

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 alopátrica.

- 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 protoctistas, 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 veces 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:

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

**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.

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. 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