivo. Se utiliza en los casos de herencia dominante para averiguar si un individuo es homocigoto o heterocigoto. Si en la descendencia aparecen homocigóticos recesivos, se demuestra que el individuo problema es heterocigoto. Por ejemplo:  $AaBb \times aabb$  genera una descendencia con cuatro genotipos diferentes en la misma proporción:  $AaBb$  (0,25),  $Aabb$  (0,25),  $aabB$  (0,25) y  $aabb$  (0,25). Si el cruzamiento es con un homocigoto,  $AABB \times aabb$ , la descendencia será toda heterocigota,  $AaBb$ .

La herencia codominante es aquella en la que los dos alelos son equipotentes y no hay dominancia de uno sobre otro. Los híbridos presentan características de las dos razas puras a la vez. Por ejemplo, en la herencia de los grupos sanguíneos humanos M-N, se diferencian 3 tipos de individuos: los M, que presentan el antígeno M y cuyo genotipo es  $MM$ , los N, que presentan el antígeno N y cuyo genotipo es  $NN$  y, los que presentan ambos antígenos a la vez, cuyo genotipo es  $MN$ .

- 28** Los factores hereditarios no antagónicos, como son los que informan sobre la forma y los que informan sobre el color de las semillas, mantienen su independencia a través de las generaciones, agrupándose al azar en los descendientes.

Para la representación ver el cuadro amarillo de la página 267 del libro del alumno.

- 29** a) Sí, porque el hombre recibe el cromosoma X de la madre, y este puede no haber experimentado la recombinación.  
b) Sí, porque el cromosoma Y pasa del padre al hijo varón.  
c) No, ya que las mujeres no tienen cromosoma Y.
- 30** a) Cierta.  
b) Falsa.  
c) Cierta.  
d) Falsa.
- 31** a)  $3/4 \cdot 556 = 417$  semillas amarillas.  
b)  $1/16 \cdot 3584 = 224$  semillas verdes y rugosas.
- 32** a) Son la pareja de cromosomas que contienen los genes que regulan un mismo grupo de caracteres. Cada miembro de la pareja procede de uno de los progenitores y, por tanto, la información sobre esos caracteres puede ser igual o diferente.  
b) Las mujeres tienen 23 pares de cromosomas homólogos y los hombres solo presentan 22 parejas de cromosomas homólogos (las 22 parejas de cromosomas autosómicos, ya que el cromosoma X no es homólogo del cromosoma Y).

- c) En las células diploides humanas hay 44 autosomas y 2 heterocromosomas.  
d) Los heterocromosomas de las mujeres son los dos cromosomas X y los heterocromosomas de los hombres son el cromosoma X y el cromosoma Y.  
e) La mitad serán mujeres, y la otra mitad, hombres.  
f) En el sexo masculino, porque, como los hombres solo tienen un cromosoma X, casi todos sus genes se manifiestan, aunque sean recesivos. En cambio, las mujeres, al tener dos ejemplares del cromosoma X, si los genes anómalos son recesivos (que es la situación habitual), para que se manifiesten deben estar presentes en los dos cromosomas X, lo que hace disminuir la probabilidad de aparición de este tipo de enfermedades.

- 33** a)  $aaX^hX^+ \times AaX^+Y$ .  
b) 0,25.  
c) 0,25.

- 34** a) Todos amarillos.  
b) Tanto los machos como las hembras serán la mitad amarillos y la mitad de color común.  
c) Todos los machos amarillos y todas las hembras de color común.  
d) Todos de color común.  
e) La mitad de los machos amarillos, y la otra mitad de color común, y todas las hembras normales.

- 35** a) 0,25.  
b) 0.  
c) Porque, a diferencia del daltonismo, la hemofilia sin tratamiento adecuado puede comportar fácilmente la muerte del individuo, con lo cual disminuye la frecuencia del gen para la hemofilia en la población. No desaparece totalmente porque como es un gen recesivo, se transmite de heterocigoto a heterocigoto sin que la selección lo elimine del todo, y porque vuelven a aparecer gracias a la mutación recurrente del gen normal a gen hemofílico.

- 36** a) El genotipo del hombre es  $Mn$  y los descendientes de este cruce serían 50 % de ojos marrones y 50 % de ojos azules.  
b) 75 % de ojos marrones y 25 % de ojos azules.  
c) Se aplica la ley de la segregación: los dos factores hereditarios que informan sobre un mismo carácter no se fusionan o mezclan, sino que permanecen diferenciados durante toda la vida del individuo y se segregan, es decir, se separan y se reparten en el momento de la formación de los gametos (Ver la representación de la ley de la segregación en la página 266 del libro del alumno).

Pág. 283

#### PARA PROFUNDIZAR

- 37** a) A la vista de los datos, el alelo  $p$  tiene una doble función: por una parte es el causante de la pigmentación (en cuyo caso, se comporta como alelo dominante frente al normal  $P$ ) y, por otro lado, en homocigosis es letal,

comportándose como alelo recesivo. Por tanto, los individuos  $PP$  son normales, los  $Pp$  son pigmentados y los  $pp$  mueren.

Si cruzamos ratones pigmentados entre sí:

| Genotipo parental (fenotipo)     | $Pp$ (pigmentados) $\times$ $Pp$ (pigmentados)      |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Gametos                          | $P + p \times P + p$                                |
| Genotipo filial $F_1$ (fenotipo) | $PP$ (normal) + $2 Pp$ (pigmentados) + $pp$ (letal) |

Puesto que los individuos con dotación genotípica  $pp$  mueren, la descendencia estará formada por 1/3 de individuos normales y por 2/3 de individuos pigmentados.

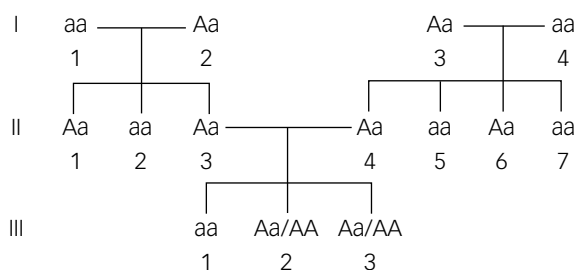
- b) Si se aparean libremente estos descendientes, pueden darse tres posibilidades:
- Que se crucen individuos normales ( $PP$ ) entre sí: la descendencia será normal.
  - Que se crucen ratones pigmentados ( $Pp$ ) entre sí: la descendencia será la explicada en el cuadro anterior para la generación  $F_1$ .
  - Que se crucen ratones normales ( $PP$ ) con pigmentados ( $Pp$ ): la descendencia será del 50% normal y del 50% pigmentados.

- 38 A. Se trata de una herencia recesiva ligada al sexo. Uno de los hijos varones hereda el gen de la hembra (portadora) y una hija hembra también lo hereda (es portadora). Es ligado al sexo, ya que con un solo alelo el macho está afectado (cromosoma X) y es recesivo porque si no todas las hembras estarían afectadas.

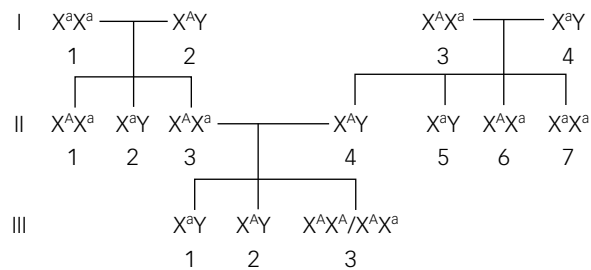
- B. Se trata de un gen autosómico recesivo. A partir de la hembra afectada toda la descendencia es portadora (no afectada), compatible con la ley de la uniformidad de Mendel. Del cruce de dos individuos portadores resultan individuos afectados y portadores, compatible con la ley de la segregación de Mendel.

- 39 a) El alelo que determina la alternativa representada en azul es dominante. Si nos fijamos en el cruce entre los individuos II3 y II4, si el alelo fuera recesivo, ambos individuos serían homocigotos recesivos y en su descendencia no podría aparecer ningún individuo no afectado.

b)



c)



- 40 Los progenitores serán  $CyCySbSb$  y  $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$ , por tanto, todos los descendientes serán  $CyCy^+SbSb^+$ . Si estos se cruzan con individuos  $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$ , las proporciones genotípicas y fenotípicas serán:

| $F_2$      | $CySb$                                                              | $CySb^+$                                                  | $Cy^+Sb$                                                              | $Cy^+Sb^+$                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| $Cy^+Sb^+$ | $CyCy^+SbSb^+$<br>(1/4 alas curvadas y quetas en forma de rastrojo) | $CyCy^+Sb^+Sb^+$<br>(1/4 alas curvadas y quetas normales) | $Cy^+Cy^+SbSb^+$<br>(1/4 alas normales y quetas en forma de rastrojo) | $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$<br>(1/4 alas y quetas normales) |

Por tanto, la probabilidad de que las moscas con quetas en forma de rastrojo además posean las alas curvadas es:

$$\frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$$

Pág. 285

## CIENCIA EN TU VIDA

- 41 En 2015 el único estudio existente era el realizado en hombres y, por lo tanto, con datos concretos solo se podía hablar de la influencia de la obesidad paterna. Dado que también heredan esos genes las hijas, es evidente que no están en el cromosoma Y, por lo que también los poseen las madres. En conclusión, también las futuras madres deben evitar el sobrepeso. Dado que una vez se ha formado el cigoto, los padres ya no aportan más genes al descendiente y que las marcas en los genes se forman a partir de los hábitos alimentarios, ha de ser meses antes cuando los progenitores han de evitar el sobrepeso. En el caso de las mujeres embarazadas, también lo han de hacer durante el embarazo, ya que durante este tiempo los genes de sus hijos experimentarán marcas distintas en función del alimento disponible en la sangre materna.
- 42 En la genética mendeliana ya se distingue entre el genotipo y el fenotipo y se sabe que el fenotipo no solo depende del genotipo, sino también de la influencia del ambiente, como por ejemplo pasa con el color de la piel, que en parte depende de los genes y en parte de la insolación recibida. Basándose en ello, no hay contradicción entre epigenética

y genética mendeliana, pero sí la hay si la expresión de los genes que modifica el ambiente es heredable, es decir, cuando es un caso no solo de epigenética, sino de «herencia epigenética». En este caso, las leyes de la genética mendeliana no podrían explicar la aparición de ciertos fenotipos. Por ejemplo, la tendencia innata a comer más en los hijos de padres con sobrepeso y la no tendencia a hacerlo en los hijos de los padres delgados, pese a que todos ellos tienen los mismos genes que intervienen en este proceso metabólico.

- 43** Que en las teorías evolutivas actuales se descarta la herencia de los caracteres adquiridos, como propone el lamarckismo, ya que se considera que un cambio en los hábitos no puede modificar la secuencia del ADN del individuo en el sentido de propiciar una ventaja, la cual pasaría a sus descendientes. En cambio, la epigenética, que puede definirse como el «conjunto de mecanismos que regulan la expresión de los genes» ha aportado muchos casos en que la expresión puede ser inducida por el ambiente e incluso puede ser heredable. Así pues, no se puede descartar una cierta herencia de algunos caracteres adquiridos en el proceso evolutivo.

Pág. 287

**PARA COMENZAR**

- Que una estructura en doble hélice permite separar los dos filamentos y que cada uno de ellos sirva de molde para sintetizar el filamento complementario y así, obtener dos moléculas idénticas, una por cada una de las células hijas.
- Estas letras corresponden a la primera letra de los cuatro tipos de nucleótidos que constituyen el ADN. «A» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la adenina, «T» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la timina, «C» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la citosina y «G» simboliza un nucleótido cuya base nitrogenada es la guanina.
- De la misma forma que con una secuencia de diferentes tipos de letras, concretamente de los 26 tipos de letras del abecedario, se puede escribir cualquier tipo de información. Con los cuatro tipos de nucleótidos ordenados de formas diferentes y alargando la serie cuanto sea necesario, se puede informar sobre cómo ha de ser cualquier característica biológica.
- No, ya que si en un filamento hay una A, en el otro, enfrentada con la A hay una T, que es su base nitrogenada complementaria, y si hay una C, en el otro filamento hay una G, que es su base nitrogenada complementaria. Por tanto, las dos secuencias son completamente diferentes. En general, si en uno hay un segmento con información, en el otro, el segmento complementario carece de información y solo sirve para dar estabilidad.
- La información contenida en el ADN se copia a un ARN mensajero en un proceso denominado transcripción. A partir de ese ARN mensajero, los ribosomas junto con los ARN transferentes que leen los codones (secuencias de tres nucleótidos) especificados en el ARN mensajero, sintetizan las proteínas. Según el código genético establecido, cada codón codifica para un aminoácido específico. Este flujo de información se conoce como el dogma central de la biología molecular:

ADN  $\xrightarrow{\text{Transcripción}}$  ARN  $\xrightarrow{\text{Traducción}}$  Proteína

- La síntesis de proteínas tiene lugar en el citoplasma celular, mientras que la replicación del material genético tiene lugar en el núcleo.

Pág. 288

- 1 El material genético de la bacteria *Streptococcus pneumoniae*.

Pág. 289

- 2 Según la hipótesis conservativa, una doble hélice conserva las dos cadenas originales y la otra está formada por las dos de nueva síntesis. Por tanto, habría obtenido dos bandas claramente diferenciadas, una en la parte de abajo del tubo, correspondiente a la doble hélice con  $^{15}\text{N}$  y otra banda sobre la anterior que correspondería a la doble hélice con  $^{14}\text{N}$ .

Esta hipótesis se descartó porque lo que en realidad obtuvo, después de la primera duplicación, fue una banda de posición intermedia entre el ADN con  $^{15}\text{N}$  y el ADN con  $^{14}\text{N}$ .

- 3 Si las bacterias se dejaban en  $^{14}\text{N}$  durante dos divisiones, aparecían dos bandas de ADN en el tubo de la centrífuga, uno híbrido y otro ligero. Si se dejaban durante tres divisiones, la proporción de ADN híbrido era más pequeña. Esto descartaba la hipótesis dispersiva, porque se habrían obtenido cadenas hijas con fragmentos de la cadena original (antiguo) y fragmentos de nueva síntesis, y demostraba la hipótesis semiconservativa, según la cual cada doble hélice conserva una hélice de las dos originales y sintetiza una nueva.

Pág. 290

- 4 La energía desprendida al romper los enlaces entre los grupos fosfato es utilizada durante el proceso de síntesis del ADN.
- 5 El enlace entre el último nucleótido y el que se incorpora es  $3' \rightarrow 5'$ .
- 6  $3' \dots \text{TGAGTCCAT} \dots 5'$

Pág. 291

- 7 Si hay un 18 % de timina, habrá un 18 % de adenina (su base complementaria). Del 64 % restante habrá un 32 % de guanina y un 32 % de citosina.
- 8 Son fragmentos constituidos por unos cincuenta nucleótidos de ARN y unos mil o dos mil nucleótidos de ADN. Estos fragmentos son sintetizados primero por la ARN polimerasa y, posteriormente, son continuados por la ADN polimerasa, en dirección  $5' \rightarrow 3'$ , sobre diferentes regiones de la hebra patrón.

Pág. 292

- 9 Porque la ADN polimerasa actúa añadiendo nucleótidos al extremo que presenta un nucleótido con su carbono  $3'$  libre, puesto que es incapaz de añadirlos al extremo del nucleótido con su carbono  $5'$  libre. La hebra retardada es la que tiene libre su extremo  $5'$ , por tanto, se sintetiza de manera discontinua en fragmentos de Okazaki.
- 10 La helicasa rompe los puentes de hidrógeno entre las dos hebras complementarias y las separa.

Pág. 293

- 11 La replicación del ADN en los organismos eucariotas es muy similar a la de los procariotas, aunque hay algunas diferencias:
  - El ADN de las células eucariotas está asociado a histonas, formando nucleosomas.

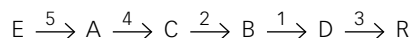
- La longitud del ADN de un cromosoma eucariótico es mucho mayor que la del ADN bacteriano (unos cincuenta milímetros frente a poco más de un milímetro). Además, el proceso es bastante más lento (50 nucleótidos por segundo en eucariotas y 500 nucleótidos por segundo en bacterias), seguramente por la presencia de histonas.
- Se ha observado que en el ADN de un cromosoma no hay un solo origen de replicación, sino aproximadamente un centenar.
- Además, los fragmentos de Okazaki son más pequeños en eucariotas, de unos cien a doscientos nucleótidos, y el proceso de replicación se lleva a término durante el periodo S de la interfase, que dura, aproximadamente, de seis a ocho horas.

- 12** Son los diferentes puntos del cromosoma de una célula eucariota donde tiene lugar simultáneamente la replicación, también se denominan unidades de replicación.

Pág. 294

### SABER HACER

- 13** El orden de las sustancias en la ruta metabólica junto con el paso que bloquea cada mutante es:



Cada mutante acumulará el compuesto anterior, dado que la falta de enzima bloquea el metabolismo de la sustancia sobre la que actúa.

Pág. 295

- 14** En general, puede considerarse que una secuencia de nucleótidos de ADN contiene la información necesaria para que se sintetice una proteína: la información fluye del ADN al ARNm en un proceso denominado transcripción, y de este a la proteína, mediante un proceso llamado traducción.
- 15** Porque la ARN polimerasa cataliza la adición de ribonucleótidos, uno a uno, al extremo 3' de la cadena de ARN en crecimiento. Esta enzima se mueve en dirección 3' → 5' respecto al ADN, sintetizando la nueva cadena complementaria de ribonucleótidos en dirección 5' → 3'.
- 16** a) ARNm: 5' ... AUGUUCAUGAACAAAGAA ... 3'  
 b) ADN: 3' ... ATGTTTCATGAACAAAGAA ... 5'  
 ARNm: 5' ... UACAAGUACUUGUUUCUU ... 3'.

Pág. 296

- 17** El promotor es una región de ADN que no se transcribe y la unidad de transcripción es el fragmento que se transcribe.
- 18** La síntesis de ARNm se produce en sentido 5' → 3'.
- 19** La secuencia consenso es TATAAT, conocida como caja de Pribnow, por tanto, la transcripción comienza a partir del siguiente nucleótido. El principio del ARNm transcrito es:  
 ARNm: 5' ... UAG CAU CGU AUG UCG AUC UUG CUA ... 3'

Pág. 297

- 20** En procariotas, las proteínas están codificadas por una disposición continua de codones, pero en eucariotas un gen está interrumpido por secuencias no codificadoras. Las secuencias no codificadoras son intrones y las secuencias codificadoras exones.

Los ARN mensajeros de los procariotas son traducidos directamente (no hay etapa de maduración), a partir de él se forma una proteína funcional. En los eucariotas, una vez que se eliminan los intrones y se unen los exones entre sí, ya se obtiene el ARNm a partir del cual se sintetiza la proteína. Por tanto, los ARN mensajeros de procariotas y eucariotas que codifican para una misma cadena polipeptídica sí poseen la misma longitud.

Pág. 298

- 21** a) Son posibles los tripletes con U y C, 8 en total: UUU, UUC, UCU, CUU, CUC, CCU, UCC, CCC.  
 b) El porcentaje de citosinas es el 70 % (0,7), por lo que el porcentaje de tripletes CCC será:  
 $0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,343$ , es decir, un 34,3%.

Los tripletes posibles con 2 U y una C son 3, luego su porcentaje será:  $(0,3 \cdot 0,3 \cdot 0,7) \cdot 3 = 0,189$ , es decir, un 18,9%.

Pág. 299

- 22** En el proceso de traducción intervienen los siguientes elementos: aminoácidos, ARN de diversos tipos, enzimas, factores proteicos y nucleótidos trifosfato como moléculas donadoras de energía.
- 23** Unir el ARNt con su correspondiente aminoácido.
- 24** Porque a partir de ATP se obtiene AMP, quedando fósforo inorgánico (PP<sub>i</sub>) libre.

Pág. 300

- 25** ADN: 3' ... ATGTTTCATGAACAAAGAA ... 5'  
 ARNm: 5' ... UACAAGUACUUGUUUCUU ... 3'  
 Proteína: Tyr – Lys – Tyr – Leu – Phe – Leu

Pág. 301

- 26** Se conoce como translocación ribosomal.
- 27** El extremo N-inicial es el inicio del péptido y el C-terminal marca el final. Por lo tanto, el extremo N-inicial lo marcará el primer aminoácido del péptido y el extremo C-terminal, el último aminoácido que se añade.

Pág. 303

- 28** Las hormonas proteicas no pueden atravesar directamente la membrana plasmática debido al tamaño y naturaleza de

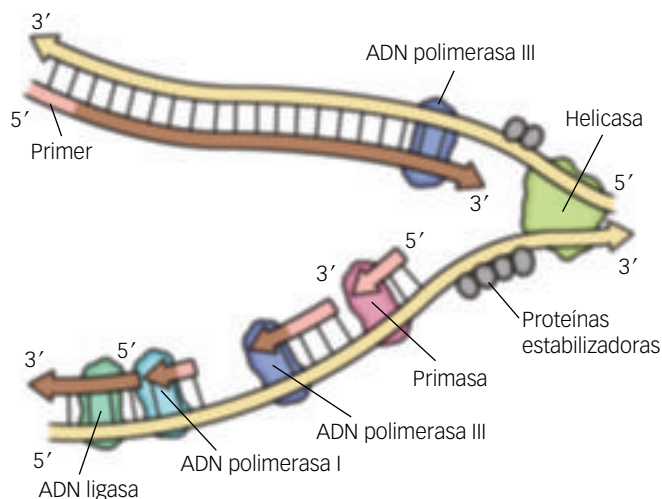


sus moléculas, para hacerlo, se unen a proteínas receptoras específicas de la membrana y se forma el complejo HR. Este proceso provoca que la enzima adenilato ciclasa se active y pase el ATP a AMPc, denominado segundo mensajero (la hormona corresponde al primer mensajero). El AMPc se dirige al núcleo y activa las proteínas reguladoras de la transcripción.

Pág. 304

### PARA REPASAR

- 29** Oswald Avery, Colin MacLeod y Maclyn McCarty en 1944.
- 30** a) Se han roto los enlaces fosfoéster que unían los nucleótidos de los dos extremos del fragmento separado en un filamento, y los enlaces de hidrógeno que mantenían unidas sus bases nitrogenadas con las bases nitrogenadas del otro filamento.  
b) A partir del extremo 3' se añadiría un nucleótido de A, otro de G, otro de G y otro de T, sucesivamente.  
c) Estas uniones las lleva a cabo la ADN polimerasa I.
- 31** Tal como Cairns había observado, como las dos cadenas crecían en la misma dirección, una tenía que hacerlo en sentido 5' → 3' (lo cual no implica ningún problema porque esta es la dirección de todas las ADN polimerasas); pero, en cambio, como el filamento complementario es antiparalelo, aparentemente crecía en sentido 3' → 5', algo que era imposible, ya que ninguna ADN polimerasa es capaz de añadir nucleótidos en este sentido.
- Los fragmentos que se encontraron eran la evidencia de que, en realidad, este filamento no crecía desde del extremo 5' por adición de nucleótidos, sino por la adición de fragmentos que habían sido sintetizados en la dirección contraria (la que siguen las ADN polimerasas). Sería como la dirección de crecimiento de una cola de personas, que es justo la contraria que la dirección en que caminan las personas que la hacen crecer.
- 32** Se trata de la duplicación del ADN. Ver página 292 del libro del alumno para su desarrollo.



- 33** Porque la síntesis se detiene constantemente, esperando que la enzima helicasa llegue a romper los puentes de hidrógeno de 1000 pares de nucleótidos, y que se vuelva a iniciar la síntesis de un nuevo fragmento de Okazaki.

**34**

| Enzima             | Función                                                                                         | Procesos en los que interviene          |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ADN polimerasa III | Añade nucleótidos de ADN en el extremo 3' de un segmento corto de ARN, que le sirve de cebador. | Replicación del ADN.                    |
| Helicasa           | Rompe los puentes de hidrógeno entre los dos filamentos complementarios.                        | Replicación del ADN y síntesis del ARN. |
| ARN polimerasa     | Sintetiza ARN sobre un ADN patrón.                                                              | Replicación del ADN y síntesis del ARN. |
| ADN ligasa         | Une fragmentos de ADN.                                                                          | Replicación del ADN.                    |
| Primasa            | Sintetiza nucleótidos de ARN que le sirven como punto de inicio a la ADN polimerasa III.        | Replicación del ADN.                    |
| Topoisomerasa      | Elimina las tensiones de la doble hélice cortando los dos filamentos.                           | Replicación del ADN y síntesis del ARN. |
| ADN polimerasa I   | Elimina los nucleótidos de ARN que encuentra y los reemplaza por nucleótidos de ADN.            | Replicación del ADN.                    |

**35**

| Mutantes | Sustancias |   |   |   |   |   |
|----------|------------|---|---|---|---|---|
|          | A          | B | C | D | E | F |
| 1        | —          | + | + | + | + | — |
| 2        | —          | — | + | + | + | — |
| 3        | —          | — | — | + | + | — |
| 4        | —          | — | — | — | + | — |
| 5        | —          | — | — | — | — | + |

- 36** Si es de una célula procariota, la secuencia será:  
ADN (transcrita): 3' ... TAGGAGTAC ... 5'  
ADN (complementaria): 5' ... ATCCTCATG ... 3'



- 37** Protege al transcrito de la acción de las exonucleasas.
- 38** a) Si solo se conocen los dos primeros nucleótidos del codón, se podría conocer el aminoácido incorporado en los siguientes casos: Ala, Arg, Gly, Leu, Pro, Ser, Thr y Val.
- b) Si se conoce el aminoácido incorporado, se podría conocer el codón en dos casos: Met y Trp.
- c) Los aminoácidos que se sustituyen más fácilmente son los mismos que en el caso anterior: Met y Trp.

**39** ARNm: 5' ... G A A G C A G U U U A C ... 3'  
Proteína: Glu – Ala – Val – Tyr

**40** Las secuencias de ADN serán las distintas combinaciones posibles de los tripletes indicados:

Polipéptido: H<sub>2</sub>N – Cys – Gly – Met – Ala – COOH

ARNm: 5' ... UGU – GGU – AUG – GCU ... 3'  
UGC GGC GCC  
GGA GCA  
GGG GCG

Posibles 3' ... ACA – CCA – TAC – CGA ... 5'  
ADN: ACG CCG CGG  
CCT CGT  
CCC CGC

**41** Porque en las células de los tejidos especializados no se expresan todos los genes, sino que en las células de un tejido determinado se expresan unos genes, y en las células de otro tejido se expresan otros. Son estas diferencias de expresión las que posibilitan la existencia de tejidos especializados, a pesar de que todas las células somáticas de un individuo heredan el mismo ADN que tenía el cigoto, que fue la primera célula del individuo.

- 42** a) Procariotas.  
b) Eucariotas.  
c) Procariotas.

Pág. 305

### PARA PROFUNDIZAR

- 43** a) La ADN polimerasa puede unir unos 1000 nucleótidos por minuto.
- b) Son complementarios, antiparalelos y enrollados de manera plectonímica, es decir, que para separarlos hay que desenrollar uno respecto del otro.
- c) Sí. La aparición de nuevas informaciones es la única posibilidad de que surjan mejoras heredables.
- d) Se conocen como mutaciones.
- 44** Tendrá 51 aminoácidos:  $(80 + 73) / 3$ .
- 45**  $2000 \text{ proteínas} \times 150 \text{ aminoácidos/proteína} = 300\,000 \text{ aminoácidos}$ . Como cada aminoácido necesita 3 nucleótidos de información, eso significa, 900 000 nucleótidos  $(300\,000 \times 3)$ .
- Cada 10 nucleótidos comprenden 34 Å, por tanto, los 900 000 nucleótidos tendrán una longitud de 3 030 000 Å.

**46** Tan solo uno de los filamentos lleva información para la síntesis de proteínas; por tanto, si hay 12 000 nucleótidos, hay 4000 tripletes  $(12\,000 / 3)$  que se traducirán en 4000 aminoácidos.

Por otra parte, una proteína de 20 000 daltons (1 dalton es 1 uma o unidad de masa atómica), dado que cada aminoácido pesa de media 100 daltons, tendrá 200 aminoácidos. Así pues, este ADN puede codificar 20 de estas proteínas  $(4\,000 / 200 = 20)$ .

**47** Si contiene nucleótidos de U y de A, se habrán formado los tripletes AAA, AAU, AUA, UAA, AUU, UAU, UUA y UUU. Como el triplete UAA indica final de la síntesis, cada vez que por azar se forme, la traducción finalizará; por eso han resultado cadenas muy cortas

**48** Son posibles 4 secuencias de ADN, según las distintas combinaciones de los tripletes indicados:

Polipéptido: H<sub>2</sub>N – Lys – Met – Glu – COOH

ARNm: 5' ... AAA – AUG – GAA ... 3'

AAG GAG

Posibles ADN: 3' ... TTT – TAC – CTT ... 5'

TTC CTC

**49**

| Doble cadena de ADN |        | ARNm   | ARNt   | Aminoácidos |
|---------------------|--------|--------|--------|-------------|
| 3' - C              | 5' - G | 5' - G | 3' - C | Ala         |
| G                   | C      | C      | G      |             |
| T                   | A      | A      | U      |             |
| A                   | T      | U      | A      | Trp         |
| C                   | G      | G      | C      |             |
| C                   | G      | G      | C      |             |
| A                   | T      | U      | A      | Stop        |
| C                   | G      | G      | C      |             |
| T                   | A      | A      | U      |             |
| G                   | C      | C      | G      | Arg         |
| C                   | G      | G      | C      |             |
| A - 5'              | T - 3' | U - 3' | A - 5' |             |

**50** R. G. El operón *his*, a diferencia del operón *lac*, presenta una represión por producto final, es decir, cuando hay histidina en el medio, esta se une al represor que se une al operador y bloquea la síntesis de histidina. Por el contrario, si la histidina no se une al represor, este no puede unirse al operador y los genes estructurales que codifican para la histidina se transcriben. El dibujo será similar al de la página 302 del libro del alumno, teniendo en cuenta estas diferencias.

**51** Respuesta en la web.

### CIENCIA EN TU VIDA

- 52** R. M. Se trata de verificar que, efectivamente, con cordeles más largos, como pueden ser los cromosomas, se tarda mucho más tiempo en desanudar el amasijo que con cordeles más cortos, debido a que se formarán más nudos entre ellos.
- 53** R. M. La topoisomerasa 2 corta uno de los cordeles cuando se encuentra con un nudo y luego une los dos trozos resultantes, deshaciendo el nudo más rápido que si se desenrollaran los dos cordeles girando uno sobre el otro.
- 54** R. M. La topoisomerasa 2 es una enzima que corta el ADN y lo vuelve a unir durante el proceso de replicación, fundamental para que la célula se divida y crezca. Si se consigue inhibir o bloquear esta enzima en células cancerosas, estas no podrían dividirse y se destruirían. Se están estudiando sustancias que actúen como inhibidores de la topoisomerasa para tratamiento contra el cáncer.

Pág. 309

**PARA COMENZAR**

- No. Si el ADN fuera inalterable, no se producirían cambios ni evolución de las especies.
- Son organismos modificados genéticamente.
- Mediante diferentes técnicas de ingeniería genética. Entre sus beneficios está la obtención de productos útiles para las personas.

Límites éticos y morales. Se considera que muchas de las aplicaciones, que pueden ser lícitas al investigar o modificar especies animales y vegetales, no lo son en el ser humano.

El uso de la ingeniería genética para curar enfermedades (terapia génica) es moralmente aceptable, siempre que se respete la integridad de la persona y no se la exponga a riesgos desproporcionados. Especialmente controvertida es la técnica de la clonación cuando implica el uso de embriones humanos, algo moralmente inaceptable para muchas personas, aunque aceptable para otras.

Límites sociales. Se considera que deben existir límites legales, basados en el derecho a la intimidad de las personas, que impidan acceder a sus datos genéticos. Por ejemplo, no resulta ético que las empresas puedan acceder a datos genéticos de sus empleados.

- Una mutación es cualquier cambio que se produce en el ADN.
- Las mutaciones se pueden inducir en casos en los que resulten beneficiosas para el individuo. R. L.
- Algunas mutaciones son beneficiosas, otras perjudiciales y también pueden resultar neutras.
- En ocasiones, las células somáticas en las que se produce alguna mutación sobreviven y la mutación se transmite a todos sus descendientes.

En este caso, se dice que el individuo es un mosaico, pues presenta células con distintos genotipos. Este tipo de mutaciones somáticas pueden ser una causa de cáncer.

Pág. 310

- 1 Las mutaciones son alteraciones al azar del material genético.
- 2 No tienen importancia evolutiva porque son las que afectan a una célula somática y, por tanto, no se transmiten a la descendencia.
- 3 En unas ocasiones son beneficiosas y en otras perjudiciales. Las mutaciones, como fuente de variabilidad genética, permiten la evolución de las especies y, por tanto, la continuidad de la vida a lo largo de millones de años.

Pág. 311

- 4 Porque producen alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen.

- 5
  - a) Transición.
  - b) Transición.
  - c) Transversión.
  - d) Deleción.

La deleción es la más importante, puesto que resulta afectado el proceso de síntesis de proteínas.

La consecuencia de estas mutaciones es un corrimiento en el orden de lectura de los tripletes a partir del punto en el que ocurre la mutación y, por tanto, alteran todos los tripletes siguientes. Las consecuencias que comportan suelen ser graves.

Pág. 313

- 6
  - a) Se trata de una mutación génica por desaminación.
  - b) Durante la replicación, la ADN polimerasa no reconoce la hipoxantina como base, por lo que se activa el sistema SOS. Las enzimas correctoras del sistema SOS introducen un nucleótido al azar para poder continuar con la replicación.

Pág. 315

- 7 Los bucles se originan a partir de deleciones y duplicaciones mientras que las asas de inversión se originan por inversiones.
- 8
  - a) Duplicación.
  - b) Inversión.
  - c) Deleción.
  - d) Translocación.

Pág. 317

- 9 a) 15; b) 17; c) 32; d) 8; f) 18; g) 48; h) 18; i) 14.
- 10 Las formas poliploides tienen hojas y frutos más grandes, por lo que resultan de interés económico en el sector agrícola. Así, el 47 % de las plantas angiospermas que se utilizan para el consumo humano son poliploides.

Pág. 318

- 11 Porque las radiografías emiten radiaciones ionizantes que pueden provocar la pérdida de electrones en algunos átomos del ADN, que quedan en forma de iones muy reactivos. También provocan tautomería, rompen los anillos de las bases nitrogenadas e, incluso, llegan a romper los enlaces fosfodiéster, con la ruptura consiguiente del ADN y, por tanto, de los cromosomas.
- 12 En el caso de los análogos se sustituye una base por otra análoga, es decir, implican una sustitución. Las sustancias intercalantes se pueden introducir entre los pares de bases del ADN. Después, cuando se produce la duplicación, pueden aparecer inserciones o deleciones de un único par de bases, con el corrimiento consiguiente en el orden de lectura.

**Pág. 319**

- 13** Protooncogén: gen que si experimenta un pequeño cambio (mutación), producido por los llamados agentes cancerígenos, pasa a convertirse en oncogen.

Oncogén: gen que provoca la transformación de la célula normal en célula cancerosa.

- 14** Las radiaciones solares en exceso pueden provocar la aparición de cáncer de piel, depende del grado de exposición a las radiaciones o de la dosis recibida, por tanto, es necesario tomar el sol con cremas de protección solar.

**Pág. 320**

- 15** Las enzimas de restricción son un grupo de varias enzimas propias de diversas especies de bacterias. Su función es destruir los ADN víricos que puedan entrar en estos organismos, para lo cual realizan cortes en el ADN extraño. Estas enzimas cortan siempre el ADN de la misma manera, obteniendo secuencias reducidas de ADN, de unos cuatro a doce nucleótidos y no cortan las dos hebras en el mismo punto, sino en puntos ligeramente separados, de modo que queda un fragmento corto de ADN monocatenario en cada lado del corte.

Para insertar el ADN en un vector de clonación, se corta el vector con la misma enzima de restricción que se ha empleado para obtener el ADN que se quiere introducir. De este modo, los extremos monofibrilares del ADN y del plásmido tienden a unirse. Luego se añade una enzima ADN ligasa para que una los extremos de los ADN, de modo que queda el vector con el ADN extraño insertado. Así obtenemos un ADN recombinante, también llamado «quimera».

**Pág. 321**

- 16** Se trata de un ADN sin intrones, es una secuencia de ADN sintetizada artificialmente a partir de ARN mensajero gracias a la enzima transcriptasa inversa y a partir del cual los procariontes sí pueden sintetizar proteínas de interés para los humanos.

**Pág. 322**

- 17** La información que induce la formación de un tumor en plantas se elimina mediante técnicas de ingeniería genética.

Para introducir los genes de interés, se corta el plásmido Ti con enzimas de restricción que reconocen una secuencia específica en el plásmido y dejan unos extremos cohesivos. Los genes que se quieren introducir se cortan con la misma enzima de restricción para hacer coincidir los extremos.

Una vez se tiene el plásmido recombinante, por electroporación o mediante bacterias, a las que se les ha introducido el plásmido, se pasa el plásmido Ti recombinante a la célula vegetal, que se desarrollará generando una planta transgénica.

**Pág. 323**

- 18** Para que el ADN no se desnaturalice por el calor.
- 19** Se han representado tres ciclos de la PCR. En el primer ciclo hay 2 copias nuevas del ADN diana, en el segundo ciclo hay 4 copias nuevas y en el tercer ciclo hay 8 copias nuevas del ADN diana.

**Pág. 324**

- 20** Porque resulta más fácil evitar las reacciones inmunitarias adversas.
- 21** La ventaja de este tipo de vacunas es que no hay que inyectar agentes patógenos debilitados o muertos, sino solo sus proteínas. De este modo, las vacunas son más seguras y tienen menos efectos adversos.

**Pág. 325**

- 22** Para cultivar linfocitos y obtener anticuerpos monoclonales a partir de ellos, se produce la fusión de un linfocito B y una célula cancerosa que tiene la facultad de dividirse indefinidamente. Así, la célula híbrida resultante de la fusión tiene la capacidad de producir anticuerpos de un solo tipo y de reproducirse constantemente y todas las células hijas descendientes tendrán la misma constitución genética y producirán idénticos anticuerpos.
- 23** Son anticuerpos utilizados con fines terapéuticos en los que la parte que reconoce al antígeno procede del ratón, mientras que el resto procede del ser humano, así se experimenta menor rechazo de los anticuerpos por parte del organismo y pueden actuar, por ejemplo, contra células cancerosas.
- 24** En la terapia de células germinales se introduce el gen en células de la línea germinal de los seres humanos, es decir, en los gametos o sus precursores o en un cigoto. De este modo, resultan modificadas todas las células del organismo al que den origen estas células.

En la terapia de células somáticas se introduce el gen de un ser humano en un grupo más o menos amplio de células somáticas. De este modo, la corrección no pasa a la descendencia.

**Pág. 326**

- 25** Son organismos eucariotas desarrollados a partir de una célula en la que se han introducido genes extraños.
- 26** Porque las bacterias resultan más fáciles de manipular y su tasa de reproducción es muy rápida en comparación con plantas o animales.

**Pág. 327**

- 27** Las proteínas con un potencial interés farmacéutico tienen a veces una estructura compleja, tras el ensamblaje de los

aminoácidos, sufren modificaciones que no pueden ser realizadas por las bacterias. Solo las células animales presentan las enzimas necesarias para estas modificaciones.

- 28** Utilizando técnicas de ingeniería genética que permiten manipular el ADN de los organismos, es posible obtener animales transgénicos que produzcan sustancias como los medicamentos. Actualmente, se ha aprobado el uso de algunos medicamentos obtenidos por estos métodos. Por ejemplo, la enzima  $\alpha$ -1-antitripsina, que se emplea en el tratamiento del enfisema, se obtiene de la leche de ovejas transgénicas.

Pág. 328

- 29** Consiste en obtener el núcleo de una célula somática de un individuo adulto e introducirlo en un óvulo al que previamente se le extrae su núcleo haploide. A partir del óvulo con el núcleo diploide comienza el desarrollo embrionario en el útero de un organismo receptor.

Pág. 329

- 30** Las células madre embrionarias son las que se obtienen a partir de un embrión en las primeras fases del desarrollo. Estas células son pluripotentes y se pueden diferenciar para producir otros tipos celulares. Es decir, se podría tomar una célula de un embrión en la edad adecuada y cultivarla en el laboratorio para formar las células, los tejidos o, quizá, los órganos precisos.

Con un clon de células madre embrionarias se podrían formar más células, tejidos u órganos utilizados en individuos con deficiencias en los mismos.

Pág. 320

- 31** Porque los sistemas inmunes del donador y el receptor pueden no ser compatibles.
- 32** Se pueden distinguir tres tipos de células madre en función de su capacidad para diferenciarse en un número mayor o menor de tejidos:
- Totipotentes. Pueden generar por completo un nuevo individuo organizado y estructurado. Esta capacidad es exclusiva de células madre embrionarias.
  - Pluripotentes. Son capaces de diferenciarse en cualquier tejido, pero no pueden formar un individuo completo. Existen células madre pluripotentes tanto embrionarias como adultas.
  - Multipotentes. Son aquellas capaces de generar exclusivamente nuevas células del tejido del que proceden.

Pág. 331

- 33** R. L.

- 34** R. M. Se considera que deben existir controles muy estrictos cuando exista la posibilidad de causar desastres ecológicos o sanitarios. Esto se debe considerar, por ejemplo, al cultivar organismos transgénicos que pudieran competir con organismos silvestres, o al manipular microorganismos susceptibles de causar enfermedades. Es frecuente que se inserten en estos microorganismos genes que confieren resistencia a algún antibiótico, con los problemas que ello podría causar.

- 35** R. M. Existe un Comité Internacional de Bioética de la UNESCO con el fin de evitar aquellos aspectos del progreso tecnológico que pudieran atentar contra la dignidad humana y promover que la ciencia no sea identificada como una actividad sospechosa. En nuestro país se aprobó en el año 2007 la ley de investigación biomédica, para ofrecer un marco legislativo que regule los problemas o conflictos que puedan surgir en estas cuestiones. Entre otros puntos, se plantea la creación de un Comité de Bioética cuya función es garantizar el respeto a los valores éticos en todas las investigaciones que se puedan realizar en el campo de la biomedicina.

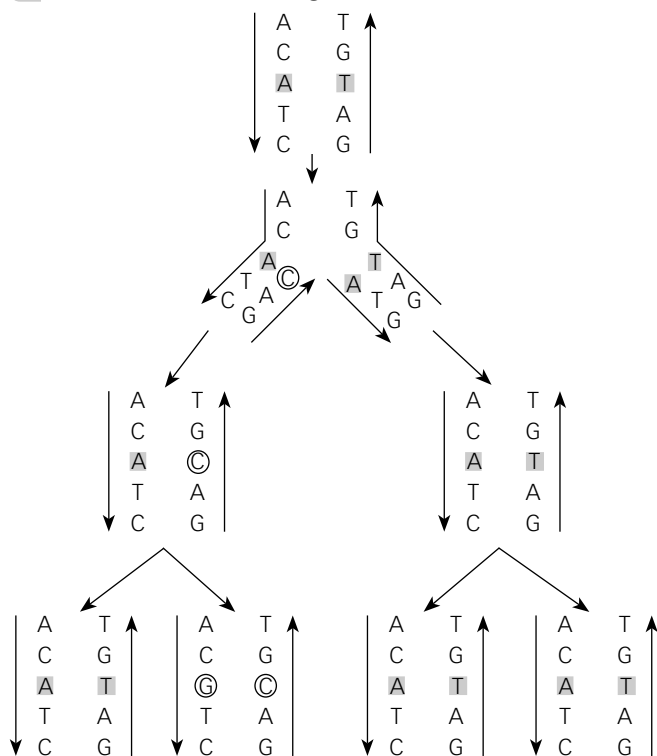
- 36** R. L.

Pág. 332

#### PARA REPASAR

- 37** a) La secuencia del ARNm solicitado es:  
5'-AUGUUAAGGGCCCGUUGUGUG-3'.
- b) Este fragmento puede codificar 7 aminoácidos.
- c) Para saber el número de aminoácidos que codifica esta secuencia hay que saber que, en el código genético 3 bases nitrogenadas codifican un aminoácido en un código sin comas ni solapamientos.
- d) La variación podría producirse por una mutación, por ejemplo, una mutación génica en las bases nitrogenadas del sexto triplete UGU, que si se transformara a UGA determinaría final de cadena, quedando un polipéptido de 5 aminoácidos.

- 38 Se trata de una mutación génica de transición.



- 39 a) ARNm: 5' ... UCC GUU ACA CCC GCC UCU GGU... 3'  
 b) En el caso del mutante 1, varía el cuarto aminoácido de la cadena, siendo leucina en la forma mutante y prolina (CCC es el triplete del ARNm) en la forma normal. Por tanto, el nuevo triplete del ARNm podría ser CUC (codifica para leucina), así cambiaría solo una base pero el aminoácido codificado es diferente. La mutación en este caso es una transversión.

Mutante 1, ADN: 3' ... AAG CAA TGT GAG CGG AGA CCA... 5'

ARNm: 5' ... UUC GUU ACA CUC GCC UCU GGU... 3'

En el mutante 2 cambian todos los aminoácidos excepto los dos primeros. Si después de la sexta base nitrogenada del ADN se inserta un nucleótido de adenina, entonces cambia la sexta base del ARNm y se produce un corrimiento de la pauta de lectura en los codones del ARNm del mutante que daría lugar a la cadena polipeptídica que muestra el mutante 2. La mutación en este caso es una inserción.

Mutante 2, ADN: 3' ... AAG CAA ATG TGG GCG GAG ACC A... 5'

ARNm: 5' ... UUC GUU UAC ACC CGC CUC UGG U... 3'

- 40 Pueden producir bucles las deleciones intercaladas y las duplicaciones intercaladas. Pueden producir terminaciones escalonadas las deleciones finales y las duplicaciones finales.
- 41 Las polisomías son mutaciones genómicas. Son aneuploidías en las que existe un cromosoma de más, o dos, etc. ( $2n + 1$  cromosomas,  $2n + 2...$ ).
- 42 Algunas de las sustancias químicas que provocan alteraciones en el ADN son: el ácido nitroso (elimina grupos amino de las bases nitrogenadas), la hidroxilamina (añade grupos hidroxilo), el etilmetanosulfonato y gas mostaza

(añaden grupos alquilo), el 5-bromouracilo (es análogo de la timina), la 2-aminopurina (análogo de la adenina) y moléculas como la acridina o la proflavina que tienen estructuras similares a un par de bases enlazadas.

Otros agentes mutágenos son de carácter físico, como radiaciones no ionizantes (rayos ultravioletas) o radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma y emisiones de partículas  $\alpha$  y  $\beta$ ).

- 43 No, la biotecnología es el conjunto de técnicas mediante las que se obtienen productos útiles para las personas a partir de seres vivos, sus partes o sus productos. Y la ingeniería genética es una rama moderna de la biotecnología que consiste en el uso de diversas técnicas para manipular el ADN de los organismos, básicamente mediante la transferencia de ADN de unos organismos a otros.
- 44 Los fagos son virus que infectan bacterias. Estos fagos se pueden manipular, de modo que se elimina una parte de su ADN, que se puede reemplazar por un ADN extraño. Cuando infectan una bacteria, introducen en ella el ADN insertado y, cuando se multiplican, se multiplica también la secuencia insertada. El bacteriófago más empleado es el fago  $\lambda$ , que infecta a *Escherichia coli*.

- 45 Produce ADN a partir de una hebra de ARN; se obtiene el ADN sin intrones. La procedencia de la transcriptasa inversa es vírica.

- 46 c) Reacción en cadena de la polimerasa-retrotranscripciones.

La reacción en cadena de la polimerasa o PCR es una técnica empleada para replicar un fragmento de ADN en grandes cantidades. Se emplea la ADN polimerasa, que es la encargada de la síntesis de nuevas cadenas de ADN a partir de un ADN molde. La retrotranscripción es la síntesis de ADN, partiendo de un ARN como molde por medio de la transcriptasa inversa.

- 47 Un clon es un conjunto de células o individuos genéticamente idénticos que descienden de una misma célula o individuo por mecanismos de reproducción asexual.
- Uno de los objetivos de la ingeniería genética es la clonación. Este término significa obtención de copias idénticas y se puede emplear en varios niveles. Así, se pueden clonar organismos y obtener copias idénticas, lo que equivale a la reproducción asexual. Pero también se pueden clonar genes. Esto significa obtener, por diversos métodos, múltiples copias de dicho gen.

- 48 a) Porque en el núcleo de cada célula está toda la información genética del individuo. La especialización de la célula no supone pérdida de información. La célula muscular tiene la información necesaria para transformarse en célula pancreática, en célula nerviosa o para dar lugar a un individuo.
- b) Se elimina el núcleo del ovocito para eliminar toda la información genética de la mujer de la que procede, que debe ser sustituida por la de la célula muscular.
- c) No. Los antígenos que provocan un rechazo del trasplante son proteínas y, por lo tanto, codificadas por el ADN del núcleo. Si la información genética procede del paciente,



las células pancreáticas que se obtendrán serán inmunológicamente idénticas a las del paciente.

- d) Las mitocondrias también tienen ADN y maquinaria bioquímica para traducir la proteína. De hecho, algunas de las enzimas mitocondriales están codificadas por este ADN. Por lo tanto, efectivamente, y como pasa en un proceso de clonación, las células pancreáticas no serán absolutamente idénticas (aunque sí serán muy parecidas) a las células del paciente.
- e) El número de cromosomas del núcleo del ovocito que se ha eliminado será 23 y el número de cromosomas del núcleo de una célula muscular serán 46. Los óvulos son células haploides y, por lo tanto, tienen solo  $n$  cromosomas, uno de cada pareja. En cambio, las células musculares, como todas las células somáticas, son células diploides, que tienen  $2n$  cromosomas, dos de cada pareja.

Pág. 333

#### PARA PROFUNDIZAR

- 49 a) Porque *D. pseudobscura* y *D. willistoni* comparten una misma fusión entre el cromosoma azul y el cromosoma morado de *D. virilis*. Esto indica un antepasado común.
- b) Porque las especies diferentes no pueden tener descendencia entre ellas y, por lo tanto, es imposible que tres especies diferentes hayan evolucionado para generar una misma nueva especie.
- 50 a) R. G. El esquema sería similar al de la página 328 del libro del alumno. Se necesita una célula somática de Copito de Nieve a la que se le extrae el núcleo. Por otro lado, se obtiene un óvulo de una hembra gorila a la que se le extrae el núcleo y se le introduce el núcleo procedente de la célula somática de Copito de Nieve. El óvulo obtenido y activado necesita introducirse en el útero de una tercera hembra gorila en el que se desarrolle.
- b) No. Aquello que determina el sexo es la presencia de los cromosomas sexuales (XX para hembra, XY para macho) los cuales se encuentran, naturalmente, en el núcleo. El citosol no determina el sexo del óvulo.
- c) El albinismo es un carácter autosómico recesivo. Para que aparezca este carácter, se habría de emparejar con una hembra portadora de este alelo y esto no es frecuente y, aun así, la probabilidad de obtener un gorila albino sería del 50%.
- 51 Respuesta en la web.

Pág. 335

#### CIENCIA EN TU VIDA

- 52 La Organización del Genoma Humano se fundó con el fin de coordinar los esfuerzos internacionales que surgieron desde que en 1980 comenzó a gestarse en Estados Unidos el Proyecto Genoma Humano, puesto que varios países quisieron unir sus esfuerzos con los de Estados Unidos, a fin de compartir también los beneficios resultantes.

- 53 El hecho de tener en el carbono 3' un radical  $-H$  en lugar de un radical  $-OH$  y, por tanto, no pueden establecer un enlace con ningún otro nucleótido.
- 54 Empleando un programa para comparar secuencias de ADN y detectar secuencias repetidas y, por tanto, deducir qué fragmento va a continuación de otro.
- 55 La primera sorpresa que proporcionó el Proyecto Genoma Humano sobre nuestro propio genoma fue mostrar que tenemos muchos menos genes de lo que se pensaba, y muchos de ellos los compartimos con las bacterias y otros organismos sencillos. Posteriormente, se confirmó que el ADN humano contenía entre 20 000 y 25 000 genes, muy pocos si se considera que, por ejemplo, el ADN de la mosca *Drosophila melanogaster* contiene 13 700 genes. Pero en las células humanas se realiza el proceso llamado, *splicing* alternativo, que produce varias proteínas distintas a partir de un mismo gen y en consecuencia el proteoma humano es más amplio que el de otros organismos mucho más simples que tienen un número de genes más o menos parecido al del ser humano.

Pág. 337

**PARA COMENZAR**

- El fenotipo es el resultado de la expresión de los genes. Las poblaciones que acogen nuevos individuos reciben también nuevas variantes génicas y, por tanto, la diversidad fenotípica aumentará. La poblaciones de origen no aumentan su diversidad aunque tampoco la pierden; solo se produciría esto último en el caso de una reducción demográfica drástica.
- Cuanto mayor sea la diversidad en una población mayores son sus probabilidades de enfrentarse a cambios en el medio, por lo tanto, desde una perspectiva evolutiva, el cruce entre individuos de poblaciones diferentes es una ventaja biológica.
- El concepto de especie biológica hace referencia exclusivamente a la posibilidad de tener descendencia fértil, por lo que, en el caso de las poblaciones humanas, esto es rotundamente cierto. A día de hoy, no se conoce ninguna barrera física que impida que dos individuos de diferente sexo y de orígenes distintos, por muy diferentes que sean fenotípicamente, puedan tener descendencia fértil; en todo caso, existen impedimentos de tipo cultural.
- A lo largo de los siglos XIX y XX, el tamaño demográfico de la población humana ha aumentado sorprendentemente, en gran parte debido al descenso de la tasa de mortalidad, sobre todo infantil, y al aumento de la esperanza de vida. Estas dos variables están especialmente relacionadas con las mejoras higiénicas, la alimentación y los avances tecnológicos en la medicina. Esto es una evidencia, pero sus implicaciones sobre la evolución de la especie humana no pueden estimarse ya que este proceso requiere cientos e incluso millones de años.

Pág. 338

- 1 R. M. EL cerdalí es un híbrido entre jabalí (*Sus scrofa*) y cerdo doméstico (*Sus scrofa domestica*) que se está extendiendo en zonas de monte de diversos puntos de la península Ibérica. Ambos, como su nombre científico muestra, son dos variantes de la misma especie. El grolar es un híbrido entre oso pardo (*Ursus arctos*), conocido en Norteamérica como Grizzly, y oso polar (*Ursus maritimus*). Aunque estén clasificados como especies distintas, debido a las diferencias fenotípicas y conductuales que presentan, se ha confirmado que no tienen barreras reproductivas, salvo la geográfica, por lo que la descendencia híbrida es fértil. En este caso, tampoco podemos hablar de una nueva especie, sino de una variante de la misma.

Pág. 339

- 2 R. M. Observando si al cruzarse generan descendientes fértiles. En organismos con reproducción asexual, no puede hacerse de esta manera, porque realizan copias de sí mismos.
- 3 Para Lamarck, la forma de un órgano, así como su desarrollo o desaparición, estaban relacionadas con el uso que se le daba, y este uso dependía de las condiciones medioambientales. Si se producen cambios en el ambiente que obliguen a los

individuos a utilizar un órgano con mayor frecuencia o incluso para una función para la que inicialmente no estaba preparado, el órgano se desarrollará más e incluso variará de forma para ajustarse a las nuevas necesidades, como en el caso de los cuernos de los ciervos o las extremidades de los topos. Por el contrario, un órgano que deja de usarse tendería a reducir su tamaño, atrofiándose, como las alas de una gallina.

Pág. 341

- 4 R. M. *Geospiza difficilis septentrionalis* tiene un pico grande, en relación con el tamaño de su cabeza, y puntiagudo, muy similar al de *Geospiza magnirostris*. A pesar de su extraña conducta, su principal fuente de alimento son semillas duras y pequeños insectos.
- 5 a) El lamarckismo diría que en determinados pájaros, que vivían en unas tierras áridas y que para alimentarse debían caminar durante todo el día, cada vez se les fueron fortaleciendo más las patas y, debido al desuso, los músculos de las alas les quedaron más débiles. Se descendencia nacía con las patas algo más gruesas y los músculos de las alas un poco más atrofiados. Así, generación tras generación, esta transformación dio lugar a los avestruces actuales. En el caso de las águilas, es mayor la necesidad de poder volar alto para ver a las presas, por lo que se potenciaron unas alas grandes. El darwinismo propondría, para el caso del avestruz, que el hecho de tener alas grandes significa un inconveniente para el tipo de vida que hace el avestruz, por lo que, en el caso de una dura competencia entre los individuos, los que por azar hubieran nacido con las alas un poco más pequeñas serían los que sobrevivirían; por lo tanto, tan solo estos se reproducirían, y tan solo sus características se transmitirían a los descendientes. Así, generación tras generación, hasta el avestruz que conocemos en la actualidad. En el caso de las águilas, el razonamiento sería similar, pero basado en la poca eficacia que resultaría para las águilas tener unas alas pequeñas.
- b) El lamarckismo propondría un mecanismo similar al que se ha explicado en la pregunta anterior, pero basado en el hecho de que, como no utilizan los ojos, porque en una galería oscura no tienen ninguna función, las estructuras se debían debilitar hasta llegar a desaparecer en generaciones posteriores. El darwinismo propondría un mecanismo similar al que se ha explicado en la pregunta anterior, pero basado en el hecho de que la selección natural debía eliminar preferentemente los que tenían puntos más débiles, porque tenían ojos, para la supervivencia bajo tierra.
- c) El lamarckismo no explica este caso, ya que el color del pelaje no depende del esfuerzo del individuo, sino que se tiene al nacer o no se tiene. El darwinismo propondría un mecanismo similar al que se ha explicado en la pregunta anterior, pero basado en el hecho de que el pelaje blanco permite al oso camuflarse y poder acercarse a las presas sin ser visto, mientras que, para la misma finalidad, en los bosques centroeuropeos es mejor el color marrón.

- d) El lamarckismo no explica este caso, ya que el hecho de ser resistente a un antibiótico no depende del esfuerzo del individuo, sino que se tiene cuando se nace o no se tiene. El darwinismo propondría un mecanismo similar al que se ha explicado en la pregunta anterior, pero basado en el hecho de que, por algún factor desconocido, debían aparecer bacterias algo más resistentes a un antibiótico.

Pág. 343

- 6 Las formas intermedias sirven como prueba del proceso evolutivo de unas especies a otras, ya que estos fósiles muestran características transicionales entre la especie antecesora y la actual.

Pág. 345

- 7 a) Las similitudes entre las especies no queda explicada ni por el creacionismo ni por el lamarckismo; precisamente esta fue una de las causas que hicieron pensar a Darwin y Wallace que tenía que haber otro mecanismo para explicar el origen de las especies. El darwinismo y la teoría sintética la explican por la existencia de antepasados comunes, es decir, para que una especie, al evolucionar, proporcione una nueva especie en unos lugares, y otra en otros.
- b) El origen de las diferencias entre los individuos de una misma especie no queda explicado por el creacionismo. El lamarckismo solo explica las diferencias debido a los diversos grados de uso y desuso de los órganos que presentan los individuos; en cambio, no explica las diferencias entre hermanos recién nacidos. El darwinismo lo llamaba variabilidad de la descendencia, pero tampoco explica sus causas. Sin embargo, la teoría sintética sí, en función de las mutaciones, de la recombinación durante la meiosis, del azar en la formación de los juegos haploides de los gametos y del azar en la fecundación. En los organismos con reproducción asexual, tan solo actuarían las mutaciones.
- c) Según el creacionismo, los órganos especializados son una muestra de la precisión del acto creador. Según el lamarckismo, son una muestra de la forma en que el uso va modelando la materia viva hasta conseguir hacer un órgano de gran precisión a partir de un órgano rudo. Según el darwinismo, los órganos especializados son el resultado de una selección muy fuerte que elimina los innumerables intentos en todas las direcciones que hacen las especies en tener una gran variabilidad de descendientes (equilibrio entre azar y necesidad). La teoría sintética simplemente añade las causas de esta variabilidad.
- d) Según el creacionismo, las especies son diferentes porque han sido creadas así. Según el lamarckismo, las especies se han encontrado ambientes diferentes y en su esfuerzo por adaptarse se han ido diferenciando. Según el darwinismo, a pesar de que descienden de antepasados comunes, la existencia de variabilidad en la población

permite una reproducción diferencial como consecuencia de las condiciones del entorno; es por ello que la selección natural favorece determinadas características en detrimento de otras. La teoría sintética simplemente añadió al darwinismo las causas de esta variabilidad, la idea de que no son las especies las que evolucionan sino las poblaciones y la necesidad de que haya aislamiento reproductivo.

Pág. 347

#### SABER HACER

- 8 a) Suponiendo que cada individuo está representado por una sola célula y que se trata de un organismo diploide, al haber 497 individuos habría el doble de alelos, es decir, 994 alelos.
- b)  $f(BB) = 452 / 497 = 0,909$   
 $f(Bb) = 43 / 497 = 0,086$   
 $f(bb) = 2 / 497 = 0,004$
- c)  $f(B) = (2 \times 452) / (2 \times 497) + 43 / (2 \times 497) = 0,953$   
 $f(b) = (2 \times 2) / (2 \times 497) + 43 / (2 \times 497) = 0,047$

Pág. 349

#### SABER HACER

- 9  $p_x = (1 - m) \times 0,2 + m \times 0,8 \rightarrow$   
 $\rightarrow m = 6000 / 36000 = 0,166 \rightarrow p_x = 0,296$
- 10  $f(A) = p = \frac{v}{u + v} \rightarrow$  si  $u = 3v$ , entonces  $f(A) = p = 0,25$
- 11 a)  $f(a) = q = \sqrt{0,00001 / 0,1} = 0,01$   
 $f(A) = p = 1 - 0,01 = 0,99$
- b)  $f(AA) = p^2 = 0,99^2 = 0,9801$   
 $f(Aa) = 2pq = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198$   
 $f(aa) = q^2 = 0,01^2 = 0,0001$
- c) Desaparecerá.

Pág. 350

- 12 R. M. Las diferentes razas de perro son variedades dentro de la misma especie con características fenotípicas claramente distinguibles que, en la mayor parte de los casos, se han seleccionado de forma artificial por los criadores, cruzando solo individuos portadores de esas características.

Pág. 351

- 13 El tipo de aislamiento reproductivo que tuvo lugar entre los pinzones de una misma isla para que se hayan diversificado en dos o más especies es de tipo ecológico, debido a la ocupación de nichos ecológicos distintos. Este tipo de especiación se conoce como simpátrica. La diversidad existente entre las islas se debe principalmente a la distancia entre ellas por aislamiento de las poblaciones, generándose una especiación de tipo alopatrica.

- 14 a) Poscigótico.  
b) Precigótico.  
c) Poscigótico.

Pág. 352

- 15 R. G. El carácter pluma debería de localizarse en la rama de la que salen las aves.

Pág. 353

- 16 a) Con F.  
b) Con F.  
c) El 5.  
d) Comparten los caracteres 4, 5, 6 y 7.  
e) D y E forman un clado porque son una agrupación monofilética. F, G y H no son un clado porque son una agrupación polifilética. A, B, C, D, E y F no forman un clado porque son una agrupación parafilética.  
f) El G, dado que comparten antepasados comunes más recientes.

Pág. 354

#### PARA REPASAR

- 17 R. M.
- a) Lamarck, defendía la transformación de las especies, de menor a mayor complejidad, como consecuencia de cambios inducidos, por el uso o desuso de órganos, para adaptarse a los cambios ambientales. Dichos cambios se producían en vida y eran adquiridos por la siguiente generación, lo que denominó herencia de los caracteres adquiridos.
- b) Cuvier fue uno de los primeros en reconocer que los fósiles eran restos petrificados de antiguos seres vivos e inició su estudio mediante la anatomía comparada. Era partidario del creacionismo aunque ante las evidencias del registro fósil, admitió ciertas transformaciones en las especies, como las hibridaciones. Defendió el catastrofismo como argumento para explicar por qué tantas especies habían desaparecido a lo largo del tiempo.
- c) Thomas Malthus estudió las posibles consecuencias que tendría para las poblaciones humanas un excesivo crecimiento demográfico, proponiendo que, así como las poblaciones crecen de forma exponencial, su capacidad para obtener (o producir) alimentos crece a un ritmo menor, por lo que a partir de un determinado número de individuos habría problemas de abastecimiento. Este dilema generaría una lucha por la supervivencia entre los individuos.
- d) Charles Lyell, a partir de las ideas de Hutton, defendió que la Tierra no solo habría necesitado muchos millones de años para presentar el relieve y la composición que tiene en la actualidad, principio conocido como uniformismo, sino que los fenómenos físicos que han modelado su superficie a lo largo de todo ese tiempo, son los mismos que se pueden observar hoy en día, lo que se conoce como actualismo.
- e) y f) Charles Darwin, junto con Alfred Wallace, propusieron una teoría de la evolución basada en los principios de Malthus y Lyell, a partir de la selección natural. Según esta teoría, como consecuencia de la lucha por la supervivencia que tiene lugar entre los individuos, especialmente en épocas de escasez, unos mueren sin dejar descendencia fértil, mientras que otros sí lo hacen. Estos últimos transmiten sus caracteres a la generación siguiente. Así, poco a poco, el contexto ambiental va modelando y transformando las especies. Posteriormente, Darwin desarrolló esta teoría en su libro *El origen de las especies*, donde, a partir de multitud de ejemplos, expuso que esa selección natural actúa según las características de los individuos, favoreciendo reproductivamente a los que presentaban rasgos ventajosos (reproducción diferencial). Para que este mecanismo sea efectivo tenía que existir una gran variabilidad de caracteres heredables dentro de la población, y que cada descendiente presentase variaciones con respecto a sus progenitores.
- 18 R. M. El conjunto de individuos que se pueden reproducir entre sí y dar lugar a una descendencia fértil. Es una definición solo válida para organismos con reproducción sexual, y con muchas excepciones.
- 19 Gráfica A: frase c; creacionismo; George Cuvier.  
Gráfica B: frase a; lamarckismo; Jean-Baptiste de Monet.  
Gráfica C: frase b; teoría de la evolución por selección natural; Charles Darwin.
- 20 Lamarck defendía que las especies cambiaban a lo largo del tiempo como consecuencia del esfuerzo de algunos individuos por adaptarse a los cambios del entorno. Dichos cambios eran heredados por la descendencia. Sin embargo, Darwin postulaba que la descendencia nunca era idéntica a sus progenitores y que este mecanismo generaba una diversidad de características dentro de la población sobre la que actuaba la selección natural, favoreciendo la reproducción de los mejor dotados para sobrevivir en un entorno en continuo cambio. Las características que habían favorecido la supervivencia y reproducción de un individuo eran transmitidas a la siguiente generación.
- 21 Con los conocimientos actuales que se tienen de genética, la herencia de caracteres adquiridos en vida no es un fenómeno a tener en cuenta en la evolución. Aunque existen algunos ejemplos destacables, como las mutaciones que tengan lugar en las células germinales de organismos con reproducción sexual, los casos de transferencia horizontal de genes, e incluso genomas, observados en bacterias y algunos protocistas, y la epigenética, que aunque no implica cambios en la secuencia de nucleótidos sí que supone un cambio en la expresión de los genes de una generación a otra, por cambios de origen químico producidos durante el ciclo vital de los progenitores.
- 22 a) Prueba serológica.  
b) Prueba embriológica.

c) Prueba paleontológica.

d) Prueba biogeográfica.

e) Prueba basada en los ácidos nucleicos.

f) Pruebas anatómicas.

- 23** El ADN contenido en las mitocondrias no experimenta el proceso de recombinación durante la meiosis y su tasa de mutación es diez vez más alta que el ADN nuclear, por lo que es más sensible al paso del tiempo. El ADN del cromosoma Y contiene pocos genes, ya que la mitad de él no lleva información, y la mayor parte de ellos no se recombinan.

- 24** R. M. La teoría sintética, o neodarwinista, unifica la teoría de la selección natural de Darwin con los conocimientos modernos en genética, postulando que la evolución biológica es un proceso continuo, gradual y lento basado en el principio de la variabilidad de la descendencia y el de la reproducción diferencial debido a la selección natural. Para los neodarwinistas el principal mecanismo generador de variabilidad son las mutaciones y lo que evolucionan son las poblaciones, no los individuos, a medida que varían sus frecuencias génicas. Estas frecuencias varían por diversos mecanismos, entre los que destacan las mutaciones, la selección natural, la deriva genética y el flujo génico.

Tanto la teoría neutralista como el equilibrio puntuado no contradicen las bases genéticas de la teoría sintética pero introducen algunas diferencias. El neutralismo defiende que la mayor parte de las mutaciones se producen en regiones del ADN que no tienen actividad importante, por lo que no se ven afectadas por la selección natural. De esta manera, la mayor parte de los cambios moleculares dependen más del azar que de la selección natural.

La teoría del equilibrio puntuado trata de ajustar los principios del neodarwinismo con los datos observados en el registro fósil, por el cual se sabe que hay fenómenos de especiación que han sido espectacularmente rápidos, contradiciendo el ideal gradualista de ritmo lento y continuo postulado del neodarwinismo. Estos periodos de cambio rápido son seguidos de otros de estabilidad en la que no se observan cambios destacables a lo largo de millones de años, conocidos como estasis.

- 25** Porque todas estas especies, denominadas fósiles vivientes, viven en un medio, el marino, que apenas ha experimentado cambios a lo largo de los últimos 500 millones de años y, por tanto, no se han tenido que adaptar a nuevas condiciones.
- 26** Si no supone ninguna ventaja para la supervivencia tener uno u otro genotipo tenemos que descartar que sus frecuencias varíen como consecuencia de la acción de la selección natural. También podemos descartar las mutaciones por lo que los dos únicos mecanismos que más probablemente hayan influido en la actual distribución de estos genotipos es la deriva genética y, en menor medida, el flujo génico debido a las migraciones.

- 27** Frecuencias génicas:

- $f(Rh^- Rh^-) = q^2 = 0,1 \rightarrow f(Rh^-) = q = \sqrt{0,1} = 0,316$
- $f(Rh^+) = p = 1 - 0,316 = 0,684$

Frecuencias genotípicas:

- $f(Rh^- Rh^-) = q^2 = 0,1$
- $f(Rh^+ Rh^+) = p^2 = 0,684^2 = 0,467$
- $f(Rh^+ Rh^-) = 2pq = 2 \times 0,316 \times 0,684 = 0,432$

- 28** Frecuencias génicas:

- $f(bb) = q^2 = 800 / 1200 = 0,666 \rightarrow$   
 $f(b) = q = \sqrt{0,666} = 0,8165$
- $f(B) = p = 1 - 0,8165 = 0,1835$

Frecuencias genotípicas:

- $f(bb) = q^2 = 0,666$
- $f(BB) = p^2 = 0,1835^2 = 0,0337$
- $f(Bp) = 2pq = 2 \times 0,1835 \times 0,8165 = 0,2996$

- 29** Frecuencias genotípicas:

- $f(AA) = p^2 = 6/20 = 0,3$
- $f(AB) = 2pq = 12/20 = 0,6$
- $f(BB) = q^2 = 2/20 = 0,1$

Frecuencias génicas:

- $f(A) = p = \sqrt{0,3} = 0,5477$
- $f(B) = q = 1 - 0,5477 = 0,4522$

- 30** a) Tuvo lugar un aislamiento geográfico, lo que permitió una especiación de tipo alopátrica.
- b) El aislamiento que en la actualidad mantiene separadas a la especie británica y la especie norteamericana, aunque compartan nicho ecológico, es etológico, puesto que es la conducta de la hembra la que impide el apareamiento con los machos de la otra especie.
- 31** 1-b; 2-c; 3-d; 4-e; 5-a.

Pág. 355

## PARA PROFUNDIZAR

- 32** a) Por el aumento de la complejidad estructural.
- b) El hecho de que sus extremidades son un eslabón intermedio entre las de los peces y las de los tetrápodos.
- c) En un ambiente en que hubiera más posibilidad de supervivencia de los individuos que podían desplazarse por el fondo que de los que solo podían nadar, como por ejemplo las zonas donde rompen las olas o los lagos y mares que se están desecando, los individuos que presentaban alguna pequeña modificación en sus aletas que les permitiera arrastrarse por el fondo, tuvieron más probabilidades de sobrevivir y dejaron más descendientes que los demás. Estos lógicamente heredaban su mismo tipo de aleta. Este proceso de selección natural ha permitido el desarrollo de las extremidades de los tetrápodos.
- 33** El tipo de dentición es una característica hereditaria que puede presentar variabilidad entre los individuos de una población. Al tener que buscar otras fuentes de alimentación, como la carne, para poder tener más probabilidades de sobrevivir, los individuos que presentaban en la dentición características que le favorecían para consumir estos



alimentos aumentaban su probabilidad de reproducirse, transmitiendo a su descendencia estos rasgos dentales, que con el tiempo fueron acentuándose e implantando en la población.

- 34 a)** Hace entre unos 3,75 y 4 m.a.
- b)** La especie evolutivamente más cercana al tigre es la pantera de las nieves (*Panthera uncia*), porque es con quien comparte un antepasado común más reciente.
- 35 a)** No, ya que X es el último antecesor común del kiwi, el casuario y el emú, tres aves no voladoras que solo se encuentran en Oceanía, lo que indica que X es una especie que quedó aislada de la especie antecesora de los avestruces (África) y los ñandús (Sudamérica) cuando Pangea se separó. Cuando tuvo lugar el proceso de especiación de la especie X, África y Sudamérica ya se habían separado de Oceanía, como indica el hecho de que el avestruz y el ñandú tengan su antepasado común más próximo hace aproximadamente 70 millones de años.
- b)** Desde la perspectiva lamarckista, las alas de las aves no voladoras se han atrofiado por no usarlas para volar, mientras que sus patas se han desarrollado notablemente debido a que las usan más que el resto de las aves. Desde el punto de vista darwiniano, la reducción de las alas podría explicarse también como una atrofia por desuso, pero la lógica de esa atrofia habría que buscarla en que la selección natural favoreció los individuos con alas pequeñas, para reducir el peso al aumentar de tamaño corporal, con el consiguiente desarrollo de las patas, especializadas para correr y desplazarse por tierra. Aquellos individuos con alas grandes realizaban un mayor esfuerzo para correr y debido a su tamaño tampoco podían volar bien, por lo que estaban en desventaja, reduciendo así sus probabilidades de supervivencia y reproducción.

Pág. 357

### CIENCIA EN TU VIDA

- 36** Las islas Galápagos forman un archipiélago en el que cada isla presenta unas condiciones ambientales y unas características geológicas distintas. Darwin pudo confirmar sus sospechas de cómo un conjunto de poblaciones de la misma especie, sometidas a diversos tipos de aislamiento reproductivo, ya sea geográfico, ecológico o etológico, fueron especializándose hasta diversificarse en variedades diferentes e incluso especies distintas. Además, observó cómo determinadas características estaban íntimamente relacionadas con el tipo de ambiente, pues especies distintas que vivían en ambientes similares coincidían en presentarlas, un fenómeno denominado convergencia evolutiva y que demuestra la influencia de la selección natural.
- 37** El principal error fue la caza indiscriminada de tortugas como fuente de alimento, actividad que fue tan intensa que puso realmente en peligro la supervivencia de la especie. Además, las actividades agrícolas, que introdujeron en el medio otras

especies, como vacas y ovejas, compitieron en recursos con las especies autóctonas.

- 38** Porque las especies cumplen una función fundamental en el equilibrio y supervivencia de los ecosistemas, y la desaparición de una o varias de ellas puede poner en peligro al resto, incluso la nuestra. Además, las futuras generaciones tienen el mismo derecho que nosotros a recibir un mundo con la riqueza biológica que nosotros recibimos.



Pág. 359

**PARA COMENZAR**

- Porque muchos de ellos producen enfermedades tanto en la especie humana como en otros animales y plantas.
- En ocasiones su número es tan grande que pueden verse, como cuando el agua de una charca se vuelve verde (eutrofización) o se aprecian las manchas rojas en el mar o se pudre una pieza de fruta.
- El sida, el tifus, la malaria, la difteria, la tuberculosis, la enfermedad del sueño, la varicela, las paperas, etc.
- El microscopio óptico.
- Procariotas: las bacterias y las arqueobacterias. Eucariotas: hongos, algas y protozoos. Además, habría que incluir a los virus, que no encajan en ninguno de los grandes grupos.
- Los virus no son considerados seres vivos, ya que carecen de metabolismo y solo pueden reproducirse dentro de otras células. Son agentes infecciosos acelulares.

Pág. 360

- 1 Los microorganismos eucariotas pueden ser las algas microscópicas, los protozoos y los hongos microscópicos, los dos primeros pertenecientes al reino de los Protocistas y el tercero al reino de los Hongos. En el dominio Eukarya pueden encontrarse también las plantas y los animales.
- 2 Los eucariotas poseen una envoltura nuclear en el que se localiza la mayor parte del ADN, presentan orgánulos membranosos en el citoplasma y carecen de cromosomas circulares, excepto en las mitocondrias y los cloroplastos.
- 3 La bacteria mide  $3,5 \cdot 10^4 \text{ Å}$  de longitud. El protozoo mide 0,125 mm.

Pág. 361

- 4 Son virus que parasitan exclusivamente a las bacterias.
- 5 Partículas víricas o viriones es el término utilizado para denominar a los virus en su fase extracelular; durante este tiempo permanecen inertes puesto que carecen de metabolismo. Cuando consiguen introducir su genoma en el interior de una célula, se activan los procesos de replicación de esta, que serán utilizados por el virus para reproducirse.

Pág. 362

- 6 Los hexones y pentones se encuentran en las cápsidas icosaédricas de los virus. Los hexones se componen de seis unidades de proteínas y forman las caras de la cápsida y los pentones se componen de cinco unidades proteicas y se encuentran en los vértices.
- 7 El bacteriófago lambda ( $\lambda$ ) tiene una cápsida icosaédrica con cola, pero carece de placa basal.

Pág. 363

- 8 El sistema más conocido es el de los T4. Estos bacteriófagos se fijan a las bacterias mediante enlaces químicos a través de las puntas de las fibras caudales y clavando las espigas basales en la pared bacteriana.
- 9 Durante la fase de eclipse tiene lugar la replicación del ADN del virus, que se repite múltiples veces, y se producen las proteínas del virus, como los capsómeros que conformarán las cápsidas.
- 10 El ciclo lítico conduce a la lisis inmediata de la célula hospedadora después de los procesos de duplicación del ADN vírico, de la síntesis de los capsómeros y del ensamblaje de los viriones hijos. Durante el ciclo lisogénico, la célula hospedadora puede reproducirse varias veces y con ella el ADN profago, antes de desarrollar un proceso lítico.

Pág. 365

- 11 La mureína es un peptidoglicano constituido por N-acetilglucosamina (NAG) y N-acetilmurámico (NAM), unidos alternadamente, y que forman largas cadenas. Se encuentra en la pared bacteriana.
- 12 Las bacterias grampositivas tienen una sola capa gruesa en la pared constituida de mureína, mientras que las gramnegativas tienen una capa basal fina de mureína y una membrana externa constituida por una doble capa lipídica con proteínas.

Pág. 366

- 13 Los plásmidos son porciones pequeñas de ADN bicatenario circular que se encuentran en el citoplasma bacteriano independientemente del ADN cromosómico.
- 14 Las inclusiones citoplasmáticas de las bacterias pueden ser de almidón, de glucógeno, de lípidos y de volutina. Su misión es servir de moléculas de reserva para las funciones de nutrición.
- 15 Los flagelos son estructuras largas y móviles que les sirven a las bacterias para desplazarse. Los pelos son estructuras rígidas, huecas y estáticas, utilizadas para adherirse a diferentes superficies.
- 16 Las bacterias atricas no tienen flagelos y las monotricas solo uno.
- 17 Hay dos tipos de pelos: los pelos de conjugación, que sirven para unir dos bacterias y transmitirse material genético (conjugación), y las fimbrias, que son pelos de adhesión a diferentes superficies, como a la superficie de las células.

Pág. 367

- 18 Ambas necesitan de energía luminosa para su metabolismo pero, mientras que las fotoautótrofas solo usan  $\text{CO}_2$  para sintetizar moléculas orgánicas, las fotoheterótrofas requieren materia orgánica simple como fuente de carbono.

- 19** Las endosporas son estructuras de resistencia que se forman en el interior de algunas bacterias en respuesta a un medio adverso. Las endosporas se componen de ADN y varias cubiertas alrededor. Mediante las endosporas (exosporas cuando quedan libres en el medio al lisiarse la bacteria) las bacterias pueden estar en vida de latencia durante largos periodos de tiempo, hasta que las condiciones del medio sean las favorables. En ese momento, las exosporas germinan y dan origen a una nueva bacteria.

Pág. 368

- 20** Se convierte en una bacteria F<sup>+</sup>, ya que recibe de la bacteria donante una copia íntegra de su plásmido F.

Pág. 369

- 21** Los virus pueden contener en su estructura macromolecular trozos de ADN procedentes de bacterias que hayan parasitado anteriormente. Cuando un virus infecta a una bacteria, puede introducirle no solo su material genético sino también estos trozos de ADN bacteriano exógeno.

Pág. 371

- 22** Porque al tener solo el fotosistema I no utilizan el agua como fuente de hidrógeno.
- 23** Son bacterias muy pequeñas que carecen de pared bacteriana y cuya membrana plasmática contiene esteroides. La mayoría de micoplasmas son patógenos.
- 24** Son las bacterias de la flora intestinal, localizadas en el intestino grueso de los animales, como *Escherichia coli* y las del género *Salmonella*. Contribuyen a la formación de las heces de los animales. En determinadas condiciones pueden llegar a ser patógenas.

Pág. 372

- 25** Las arqueobacterias poseen una membrana plasmática que puede ser monocapa o bicapa y sus lípidos contienen hidrocarburos isoprenoides en vez de ácidos grasos, como en el caso de las eubacterias. Otra diferencia importante entre ambas es el tipo de enlace entre el hidrocarburo y la glicerina, en el caso de las arqueobacterias es de tipo éter, mientras que en las eubacterias es de tipo éster.
- 26** Es gas metano producido por las arqueobacterias metanógenas, muy abundantes en pantanos y zonas encharcadas con gran cantidad de materia orgánica en descomposición.

Pág. 373

- 27** Producen neurotoxinas que al acumularse en animales filtradores, como los moluscos bivalvos y los crustáceos,

pueden producir en otros animales que los consumen, como los humanos, envenenamientos e incluso la muerte. Son también las causantes de las llamadas mareas rojas.

- 28** Son las algas microscópicas, como las diatomeas, las dinoflageladas y las euglenoides, que viven en las capas superficiales de los mares y lagos y efectúan la fotosíntesis.
- 29** Son las dos piezas silíceas que conforman la cubierta de las algas diatomeas.
- 30** Porque tienen una mancha de pigmento, o estigma, en su citoplasma que es sensible a la luz.

Pág. 374

- 31** La conjugación ocurre en los protozoos del grupo de los ciliados. Consiste en la fusión temporal de dos ciliados que proceden a intercambiar parte de su material genético. Después de la conjugación, los dos ciliados son algo distintos genéticamente.
- 32** Son la bipartición y la esporulación. En la bipartición de un protozoo progenitor se originan dos idénticos y en la esporulación se producen múltiples protozoos hijos.

Pág. 375

- 33** Las hifas son los filamentos microscópicos de los hongos pluricelulares. Sus células pueden estar completas (hifas septadas) o incompletamente separadas (hifas sifonadas).
- 34** Porque desarrollan procesos fermentativos de los cuales se pueden producir productos interesantes a nivel industrial o alimentario, como el alcohol etílico o el pan.
- 35** Son hongos pluricelulares filamentosos que crecen sobre materia orgánica viva o muerta como el pan o las frutas maduras.
- 36** Son los hongos que viven sobre materia orgánica muerta, se alimentan de ella y contribuyen a su descomposición.

Pág. 376

#### SABER HACER

- 37** Los protozoos ciliados se mueven muy deprisa. Para verlos mejor se pueden colocar unas fibras de algodón para que dificulten su desplazamiento.
- 38** Mediante cilios, como los paramecios; mediante flagelos, como la euglena, y mediante pseudópodos, como las amebas.
- 39** Tendrá un crecimiento menor o más lento.
- 40** R. G.

Pág. 377

- 41** La mineralización que efectúan los microorganismos permite, por un lado, incorporar materia inerte a la biosfera impidiendo que esta se vaya agotando y, por otro, pone

a disposición de los organismos vegetales materia inorgánica utilizable.

- 42 Los procesos de fermentación y respiración liberan CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Pág. 378

- 43 La desnitrificación es un proceso realizado por algunas bacterias, como las *Pseudomonas*, que degradan los nitratos y producen N<sub>2</sub> en forma gaseosa, que se incorporará nuevamente a la atmósfera.

Pág. 379

- 44 Algunos microorganismos que intervienen en el ciclo del fósforo son bacterias, como *Bacillus*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas*, y hongos microscópicos, como *Aspergillus*.

Pág. 380

#### PARA REPASAR

- 45 Las bacterias y las arqueobacterias.
- 46 Al no tener metabolismo ni capacidad de replicar su ADN no pueden reproducirse, por lo que necesitan infectar las células para poder utilizar sus mecanismos de replicación y producción de proteínas.
- 47 Existen tres tipos de cápsida: helicoidal, como la del virus del mosaico del tabaco; icosaédrica, como la del virus de las verrugas, y compleja, como la del bacteriófago T4.
- 48 R. G. Aunque existen variedades de bacteriófagos, el más conocido es el T4.
- 49 1. Plásmido; 2. Cromosoma bacteriano; 3. Ribosomas; 4. Fimbrias; 5. Citoplasma; 6. Membrana plasmática; 7. Pared celular; 8. Cápsula; 9. Flagelos.
- 50 Las bacterias grampositivas tienen una pared gruesa monoestratificada de mureína mientras que las gramnegativas la tienen biestratificada, con una capa de mureína fina y una membrana externa. Esta diferente composición determina que ante la tinción con cristal violeta y safranina más un tratamiento intermedio con lugol, las grampositivas queden teñidas de azul y las gramnegativas de color rojo.
- 51 Cuando las endosporas quedan libres, forman exosporas que se comportan como células latentes o de resistencia, pudiendo sobrevivir largo tiempo en condiciones ambientales adversas, como, por ejemplo, altas temperaturas (80 °C), condiciones de sequedad y también soportar la acción de agentes químicos como ácidos y desinfectantes o radiaciones. En condiciones ambientales adecuadas, las exosporas germinan y dan lugar a bacterias con todas sus funciones. Las producen las bacterias que viven en los suelos.
- 52 Se trata del fenómeno de bipartición bacteriana, primero se duplica el cromosoma bacteriano, después se comienza

a producir el septo de separación de las dos bacterias hijas, cada cromosoma bacteriano va a uno de los dos compartimentos, acaba la formación del septo y finalmente las bacterias hijas se separan cada una de ellas con un cromosoma bacteriano.

- 53 Se trata de un proceso de transducción en el que interviene un profago: A. Un virus infecta a una bacteria; B. El virus queda adherido pero sin su ADN interno (esto se denomina «fantasma»); C. El ADN vírico se intercala en el ADN bacteriano; D. El profago se ha activado e inicia un ciclo lítico. El virus que está saliendo, por error, además del ADN vírico, contiene algunos genes del ADN bacteriano adyacente. E. El virus portador del ADN vírico y de genes bacterianos adyacentes penetra en una segunda bacteria. F. Se repite el proceso.
- 54 Treponema: espiroqueta; *Nitrobacter*: bacteria nitrificante; *Escherichia*: bacteria entérica; *Rhizobium*: bacteria fijadora de nitrógeno; *Mycoplasma*: es una afraqmobacteria o Micoplasma; *Lactobacillus*: es una bacteria del ácido láctico.
- 55 Las arqueas metanógenas descomponen materia orgánica y producen metano (CH<sub>4</sub>). Viven en los pantanos y zonas encharcadas que contienen grandes cantidades de materia orgánica en descomposición. Participan en la liberación de carbono a la atmósfera.
- 56 Los mastigóforos se mueven mediante flagelos, los sarcodinos mediante pseudópodos, los apicomplejos mediante contracciones del cuerpo y los ciliados mediante cilios.
- 57 Las bacterias son procariotas, es decir no tienen envoltura nuclear, las células de los hongos son eucariotas, sí que tienen envoltura nuclear. Las bacterias son siempre unicelulares, los hongos pueden ser unicelulares y pluricelulares. Hay bacterias fotoautótrofas, fotoheterótrofas, quimioautótrofas y quimioheterótrofas. Los hongos son todos heterótrofos. Muchas bacterias producen enfermedades en plantas y animales pero otras son beneficiosas en algunas actividades humanas. Los hongos principalmente contribuyen a la descomposición de los restos orgánicos en los suelos, algunos son parásitos.
- 58 Las bacterias fijadoras de nitrógeno, las bacterias nitrificantes del suelo, las bacterias desnitrificantes, las bacterias descomponedoras.
- 59 Se trata del ciclo de carbono. A. Bacterias oxidantes del metano; B. Bacterias metanógenas; C. Bacterias fotosintéticas y algas; D. Microorganismos aerobios y anaerobios; E. Microorganismos anaerobios.
- 60 a) V. e) V.  
b) F. f) F.  
c) V. g) V.  
d) V. h) F.

#### PARA PROFUNDIZAR

- 61 Cianobacteria: tipo de bacteria fotosintética aerobia que tiene pigmentos azules, como las ficocianinas. Moho: son hongos

filamentosos pluricelulares que crecen sobre materia orgánica. Plásmido: pequeña molécula de ADN circular bicatenario que suelen tener las bacterias además del cromosoma bacteriano. Hexón: capsómero de las cápsidas icosaédricas de los virus formado por seis moléculas proteicas. Rizópodos: tipo de protozoo que se desplaza mediante pseudópodos.

- 62** Bacterias grampositivas: pared gruesa monoestratificada de mureína; *Lactobacillus*.  
Bacterias gramnegativas: pared fina biestratificada con mureína y una membrana externa; *Rhizobium*.  
Micoplasmas: sin pared bacteriana; *Mycoplasma*.  
Arqueobacterias: pared de pseudopeptidoglicanos; arqueas metanógenas.  
Protozoos: sin pared celular; *Rhizópodos*.

Pág. 381

### PARA PROFUNDIZAR

- 63** Las bacterias del ácido láctico como *Lactobacillus* efectúan fermentaciones de diferente materia orgánica que permiten obtener diferentes productos, como el pan y las bebidas alcohólicas; las bacterias del género *Azotobacter* y *Rhizobium* fijan el nitrógeno atmosférico y lo suministran a las plantas con las que están en simbiosis unido a moléculas inorgánicas; las bacterias entéricas, en condiciones normales, contribuyen a la formación de las heces y pueden producir vitaminas; las cianobacterias y otras algas microscópicas marinas del plancton oxigenan las capas superiores de los océanos.
- 64** Autótrofo significa que un organismo es capaz de producir materia orgánica valiéndose únicamente de materia mineral, mientras que heterótrofo es aquel organismo que solo puede producir materia orgánica a partir de otra materia orgánica más simple. Un virus es un complejo macromolecular compuesto de proteínas y ácido nucleico que tiene vida inerte fuera de las células, mientras que una bacteria es un organismo procariota capaz de alimentarse, relacionarse y reproducirse por sus propios medios. La levadura es un hongo unicelular sin capacidad de movimiento, mientras que el protozoo es un eucariota con capacidad de movimiento.
- 65** Respuesta en la web.
- 66**
- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| a) Eubacterias.     | f) Ninguna.         |
| b) Ambas.           | g) Arqueobacterias. |
| c) Eubacterias.     | h) Arqueobacterias. |
| d) Arqueobacterias. | i) Ninguna.         |
| e) Arqueobacterias. | j) Ambas.           |

Pág. 383

### CIENCIA EN TU VIDA

- 67** R. L.
- a) Los microorganismos que puede haber en los objetos son principalmente bacterias, hongos y virus que han llegado allí transportados por el aire.

- b) R. L.
- c) La frase de Miquel y Cambert quiere indicar que en habitaciones donde hay personas hay microorganismos en el aire mientras que donde no hay personas y se mantiene cerrada no hay microorganismos. También que en los hospitales, debido a la presencia de enfermos, hay muchos microorganismos en el aire y más durante el invierno, que es la época del año donde hay más afecciones de enfermedades infecciosas.
- d) Microorganismos de utilidad en la vida cotidiana son, por ejemplo, los que efectúan fermentaciones lácticas y alcohólicas para la elaboración del pan, yogures y bebidas alcohólicas y la flora intestinal, que colabora a nuestras digestiones y a la formación de las heces.
- e) La aerobiología es la parte de la biología que se encarga de estudiar los microorganismos que viven en el aire.
- 68** R. L. Cualquier medida preventiva que se plantee debe incluir la higiene regular y eficiente de las manos, la limpieza de herramientas, mobiliario, etc.
- 69** R. M. Por la presencia de microorganismos en el aire y en el instrumental. Los quirófanos deben mantener estrictas medidas de control del aire, con filtros, para retener la máxima cantidad de agentes infecciosos. Además, el instrumental se debe esterilizar y los propios integrantes del equipo de cirugía deben cumplir con un riguroso protocolo de higiene. Si cualquiera de estos aspectos falla, la probabilidad de que el paciente sufra una infección aumenta.

Pág. 385

**PARA COMENZAR**

- R. M. Varicela, paperas, gripe, resfriado, pie de atleta, etc.
- R. M. Con las propias defensas del organismo, remedios populares como hierbas curativas, desinfección por fuego de heridas, sangrías controladas mediante sanguijuelas, etc.
- Las bacterias, los virus, los protozoos y los hongos.
- R. M. A través de una herida sin desinfectar o mal desinfectada, mediante agua o alimentos contaminados, a través de una relación sexual sin protección, por la proximidad de personas enfermas que tosen o estornudan, con la picadura de insectos que transmiten microorganismos...
- R. M. Son beneficiosos las levaduras del pan, las de la cerveza, las bacterias del yogur y del queso, los hongos que producen antibióticos.
- R. M. Aparte de la industria alimentaria y farmacéutica, los microorganismos también se emplean para la producción de vitaminas, aminoácidos, enzimas, para el control de plagas de algunos insectos, para la depuración de aguas residuales, en la degradación de hidrocarburos, en ingeniería genética... El alumno redactará un escrito sobre alguno de estos procesos.

Pág. 386

- 1 Los microorganismos patógenos son nocivos siempre, independientemente de las características del medio ambiente o del estado del hospedador, mientras que los oportunistas solo son patógenos ante determinadas circunstancias.
- 2 Pandemia. R. L.
- 3 El vector de una enfermedad es el ser vivo que transporta el microorganismo hasta el hospedador definitivo, mientras que el portador es el ser vivo que ya tiene el microorganismo pero que aún no ha desarrollado los síntomas de la enfermedad.

Pág. 387

- 4 Una anatoxina o toxoide es una toxina bacteriana atenuada que aún conserva la capacidad de inducir la producción de antitoxinas en el cuerpo del hospedador.
- 5 Enzimas extracelulares como la coagulasa, la hialuronidasa, la leucocidina, la hemolisina, las fimbrias de adherencia, los flagelos, las moléculas de hemoaglutininas.

Pág. 388

- 6 Los viroides y los priones.
- 7 La proteína priónica tiene un plegamiento espacial diferente y, además, puede inducir la transformación de las proteínas normales en proteínas priónicas.

- 8 Porque esta enfermedad, que ocurre en el tejido nervioso del encéfalo, provoca falta de coordinación motora e inestabilidad y porque la muerte de numerosas neuronas produce la aparición de espacios vacíos en el tejido nervioso, semejante al de una esponja.

Pág. 390

- 9 La bacteria *Neisseria gonorrhoeae*, que se transmite mediante las relaciones sexuales. Es un diplococo.

Pág. 391

- 10 La hepatitis A la produce un virus de ARN con cápsida icosaédrica adquirido mediante el agua o alimentos contaminados, mientras que la hepatitis B es producida por un virus de ADN de doble cadena y envoltura transmitido por vía sexual o mediante jeringuillas contaminadas.
- 11 Envenenamiento por estafilococos, producido por una enterotoxina que provoca en el hospedador diarreas, náuseas y vómitos.  
El origen de esta enfermedad son los alimentos contaminados por estafilococos, como salsas, ensaladas, flanes, huevos...
- 12 Los poliovirus suelen infectar los tejidos de la faringe y del intestino, pero si posteriormente llegan al sistema nervioso, afectan a las neuronas motoras y provocan la parálisis de las piernas.

Pág. 392

- 13 La peste, producida por la bacteria *Yersinia pestis*, tiene como reservorios a animales como ratas y otros roedores salvajes. Se transmite mediante las pulgas de estos animales.
- 14 Fiebres recurrentes cada 2-4 días, escalofríos, anemia y dolores de cabeza y musculares. La malaria se debe a varias especies de protozoos del género *Plasmodium*, que se transmite mediante picaduras del mosquito *Anopheles*.

Pág. 393

- 15 Los medios líquidos se elaboran en tubos de ensayo o matraz Erlenmeyer y suelen taparse. Son útiles para controlar el crecimiento de las poblaciones.  
Los medios sólidos se preparan en placas de Petri y, además de nutrientes, tienen un agente gelificante.
- 16 R. M. Un medio enriquecido con lactosa. El agar BCP (agar lactosa con púrpura de bromocresol).

Pág. 394

- 17 El asa se usa para coger las muestras del microorganismo y sembrarlo, mediante estrías, en el medio de cultivo.

- 18 El aislamiento mediante dilución requiere un único periodo de incubación en estufa y permite un recuento estimado de la población.

Pág. 395

- 19 Manteniendo los nutrientes y los factores de crecimiento en su nivel óptimo y evitando los factores limitantes, como el acúmulo de sustancias tóxicas de metabolismo.
- 20 Las radiaciones ionizantes son agentes antimicrobianos físicos constituidas por haces de electrones de alta energía (rayos X y rayos gamma) que ionizan moléculas orgánicas como las proteínas y el ADN, lo que provoca la muerte de los microorganismos. Se utilizan en medicina para esterilizar instrumental médico.

Pág. 396

- 21 Es un aparato que se utiliza para esterilizar instrumentos mediante calor húmedo. Produce la desnaturalización y la coagulación de las proteínas de los microorganismos.
- 22 Los desinfectantes son agentes antimicrobianos químicos que matan a los microorganismos y se emplean en superficies inanimadas; en cambio, los antisépticos son utilizados para eliminar microorganismos de superficies animales como, por ejemplo, las heridas.
- R. M. Son desinfectantes los compuestos fenólicos y el sulfato de cobre. Son antisépticos el etanol, el yodo, el agua oxigenada y los detergentes.

Pág. 397

- 23 Los agentes antimicrobianos bactericidas matan a los microorganismos, mientras que los bacteriostáticos solo inhiben su crecimiento, sin matarlos.
- 24 Su mecanismo de acción puede consistir en inhibir la síntesis de la pared bacteriana, destruir los fosfolípidos de las membranas celulares o inhibir la síntesis del ADN, del ARN y de las proteínas.
- 25 Las sulfamidas son agentes quimioterapéuticos sintéticos, mientras que los antibióticos son producidos por microorganismos como bacterias y hongos.

#### SABER HACER

- 26 El antibiótico más efectivo es la cefalosporina, seguido a muy poca distancia por el cloranfenicol.
- El menos sensible es la estreptomina, ya que no se observa halo de inhibición alrededor del disco.
- 27 Cefalosporina; cloranfenicol; tetraciclina; penicilina; estreptomina.

Pág. 399

- 28 Es un depósito de capacidad variable que contiene un medio de cultivo de microorganismos; añadiendo microorganismos,

estos se reproducen rápidamente y liberan al medio de cultivo, mediante procesos fermentativos, diversas sustancias, que luego son concentradas y constituyen los productos obtenidos, como el etanol y el ácido láctico.

- 29 El vino y la cerveza se producen mediante fermentación alcohólica en la que la glucosa es degradada anaeróbicamente a etanol. En ambos casos, el microorganismo que interviene es la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.
- Se diferencian en que para la obtención del vino la materia prima es la uva, mientras que la cerveza se origina fermentando la cebada y, además, hay que añadir lúpulo.

Pág. 400

- 30 La azul; así inhibe el crecimiento de las bacterias que forman colonias amarillas.

Pág. 401

- 31 Antibióticos, vitaminas, aminoácidos y enzimas.
- 32 Son microorganismos capaces de infectar a insectos considerados como plagas y que los matan, controlando de esta manera sus poblaciones.

Pág. 402

- 33 Son las normas establecidas por organizaciones internacionales en el ámbito alimentario que deben cumplir los alimentos en relación con su contenido microbiológico para poder ser consumidos sin peligro para la salud.
- 34 Mediante ingeniería genética, aislando el gen humano que induce la formación de la insulina, introduciéndolo en el material genético de la bacteria a través de un plásmido y facilitando que las bacterias con este plásmido se dividan y produzcan la molécula de insulina en grandes cantidades, que luego se recuperan del medio de cultivo.

Pág. 403

- 35 La DBO es la capacidad de consumir oxígeno que tiene una masa de agua debida, principalmente, a la cantidad de materia orgánica que contiene. Cuanta más materia orgánica tenga el agua en cuestión, más microorganismos contendrá y, por lo tanto, la DBO será más alta, pues la mayoría de los microorganismos son de metabolismo aerobio.
- 36 Es la aplicación de microorganismos para el tratamiento y utilización de residuos de origen biológico o resultado de procesos agrícolas.

Pág. 404

#### PARA REPASAR

- 37 Los factores de virulencia de los microorganismos patógenos pueden ser toxinas (endotoxinas o exotoxinas) y enzimas extracelulares como la hialuronidasa y las hemolisinas.



- 38** La hialuronidasa es una enzima extracelular producida por bacterias de los géneros *Staphylococcus* y *Streptococcus*. Su efecto es hidrolizar el ácido hialurónico del cemento extracelular que hay en los tejidos epiteliales, por lo que facilita la invasión de las bacterias a través de dicho tejido.
- 39** Las enfermedades infecciosas son aquellas producidas por microorganismos patógenos. Pueden transmitirse a través del contacto directo, por vía sexual, a través del agua o alimentos contaminados o por vectores animales.
- 40** Los viroides.
- 41** Las tres enfermedades están producidas por virus que afectan al ser humano.
- 42** Enfermedades de transmisión sexual son, por ejemplo, el sida, el papiloma, la gonorrea, el herpes genital y la sífilis. El método de prevención más sencillo es el uso de preservativos durante las relaciones sexuales.
- 43** Lavando bien los alimentos frescos que se consumen y bebiendo agua envasada o hervida previamente.
- 44** El mosquito *Anopheles*, al picar a una persona, inocula los esporozoítos del *Plasmodium*, que van junto a la saliva del mosquito y que pasan a la sangre de la persona que ha sufrido la picadura. El mosquito es, por lo tanto, un vector biológico del parásito.
- 45** A la liberación masiva de merozoítos cuando «explotan» los glóbulos rojos.
- 46**

| Microorganismo               | Tipo     | Método de transmisión | Enfermedad que produce |
|------------------------------|----------|-----------------------|------------------------|
| <i>Treponema pallidum</i>    | Bacteria | Vía sexual            | Sífilis                |
| <i>Entamoeba histolytica</i> | Protozoo | Agua o alimentos      | Disentería amebiana    |
| <i>Rhabdovirus</i>           | Virus    | Contacto directo      | Rabia                  |
| <i>Trichomonas vaginalis</i> | Protozoo | Vía sexual            | Tricomoniasis          |

- 47** R. M. La pasteurización es un proceso industrial mediante tratamiento con calor que se utiliza para conservar alimentos durante largo tiempo, sin presencia de microorganismos y sin que apenas pierda sus cualidades organolépticas (olor y sabor), como sucede con la esterilización por ebullición. Básicamente consiste en someterlo a altas temperaturas pero durante tiempos muy cortos; por ejemplo, a 72 °C durante 15 segundos. Su nombre se debe al microbiólogo francés Louis Pasteur, que fue quien descubrió el sistema en 1864.
- 48** Un medio de cultivo semisólido en una placa de Petri y un asa de cultivo o de Henle. Se trata de hacer el mayor número posible de estrías para ir reduciendo la cantidad de microorganismos en cada nueva estría y así conseguir aislarlos.
- 49** Son sustancias naturales producidas por ciertas bacterias y hongos filamentosos que inhiben la presencia de otros microorganismos o los matan.

En primer lugar, se tienen que obtener muestras de diferentes bacterias de la naturaleza; a continuación, se deben cultivar para seleccionar las más adecuadas. Después hay que probar el efecto de estas bacterias sobre otras, a las que se quiere controlar, y, tras comprobar su efecto, se seleccionan las más activas para obtener antibióticos en tanques de fermentación. La parte final es la realización de test de toxicidad con diferentes concentraciones del antibiótico sobre animales de experimentación.

- 50** R. L.
- 51** La biotecnología es la utilización de diferentes aparatos o técnicas de laboratorio sobre microorganismos u otros seres vivos para la obtención de ciertos productos beneficiosos para la especie humana. R. M. Por ejemplo, las fermentaciones alcohólica o láctica para producir vino o yogur respectivamente, el uso de microorganismos para depurar las aguas residuales o para producir antibióticos.
- 52** Son plásmidos bacterianos que contienen tanto material genético propio como fragmentos de ADN de una bacteria donadora. La importancia que pueden tener estos plásmidos recombinantes es que si se introducen en ciertas bacterias estas pueden adquirir la capacidad de producir determinadas sustancias de interés para la especie humana; y si reproducen mucho se consigue formar un clon que permite producir dicha sustancia en grandes cantidades.
- 53** R. M. En la actualidad se están empleando microorganismos para el tratamiento y utilización de residuos de origen biológico o resultado de procesos agrícolas. La aplicación de los microorganismos en este campo recibe el nombre de biorremediación. Por ejemplo, en el tratamiento de las aguas residuales, en la eliminación de los vertidos de crudo en el mar, en la eliminación de los plásticos.
- 54** a) Verdadero.  
b) Falso.  
c) Falso.  
d) Falso.  
e) Verdadero.  
f) Verdadero.  
g) Verdadero.  
h) Verdadero.  
i) Falso.

#### PARA PROFUNDIZAR

- 55** R. M. La gripe es una enfermedad infecciosa transmitida por un virus a través del aire. Este virus puede tener mutaciones en su material genético que lo puedan hacer resistente a las vacunas de un año para otro.
- 56** R. M. Se trata de una bacteria que produce la peste. Se transmite por animales como ratas domésticas. Fue una plaga durante la Edad Media debido a la falta de higiene.
- 57** Es un nematodo cuyos huevos o quistes microscópicos están presentes en carnes mal cocinadas o simplemente curadas, como el jamón, pueden producir una enfermedad llamada triquinosis.

**58** R. M. El método que habría que seguir para la fabricación del whisky es similar al de la fabricación de la cerveza. La cerveza se elabora a partir de cereales que contienen almidón en sus granos. Las levaduras solo son capaces de fermentar monosacáridos de seis carbonos, por lo que es necesario que en primer lugar se produzca la hidrólisis del almidón. El cereal más empleado es la cebada, aunque también se utilizan el maíz y el arroz. Al germinar, sus semillas producen amilasas que rompen los enlaces del almidón, convirtiéndolo en glucosa. Por lo tanto, estas semillas han de ser malteadas (se humedecen, se dejan germinar y se secan). A continuación, se muele la cebada malteada con agua para liberar las amilasas. El extracto acuoso se separa del triturado sólido de los granos, se le añade el lúpulo y se cuece. El lúpulo dará el sabor a la cerveza e impedirá el crecimiento de bacterias. Al hervir la mezcla, se desnaturalizan las amilasas. A esta mezcla se le añaden las levaduras, que producirán la fermentación entre los cinco y diez días siguientes. Después de la fermentación, se procede a su filtración y para obtener el whisky se deben destilar y recoger las primeras fracciones, que serán las más ricas en alcohol. Posteriormente, el destilado se ha de dejar en barriles de roble para que vayan adquiriendo de la madera las cualidades organolépticas que se desean.

**59** Algunas especies de animales, por ejemplo, los insectos que constituyen plagas vegetales, pueden ser afectadas por diferentes microorganismos, que los matan o impiden su reproducción. El control microbiológico de estas especies de insectos consistiría en emplear determinados microorganismos sobre sus poblaciones para disminuir su número y para controlar la plaga sobre las plantas de cultivo.

**60** Mediante ingeniería genética se pueden obtener sustancias a partir de la información genética incorporada a las células bacterianas. Para ello se les introducen plásmidos recombinantes que portan el gen que codifica el producto que se quiere sintetizar. Una vez en el interior de la célula, los plásmidos se autorreplican, al tiempo que las bacterias crecen y se dividen. Así se obtendrá una población de células idénticas (clon) que contendrá plásmidos recombinantes o, lo que es lo mismo, el gen habrá sido sometido a clonación.

Pág. 405

#### PARA PROFUNDIZAR

**61** Respuesta en la web.

**62 a)** Los cirujanos eran los culpables de la mayor mortalidad en el primer hospital debido a la falta de asepsia después de efectuar las autopsias y antes de atender a los partos.

**b)** Que los cirujanos, antes de asistir los partos, se desinfectaran o esterilizaran mejor los aparatos e instrumentos.

**63** R. M. Los indígenas americanos carecían de defensas inmunológicas contra esta enfermedad porque nunca habían estado en contacto con el virus que la produce, ya que solo existía en el área euroasiática.

**64 a)** Es el principal componente de los materiales plásticos.

**b)** Podrían ser un recurso muy importante para acelerar la degradación de los materiales plásticos, al poder degradar el polietileno.

**c)** Habría que separar las bolsas y otros materiales plásticos del resto de basuras, triturarlos y suministrarlos a bacterias como única fuente de carbono.

Pág. 407

#### CIENCIA EN TU VIDA

**65** Porque Chile está separado de las regiones que ocupan los mosquitos *Aedes*, los vectores del virus del Zika, por el desierto de Atacama, donde los mosquitos no se pueden reproducir; y porque las bajas temperaturas existentes en Canadá impiden la supervivencia de dichos mosquitos.

**66** R. L.

**67** Dado que en España la población no está inmunizada contra este virus y existe el mosquito tigre, hay un elevado riesgo de contagio, lo cual puede ser especialmente peligroso para las mujeres embarazadas. Además, en 2016 se espera la llegada de unas 250 personas infectadas, si sucede lo mismo que pasó en 2014 con el chikunguña. Las medidas preventivas que se deben tomar son eliminar los lugares donde se pueden reproducir los mosquitos tigres, evitar las zonas con mosquitos, protegerse con repelentes de mosquitos, usar manga larga y pantalones largos y no viajar a países con alta transmisión del virus del Zika, especialmente las mujeres embarazadas. Las cuatro personas infectadas deberían estar aisladas mientras sufrieran la enfermedad (cuarentena), ya que durante ese tiempo son reservorios del virus.

**68** Porque se supone que durante ese tiempo todas las mujeres se habrán contagiado con este virus, habrán generado anticuerpos y ya serán inmunes a él, por lo que no hay peligro de que vuelvan a infectarse y pasarlo a sus futuros hijos durante el embarazo.

**69** Porque la fumigación de campos mataría también a los demás insectos, algunos de los cuales son necesarios para la polinización de las plantas; porque provocaría la muerte de los pájaros insectívoros que consumen muchos mosquitos; y porque y en los pantanos morirían muchos de los peces y anfibios, que básicamente se alimentan de las larvas de mosquitos.

**70** R. M. Vigilar el cumplimiento de las normas de calidad, seguridad y protección ambiental de todo el proceso de producción, desde la recepción y almacenamiento de las materias primas (harina, sal, levadura...) y de los envases, embalajes y etiquetas, si los hubiera; pasando por la elaboración del pan y sus derivados, hasta la preparación para la venta y su carga para el reparto. Además, pueden asumir las labores de promoción del producto.

Pág. 409

**PARA COMENZAR**

- Los microorganismos se pueden transmitir por contacto directo, por el aire, por vía sexual, por el agua y los alimentos o a través de animales.
- No, ya que muchos viven en los suelos, en la superficie de los animales, sobre las frutas y verduras sin producir enfermedades en condiciones normales. Además, otros son capaces de producir sustancias útiles, como el pan, el alcohol etílico, vitaminas, antibióticos, etc.
- En general, los sistemas de los organismos invertebrados son muy primitivos, mientras que los de los organismos vertebrados, son mucho más complejos.
- Los organismos tienen defensas inespecíficas, como la piel o los macrófagos de la sangre, que actúan contra todo tipo de microorganismos, y defensas específicas, como anticuerpos o distintas células, que actúan solo contra determinados microorganismos.
- Nuestra primera defensa ante cualquier microorganismo patógeno es la gruesa capa de piel con pelo y glándulas sebáceas. Luego están las células sanguíneas fagocíticas y las productoras de anticuerpos.
- Son células sanguíneas que se encargan de capturar y fagocitar cualquier cuerpo extraño de la sangre, incluidos los microorganismos.
- Los anticuerpos son proteínas del grupo de las globulinas.
- La inflamación es la respuesta de las células sanguíneas ante la entrada de microorganismos por la herida, ya que acuden gran cantidad de ellas a la zona alterada para contrarrestar a los microorganismos.

Pág. 410

- 1 Es una enzima que se encuentra en la saliva, en las lágrimas y en las secreciones nasales y tiene capacidad para destruir la capa de mureína de las bacterias.
- 2 Las células NK o células asesinas son células sanguíneas de tipo linfocito que se encargan de matar células extrañas como las cancerígenas o células infectadas con virus, pero de manera no específica. Carecen de receptores de membrana antigénicos.

Pág. 411

- 3 La diapedesis es la capacidad de algunas células sanguíneas como los leucocitos neutrófilos de salirse de los vasos sanguíneos. La ventaja que tiene este fenómeno en los neutrófilos es que pueden fagocitar microorganismos que hayan invadido los tejidos.

Pág. 412

- 4 Las defensas inespecíficas son la piel, las secreciones y los fagocitos de la sangre que se encargan de detener a los

microorganismos sin atender a tipos; las defensas específicas son mecanismos defensivos de tipo celular o químico dirigidos a ciertos tipos de microorganismos.

- 5 Es específica, las células del sistema inmunitario reconocen antígenos específicos, y tiene memoria, el sistema inmunitario recuerda la respuesta frente a un determinado patógeno.
- 6 La vacunación consiste en introducir microorganismos atenuados o muertos en el cuerpo de la persona para prevenir la enfermedad. Es un tratamiento preventivo y se consigue inmunidad artificial activa.

La sueroterapia consiste en introducir los anticuerpos específicos en el cuerpo de la persona enferma de la enfermedad. Es un tratamiento curativo y se consigue inmunidad artificial pasiva.

Pág. 413

- 7 En el timo se produce la maduración de las células madre hematopoyéticas que llegan de la médula ósea y su transformación en linfocitos T.
- 8 Indica que hay una proliferación de células macrófagas en el ganglio como consecuencia de una infección microbiana.

Pág. 414

- 9 Si los antígenos proceden de una célula presentadora, son las moléculas MHC de tipo II las que muestran un péptido antigénico a los linfocitos T colaboradores. Si los antígenos son generados por células cancerosas, son las moléculas MHC de tipo I las que muestran un péptido antigénico a los linfocitos T citotóxicos.

Pág. 415

- 10 Son moléculas producidas por los linfocitos T colaboradores que inducen el crecimiento y maduración de linfocitos B y T.

| 11 | Inmunidad humoral                                                                                                                                       | Inmunidad celular                                                                                                                            |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Mediada por anticuerpos.                                                                                                                                | Mediada por células.                                                                                                                         |
|    | Antígeno presentado por MHC tipo II.                                                                                                                    | Antígeno presentado por MHC tipo I.                                                                                                          |
|    | Antígeno reconocido por un linfocito T colaborador.                                                                                                     | Antígeno reconocido por un linfocito T citotóxico.                                                                                           |
|    | Antígeno presentado a linfocitos B que generan células plasmáticas productoras de anticuerpos específicos contra el antígeno y linfocitos B de memoria. | Proliferación de linfocitos T citotóxicos que se unen a las células infectadas y liberan perforinas y granzimas provocando la lisis celular. |

**Pág. 416**

- 12** Los determinantes antigénicos son zonas de la molécula del antígeno que se unen específicamente a los receptores de membrana de los linfocitos B y T.

Un antígeno polivalente es aquel que presenta varios determinantes antigénicos, de modo que puede unirse a varios anticuerpos iguales o diferentes.

**Pág. 417**

- 13** Los anticuerpos son proteínas del grupo de las globulinas y su estructura base está formada por cuatro cadenas polipeptídicas, dos cadenas ligeras y dos cadenas pesadas unidas entre ellas por puentes disulfuro.
- 14** La porción variable de las moléculas de los anticuerpos está constituida por los extremos aminados de las cadenas H y L, y es por donde se produce la unión con las moléculas de los antígenos. Esta porción de las moléculas de anticuerpos se llama variable porque cada tipo de anticuerpo tiene diferente secuencia de aminoácidos, lo que determina que únicamente se puedan unir a un solo tipo de antígeno. En el dibujo, esta porción está representada por los colores claros: azul claro en las cadenas ligeras y verde claro en las cadenas pesadas.

**Pág. 418**

- 15** Las gammaglobulinas G o IgG son los únicos anticuerpos que atraviesan la placenta y, por lo tanto, pueden llegar al feto por el torrente sanguíneo proporcionándole una inmunidad natural pasiva.

**Pág. 419**

- 16** Los anticuerpos monoclonales se emplean en la inmunidad adquirida pasiva. El uso de estos anticuerpos se conoce como sueroterapia y consiste en proporcionar a un paciente enfermo los anticuerpos específicos para los antígenos que producen la enfermedad.

**Pág. 420**

- 17** La reacción de precipitación se da cuando el antígeno que se une al anticuerpo específico es una macromolécula soluble con varios determinantes antigénicos, lo que conduce a la formación de complejos insolubles que precipitan. En cambio, la aglutinación se da cuando los antígenos son moléculas de la superficie de bacterias u otros microorganismos.

**Pág. 421**

- 18** La opsonización es un tipo de reacción antígeno-anticuerpo que consiste en la unión de anticuerpos específicos a

antígenos de superficie de los microorganismos; de esta manera resulta más fácil la adhesión de estos microorganismos «opsonizados» a los macrófagos para que puedan ser fagocitados.

**SABER HACER**

- 19** R. G. Extrapolando el diámetro del anillo de la muestra en la gráfica representada nos sale una concentración de antígeno de aproximadamente 3,4 mg/mL.
- 20** Los anticuerpos tienen una zona de reconocimiento muy específica para cada antígeno. Hay, por tanto, un anticuerpo diferente para cada antígeno, que se unirá solo en la región del antígeno para la que ha sido sintetizado.

**Pág. 422**

- 21** La respuesta inmune secundaria es mucho más rápida, más intensa y más duradera que la respuesta inmune primaria y ello es debido a que tras el primer contacto con un antígeno, los linfocitos de memoria perduran durante gran parte de la vida del animal y de esta manera pueden responder mucho más rápidamente cuando hay una segunda infección.
- 22** Esta teoría acepta que los receptores específicos ante la mayoría de antígenos ya están preformados en el sistema inmunitario y que, ante la llegada del antígeno, se seleccionan las células inmunológicas con los receptores específicos y se estimula su reproducción.

**Pág. 423**

- 23** El sistema del complemento es un grupo de proteínas plasmáticas que tienen la capacidad de unirse a los complejos antígeno-anticuerpo y de esta manera inducen la formación de proteasas que actúan degradando la membrana de los microorganismos, originando poros en ella y provocando la lisis del microorganismo.
- 24** Los interferones alfa y beta se unen a la superficie de células vecinas, activando la producción de proteínas antivirales que impiden la replicación de los virus que puedan infectarlas.

**Pág. 424**

**PARA REPASAR**

- 25** La inmunidad congénita es la que tiene el feto y el recién nacido por adquirir anticuerpos de la madre a través de la placenta. La inmunidad adquirida se consigue después del nacimiento, de manera pasiva (sueroterapia) o activa (vacunación).
- 26** La actuación de los mecanismos de defensa inespecíficos se puede resumir de la siguiente forma: la barrera más externa es la piel, que actúa como una barrera mecánica y cuyo objetivo es impedir que cualquier agente externo penetre en el organismo. Reacciona de la misma manera ante cualquier tipo de patógeno tantas veces como este intente acceder. Sin embargo, cuando la piel sufre una alteración, permite el

paso de los gérmenes, que entonces sí pueden llegar a la sangre. Aquí se encuentra la segunda barrera, que está compuesta por células (los leucocitos o glóbulos blancos), y que son los defensores del organismo mediante el proceso de fagocitosis. Sin embargo, al igual que la piel, esta constituye también una barrera inespecífica, es decir, que tampoco distingue unos microorganismos de otros.

- 27** La respuesta inflamatoria se activa cuando un agente extraño entra en el organismo. Se produce la dilatación de los vasos sanguíneos locales y un aumento de la permeabilidad vascular que permiten la llegada de neutrófilos y macrófagos que eliminan a los microorganismos mediante fagocitosis.
- 28** La figura se refiere al proceso de la fagocitosis de una bacteria por macrófagos sanguíneos.
1. La bacteria es fagocitada mediante los pseudópodos del macrófago.
  2. La bacteria es incorporada dentro de una vacuola fagocítica o fagosoma.
  3. Se incorporan las enzimas de los lisosomas al fagosoma, formándose un fagolisosoma.
  4. La bacteria es digerida por las enzimas dentro del fagolisosoma.
  5. Los restos no digeribles de la bacteria son eliminados al exterior.
- 29** A que solo actúan las células activadas por un determinado antígeno.
- 30** Mediante la inyección de antígenos (microorganismos) atenuados de la enfermedad que se quiere prevenir, para así, activar el sistema inmunitario y que genere anticuerpos específicos.
- 31** R. M. Órganos o tejidos son el bazo, el timo y los ganglios linfáticos. Moléculas son, por ejemplo, los anticuerpos y las interleucinas. El bazo filtra la sangre y elimina células sanguíneas infectadas además de tener zonas donde se acumulan linfocitos B y T. El timo es el lugar donde maduran las células sanguíneas para transformarse en linfocitos T. Los ganglios linfáticos funcionan como el bazo. Los anticuerpos se unen específicamente a determinantes antigénicos y las interleucinas son moléculas que inician la proliferación de linfocitos T citotóxicos.
- 32** **a)** Los linfocitos T maduran en el timo.  
**b)** Los linfocitos T intervienen en la inmunidad celular.  
**c)** Los linfocitos T pueden ser citotóxicos, colaboradores o células *helper* o células asesinas o NK.
- 33** Son células presentadoras de antígeno. Pueden ser células como los macrófagos, las células dendríticas de los órganos linfoides y las células de Langerhans de la piel.
- Si los antígenos proceden de una célula presentadora, son las moléculas MHC de tipo II las que muestran un péptido antigénico a los linfocitos T colaboradores. Si los antígenos son generados por células cancerosas, son las moléculas MHC de tipo I las que muestran un péptido antigénico a los linfocitos T citotóxicos. El reconocimiento por parte de los

linfocitos T de los péptidos antigénicos presentados, provoca la activación de los propios linfocitos.

- 34** a-3; b-1; c-2; d-5; e-4.
- 35** **a)** Linfocitos B.  
**b)** Linfocitos T.  
**c)** Linfocitos B.  
**d)** Linfocitos B.  
**e)** Linfocitos T.
- 36** La inmunidad celular es el tipo de respuesta inmunológica que se lleva a cabo solo mediante células sin producir anticuerpos libres. En ella intervienen los linfocitos T citotóxicos.
- 37** La respuesta inmunitaria humoral es una respuesta inmunitaria que está mediada por anticuerpos. Las células que están implicadas en la inmunidad humoral son los linfocitos B y las células plasmáticas. Los linfocitos B tienen anticuerpos de superficie en su membrana plasmática que reconocen específicamente a los antígenos y se activan. Al activarse se convierten en células plasmáticas que se encargan de producir anticuerpos específicos libres.
- 38** Un antígeno es cualquier molécula capaz de activar el mecanismo de respuesta del sistema inmunitario de un animal.
- 39** Las inmunoglobulinas o anticuerpos son proteínas del grupo de las globulinas que se unen específicamente a los antígenos. Las células que producen inmunoglobulinas son las células plasmáticas que proceden de los linfocitos B activados, y que se forman en la médula ósea roja.
- 40** R. G. Ver esquema de la página 417 del libro del alumno.
- 41** El componente secretor es una cadena polipeptídica que tienen las IgA.
- 42** a-3; b-5; c-1; d-2; e-4.
- 43** **b)** La opsonización ocurre cuando los microorganismos recubiertos de anticuerpos son más fácilmente fagocitados por los macrófagos sanguíneos.
- La respuesta a) se refiere a la reacción antígeno-anticuerpo de precipitación.
- 44** La respuesta inmunológica primaria es el proceso imprescindible y necesario para que exista memoria inmunológica, puesto que es aquí cuando la proliferación de los linfocitos crea células de memoria. Esta consta de tres fases sucesivas:
- Fase de latencia. Tiene una duración de una a dos semanas, durante la cual el antígeno es identificado y tiene lugar la proliferación de los linfocitos.
  - Fase logarítmica. Dura varios días, y en ella, la producción de anticuerpos –inmunoglobulinas del tipo IgM– aumenta hasta un máximo.
  - Fase de declinación. En ella, la concentración de anticuerpos va disminuyendo progresivamente hasta alcanzar niveles muy bajos o anularse. Cuando esto ocurre, la respuesta inmunológica primaria ha eliminado la infección.
- La respuesta inmunológica secundaria es cuando el mismo antígeno accede por segunda vez al organismo, sin que



importe el tiempo transcurrido desde el primer contacto; se caracteriza por:

- La fase de latencia es mucho más corta, ya que existen células de memoria que reconocen al antígeno, y rápidamente proliferan.
- La producción de anticuerpos, que en esta segunda respuesta son inmunoglobulinas IgG, es más rápida y de mayor intensidad. Las IgG pueden perdurar largo tiempo en la sangre. Los virus del sarampión, la varicela o la rubéola, por ejemplo, crean un estado inmune permanente en el individuo. Pero el virus de la gripe, que dispone de componentes antigénicos sensibles a las mutaciones, solo provoca una inmunidad temporal.

La gráfica a realizar será como la de la página 422 del libro del alumno.

- 45** Según la teoría de la selección clonal, son los linfocitos B de memoria. Ante la entrada de un microorganismo se seleccionan las células con receptores específicos de entre un pool de linfocitos B específicos ya preformados. Esta selección provoca que el linfocito se divida rápidamente y se diferencie para producir un clon de células de memoria y otro de células plasmáticas. Estas células de memoria circulan continuamente por la sangre y en los órganos linfoides secundarios, por lo que enseguida detectan una nueva entrada del antígeno.

- 46** a) Falso. **d)** Verdadero.  
b) Falso. **e)** Verdadero.  
c) Verdadero. **f)** Falso.

Pág. 425

### PARA PROFUNDIZAR

- 47** Barrera defensiva: estructura mecánica o funcional que tienen los animales para impedir la entrada de microorganismos a su cuerpo, por ejemplo, la piel.

Linfocito T: célula sanguínea y de la linfa que madura en el timo e interviene activamente en la inmunidad celular, por ejemplo, los linfocitos T citotóxicos.

Macrófago: célula sanguínea que procede de los monocitos y que tiene una gran capacidad de fagocitar microorganismos que han entrado en el cuerpo.

Complemento: sistema formado por diversas proteínas del plasma sanguíneo y que reaccionan ante gran cantidad de complejos antígeno-anticuerpo.

Aglutinógeno: son antígenos de superficie que tienen bacterias y otros microorganismos y que, al unirse a anticuerpos específicos, las aglutininas, producen la aglutinación de las células microbianas.

**48**

|                          | Respuesta inespecífica | Respuesta específica |
|--------------------------|------------------------|----------------------|
| <b>Barrera defensiva</b> | Piel                   | Sistema inmunitario  |
| <b>Células</b>           | Macrófagos             | Linfocitos B y T     |

- 49** a) A es un fagocito sanguíneo, B son anticuerpos unidos a la superficie externa de un microorganismo y C son receptores de superficie de los fagocitos.  
b) La región abierta de la Y de los anticuerpos se une específicamente a los antígenos de superficie de los microorganismos, mientras que la base de la Y del anticuerpo es reconocida por receptores de membrana de los fagocitos.  
c) El microorganismo recubierto de anticuerpos es reconocido por los fagocitos sanguíneos al unirse a sus receptores de membrana, con lo que son fagocitados más ávidamente que si no estuvieran recubiertos de anticuerpos.  
d) Se trata de un microorganismo opsonizado. El microorganismo será fagocitado por el macrófago, incluido en un fagosoma al que se unirán enzimas de los lisosomas formando un fagolisosoma donde el microorganismo será digerido. Los restos no digeribles se expulsarán al exterior del macrófago.
- 50** a) El fármaco A, al contener inmunoglobulinas, proporciona inmunidad pasiva porque la persona a la que se le administre ya obtendrá los anticuerpos formados. El fármaco B, al contener bacterias atenuadas, al ser inyectado en personas activará en estas la producción activa de anticuerpos contra la salmonella y la fiebre tifoidea.  
b) El fármaco A es el más indicado para el tratamiento contra el VIH (sida) porque tiene efecto contra una amplia variedad de agentes infecciosos, mientras que el fármaco B está indicado solo contra la fiebre tifoidea.  
c) La opinión del médico es la correcta porque el fármaco A tiene actividad contra una gran variedad de agentes infecciosos, incluido el agente que produce la fiebre tifoidea, la *Salmonella typhi*.

- 51** Cuando al ratón se le inyectan antígenos, se produce una respuesta inmunitaria primaria. A los pocos días de haber inyectado el antígeno en el ratón, empiezan a aparecer anticuerpos contra ese antígeno en la sangre del animal. Dicha producción va en aumento exponencial hasta una fase estacionaria. Los anticuerpos que se forman en estas primeras semanas son principalmente del tipo de las IgM y las IgG.

Cuando se inyecta de nuevo el antígeno, se origina una respuesta mucho más rápida que la anterior (respuesta inmunitaria secundaria). En dicha respuesta hay una producción más rápida de anticuerpos, y su concentración en sangre es mucho mayor. En este segundo caso los anticuerpos que aparecen en sangre son del tipo IgG.

Pág. 427

### CIENCIA EN TU VIDA

- 52** R. M. Los carotenoides son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides y que se encuentran en diferentes plantas y algas. Al ingerir estos alimentos vegetales, se



incorporan los carotenoides en forma de provitamina A que luego se transforma en el intestino en vitamina A.

- 53** R. M. Contribuye en la prevención de enfermedades infecciosas, especialmente del aparato respiratorio, creando barreras protectoras contra diferentes microorganismos. Estimula las funciones inmunitarias, entre ellas la respuesta de los anticuerpos y la actividad de varias células producidas por la médula ósea que intervienen en la defensa del organismo, como fagocitos y linfocitos. Por ello promueve la reparación de tejidos infectados y aumenta la resistencia a la infección.
- 54** R. L.
- 55** El ejercicio provoca cambios en anticuerpos y glóbulos blancos (las células del sistema inmunitario que combaten las enfermedades). Estos anticuerpos y glóbulos blancos circulan más rápidamente cuando hay actividad física, así que pueden detectar y contrarrestar microorganismos con más rapidez de lo que podrían haberlo hecho antes. Sin embargo, nadie sabe si estos cambios ayudan a prevenir infecciones.
- 56** Los inmunólogos clínicos tratan enfermedades causadas por trastornos del sistema inmunitario bien por inmunodeficiencia (sida), por autoinmunidad (artritis reumatoide) o casos de hipersensibilidad (alergias y asma).

Pág. 429

**PARA COMENZAR**

- Con la vacunación se pretende poner en marcha el sistema inmunitario de una persona sana para que produzca cierto tipo de anticuerpos ante determinado tipo de microorganismo o sus toxinas, y de esta manera, esta persona esté preparada ante una posible y futura invasión del microorganismo.
- Las alergias son reacciones excesivas del sistema inmunitario de un organismo ante un antígeno inocuo o poco peligroso. Están implicadas las IgE.
- El sistema inmunitario puede reconocer antígenos del propio organismo como extraños y actuar contra ellos. Se trata de procesos de autoinmunidad que generan enfermedades autoinmunes.
- La inmunodeficiencia es la incapacidad del sistema inmunitario de actuar contra las infecciones microbianas.
- El sida es una enfermedad vírica que produce en la persona una debilitación progresiva del sistema inmunitario que puede conducir a su muerte. Se puede prevenir tomando precauciones en las relaciones sexuales y no usando utensilios que hayan utilizado otras personas y que puedan haber estado en contacto con su sangre, como hojas de afeitar, jeringuillas, instrumental odontológico, etc.
- Es muy complicado conseguir una vacuna efectiva contra el virus del sida porque sus antígenos varían constantemente, pero se están ensayando nuevas vacunas.
- Las células sanas pueden transformarse en células cancerosas por varias causas:
  - Mutación de su material genético. Puede ocurrir mediante agentes químicos (procedentes de la contaminación ambiental, del humo del tabaco, de la industria...) o físicos (como la luz ultravioleta, las radiaciones ionizantes, las radiaciones nucleares...). A los agentes que pueden provocar cáncer se les denomina carcinógenos o cancerígenos.
  - Acción de ciertos virus. El ADN de algunos virus, como, por ejemplo, el virus del papiloma humano (VPH), se integra en el de la célula hospedadora, determinando la expresión de los genes promotores de cáncer, denominados oncogenes. Estos genes inducen la formación de numerosas réplicas de proteínas virales y la duplicación incontrolada de las células cancerosas.
- Los fenómenos de rechazo de órganos trasplantados se producen cuando las células del sistema inmunitario consideran como extrañas determinadas moléculas proteicas de superficie de las células de los tejidos trasplantados y de esta manera las atacan produciendo finalmente el rechazo del órgano.

Pág. 430

- 1 Los autoantígenos son moléculas de nuestro propio organismo que son capaces de provocar fenómenos de autoinmunidad, mientras que los heteroantígenos son

moléculas de los microorganismos o de células de tejidos de otras personas que inducen la puesta en funcionamiento del sistema inmunitario.

- 2 Los linfocitos autorreactivos son linfocitos anormales que no saben diferenciar los heteroantígenos de las moléculas propias, lo que sí pueden hacer los linfocitos normales.
- 3 Son moléculas que se parecen a otras. En el campo de la inmunología, antígenos miméticos a moléculas de nuestro organismo pueden «engañar» al sistema inmunitario y provocar que este ataque a células propias.

Pág. 431

- 4 Las moléculas HLA son proteínas de membrana de los leucocitos que determinan qué moléculas de los microorganismos infecciosos deben ser presentadas a los linfocitos T para que estos se activen. Moléculas HLA anómalas producen que los linfocitos sean incapaces de discriminar entre moléculas propias y antígenos foráneos, lo que produce un fenómeno de autoinmunidad.

Pág. 432

- 5 La sensibilización incluye todos aquellos fenómenos bioquímicos y celulares que ocurren ante una primera exposición ante un alérgeno y que conllevan a la formación de IgE unidas a los mastocitos y basófilos sanguíneos.
- 6 Es la histamina, que puede producir contracción de los bronquios, vasodilatación, aumento de mucosidad en vías respiratorias y estimulación de las terminaciones nerviosas, pudiendo conducir todo ello al *shock* anafiláctico.

Pág. 433

- 7 El choque anafiláctico ocurre al cabo de pocos minutos ante una segunda exposición ante un alérgeno y consiste, entre otros fenómenos fisiológicos, en la constricción de los bronquios, la aparición de urticaria, insuficiencia cardíaca, obstrucción de capilares sanguíneos por trombos, etc.
- 8 La hipersensibilidad retardada son los síntomas que aparecen ante una segunda exposición a un antígeno y ocurre al cabo de pocas horas o días de esta.

Pág. 434

- 9 La inmunodeficiencia es la incapacidad del sistema inmunitario de actuar contra las infecciones microbianas.
- 10 La inmunodeficiencia congénita puede deberse a anomalías en los linfocitos B que no pueden producir anticuerpos, a anomalías de los linfocitos T, a fallos en las proteínas del complemento o al desarrollo anormal de los órganos linfoides.

**Pág. 435**

- 11** Las proteínas gp 120 del virus del sida se unen específicamente a los receptores CD4 de los linfocitos T.

**Pág. 436**

- 12** Las vías de contagio del virus del sida son: por vía sanguínea, por ejemplo, compartiendo jeringuillas y agujas con otras personas infectadas o por transfusiones; mediante relaciones sexuales no seguras; y por vía materno-fetal, en el caso de que la mujer embarazada esté infectada, el virus puede atravesar la placenta y llegar a la sangre del feto o este puede infectarse en el momento del parto.
- 13** En la fase de infección aguda, que puede durar meses o años, el virus se va replicando en una cantidad de células infectadas que no son atacadas. Al cabo de cuatro meses, la persona afectada comienza a producir anticuerpos anti-VIH. Se puede decir que la persona ya es portadora o seropositiva. En la fase asintomática, que puede durar hasta 10 años, los efectos graves producidos por el virus del sida no aparecen y sí en cambio síntomas parecidos a los gripales con estados febriles, dolores articulares y musculares, náuseas, vómitos, diarreas, etc., que remiten al cabo de unas dos semanas, pero que son recurrentes pasado cierto tiempo. Durante la fase asintomática, el número de réplicas del virus va aumentando lentamente en la sangre de la persona y el número de linfocitos T va disminuyendo.

**Pág. 437**

- 14** Los agentes antirretrovirales son fármacos que inhiben a las enzimas de los virus y de esta manera impiden su normal multiplicación.
- 15** Son encefalopatías (pérdida de fuerza muscular, parálisis, disminución de las facultades mentales, disminución de la agudeza visual y descoordinación), cánceres malignos (linfomas, sarcoma de Kaposi), caquexia e infecciones oportunistas (neumonía, herpes cutáneo, esofagitis, tuberculosis).

**Pág. 438**

- 16** Un cáncer es benigno cuando sus células no se multiplican indefinidamente y siempre se mantienen en un lugar definido del organismo. En cambio, un tumor maligno tiene células que se multiplican indefinidamente y además migran (metástasis) a otros tejidos o lugares del cuerpo.

**Pág. 439**

- 17** Pueden ser tanto agentes químicos (procedentes de la contaminación ambiental, del humo del tabaco, de la industria) como agentes físicos (por ejemplo, luz ultravioleta, radiaciones ionizantes, radiaciones nucleares).

- 18** La radioterapia consiste en la aplicación local de radiaciones ionizantes como los rayos X directamente sobre la zona donde se encuentra el cáncer, mientras que la quimioterapia es el tratamiento con sustancias químicas como el clorambucil. Este es un tipo de tratamiento inespecífico que actúa sobre todas las células, sanas o no, que se estén dividiendo.

- 19** La quimioterapia produce un debilitamiento generalizado del organismo, ya que también quedan afectadas células sanas diferentes de las tumorales. Entre los efectos secundarios se encuentran las náuseas y los vómitos, anemia, alopecia, diarrea o estreñimiento, hemorragias e incluso inmunosupresión, al verse afectadas células inmunocompetentes.

**Pág. 440**

- 20** R. M. En la actualidad, los principales órganos que se trasplantan son el riñón, el corazón, el pulmón, el hígado y el páncreas. En cuanto a trasplantes de tejidos destacan los de piel, córnea, hueso y cabello. Como casos de trasplantes de células, cabe destacar los de células de páncreas y células madre de la médula ósea.
- 21** Un isoinjerto es un trasplante de algún órgano o tejido efectuado entre dos personas genéticamente iguales, como ocurre entre los gemelos univitelinos, mientras que un aloinjerto es un trasplante entre dos personas genéticamente diferentes.

**Pág. 441**

- 22** Es el rechazo que se produce a los pocos minutos u horas de un trasplante y que se debe a la preexistencia en la sangre de la persona receptora, de anticuerpos contra algún antígeno de las células del órgano trasplantado.

**SABER HACER**

- 23** R. G. En la gráfica representada se observa claramente que el tratamiento con ciclosporina (tratamiento B) es mucho mejor que el tratamiento con azatioprina más esteroides (tratamiento A), debido a que el órgano trasplantado sobrevive en un porcentaje superior de los casos. Esta mayor supervivencia se mantiene a partir de los tres meses de haberse suministrado la ciclosporina. La conclusión es el efecto positivo de la ciclosporina (fármaco inmunosupresor) sobre la supervivencia del órgano trasplantado.
- 24** Los fármacos inmunosupresores son medicamentos que disminuyen la capacidad del sistema inmunitario, especialmente en el reconocimiento de moléculas extrañas. Suelen utilizarse en las operaciones de trasplante para evitar el riesgo de rechazos del órgano trasplantado.

**Pág. 442**

- 25** El interferón aumenta el efecto de presentación de los antígenos tumorales a los linfocitos T unidos a las moléculas MHC, activando a un mayor número de células T.

- 26** El tratamiento con fármacos inmunosupresores, la extirpación del tiroides y la centrifugación del plasma sanguíneo de la persona (plasmaféresis). También se está experimentando el uso de sustancias bloqueantes de los autoantígenos.

Pág. 443

- 27** Algunas de las enfermedades infecciosas para las que se dispone de sueros son la difteria, el botulismo, las hepatitis A y B, el tétanos, la rabia y el sarampión.
- 28** El tratamiento con sueros es un método de curación mediante inmunización pasiva, ya que se inyecta al paciente los anticuerpos ya formados contra la enfermedad, mientras que el tratamiento con vacunas es un método preventivo que hace trabajar al propio sistema inmunitario para producir anticuerpos que ya estarán en la sangre de la persona cuando lleguen los microorganismos infecciosos.

Pág. 444

#### PARA REPASAR

- 29** El mimetismo molecular es el que tienen diferentes moléculas, principalmente proteínas, que poseen una estructura molecular muy parecida. Las moléculas miméticas pueden «engañar» al sistema inmunitario y, por ejemplo, ante un ataque de microorganismos con moléculas miméticas, el sistema inmunitario no solo puede actuar contra ellos, sino también contra moléculas muy parecidas del propio organismo infectado.
- 30** Las enfermedades autoinmunes son aquellas en las que el organismo sufre un desorden inmunitario donde la respuesta inmunitaria va dirigida contra el propio cuerpo. En estas ocasiones falla el reconocimiento de lo propio frente a lo extraño, reaccionando los mecanismos de defensa contra el propio organismo que los alberga. Debido a factores ambientales o a una predisposición genética, los linfocitos B o T, o ambos a la vez, reaccionan destruyendo las células del cuerpo, bien por acción de los anticuerpos, bien directamente por los linfocitos T. Los tratamientos utilizados en las enfermedades autoinmunes se basan en la utilización de inmunodepresores y antiinflamatorios. Estos compuestos anulan o reducen la actividad del sistema inmunitario. El inconveniente de estos tratamientos se encuentra en que el organismo queda desprotegido frente a patógenos.
- 31** No, las personas alérgicas no padecen inmunodeficiencia, sino todo lo contrario, su sistema inmunitario reacciona de manera exagerada ante antígenos que en principio son inocuos o poco peligrosos, son personas hipersensibles a estos antígenos.
- 32** Los alérgenos son moléculas que provocan fenómenos de hipersensibilidad en nuestro organismo al provocar la liberación de mediadores alérgicos por parte de los mastocitos y leucocitos basófilos. Mediadores alérgicos son, por ejemplo, la histamina, la serotonina y la bradiquinina.
- 33** Se denomina el choque anafiláctico a una serie de reacciones graves de nuestro organismo ante mediadores alérgenos producidos ante una segunda exposición a un alérgeno. Se produce a los pocos minutos de la segunda exposición al alérgeno, por lo que se considera un caso grave de hipersensibilidad inmediata.
- El choque anafiláctico puede producir la obstrucción de los bronquios, urticaria, hemorragias intestinales, insuficiencia cardíaca y, en los casos más graves, incluso la muerte de la persona.
- 34** Las inmunodeficiencias son enfermedades graves, a menudo mortales, causadas por defectos en algún componente del sistema inmunitario. Se dividen en dos grupos:
- Inmunodeficiencias congénitas o primarias. Son anomalías congénitas en los linfocitos B o T, o en ambos, que causan una mayor predisposición a la infección. Se manifiestan por infecciones recurrentes originadas por bacterias encapsuladas, como neumococos, estafilococos o meningococos, que producen desde otitis o sinusitis, hasta meningitis o infecciones generalizadas. Ejemplo: la agammaglobulinemia es una enfermedad genética ligada al cromosoma X que provoca deficiencias en los linfocitos B. Su consecuencia es la ausencia de anticuerpos en la sangre, lo que provoca infecciones crónicas del aparato respiratorio.
  - Inmunodeficiencias adquiridas o secundarias. Se desarrollan por la acción de factores externos al individuo como: infecciones en las células del sistema inmunitario, utilización de fármacos inmunosupresores o malnutrición. Ejemplo: el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida), que está causado por la infección del virus VIH. Este virus infecta principalmente a los linfocitos T auxiliares y a los macrófagos. La consecuencia de la infección es la disminución del número de células inmunitarias, lo que deja al individuo desprotegido frente a enfermedades producidas por microorganismos oportunistas, que, en condiciones normales, raramente producen infección. Entre estas enfermedades destacan: tuberculosis, neumonía, enfermedades víricas causadas por el virus del herpes, toxoplasmosis y algunos cánceres como el sarcoma de Kaposi.
- 35** R. G. Ver esquema de la página 435 del libro del alumno.
- 36** a) El virus del sida provoca inmunodeficiencia porque ataca a las células inmunocompetentes como son los linfocitos, reduciendo su capacidad inmunitaria y finalmente su destrucción.
- b) Se transmite por medio de líquidos corporales, por contacto sexual, a través de la placenta, por transfusiones de sangre o sus derivados.
- c) El virus del sida es muy frágil fuera de las células y se destruye con facilidad, por este motivo en la ropa o en los objetos que tocan las personas infectadas no puede sobrevivir.
- d) Son infecciones de microorganismos que aprovechan las bajas defensas inmunitarias que tienen las personas enfermas del sida debido a la disminución de los linfocitos en su sangre y tejidos.

- 37 a)** Los tumores benignos están bien delimitados y frecuentemente envueltos por células y tejido fibroso del propio organismo. En cambio, los tumores malignos son irregulares y sus células tienden a escaparse del tumor y a expandirse a través de los vasos sanguíneos, pudiendo llegar a colonizar otros órganos (metástasis).
- b)** Los tumores benignos, al estar bien delimitados, son relativamente fáciles de extirpar quirúrgicamente, no así los tumores malignos, que tienden a expandirse a través de los vasos sanguíneos y son mucho más difíciles de controlar.

**38** El rechazo de órganos trasplantados se produce cuando el sistema inmunitario de la persona receptora del trasplante reconoce a moléculas del injerto como extrañas. Entonces se puede producir la fagocitosis de macrófagos de células del tejido trasplantado, la secreción de perforinas por células asesinas que destruyen las células de los tejidos del injerto o la activación del sistema del complemento, lo que provoca también la lisis de esas células.

**39** En una operación de trasplante se puede limitar o evitar el rechazo utilizando fármacos inmunosupresores inespecíficos, que reducen la respuesta inmunitaria. Estos fármacos suelen ser antimetabólicos que actúan sobre las poblaciones de linfocitos. El inconveniente que presentan estos tratamientos es que hacen a los pacientes susceptibles a las infecciones oportunistas y, en ocasiones, a la aparición de algunos tipos de cánceres.

Los trasplantes en los que no se produce rechazo son aquellos en los que los antígenos de histocompatibilidad del donante y del receptor son iguales. Así, se esperará que no se produzca rechazo en los autotrasplantes, en los que se reimplanta el tejido en el mismo sujeto, y en los isotrasplantes, que se realizan entre individuos genéticamente idénticos.

**40** La inmunoterapia consiste en emplear métodos terapéuticos destinados a combatir los microorganismos infecciosos, a suplir algunas deficiencias del sistema inmunitario o para evitar fenómenos de rechazo en los trasplantes de órganos.

- a)** La extirpación del tiroides se utiliza para paliar los fenómenos de autoinmunidad.
- b)** La utilización de interleucina es usada en la terapia del cáncer para aumentar los ataques del sistema inmunitario contra los antígenos de las células cancerosas.
- c)** Las drogas inmunosupresoras disminuyen la proliferación de los linfocitos.
- d)** Los antihistamínicos pueden disminuir los problemas que aparecen en la hipersensibilidad inmediata.

**41**

|                                                 | Suero                   | Vacuna                              |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| <b>Inmunidad (activa/pasiva)</b>                | Pasiva                  | Activa                              |
| <b>Método (preventivo/curativo)</b>             | Curativo                | Preventivo                          |
| <b>Inyección (microorganismos/ anticuerpos)</b> | Anticuerpos ya formados | Microorganismos muertos o atenuados |

**42** La vacunación es un tipo de inmunidad artificial activa que consiste en introducir preparados antigénicos (gérmenes atenuados, muertos o sus toxinas) para que provoquen una respuesta inmunitaria primaria en el organismo, con la liberación de anticuerpos, pero sin sufrir la enfermedad. Para producir su efecto requieren varios días y provocan una inmunidad permanente. En la actualidad se utilizan cuatro tipos de vacunas, que se ingieren o se inyectan en pequeñas dosis:

- Formas no peligrosas o atenuadas del microorganismo patógeno. La mayor parte de las vacunas contra enfermedades víricas se obtiene de cepas cultivadas durante mucho tiempo en laboratorio. Las mutaciones que se producen en las sucesivas replicaciones del patógeno parecen ser las responsables de la atenuación. Ejemplos: sarampión, paperas, tuberculosis.
- Microorganismos muertos mediante compuestos químicos. La atenuación se consigue con la utilización de compuestos químicos como la formalina. Entre ellas, destacan: la vacuna de la gripe tipo A, la de la rabia o la de la tos ferina.
- Toxinas bacterianas modificadas químicamente o toxoides. En este caso se utilizan toxinas inactivadas, o no tóxicas, de una toxina bacteriana (toxoides). Los toxoides conservan la capacidad de estimular la producción de anticuerpos que neutralizan la forma activa de la toxina. Ejemplos: la vacuna antitetánica y la antidiftérica.
- Utilización de antígenos purificados. Se usa un fragmento del antígeno que, aislado y purificado, es capaz de producir una respuesta inmunitaria. Estos fragmentos pueden ser, por ejemplo, proteínas de la cubierta de un virus. Así se ha obtenido la vacuna anti-hepatitis B.

**43** La vacunación es un tratamiento preventivo. Se vacuna a un individuo cuando aún no ha sufrido la enfermedad, y con la esperanza de que no la padezca nunca. Se introducen los gérmenes atenuados o muertos para obligar al sistema inmunitario del receptor a fabricar anticuerpos. Estos permanecen en sangre durante un tiempo, y después desaparecen, pero quedan células de memoria que, llegado el caso, esto es, cuando aparezca el antígeno de nuevo, pueden actuar generando grandes dosis de anticuerpos contra él, manteniendo al individuo sano.

La sueroterapia se emplea cuando el individuo ya está sufriendo la enfermedad y no se puede esperar, por lenta, a la respuesta inmunitaria. Se inyectan anticuerpos preformados para ayudarle a superar el proceso. Estos desaparecen al cabo de poco tiempo, y la inmunización se anula porque no se han creado células de memoria.

#### PARA PROFUNDIZAR

**44** Suministrar un tratamiento de penicilina a un individuo previamente sensibilizado al antibiótico puede desencadenar un fenómeno extremo de alergia denominado choque anafiláctico. El choque anafiláctico produce una disfunción en una serie de órganos alejados del lugar de entrada del alérgeno, que al ser transportado por la sangre alcanza los mastocitos distribuidos por todo el organismo.

El contacto entre el alérgeno y los mastocitos provoca graves síntomas alérgicos, como son la contracción de los bronquios y bronquiolos, que produce asfixia; además, se produce hinchazón de la lengua, labios, paladar y faringe, que dificulta la respiración; dilatación brusca de los capilares que provoca bajada de tensión brusca, la cual afecta al cerebro, originando mareos y vómitos, y al corazón, pudiendo provocar un ataque cardíaco. La consecuencia puede ser la muerte del individuo siempre que no sea tratado con rapidez con una inyección de adrenalina.

**45** Los alérgenos pueden penetrar en el organismo por distintas vías:

- Vía respiratoria. Las moléculas de alérgeno son inhaladas y se introducen a través del aparato respiratorio. El caso más típico es la fiebre del heno (rinitis alérgica), causada por polen, pelos de animales o deyecciones de ácaros del polvo. La sintomatología es la típica de una enfermedad alérgica, con estornudos, lagrimeo, respiración silbante y entrecortada, y picor. Las manifestaciones alérgicas desaparecen, en un primer momento, para volver a manifestarse más intensamente pocas horas después. Esto es debido a la invasión del epitelio respiratorio por células de la fase tardía. Pueden llegar a producir asma y sinusitis.
- Vía cutánea. El contacto de un alérgeno con la piel provoca las llamadas alergias cutáneas. Estas se manifiestan con eritema (enrojecimiento) e hinchazón (pápulas y habones).
- Vía digestiva. Las alergias alimentarias son originadas por proteínas presentes en alimentos como la leche, huevos o mariscos. En sus formas más leves se manifiestan con erupciones cutáneas. En casos más severos, el alérgeno, al contactar con las inmunoglobulinas E del intestino, provoca diarreas y vómitos. Posteriormente, al penetrar y difundir hacia otras zonas del organismo, como los pulmones o la piel, pueden producir reacciones adicionales, como asma y urticaria. En los casos más graves provocan el choque anafiláctico.

**46 a)** Un seropositivo es un individuo que posee anticuerpos producidos por su sistema inmunitario frente al virus del sida (VIH). Se llega a ser seropositivo por contacto entre fluidos con suficiente carga viral, como la sangre, el semen o los fluidos vaginales, por contacto materno filial, o a través de la placenta o la lactancia. También por compartir objetos cortantes o punzantes con otro seropositivo.

**b)** La vía más probable de contagio en este caso es la materno filial.

**c)** No son fundados. Las posibilidades de contagio en una guardería son mínimas. La saliva o las lágrimas no contienen suficiente carga viral para producir contagio. Tampoco es un riesgo compartir objetos como juguetes, cubiertos, chupetes, etc., por la misma razón.

**47 b)** Provirus.

**48** Respuesta en la web.

Pág. 445

## PARA PROFUNDIZAR

- 49 a)** R. M. En los organismos pluricelulares la proliferación celular está regulada por factores internos, como el control que ejercen unas células de un tejido sobre otras (inhibición por contacto). De este modo, cada tejido mantiene un tamaño y una forma adecuados a las necesidades del organismo. Las células cancerosas sufren un conjunto de transformaciones que hacen que se reproduzcan de forma indiscriminada. Esto es debido a que no reaccionan a los controles externos que debían regular su proliferación (pérdida de la inhibición por contacto), y siguen sus propias instrucciones de división. Además, son capaces de emigrar a otros órganos donde pueden desarrollar un tumor.
- b)** R. M. La mayoría de los cánceres son producidos por agentes ambientales que provocan mutaciones en el ADN. Estas mutaciones afectan a dos tipos de genes que tienen como función controlar el ciclo celular: protooncogenes, que son genes que producen proteínas que estimulan la división celular (factores de crecimiento) y que la mutación los convierte en oncogenes, que producen gran cantidad de factores de crecimiento o formas muy activas de esa proteína; genes supresores de tumores, que son inhibidores de la división celular y que una mutación puede desactivarlos, dejando de producirse la proteína supresora de la división, lo que desencadena la división celular.
- c)** R. M. Las células tienen mecanismos para controlar las mutaciones que las convierten en tumorales. Cuando algún sistema de control se desregula, las células activan la muerte celular programada, apoptosis, y se autoelimina, sin que el tejido sufra el más mínimo impacto. Por otra parte, se ha comprobado que el sistema inmunitario es capaz de intervenir en la prevención del cáncer, al destruir en ocasiones tumores comunes.
- 50** El trasplante de médula ósea en una persona inmunodeficiente provoca que la médula ósea trasplantada comience a producir en la persona receptora células sanguíneas como los linfocitos B y T, que son los principales responsables de los fenómenos de inmunidad.
- 51 a)** Como la ciclosporina afecta la producción de interleucina 2, está claro que afecta disminuyendo la respuesta específica.
- b)** Para evitar el rechazo se suministran a los enfermos sustancias inmunosupresoras que disminuyen la intensidad de la respuesta inmunitaria, bloqueando los receptores de las interleucinas.
- 52** Se trata de la inmunoterapia contra el cáncer. Los antígenos tumorales deben ser presentados a los linfocitos T unidos a moléculas HLA para que se desarrolle la respuesta inmunitaria. El interferón aumenta el efecto de presentación y consigue activar un mayor número de células T.
- 1: macrófago; 2: molécula HLA; 3: linfocito T; 4: linfocito T activado; 5: aumento de linfocitos T activados.



- 53** R. M. La vacuna triple vírica es una vacuna combinada contra el sarampión, la rubéola y la parotiditis (paperas). El momento de administrarla varía según el calendario de vacunación de cada comunidad autónoma; generalmente, la primera dosis se da alrededor del año de edad y precisa de una dosis recordatorio que puede administrarse en cualquier momento, siempre que hayan transcurrido unos 3 meses de la primera dosis.

Pág. 447

#### CIENCIA EN TU VIDA

- 54** a) R. M. Los científicos han concluido que a esta ciudad llegó el virus en los años 20 o 30 del pasado siglo y que durante varias décadas se mantuvo estable y no se propagó hasta que en los años 60 del siglo xx se produjeron los cambios sociales y demográficos indicados en el texto que contribuyeron a su expansión por África y después por todo el mundo.
- b) R. M. El sarcoma de Kaposi es una de las manifestaciones iniciales de los enfermos del sida producida por microorganismos oportunistas que aprovechan las bajas defensas de las personas seropositivas para infectarlas. La alta incidencia de esta enfermedad en los seropositivos contribuyó a su descubrimiento.
- c) R. M. El VIS es el virus que produce inmunodeficiencia en los simios y es muy parecido al virus del sida. Se cree que este virus puede haber llegado a la especie humana cuando cazadores africanos comieron carne de chimpancé infectada y luego el virus mutó al actual virus de la inmunodeficiencia humana.
- d) No, pero sí tratamiento con antirretrovirales que consiguen reducir la velocidad de reproducción del virus dentro de las células humanas. Se está investigando para conseguir vacunas que prevengan de la transmisión del virus del sida.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



