Tema 2

LOS SERES VIVOS Y SU EVOLUCIÓN

Los seres humanos siempre se han sentido maravillados por la gran diversidad de los seres vivos y no sólo por motivos alimenticios, como en las sociedades cazadoras. Desde los animales "raros" que coleccionaban los reyes de la antigüedad, pasando por los bestiarios medievales, hasta llegar a la actualidad, en que los programas científicos más vistos de la televisión son los documentales sobre los seres vivos. También ha fascinado la gran adaptación de los mismos al medio y la gran variedad de mecanismos adaptativos. Por ello, desde la antigüedad las diversas civilizaciones nos ofrecen mitos que intentan explicar el origen de los seres vivos y su gran variedad.

A.1. *¿Cómo se puede explicar la existencia de este gran número de animales y vegetales diferentes?*

Desarrollaremos el tema con el siguiente hilo conductor

1. La diversidad de los seres vivos

2. El problema del origen de la Tierra y de las especies

3. Los mecanismos de la evolución

    3.1. Lamarck: el uso y el desuso y la herencia de los caracteres adquiridos

    3.2. Darwin y Wallace: evolución por selección natural

4. Pruebas y dificultades de la teoría de la evolución

5. Las implicaciones sociales de la teoría de la evolución

6. La teoría sintética de la evolución y nuevos descubrimientos que la confirman

    6.1. Investigaciones sobre el origen de la vida

    6.2. Cambio biológico en la actualidad

7. El origen del ser humano

8. El cerebro emocional

Autores: Jordi Solbes, Domènec Marco, Francisco Tarín, Manel Traver

1. LA DIVERSIDAD DE LOS SERES VIVOS

***A.2**. Discute sobre qué aspectos recogerías información para hacer un estudio detallado de algún parque natural valenciano*

La observación de los seres vivos nos permite darnos cuenta de la enorme diversidad de vida animal y vegetal lo que hace necesario que nos planteemos una forma de clasificarlos. Para ellos es necesario establecer criterios de clasificación y después aplicarlos para ir agrupando a los individuos en sucesivos conjuntos.

***A.3**. Escribe una relación de los seres vivos del parque natural. Propón posibles criterios para clasificarlos. ¿Cuál se utiliza en el parque?*

De hecho estos criterios han ido variando a lo largo del tiempo de acuerdo con el avance producido en el estudio de los seres vivos. Se distinguen dos sistemas, los artificiales o lógicos, que clasificaban las especies orgánicas en grupos discontinuos y bien acotados mediante unas pocas o incluso una sola característica, como la naturaleza de los órganos reproductivos, y, por otro lado, los sistemas naturales que trataban de reunir las diversas especies en familias naturales, donde había una continuidad y se estudian muchas características a fin de establecer la afinidad de los seres vivos dentro de la familia.

Como una muestra de las relaciones CTS se puede señalar que a lo largo de los siglos XVI y XVII, el método de clasificación artificial que subraya la discontinuidad y la gradación jerárquica de las especies era más popular en los países católicos, como es el caso de Cesalpino y Malpighi en Italia. El método natural, al subrayar la continuidad y la afinidad resultaba más popular en los protestantes, como Lobelius en Holanda y Ray en Inglaterra. En el siglo XVIII se invirtieron estas preferencias, al adoptar el luterano sueco Linneo el método artificial y el naturalista francés Buffon el método natural. Esto es debido a que el luteranismo asimiló elementos de la vieja teología con su concepto de jerarquía, mientras que los filósofos franceses rebajaban todos los fenómenos a la misma uniformidad mecánica.

Linneo clasificó unas 18.000 especies, estableció las categorías taxonómicas de Reino, Tipo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie y la nomenclatura binomial para nombrar científicamente cada especie. El nombre de cada una consta de 2 palabras, latinas o latinizadas, la primera indica el género y se escribe con mayúscula y la segunda (con minúscula), la especie; por ejemplo, el ser humano es “Homo sapiens”.

***A.4**. ¿Cómo explicas: a) la distribución estratificada de las especies arbóreas en las laderas del Carrascal; b) las alas de los pájaros y de los insectos del parque, órganos que pese a tener diferente estructura interna desempeñan la misma función, denominados órganos análogos?*

Autores: Jordi Solbes, Domènec Marco, Francisco Tarín, Manel Traver

2. EL PROBLEMA DEL ORIGEN DE LA TIERRA Y DE LAS ESPECIES

Desde muy antiguo se han buscado respuestas a la cuestión de cómo se ha llegado a la gran variedad de especies sobre la Tierra. Las primeras explicaciones a la variedad de la vida, se recogen en numerosos mitos de creación en distintas culturas.

A.5. *¿Cuál ha sido en nuestra cultura el texto dominante sobre la creación durante muchos siglos?*

En el Génesis se afirma que una Tierra caótica, cubierta de aguas, fue creada el primer día, junto a la luz, lo que permite a los autores separar el tiempo en días. El segundo y el tercer días los dedica a la Tierra. Así, el segundo *"Dios hizo la bóveda del firmamento"*, que separa las aguas del cielo (lluvia) de las de la Tierra y el tercero separa los continentes del mar. También el tercer día, al emerger la tierra, *"Dijo Dios: produzca la tierra pasto y hierbas que den semilla y árboles frutales que den sobre la tierra fruto con su semilla dentro"*. El cuarto día las *"lámparas del cielo"* (Sol, Luna y estrellas, fuentes de la luz). El quinto día: *"Dijo Dios: Llénense las aguas de animales vivientes y revoloteen aves sobre la tierra"*. El sexto día: *"Dijo Dios: produzca la tierra animales vivientes, de cada especie, bestias, serpientes y animales salvajes"*. El mismo día, pero como un caso aparte, *"Dijo Dios: Hagamos al hombre a nuestra imagen y semejanza"*

A.6. *Tras la lectura de estos fragmentos contesta: ¿Cómo explica el origen de la Tierra y de los seres vivos, así como la gran variedad de los mismos? ¿Qué contradicciones observas?*

Las explicaciones fijistas que seguían la creación narrada en el Génesis fueron dominantes durante muchos años debido no sólo al poder social coercitivo de las diferentes iglesias cristianas, sino a que la Biblia es la única depositaria de la Revelación, y por tanto tenía un gran poder suasorio, una gran autoridad intelectual. Lógicamente por encima de otras autoridades que utilizaban los autores medievales para justificar sus afirmaciones, como Aristóteles o Platón e incluso de los denominados padres de la iglesia (S. Agustín, Sto. Tomás), ya que se trataba, según las interpretaciones literales de la biblia, de la palabra de Dios. Incluso durante la revolución científica, cuando se inicia la realización de experimentos y observaciones como criterio de verdad de las hipótesis, es decir, para comprobarlas, la tradición de las autoridades conservaba tanto peso, que algunas de las primeras experiencias, por ejemplo, las de la presión de los gases de Boyle, se realizaron delante de autoridades (regidores, canónigos, jueces) que daban testimonio de los resultados.

Por eso no es extraño que Linneo, a quien como hemos visto, se debe el sistema de clasificación de los seres vivos y la nomenclatura binomial, afirmase en el siglo XVIII: "La Naturaleza cuenta con tantas especies como fueron creadas desde el origen". Esto suponía que habían permanecido iguales desde entonces. El fijismo explica las

características adaptativas de los organismos por haber sido diseñados por el creador para ese medio y con el fin de servir al "hombre". Así, William Paley, teólogo del siglo XVIII, argumentaba en su *Teología natural* que la existencia de organismos diseñados implica la existencia de un diseñador, como la de un reloj supone la del relojero. Estas ideas eran, así mismo, coherentes con la superioridad del hombre sobre la creación, legitimada primero con la biblia (*"Sed fecundos y multiplicaos, llenad la tierra y dominadla; mandad a los peces del mar, a las aves de los cielos, y a cuanto animal viva en la tierra"*) y después científicamente con una clasificación de los mamíferos en la que los seres humanos se situaban en un orden aparte, bimanos, y no incluidos en los primates que persistió hasta el siglo XIX. A medida que se fue dejando de considerar a la especie humana como razón de todo lo existente, la explicación de que las demás especies existen porque son útiles a la especie humana fue siendo menos aceptable.

Y todo ello se sostuvo pese a las evidencias en contra. Así, desde el descubrimiento de América en 1492 se realizaron gran número de expediciones científicas, en las que se descubrieron cientos de nuevas especies animales y vegetales similares, pero no idénticas, a otras conocidas, lo que cada vez resultaba más difícil de explicar con las teorías fijistas. Pero los datos más contradictorios con el fijismo eran los fósiles o huellas de seres vivos mineralizados. En muchos casos eran muy distintos de las especies actuales emparentadas con ellos. Algunos partidarios del fijismo los consideraban "caprichos de la naturaleza". Los catastrofistas pensaban que eran prueba de cataclismos como el diluvio universal que podía haber transportado seres marinos a la cima de las montañas, por lo que llamaban "antediluvianos" a estos organismos antiguos.

En la actualidad en el mundo occidental sólo los creacionistas, especialmente presentes en los EEUU, sostienen literalmente estas ideas sobre el origen de la Tierra y las especies, y han revivido recientemente la idea del diseño inteligente. Pero en otras culturas y religiones ampliamente extendidas, como el Islam, el creacionismo sigue vigente. En cuanto a la superioridad del ser humano sobre el resto del mundo toda la humanidad sigue empecinada en llevarlos a la práctica aunque cuestione la sostenibilidad de otras especies e incluso la de la propia especie humana.

A.7. *¿A que crees que es debido que estas posturas fueran mantenidas por muchos científicos como Linneo? ¿Cómo explicaban estos científicos las adaptaciones, los fósiles, etc.? ¿Piensas que puede haber otras explicaciones posibles de la gran diversidad de seres vivos?*

Las explicaciones evolucionistas del origen de las especies y las teorías actualistas en Geología suponen que los procesos naturales tienen que haber operado durante muchos miles de años para llevar a cabo efectos como formación de valles y montañas, o transformaciones en los seres vivos. Esta idea ya desde largo tiempo contradecía la interpretación literal de la Biblia, según la cual, calculando las generaciones desde Adán y Eva, el arzobispo Usher dedujo en el siglo XVII que la Tierra había sido creada el 24 de octubre de 4004 a.C.

El evolucionismo se relaciona con el problema de la edad de la Tierra.

A.8. *¿Qué edad crees que tiene la Tierra? ¿Conoces algún método para determinarla?*

En el siglo XVIII Buffon consideró que la Tierra estuvo más caliente en sus inicios. A partir de experiencias sobre esferas de hierro y otras sustancias propuso una edad de unos 75.000 años, pero en 1751 fue condenado por la Facultad de Teología de la Sorbona y obligado a retractarse. James Hutton en su *Teoría de la Tierra* (1795) afirmó que el fuego subterráneo había existido desde la formación de la Tierra y que aún continuaba existiendo, lo que le permitía explicar los volcanes y otros fenómenos relacionados. Propuso un esquema cíclico, con períodos de erosión de las montañas, seguidos de la sedimentación y de la formación de nuevas montañas por los fuegos internos. Charles Lyell en los *Principios de Geología* (1830) sostiene que los fenómenos geológicos han de explicarse utilizando sólo los procesos que ahora pueden observarse, idea denominada uniformismo, que se opone a los sucesos catastróficos como el Diluvio Universal. Esto hacía necesaria una edad de la Tierra del orden de cientos de millones de años, en lo que coincidía con Darwin, y los necesitaba para la evolución.

El físico William Thomson (Lord Kelvin), autor del segundo principio de la Termodinámica y de la escala de temperatura que lleva su nombre, calculó esta edad basándose en la teoría de la conducción del calor de Fourier. Afirmaba que la Tierra se había ido enfriando, desde una situación inicial de incandescencia. A partir del aumento de temperatura a medida que se profundiza en el interior de la Tierra (gradiente geotérmico, 1º C cada 33 m) y de la conductividad de la corteza, y suponiendo que la temperatura del interior era la de fusión de las rocas (de 4.000 a 6.000º C), calculó el tiempo que había tardado en enfriarse, es decir, su edad. Obtuvo un valor de 24 millones de años, que coincidía con el tiempo que el Sol podía haber estado iluminando a la Tierra, suponiendo que su fuente de energía fuese la contracción gravitatoria (la única conocida posible en el siglo XIX). Esto hizo que los naturalistas tuviesen que reconsiderar el tiempo necesario para que se formasen el relieve y los seres vivos porque Kelvin aportaba datos y cálculos y la mayoría consideró que llevaba razón.

El descubrimiento por Marie y Pierre Curie de la desintegración de los elementos radioactivos, que generan calor en el interior de la Tierra que puede compensar el perdido por conducción, modificó al alza los cálculos sobre la edad de la Tierra. Por otra parte, las reacciones nucleares permiten que el Sol haya radiado energía durante miles de millones de años. Ambos hechos acabaron dándoles la razón a los naturalistas. Por último, la radioactividad ha proporcionado el medio para calcular la edad de los materiales terrestres. Así, el Potasio-40 (con periodo de semidesintegración de $1{,}26 \cdot 10^9$ años) y el Uranio-238 ($4{,}5 \cdot 10^9$ años) con semividas comparables a la edad de la Tierra (que hoy día se estima en 4.500 millones de años), pueden emplearse para establecer la edad de muestras geológicas. El Carbono-14 (C-14) cuyo periodo es de 5730 años, se emplea para muestras biológicas. Puesto que los organismos vivos intercambian continuamente dióxido de carbono con la atmósfera su proporción C-14-/C-12 es la misma que la atmosférica. Pero cuando el organismo muere deja de absorber C-14 de modo que el cociente C-14/C-12 disminuye continuamente debido a la

desintegración del C-14. Por tanto una medida de la velocidad de desintegración por gramo de carbono nos permite el cálculo de la época en que murió el organismo y datar así de forma absoluta restos orgánicos con un margen de error del 2 %.

A.9. *¿En qué ciencias se basan los métodos para determinar la edad de la Tierra? Indícalos brevemente.*

A.10. *Sobre un calendario, cuyas doce hojas se han distribuido en la pared del aula, marca en él las eras geológicas y sus períodos, y sitúa sobre él momentos importantes como: origen de la vida, plantas verdes, primeros peces, anfibios etc., la Gran Extinción del Pérmico, la Extinción de los dinosaurios y los primeros homínidos.*

3. LOS MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN

La idea del cambio o transformación de las especies tiene precursores como Buffon que, en su *Historia natural* (1749), expuso la posible existencia de relaciones de parentesco entre especies distintas, y Erasmus Darwin, abuelo de Charles, que señaló en su *Zoonomía* (1794) que los cambios que experimentan los animales y las plantas han de deberse a algún tipo de fuerza interior, de tendencia a la perfección.

3.1. Lamarck: el uso y el desuso y la herencia de los caracteres adquiridos

Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) consiguió una plaza de ayudante de botánica en el *Jardin des Plantes* de París en 1788. Cuando la Convención reorganizó el Jardin en 1793, transformándolo en el Museo de Historia Natural, creó doce cátedras, adjudicando a Lamarck la de "animales inferiores", a los que denominó invertebrados. El estudio de los mismos le hizo cuestionar la inmutabilidad de las especies y defender la transformación de unas especies en otras. Pero además propuso un mecanismo para tratar de explicar esa transformación, como veremos a continuación.

A.11. *Lee el siguiente texto de Lamarck: "Este animal (la jirafa)... vive en lugares en que la tierra, casi siempre árida y sin hierba, lo obliga a pacer el follaje de los árboles y a esforzarse continuamente por alcanzarlo. De esta costumbre resulta, después de largo tiempo, en todos los individuos de su raza, que sus piernas de delante se han vuelto más largas que las de detrás, y que su cuello se ha alargado de tal forma que la jirafa, sin levantarse sobre sus patas traseras, eleva su cabeza y alcanza seis metros de altura". Así mismo, en el capítulo 7 "De la influencia de las circunstancias sobre las acciones y los hábitos de los animales, y de las acciones y los hábitos de estos cuerpos vivientes como causas que modifican su organización y sus partes" de su Filosofía Zoológica (1809) introduce las dos siguientes leyes: "Primera ley. En todo animal que no*

ha traspasado el término de sus desarrollos, el uso frecuente y sostenido de un órgano cualquiera lo fortifica poco a poco, dándole una potencia proporcionada a la duración de este uso, mientras que el desuso constante de tal órgano lo debilita y hasta lo hace desaparecer. Segunda ley. Todo lo que la naturaleza hizo adquirir o perder a los individuos por la influencia de las circunstancias en que su raza se ha encontrado colocada durante largo tiempo, y consecuentemente por la influencia del empleo predominante de tal órgano, o por la de su desuso, la naturaleza lo conserva por la generación en los nuevos individuos, con tal de que los cambios adquiridos sean comunes a los dos sexos."

Explica cómo justifica los cambios y su permanencia.

Otros motivos para introducir el lamarkismo son sus implicaciones sociales y su papel en la evolución cultural. Respecto a las primeras hay que señalar que las ideas de Lamarck se impusieron en la URSS, cuando ya se había desarrollado la genética. En efecto, Lysenko y sus seguidores defendían que los cambios producidos por el medio en las plantas se podían heredar, oponiéndose a la teoría aceptada por los genetistas del carácter fortuito de las mutaciones.

Lo que no hubiese sido más que una típica controversia entre científicos, se convirtió en una persecución, porque Lysenko fue apoyado por el estado soviético, que consideraba que las mutaciones al azar se oponían al determinismo de la evolución, más coherente con las leyes del materialismo dialéctico. En consecuencia, a partir de 1939 Lysenko sustituyó al genetista Vavilov en todos sus cargos. Los genetistas tuvieron que abandonar sus puestos, hacer confesiones de culpabilidad y muchos fueron desterrados, enviados a campos de concentración o simplemente ejecutados. Aquéllos que pudieron continuar en sus laboratorios tuvieron que modificar sus líneas de investigación para tratar de demostrar la corrección de las teorías de Lysenko. En 1948 aún proseguía la persecución y Dubinin, el último genetista de reconocido prestigio, fue privado de su laboratorio. Aunque en 1953, a la muerte de Stalin, 300 científicos solicitaron la dimisión de Lysenko, ésta no se consiguió hasta 11 años después.

***A.12**. ¿Cómo pudieron convertirse las ideas de Lamarck en dogma?*

Actualmente se acepta que la evolución cultural, no sólo de los seres humanos, sino de los grandes simios, etc., procede de forma análoga a la propuesta por Lamarck, lo que explica su rapidez, mucho mayor que la de la evolución biológica. Las nuevas adquisiciones (fruto del ensayo y error, del descubrimiento científico, el invento tecnológico, la innovación artística, etc.) se enseñan a los contemporáneos, con lo cual su aprendizaje se puede consolidar en tan sólo una generación.

3.2. Darwin y Wallace: evolución por selección natural

Su principal autor, Charles Darwin (1809-1882), empezó en 1825 sus estudios de Medicina en la Universidad de Edimburgo, que abandonó en 1827, trasladándose a Cambridge, donde profundizó en sus intereses en ciencias naturales. Al acabar sus estudios fue aceptado como naturalista en la expedición del "Beagle" alrededor del mundo entre 1831 y 1836. Un momento básico para la ciencia de este viaje tuvo lugar cuando exploró el archipiélago de las Galápagos durante cinco semanas, entre septiembre y octubre de 1835. Observó especies muy semejantes, pero diferentes de unas islas a otras.

***A.13**. ¿Por qué en el archipiélago de las Galápagos encontramos diferentes especies de pinzón y tortuga, de una isla a otra, si estan separadas por una distancia que alcanza la vista? ¿Por qué se asemejaban a las de Sudamérica?*

Estuvo muchos años reflexionando sobre estas cuestiones, realizando observaciones y recopilando pruebas. Supuso que sus antepasados llegaron a las Galápagos desde el continente y evolucionaron, separados de sus compañeros de las restantes islas. El mecanismo mediante el cual se había realizado esta evolución se lo sugirieron el éxito de jardineros y ganaderos en la creación de razas útiles de animales y plantas por selección artificial y la obra de 1798 de Malthus: *Un ensayo sobre la población* (que planteaba el crecimiento de la población a mayor ritmo que los recursos). Este mecanismo era la selección natural debida a la lucha por la existencia que permitía que las variaciones favorables se preservasen y las desfavorables se destruyesen, con el resultado de la formación de una nueva especie adaptada al medio. El tiempo necesario se lo proporcionaba Lyell, con su marco actualista en el que los cambios geológicos se producían a ritmo muy lento. Aunque veinte años después aún no había publicado sus ideas, observaciones y pruebas, por temor a los problemas sociales y familiares que podrían producirse, se vio obligado a hacerlo en 1859, en su libro *El origen de las especies mediante selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*. Esto fue debido a que Alfred Wallace (1823-1913), que concibió independientemente el modelo de selección natural, le había enviado un artículo con sus ideas. Se trata de un claro ejemplo de descubrimiento simultáneo, bastante lógico, porque los dos habían leído a Malthus y a Lyell y, además, ambos realizaron viajes, en los que tuvieron oportunidad de observar diferentes especies emparentadas que vivían en lugares próximos. Como hemos visto, Darwin dio la vuelta al mundo y Wallace trabajó en Malasia.

Las ideas centrales del modelo de selección natural, aceptado hoy día por la comunidad científica son:

1. Variabilidad hereditaria en las poblaciones: Los mecanismos de la herencia biológica hacen que no existan dos hermanos (excepto gemelos idénticos) iguales entre sí y que entre los individuos de una especie haya muchas diferencias.

***A.14**. Construid un diagrama de barras donde se represente gráficamente la altura de las personas que están en vuestra clase. Elaborad una lista de aspectos cualitativos que diferencien las personas de vuestra clase.*

Algunas de estas diferencias son muy visibles y han dado pie a la clasificación de los seres humanos en diferentes razas y, por tanto, a justificar el racismo y la esclavitud de las supuestas razas inferiores. Incluso en países como el nuestro en que las características exteriores son muy similares, se ha utilizado otras, como el grupo sanguíneo (el Rh negativo), para justificar supuestas diferencias. Pero lo cierto es que estas diferencias son mínimas al lado de las semejanzas, como ya puso de manifiesto Shakespeare en *El mercader de Venecia* en boca de Shylock: *"¿Es que un judío no tiene ojos? ¿Es que un judío no tiene manos, órganos, proporciones, sentidos, afectos, pasiones? ¿Es que no está nutrido de los mismos alimentos, herido por las mismas armas, sujeto a las mismas enfermedades, curado por los mismos medios, calentado y enfriado por el mismo verano y por el mismo invierno que un cristiano? Si nos pincháis, ¿no sangramos? Si nos cosquilleáis, ¿no reímos? Si nos envenenáis, ¿no nos morimos?"* La ciencia contemporánea confirma estas observaciones ya que desde el punto de vista genético, la humanidad es muy uniforme. Los rasgos externos más visibles dependen de muy pocos genes y muestran fundamentalmente la adaptación climática de los grupos humanos.

2. Excesiva descendencia: La mayoría de los seres vivos tienen un enorme número de descendientes de los que sólo unos pocos llegan a la edad reproductiva. Las plantas producen cientos o miles de semillas, los peces ponen millones de huevos. Darwin calculó que en 700 años los descendientes de una pareja de elefantes podrían llegar a 19 millones si todos sobreviviesen. Para animales muy prolíficos como las ratas, los descendientes de una pareja llegarían a 20 millones en sólo tres años, si todos sobreviviesen.

***A.15**. ¿Por qué no sobreviven todos?*

El estudio de los cambios que tienen lugar en una población a lo largo del tiempo por las relaciones de los organismos entre ellos y con el entorno viene modelizado por una ecuación muy sencilla, propuesta por Robert May, profesor de Zoología y presidente de la Royal Society, denominada ecuación o mapa logístico:

$$X_{siguiente} = a \cdot X_{inicial} \cdot (1 - X_{siguiente})$$

Donde "a" es la tasa de crecimiento de la población. Si a<3, tenemos una población estable; si a está comprendido entre 3 y 3,57, la población oscila entre dos valores; por último, si a>3,57, la población fluctúa, en apariencia sin ritmo ni motivo, de forma totalmente impredecible. Se trata del ejemplo más sencillo de caos o comportamiento caótico, de tanta importancia en múltiples dominios de la ciencia, desde la actividad eléctrica del corazón o el cerebro,

los fluidos turbulentos, la meteorología (y el conocido efecto mariposa), el goteo de un grifo, el cinturón de asteroides del sistema solar, y un largo etcétera.

3. Supervivencia diferencial: En otras palabras, no es que un individuo cambie para sobrevivir mejor en un ambiente dado, sino que quedan vivos –o tienen más descendientes– los que presentan determinado carácter, es decir aumenta su proporción en la población. El mecanismo propuesto por Darwin y Wallace supone que cambian las poblaciones, lentamente, y que en dos ambientes distintos los descendientes de antepasados comunes pueden, con el tiempo, llegar a ser muy diferentes.

El modelo de selección natural requiere pensar en términos de "poblaciones", no de individuos, ya que no se trata de que cambien los individuos, sino que la supervivencia de individuos con ciertos caracteres hereditarios y no con otros, lleva a cambios en la población (hoy diríamos en las frecuencias de genes, o alelos, en la población). A lo largo de mucho tiempo, otra condición crucial, las diferencias entre dos poblaciones originalmente pertenecientes a la misma especie pueden llegar a ser tan grandes que se conviertan en especies distintas.

A.16. *¿Cómo explicarías con la selección natural de Darwin el cuello de las jirafas?*

A.17. *La mayoría de los pollitos de las gallinas de granja son de color amarillo o blanquecino. Las crías de aves de la misma familia que viven en libertad son pardas, moteadas y manchadas. Teniendo en cuenta que todos tienen los mismos antepasados, ¿cómo explicarían Darwin y Wallace que los de granja tengan color amarillo o claro?*

4. PRUEBAS Y DIFICULTADES DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

En 1859 Darwin publicó *El origen de las especies*. La mayoría de sus 14 capítulos se dedican a presentar pruebas sobre la evolución. Darwin no era únicamente un coleccionista de datos espigados de libros sino que realizó también algunos experimentos: medir la supervivencia de los brotes de hierba; el papel de las abejas en la fecundación de las plantas (capítulo III); los experimentos de cruzamiento de variedades (capítulo IV); experimentos con judías para probar las leyes de variación (capítulo V); el experimento de la celda de la abeja. Pero se pueden encontrar otros en el libro, como por ejemplo, la determinación del tiempo de supervivencia de semillas en el agua, para comprobar que podían pasar del continente a las islas. También Darwin era propenso a usar experimentos imaginados, como Einstein, por ejemplo, imaginar una especie transportada súbitamente a un lugar nuevo (capítulo III) o visualizar cambios en las normas de depredación (capítulo IV).

Las pruebas o datos que en la época de Darwin apoyaban la teoría de la evolución son el *registro fósil* (capítulos XI y XII), la distribución *biogeográfica* de animales y plantas (capítulos IX y X); la embriología, que muestra semejanzas entre los embriones

de especies próximas (capítulo XIII), o las *homologías*. Veremos algunos de ellos a continuación:

Darwin observó en su vuelta al mundo en el Beagle que las plantas y animales de distintos países son muy distintas, e incluso dentro de un determinado país. Esto es la base de la biogeografía, el estudio de la adaptación de los seres vivos en las distintas regiones del globo y, en consecuencia, a su distinta distribución. En ella se considera que la unidad básica de la biología evolutiva es la población o conjunto de individuos de una misma especie que se hallan en un enclave geográfico determinado. Una barrera biogeográfica (la distancia es un de las más efectivas, pero también un accidente geográfico: cordillera, brazo de mar, etc.), puede impedir no sólo la expansión de una especie, actuando como un límite a su área de dispersión, sino también como agente de aislamiento geográfico, interrumpiendo el contacto entre individuos de poblaciones de una misma especie y que puede dar lugar a la aparición de otras nuevas, como veremos seguidamente. Las barreras biogeográficas (que pueden ser asimismo artificiales, como una autopista, por ejemplo) pueden provocar también la extinción de poblaciones preexistentes al impedir el intercambio genético entre los individuos que la componen o limitar por debajo del número crítico su tamaño de población.

Según la teoría clásica el aislamiento geográfico es imprescindible para la *especiación*, es decir, el proceso por el cual los pequeños cambios evolutivos que se producen en una población culminan en el establecimiento de nuevas especies. Podemos definir una especie como un conjunto de poblaciones que comparten un mismo genoma y mantienen una comunicación reproductora mediante cruzamientos. Sin embargo, cuando dos poblaciones quedan reproductivamente aisladas entre sí de modo que no se produce flujo genético, pueden llegar a aislarse dos especies distintas (como vio Darwin en las Galápagos). Si el aislamiento es geográfico se habla de especiación alopátrica. También puede darse especiación simpátrica, sin necesidad de aislamiento geográfico y favorecida por otros tipos de aislamiento: por épocas diferentes de fecundidad de las poblaciones (aislamiento estacional); por determinantes genéticos que establecen incompatibilidad reproductora entre dos especies (aislamiento reproductor); por diferencias en los hábitos de emparejamiento entre especies distintas (aislamiento sexual).

***A.18**. ¿Qué papel juegan las barreras geográficas en la especiación? ¿Qué otras barreras aparecen en el texto?*

Las teorías fijistas explican la adaptación por el diseño. Para Darwin y Wallace se trata de que sobreviven mejor los que presentan algún carácter que mejora su adaptación, y dejan más descendientes. Según el ambiente puede resultar mejor adaptado un carácter (por ejemplo el pelaje blanco en la nieve) u otro (el pelaje oscuro en un bosque). Esto puede cambiar con el tiempo, al cambiar el medio. Así, las polillas de los álamos que antes de la revolución industrial eran predominantemente blancas, ya que su color se camuflaba mejor en dichos troncos, eran oscuras después de la misma, al ensuciarse los troncos de hollín.

Como hemos visto se denominan análogos a los órganos o estructuras orgánicas que no presentan ninguna comunidad de origen pero que desempeñan funciones parecidas. Así, las alas de los insectos y las de las aves son órganos análogos adaptados al vuelo, aunque su estructura y origen sean distintos. Esto es explicado por los evolucionistas como consecuencia de un proceso de convergencia evolutiva, es decir, la adopción de formas anatómicas o etológicas similares entre líneas de organismos no emparentadas, como consecuencia de haberse adaptado a un mismo medio. La convergencia es un fenómeno relativo entre dos o más formas o grupos. Presentan convergencia, con respecto de los peces, los cetáceos, que siendo mamíferos han adquirido una forma similar a la de los peces al adaptarse de nuevo al medio acuático.

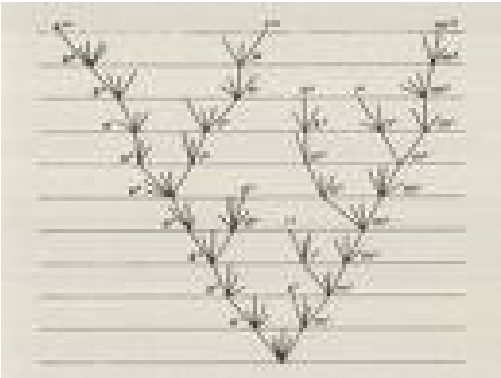
***A.19**. ¿Cómo explica Darwin que los seres vivos estén adaptados a su medio? ¿Y los órganos análogos?*

Los órganos homólogos son el mismo órgano en diferentes animales, situado en la misma posición respecto a otros aunque su función, e incluso su forma, fuesen distintas. Eran una prueba a favor del fijismo, una muestra de que el creador había diseñado un arquetipo o modelo ideal, del que por ejemplo los distintos vertebrados serían variaciones. En cambio, para el evolucionismo, si las especies fuesen creadas de forma independiente no tendría sentido que poseyesen los mismos huesos o estructuras. Los órganos homólogos son una prueba del evolucionismo, de que diferentes especies proceden de un antepasado común. Darwin argumenta que la coincidencia en las piezas de la extremidad (u otros órganos) con distinta función se explica mejor por proceder de un antepasado común.

***A.20**. ¿Por qué existen isomorfismos entre los huesos de los brazos y manos de un hombre, las patas delanteras del caballo, las alas del pájaro y del murciélago o las aletas de la ballena? ¿Por qué ocurre esto a pesar de los muy diferentes usos en que se emplean estos miembros?*

***A.21**. ¿Por qué los embriones del perro y del hombre son prácticamente indistinguibles, si los adultos son tan diferentes?*

La única ilustración de *El origen de las especies* es el árbol genealógico de la vida. Según Darwin *"Esta tendencia de los grupos numerosos a seguir aumentando y a divergir en sus caracteres, unida a la circunstancia casi invariable de una considerable extinción, explica la disposición de las formas vivientes en grupos propios subordinados entre sí"*. Es decir, la ramificación en la evolución explica la diversidad y las extinciones y, en consecuencia, los fósiles.



Desde este punto de vista, la clasificación de los seres vivos deja de ser una mera taxonomía y adquiere un carácter sistemático, que constituye una prueba más de la teoría de la evolución, ya que pone de manifiesto relaciones de filiación entre los seres vivos. Por ejemplo, de alguna especie de pez surgieron los anfibios, de alguna de estos los reptiles y de alguna especie de reptil los mamíferos y de otra las aves.

***A.22**. ¿Cómo se explican los fósiles o la diversidad actual de los seres vivos?*

El propio Darwin era perfectamente consciente de las dificultades de su teoría, y dedica dos capítulos de la primera edición del *Origen de las especies*, el VI Dificultades en la teoría y el IX La imperfección del registro geológico a salir al paso de las mismas. Una de ellas es la del ojo: *"¿Podemos creer que la selección natural produzca (…) órganos de una estructura tan maravillosa como el ojo del cual apenas podemos comprender del todo su perfección inimitable?"*. Los creacionistas cuestionan la evolución del ojo a partir de estructuras incipientes con apenas visión. Pero como señala Dawkins en *El relojero ciego* (1988), es mejor un cinco por cien de visión que la ceguera total (¡que se lo digan a personas que han ido perdiéndola por retinitis pigmentaria u otras enfermedades oculares degenerativas!) y, en consecuencia, es posible una evolución primero con células sensibles a la luz, que después se ubican en una oquedad (que confiere direccionalidad a la visión), que se cierra con un cristalino (gana nitidez), etc., y con cada una de ellas aumentan las posibilidades de supervivencia del organismo.

Otro argumento también muy utilizado por los creacionistas es la perfección del diseño del ojo, pero lo cierto es que éste es una buena prueba de lo que el premio Nobel François Jacob denomina el "bricolaje de la evolución", que trabaja a partir de lo que tiene a mano. Así, en contra de cualquier diseño racional, en el ojo de los vertebrados las conexiones pasan por encima de los conos y bastones, hasta que se hunden en la "mancha ciega". Pero el principal problema de la teoría de Darwin era que no explicaba por qué surgen variaciones hereditarias entre organismos y cómo se transmiten éstas de generación en generación. Las teorías de la herencia que prevalecían en aquellos años sostenían que las características de los progenitores se mezclan en los hijos. Pero si esto es así, es difícil explicar como se mantienen las características favorables sin diluirse en el transcurso de las generaciones. Hay que esperar a que se difunda la teoría de la herencia de Mendel a que se resuelva este problema, como veremos más adelante.

A.23. ¿Puedes mencionar dificultades de la teoría de la selección? ¿Cómo se pueden explicar con ella órganos tan perfectos como el ojo?

5. IMPLICACIONES SOCIALES DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

A.24. Lee el siguiente texto y contesta a las preguntas: ¿Qué implicaciones sociales tuvo y aún sigue teniendo la teoría de la evolución? ¿Por qué hay tantas resistencias hacia dicha teoría?

La teoría de la evolución fue la que tuvo mayor impacto social en el siglo XIX. Esta idea experimentó una gran oposición ideológica debido a que se oponía al origen de las especies por creación divina y despojaba a la especie humana de su lugar privilegiado, como Copérnico había desalojado a la Tierra del centro del Universo. También la evolución al azar cuestiona la intervención continua de Dios en la naturaleza viva (como Laplace la había cuestionado en el sistema solar) y sobre todo el finalismo, es decir, el funcionamiento según leyes establecidas por el Creador y dirigidas a una finalidad, o lo que es lo mismo, la existencia de un plan del Creador.

La controversia empezó ya un año después de publicado El origen de las especies entre Wilbeforce, obispo de Oxford, y el científico Huxley. El primero continuaba utilizando la interpretación literal de la Biblia contra las teorías científicas de Darwin sobre la evolución y el origen del hombre defendidas por el segundo. Y esto ha proseguido hasta la actualidad en países protestantes, especialmente en EE.UU. Se prohibió en algunos estados la enseñanza de la teoría de la evolución, lo que provocó el "juicio del mono" en 1925 en Tennessee, contra un profesor que hizo caso omiso de la prohibición y fue condenado por ello. En Arkansas y Lousiana (EE.UU.) era obligatorio por ley conceder un tiempo igual a la teoría de la evolución y a las tesis creacionistas hasta fechas tan recientes como 1987 y en Kansas en 1999. La elección de Georges W. Bush reforzó las posturas de los fundamentalistas protestantes, que consideran la teoría de Darwin como una hipótesis no probada y exigen que se dedique el mismo tiempo al creacionismo.

En países católicos, como España, las restricciones ideológicas de la última década del reinado de Isabel II impidieron la divulgación del darwinismo (Josep Ortolà fue separado de la su cátedra en 1867) hasta la Revolución de 1868. En la Restauración de 1875 aparece un Real Decreto que prohíbe a los profesores realizar manifestaciones contra la monarquía y la religión y les obliga a seguir los libros impuestos desde el ministerio. Unos 39 catedráticos protestaron y 19 fueron apartados de sus cátedras, 5 detenidos y 3 desterrados (Salmerón, Azcárate y Giner de los Ríos). Odon de Buen publicó libros para difundir a Darwin condenados por la Congregación del Índice en 1895, que pidió la destrucción de las obras y la retractación del autor. Estos hechos provocan manifestaciones estudiantiles.

Pío XII en la "Humani generis" (1950) sigue planteando la evolución como una teoría no demostrada y por fin, Juan Pablo II acepta la teoría de la evolución ya que ésta "ha sido aceptada progresivamente por los investigadores, como la continuación de una serie de descubrimientos en diversos campos del conocimiento. La convergencia, que no es buscada ni inventada, de los resultados de trabajos que se realizaron de manera independiente es en sí misma un razonamiento significativo a favor de la teoría". Aceptan la evolución biológica incluso para los seres humanos pero sostienen que Dios infunde el alma en el mismo instante de la fecundación lo que les lleva a negar cualquier posibilidad de aborto, sin distinguir entre embrión y feto como hacían algunos padres de la Iglesia (Sagan, 2000) o cualquier posibilidad de investigación con células madre embrionarias.

También tuvo consecuencias en el pensamiento político y económico por medio de filósofos como Spencer que extendieron la teoría de la selección natural a la sociedad humana, al ver en la competencia entre las empresas y en el comercio libre la selección de los más aptos. Esta doctrina se denominó darwinismo social y según ella la libre empresa y el individualismo se convierten en una ley natural e inevitable y sigue actualmente presente en el neoliberalismo dominante en nuestros días. Estas ideas fueron extendidas por militaristas como Begehot y racistas como Chamberlain a la lucha entre naciones y razas, en la cual las más fuertes conquistarían a las más débiles, justificando así la esclavitud y el imperialismo militar de EEUU, Japón y diversos países europeos. Los propios biólogos no eran muy dados a estas interpretaciones. Así Darwin veía en la evolución de la humanidad el creciente dominio de los instintos cooperativos. Wallace defendía que en la lucha social nadie debería tener una ventaja injusta en riqueza o educación, todos deben tener igualdad de oportunidades. Huxley se expresaba contra la idea de que el evolucionismo diese al gobierno una excusa para pasar sus responsabilidades a la naturaleza. Estas otras versiones de la teoría fueron recogidas por algunos socialistas y anarquistas, como Kropotkin, en apoyo del principio de ayuda mutua.

La teoría de la selección natural también influyó en la eugenesia de Galton, Pearson y Davenport, es decir, en la idea de una mejora planificada de la raza humana mediante la esterilización de los individuos menos aptos. Esto, unido a la aplicación sistemática en el ejército del test de inteligencia de Binet (que ponía de manifiesto la supuesta inferioridad de negros e inmigrantes recientes), llevaron a EE.UU. a adoptar en 1924 leyes restrictivas de la inmigración y, a finales de los años 20, una docena de estados norteamericanos adoptaron leyes eugenistas sobre esterilizaciones cuya constitucionalidad fue ratificada por el tribunal supremo en 1927. En Alemania, a partir de 1933, se publicó una ley eugenista que provocó la esterilización de cientos de miles de personas y abrió el camino a los campos de la muerte.

6. LA TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN. NUEVOS DESCUBRIMIENTOS QUE LA CONFIRMAN

***A.25**. Lee el siguiente texto y contesta a las preguntas*

La crisis del darwinismo se produce porque éste no explicaba cómo se heredaban las variaciones, para lo cual hubo que esperar a que se descubriese y difundiese la genética de Mendel. Este realizó sus primeras experiencias de hibridación en 1856 y publicó los resultados obtenidos en 1866, en *Ensayos sobre los híbridos vegetales*. Sus experiencias, realizadas por medio del cruzamiento de diversas variedades y especies de guisantes, le permitieron establecer las leyes básicas de la herencia. Mendel descubrió que los genes, a los que denominó factores ya que desconocía su existencia física, determinan la herencia de los caracteres. Sin embargo, aunque los expusiera en círculos científicos (por ejemplo, a Nageli y al propio Darwin, lo que pone de manifiesto que éste no estaba muy preocupado por los mecanismos de la herencia), sus descubrimientos fueron olvidados hasta 1900, año en que otros tres naturalistas, H. de Vries, C. Correns y E. von Tschermak, redescubrieron, trabajando independientemente, dichas leyes. El término genética fue usado por primera vez por el biólogo británico W. Bateson en 1906.

Clásicamente, los estudios de genética han consistido en la realización de cruces experimentales, especialmente diseñados para luego estudiar la descendencia. En un primer momento, se usaron plantas o animales superiores. Pronto se comprendieron las ventajas de utilizar organismos pequeños, de cría fácil y económica. La introducción de la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster* por Morgan, hacia 1925, permitió importantes avances. Más adelante, al abordar la naturaleza química del material hereditario, resultó aún más adecuado el uso de bacterias, y en especial la Escherichia coli.

Tras el redescubrimiento del trabajo de Mendel, el desarrollo de la genética se aceleró rápidamente: los biólogos se dieron cuenta de que los factores mendelianos parecían coincidir en su comportamiento durante la reproducción con los cromosomas que acababan de ser estudiados en detalle. Las mutaciones naturales o artificiales desempeñan también un papel importante en estos estudios. Sutton y Bovery, propusieron en 1904 la denominada teoría cromosómica de la herencia: los factores hereditarios, que se denominaron genes, se encuentran en los cromosomas.

El neodarwinismo o teoría sintética es la teoría de la evolución que actualiza la hipótesis darvinista con la aportación de los conocimientos de la genética mendeliana. Sus principales creadores son el genetista Theodosius Dobzhansky, con su libro *Genética y origen de las especies* de 1937, el zoólogo Ernst Mayr con su *Sistemática y origen de las especies* de 1942 y el paleontólogo George Gaylord Simpson con su *Tiempo y modo en evolución* de 1944. Fue J. Huxley el que acertó a denominar en 1942, a raíz del Congreso de Princeton, a la nueva teoría neodarwinismo o síntesis moderna de la evolución. Como hemos visto el neodarwinismo recoge aportaciones (además de la genética y la ecológica) de otras muchas ramas de la historia natural, especialmente de la botánica y zoología sistemáticas y de la paleontología.

Esta teoría afirma que la evolución se debe a la acción conjunta de diferentes factores (mutaciones, recombinación genética, selección, aislamiento). La mutación provoca un cambio muy pequeño en la dotación genética del individuo, que por recombinación pasa a los descendientes y que la selección se encarga de hacer viable o no. El aislamiento de las poblaciones favorece la perpetuación de aquellos cambios

que vuelven más apto al individuo frente a las condiciones del medio. El resultado de este proceso es, como hemos visto anteriormente, la especiación.

Eldredge y Gould propusieron en 1970 la teoría del equilibrio puntuado, con períodos cortos (a escala de los tiempos geológicos) de aparición de nuevas especies y largos períodos en que estas especies no varían. Todo esto ha vuelto a poner de actualidad la vieja polémica sobre si toda la evolución responde a un único mecanismo o si se puede distinguir entre la llamada microevolución o evolución intraespecífica, que se produce en el interior de una misma especie y que da origen a nuevas razas y variedades, para originar más tarde subespecies; y la macroevolución o evolución supraespecífica, que afecta a los taxones superiores a la especie y da lugar a nuevas líneas filogenéticos.

***C.1**. ¿Qué entiendes por mutación?*

***C.2**. ¿Qué papel puede jugar en la evolución?*

6.1. Investigaciones sobre el origen de la vida

***A.26**. Lee detenidamente los siguientes textos y contesta las cuestiones que aparecen al final de los mismos*

Actualmente se piensa que un planeta o satélite para albergar vida debe cumplir las siguientes condiciones. La primera es que orbite en torno de la estrella adecuada. No todas lo son. Deben ser de segunda generación, ya que las de primera se forman a partir del H y He primordiales y no tienen elementos complejos. Son las reacciones nucleares de su interior las que generan elementos más complejos como C, O, N, S, P, etc., que al explotar salen al exterior y hacen que las estrellas de segunda generación los incorporen. En ese sentido, como dice Sagan, “somos hijos de les estrellas”. Pero incluso, no todas las estrellas de segunda generación son adecuadas. No son adecuadas para la vida las gigantes azules o blancas porque desprenden mucha energía y viven poco, sin darle tiempo ni posibilidades suficientes a la vida. Tampoco las enanas marrones, poco energéticas. También las estrellas dobles o triples parecen excluirse, porque favorecen el caos en las órbitas planetarias. Las estrellas amarillas como nuestro Sol parecen las más adecuadas, y pueden suponer menos de 1/10 del total.

Parece que los planetas térreos (con superficies sólidas y/o líquidas) con un determinado tamaño para retener atmósfera son más adecuados que los gigantes gaseosos. También es conveniente una distancia a la estrella ni muy pequeña ni muy grande para que la temperatura no sea, respectivamente, ni muy alta ni muy baja para la vida. Una atmósfera protege de la radiación cósmica y estabiliza las temperaturas entre la parte del planeta iluminada y no iluminada (lo que produce diferencias de centenares de grados), pero parece adecuado que no sea ni tan densa como la de Venus (lo que provoca efecto invernadero) ni tan poco densa como la de Marte (que no sirve para estabilizar las temperaturas e impedir la evaporación del agua). Por otra parte si la atmósfera no posee moléculas que absorban la radiación UV (capa de ozono en nuestro caso),

el agua puede ejercer esa función, además de favorecer las reacciones químicas, por lo que se piensa que Europa que parece disponer de agua puede tener posibilidades y que Marte las tuvo (cuando tenía más atmósfera y agua líquida). En nuestro sistema solar esto supone un poco más de 1/10.

Q.1. *¿Qué condiciones debe reunir un planeta o satélite para albergar vida? ¿Por qué algunos científicos dicen que hay (o hubo) posibilidades de vida en Marte o en Europa (satélite de Júpiter)?*

Oparin y Haldane, plantearon la posibilidad de que, en determinadas circunstancias, se produjese vida a partir de la materia inerte. La experiencia de 1952 de Stanley Miller lo hizo plausible. Colocó en un matraz los gases de la atmósfera primitiva (metano, amoniaco, hidrógeno, vapor de agua y un poco de dióxido de carbono), lo calentó e hizo saltar chispas eléctricas en su interior, obtuvo en el fondo una sustancia rojiza que contenía aminoácidos, las moléculas que forman las proteínas y ácidos nucleicos. Joan Oró, científico catalán que investigaba en los EE.UU., fue capaz de sintetizar adenina, una de las cuatro bases del ADN y ARN, a partir del cianhídrico HCN. Años después, cuando trabajaba con Miller, sintetizaron otra base, la guanina a partir del formaldehído HCHO.

Con estas moléculas orgánicas: aminoácidos, ácidos grasos, precursores de los lípidos, cianhídrico HCN y formaldehído HCHO, disueltas en agua, posiblemente en charcas superficiales, mucho tiempo y arcilla (que cataliza la formación de pequeñas cadenas de ácidos nucleicos, proteínas y lípidos), se produjo una química prebiótica que acabó desembocando en la formación de pequeños glóbulos (ya que las proteínas se separan de la disolución), que Oparin denominó coacervados. Fases necesarias de dicha química son el establecimiento de un interior (membranas semipermeables), los mecanismos productores de energía (es decir, un metabolismo por fermentación o fotoquímica, etc.) y, además, de mecanismos reproductores (inicialmente basados en el ARN, que puede autorreproducirse y es más sencillo que el ADN). El final de este proceso la aparición de las primeras células sin núcleo, las algas verde azules y las bacterias.

El químico Svante Arrhenius propuso la idea de que la vida llegó a nuestro planeta en un meteorito. Esta propuesta reaparece recurrentemente. En la actualidad se defiende porque en las nebulosas de la galaxia se han detectado las moléculas orgánicas anteriormente mencionadas, pero esto sólo prueba la universalidad de las leyes químicas. Esta hipótesis no resuelve el problema del origen de la vida, simplemente lo desplaza a otro sitio. Por otra parte, los meteoritos al atravesar la atmósfera terrestre alcanzan la incandescencia por fricción, temperaturas que no parecen muy favorables para la supervivencia de bacterias.

Q.1. *¿Cómo se puede originar vida a partir de la materia inerte?*

Drake planteó una ecuación sobre la probabilidad de una civilización tecnológica en la galaxia N=R·fp·ne·fv·fi·fc·L, donde R es la tasa de formación de estrellas como el

Sol en la galaxia, fp la probabilidad de que tengan planetas, ne es el número medio de planetas habitables, fv la probabilidad de que haya vida en ellos, fi es la probabilidad de vida inteligente, fc es la probabilidad de una civilización tecnológica (con radiotelescopios que le permitan comunicarse con nosotros) y, por último, L, la vida media de dicha civilización y, en consecuencia, N sería el número de planetas que pueden tener vida con tecnología avanzada. En sus estimaciones Sagan (1982), Drake y otros partidarios del programa SETI (Search of Extraterrestrial Intelligence), basado en la idea de que la forma más probable de comunicación con civilizaciones extrasolares sea la detección con radiotelescopios de ondas electromagnéticas emitidas por éstas, encontraron para N valores comprendidos entre 10^3 y 10^5. R es el cociente entre 10^{11} (estrellas en la galaxia) y 10^{10} años (vida de la galaxia), multiplicado por 1/10 que son las estrellas tipo Sol, es decir, R=1. fp vale entre ½ y 1/5 y ne entre 1 y 5. Consideraron que todos los planetas habitables producen vida y vida inteligente, es decir, que fv=1 y fi=1, pero que sólo uno de cada 10 consigue civilización tecnológica, fc=0,1. Por último, el factor más imprevisible y, por otra parte, el más interesante ya que indica la probabilidad de pervivencia de nuestra especie, es L, al que asignaron valores entre 10^4 y 10^6.

Aunque los primeros valores, los astronómicos, son bastante aceptables, pensamos, como muchos biólogos, que la probabilidad de vida, de vida inteligente y de civilización tecnológica parece claramente sobreestimada. En primer lugar, a partir de lo que podemos observar en la Tierra (porque hasta hoy toda la biología es terrestre). La Tierra existe desde hace 4500 millones de años (Ma). No parece que la vida sea tan difícil, ya que las bacterias existen desde hace unos 3500 Ma. Pero la vida compleja es más difícil y más si tenemos en cuenta el papel del azar en la evolución de los seres vivos (recordemos la extinción de los dinosaurios). Así, las primeras células nucleadas existen desde hace unos 2200 Ma y los seres pluricelulares desde hace 700 Ma. Mucho más difícil parece la aparición de vida inteligente, como el "homo habilis" que se remonta a hace sólo 2 Ma y aún más que ésta alcance una tecnología "espacial", que tiene sólo unos 50 años. En segundo lugar, porque generalizar esto a la Galaxia aún es más complejo. En efecto, hay muchos supuestos implícitos (terrícolas) sobre la vida: su origen en la química del carbono, el papel del ADN y el código genético y un largo etc. La física y la química son universales y sólo el carbono es capaz de producir los millones de compuestos que requiere la complejidad de la vida, pero, ¿por qué ADN? Incluso en la propia Tierra hay otras moléculas que se pueden replicar, como el ARN.

Es decir, con todas las reservas de los datos y las consideraciones obtenidos a partir de una única muestra (la biología terrestre), el valor de N debe ser mucho menor que el sugerido por Sagan y otros partidarios de la vida inteligente extraterrestre. Posiblemente esto les decepcione, pero también permite extraer importantes consecuencias. En efecto, puede hacer que nos demos cuenta de lo rara y valiosa que es la vida y, aún más, la vida inteligente y, por tanto, de que hay que cuidarla y no ponerla en peligro con carreras armamentísticas, desarrollos insostenibles, etc.

Por otra parte, aunque el número de civilizaciones fuese como el sobreestimado por Drake o Sagan, si se tiene en cuenta el tamaño de la galaxia (10^{11} a.l.), el carácter límite de la velocidad de la luz y la necesidad de una cierta coincidencia temporal (que no se haya extinguido una civilización cuando la otra ni ha surgido) esto pone de manifiesto

que la probabilidad del fenómeno OVNI tiende a cero (y no el millón de avistamientos que se han producido según los ufólogos), como ya sugería el premio Nóbel de Física Fermi al preguntar irónicamente: "¿Dónde diablos están?". Curiosamente la mayoría de los avistamientos se producen en los EE.UU. y no en Europa y todos los casos estudiados en los EE.UU. han resultado fenómenos naturales incorrectamente interpretados por el observador, aviones soviéticos o aviones experimentales norteamericanos, globos, luces, etc. Tan convencida estaba la comunidad científica de que no había nada extraterrestre en los OVNIs que cuando el presidente Carter solicitó a la NASA un estudio exhaustivo sobre esos fenómenos, dicho organismo se negó a realizarlo. Por último, hay que señalar el programa SETI, después de muchos años de funcionamiento, aún no ha conseguido resultados positivos.

***Q.3**. A partir del calendario sobre la edad de la Tierra y de lo que se sabe sobre el origen de la vida, ¿qué podemos decir sobre la probabilidad de vida, de vida inteligente y de que ésta alcance una tecnología espacial? ¿Qué nos dice sobre la existencia de OVNIs?*

6.2. Cambio biológico en la actualidad

Recientemente se ha detectado la resistencia a muchos antibióticos de determinadas bacterias. También se observa resistencia a los insecticidas y plaguicidas de los insectos que transmiten enfermedades (llamados vectores), por ejemplo los mosquitos que transmiten la malaria, las pulgas o las cucarachas. Un caso preocupante es el DDT que después de la II Guerra Mundial, de cuyas investigaciones fue resultado, se utilizaba para combatir la malaria. En 1962 Rachel Carson denunció en Primavera silenciosa sus efectos nocivos: *"Residuos de estos productos químicos permanecen en los suelos a los que han sido aplicados una docena de años antes. Han penetrado y se han instalado en los cuerpos de peces, pájaros, reptiles y animales domésticos y salvajes tan universalmente que los científicos que llevan a cabo experimentos con animales encuentran casi imposible localizar animales libres de tal contaminación (...) Estos productos químicos están ahora almacenados en los cuerpos de la vasta mayoría de los seres humanos. Aparecen en la leche materna, y probablemente en los tejidos del niño que todavía no ha nacido"*. A pesar de las presiones de la industria agroquímica norteamericana, diez años después se prohibió su uso en occidente, pero continuó utilizándose en el tercer mundo, donde se comprobó que numerosas poblaciones de mosquitos no eran afectadas por este insecticida.

***A.29**. ¿Qué explicación tiene el hecho de que hace años les hiciesen efecto a los insectos y bacterias, respectivamente, los insecticidas y los antibióticos y ahora no?*

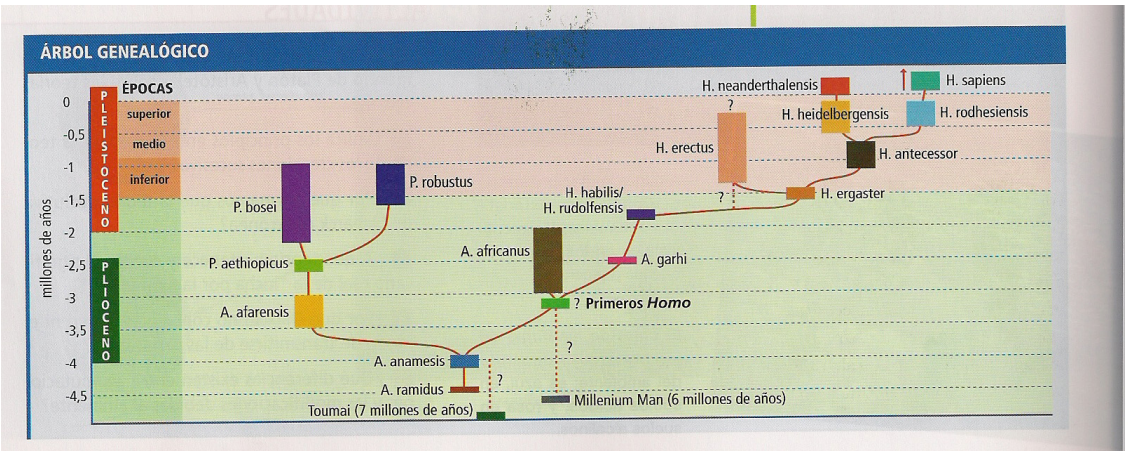
Esto último explica la preocupación de la Unión Europea (UE) por algunos organismos genéticamente modificados (OGM), es decir, aquéllos en los que se altera el ADN de células germinales, y se transmiten los cambios a la descendencia, lo que ha permitido la producción de animales y plantas transgénicos. Como la especie humana ha

estado realizando manipulaciones de plantas y animales, los científicos europeos sólo cuestionan cinco categorías de genes: los que producen resistencia a insectos, a ciertos herbicidas (el Roundup de Monsanto o el Basta de AgrEvo) o a antibióticos, los que provocan esterilidad de las semillas (la famosa tecnología "Terminator") y los que reducen a otros al silencio. El problema es que estos genes se transfieran a otras plantas o bacterias. Por ejemplo, los marcadores que codifican la resistencia a antibióticos se han utilizado sólo para facilitar la detección de las células en las cuales el gen deseado ha sido introducido, pero pueden transformarse y expresarse en bacterias infecciosas. Esto ha producido una moratoria en la UE, en aplicación del principio de precaución, y conflictos comerciales con los EE.UU. que han invertido mucho capital riesgo en OGM y se niegan a etiquetar los alimentos o productos que los contienen, apelando al tratado de libre comercio, en tanto que la UE exige ese etiquetado desde 1998. Esta actividad es una muestra más de la importancia de las relaciones CTS.

Otro ejemplo clásico, muy presente en los medios de comunicación este último año, es el virus de la gripe, en el cual las epidemias que ocurren con regularidad anual son causadas por una deriva de la cepa, e infectan previamente a la población humana. También ha de tomarse en consideración que muchos virus muestran una alta capacidad de mutación y que pueden rápidamente generar nuevas variantes. Este cambio genético se traduce en una variante de una proteína, con lo que el antígeno así alterado no es reconocido por el sistema inmunitario de la población expuesta. Debe igualmente considerarse que la evolución de nuevas variantes puede dar como resultado la expresión de una nueva enfermedad.

7. EL ORIGEN DEL SER HUMANO

El hombre es el rey de la creación. Este grito elemento de orgullo se encuentra en la base de todas las culturas. Freud postulaba que el desarrollo de la ciencia ha infligido tres duras heridas a esta ingenua autosatisfacción narcisista. La primera por obra de Copérnico: La Tierra gira alrededor del Sol y no es, en definitiva, más que un pequeño cuerpo sideral perdido en la inmensidad de las galaxias. La segunda por mano de Darwin. El hombre desciende de los simios y a pesar de su inteligencia es un animal entre animales. La tercera, cuando el psicoanálisis demostró que la conciencia racional descansa sobre una inmensa base de impulsos, deseos y representaciones inconscientes.



En términos biológicos, los seres humanos somos una especie animal, fruto de los mismos procesos evolutivos que el resto de especies del planeta. La taxonomía, que es la manera de clasificar las especies, agrupa al ser humano dentro del orden de los primates. Estos presentan un conjunto de características comunes, como la visión **binocular** (los dos ojos se sitúan mirando hacia adelante, la **percepción de los colores** (en la gran mayoría de primates), los **pulgares oponibles** y la tendencia **del tronco a permanecer derecho.**

Clasificación taxonómica del ser humano	
reino	**Animal**
división	**Cordados**
subdivisión	**Vertebrados**
clase	**Mamíferos**
orden	**Primates**
semiorden	**Haplorinos**
infraorden	**Catarinos**
superfamilia	**Hominoides**
familia	**Homínidos**
subfamilia	**Homininis**
tribu	**Hominis**
Género	**Homo**
especie	**sapiens**

Durante el proceso de la evolución humana, llamado **hominización**, la selección natural actuó de manera que se seleccionaran caracteres que biológicamente los favorecían, como son:

- **Bipedismo:** la marcha sobre los dos pies permitió independizarse de la vida en los árboles, así como la liberación de las manos para poder manipular objetos. Además, la posición vertical también facilita una mejor ventilación del cuerpo, con más superficie expuesta al viento y menos luz solar directa, factor que le permite hacer desplazamientos más largos para buscar alimentos. Por otro lado, la columna vertebral se vuelve más sinuosa, y puede mantener en equilibrio un cráneo que alberga un cerebro más grande, las caderas se ensanchan para sostener el peso del resto del esqueleto; las rodillas se desplazan y se acercan y los dedos del pie se acortan.

- **Liberación de la mano:** La mano ahora puede servir para defenderse, trabajar y coger objetos. Se desplaza la posición del pulgar, que queda encarado al resto de los dedos, y la mano pasa a ser una pinza de precisión enorme, elemento que permite utilizar y desarrollar herramientas cada vez más sofisticadas. Al mismo tiempo, las mandíbulas y las piezas dentales cambian, ya que ahora los homínidos pueden utilizar las manos a la hora de alimentarse.

- **Lenguaje articulado:** El ser humano experimenta modificaciones en la cavidad bucal y las vías respiratorias. Así, la laringe se encuentra en una posición más baja que en los chimpancés, pero ni los chimpancés ni los gorilas pueden vocalizar. Además, en el cerebro aparecen zonas especializadas en el control de la función del habla. La capacidad de transmitir información y experiencias permitirá acumular conocimientos que podrán ser compartidos por el resto de individuos.

  Algunas de estas características del proceso de hominización se encuentran también en los póngidos: chimpancés y orangutanes emplean de manera

espontánea herramientas sencillas (piedras, palos, ramas...), tienen un cerebro grande y, ocasionalmente, se desplazan derechos.

Pero su conjunto y elevado grado de desarrollo en que se manifiesta en la especie humana han contribuido a ensanchar la distancia evolutiva entre los simios superiores y los humanos, y posibilitarán que estos últimos desarrollen una inteligencia técnica y operativa que les permitirá progresar sobre su propia lógica. Los humanos empezarán cortando y puliendo piedras, y acabarán diseñando ordenadores y viajando fuera del planeta. Esta progresión no habría sido posible sin la conjunción de los cuatro factores que hemos descrito.

A.30. *Lee el siguiente texto y contesta las preguntas*

El complejo arqueológico de Atapuerca.

La Sierra de Atapuerca es un pequeño conjunto montañoso situado en la provincia de Burgos, cuyo complejo arqueológico ha sido declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, como consecuencia de los excepcionales hallazgos arqueológicos y paleontológicos que alberga en su interior, entre los cuales destacan los testimonios fósiles del Homo antecesor y del Homo heiderbelgensis.

Atapuerca es un complejo arqueológico donde se trabaja en dos yacimientos que son: la Gran Dolina y La Sima de los Huesos.

*El yacimiento de la Gran **Dolina** es el yacimiento más conocido de Atapuerca, pues en él aparecen los restos del Homo antecesor, llamado así por ser el antecesor de dos especies humanas que poblaron el continente europeo: el Homo nearthendalensis y el Homo sapiens.*

*El yacimiento de la **Sima de los Huesos** es una pequeña cámara situada en la base de un pozo de 13 metros de profundidad que se halla en la parte más profunda de la **Cueva Mayor**. En él se ha encontrado una gran cantidad de huesos de animales y seres humanos. Los sedimentos de este lugar datan de hace 400.000 años, y están magníficamente conservados. Lo que hace importante a este yacimiento es la gran cantidad de restos humanos encontrados, más de 5.000 fósiles, que pertenecen a un grupo de 28 individuos de la especie Homo heidelbergensis.*

El número de fósiles encontrados y el hecho que se presenten todos juntos en el fondo de una sima, hace pensar que se trate de un enterramiento, y ello implicaría un ritual de enterramiento y por tanto una cultura que se transmite que hace necesaria la existencia de habla. Así pues, una línea de investigación emprendida en Atapuerca es la de poder determinar el origen del habla humana y cuyos primeros resultados se publicaron en 2004.

Tener la necesidad de transmitir nuestras ideas a nuestros semejantes implica la necesidad de que éstas existan previamente y de que haya un cerebro lo suficientemente desarrollado para producirlas. Además, la capacidad de hablar y de transmitir ideas requiere unas características físicas determinadas, especialmente diseñadas para aprovechar estas extraordinarias facultadas intelectuales.

La fonación es posible porque los humanos disponen de una laringe baja, que produce un ensanche en la cavidad faríngea que permite emitir sonidos. En los simios, el órgano de fonación aparece en una posición más alta, motivo por el que pueden emitir sonidos, pero no pueden hablar.

El problema es que no existen pruebas físicas del aparato fonador, pues no fosiliza y, por tanto, no hay restos que se puedan estudiar, de forma que todos los estudios que se han hecho sobre el lenguaje de los primeros humanos se deben a pruebas circunstanciales del empleo de la tecnología, la aparición del arte o de los primeros enterramientos, signos todos de la existencia de un tipo de mente humana.

Pero a nadie se le había ocurrido mirar desde el otro lado del espejo y abordar el problema desde el oído. Gracias a la calidad y abundancia de su registro fósil, los paleontólogos de Atapuerca sí que lo han hecho y el resultado del descubrimiento es que hace 400.000 años los habitantes de la sierra de Atapuerca (Homo hieidelbergensis) tenían un oído que ya funcionaba de la misma forma que el nuestro.

En cualquier caso, el poder responder a la pregunta de si la aparición de la mente simbólica (y con ella el habla) surgió de repente en una determinada explosión evolutiva, o, por el contrario, se trata de un proceso gradual que se ha desarrollado con lentitud a lo largo del tiempo, no tiene aún respuesta desde el campo de la ciencia.

a) ¿Por qué hay dificultades a la hora de encontrar datos científicos concretos que indiquen la aparición del habla en homínidos fósiles?

b) ¿En qué se basan los científicos para poder dar como posible que la especie Homo heidelbergensis utilizara ya el habla?

c) A efectos de tener pruebas más directas, por qué se puede abordar este asunto desde el estudio del oído.

d) ¿Qué opinas, crees que la aparición del habla surgió de repente o bien fue un proceso gradual?

- **Desarrollo del cerebro:** La evolución de los primeros primates hacia el ser humano refleja un incremento constante de volumen craneal: así pasamos de los 550 cm^3 de los austrolopitecos de hace 4 millones de años a los 1.500-2.000 cm^3 del Homo sapiens actual. Además, este incremento se acompaña de un aumento de la complejidad y del número de células cerebrales. La cara se allana, de manera que los ojos quedan en el mismo plano, hecho que mejora la visión estereoscópica. También va ligado al ensanchamiento de las caderas, que deben permitir el nacimiento de niños con un cerebro más grande. El incremento de la capacidad técnica de los homínidos así como la capacidad simbólica que hace posible el lenguaje articulado no habrían sido posibles sin este desarrollo.

***A.31**. Lee el siguiente texto y contesta las preguntas*

La conducta nuestra, nuestra cultura y nuestra vida social, todo lo que hacemos, pensamos y sentimos, depende de nuestro cerebro. El cerebro es la sede de nuestras ideas y emociones, de nuestros temores y esperanzas, del gozo y el sufrimiento, del lenguaje y la personalidad. Si en algún órgano se manifiesta la naturaleza humana en todo su esplendor, es sin duda en nuestro voluminoso cerebro. Qué lástima que no lo conozcamos mejor. De todas maneras, el hecho de que no le entendamos muy bien no nos ha cohibido a la hora de especular sobre la mente y la conducta, el alma y el intelecto.

Nuestra corteza cerebral o córtex, que recubre los hemisferios, es una capa superficial de unos 2 mm de grueso y de 1,5 m^2 de área, completamente arrugada para poder caber dentro del cráneo. La corteza cerebral ha ido asumiendo funciones generales de coordinación sensorial y de toda la conducta del animal. La principal función del sistema nervioso y del cerebro consiste en recoger información del entorno y del medio interno del animal, procesarla de tal manera que resulten respuestas motoras adecuadas y, en general, conductas apropiadas para la supervivencia y reproducción del individuo. A lo largo del tiempo, la evolución fue dotando a los craneados de estructuras asociativas, que residen, sobre todo en la corteza cerebral. Esta tendencia se observa también en la evolución de los mamíferos. El peso de la corteza en proporción al peso del organismo es sesenta veces más grande en el chimpancé que en los mamíferos más primitivos, y en los humanos, tres veces más grande que en el chimpancé. Nuestro cerebro pesa alrededor de 1,5 kg. Nuestra corteza cerebral alberga también los centros del lenguaje.

Hemos aprendido bastante sobre la localización de algunas funciones en ciertas áreas de la corteza cerebral. Durante el primer siglo de la neurología, el conocimiento de la topografía funcional del cerebro se basaba en la disección de cadáveres de personas con algún defecto funcional. En el siglo XIX se localizaron las áreas de Broca y de Wernicke, relacionadas con la actividad lingüística. Paul Broca (1824-1880) se percató de que el área del lóbulo frontal izquierdo

que hoy lleva su nombre es esencial para al habla articulada. Lo descubrió diseccionando los cerebros de difuntos que habían sufrido problemas de afasia (afasia: problemas en el uso o significado de palabras) y observando que esta zona de su cerebro estaba dañada. Otros estudios en humanos han conducido a la localización del córtex visual en el lóbulo occipital, el córtex auditivo en el lóbulo temporal, del córtex del motor primario en el lóbulo frontal y el mapa de distribución concreto de estas zonas.

En las últimas décadas, la neurología se ha liberado de la necesidad de que se muera el paciente para poder mirar dentro de su cerebro. Ya el electroencefalograma permitía detectar el voltaje que produce la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos situados encima del cráneo. Pero el voltaje es más débil y la información proporcionada muy imprecisa. Más recientemente, diversas técnicas de representación gráfica del cerebro han sido puestas a punto, como el magnetoencefalograma (MEG), la tomografía axial computerizada (CAT), las imágenes por resonancia magnética (MRI, magnetic resonance imaging), la tomografía por emisión de positrones (PET, positron emission tomography) y las imágenes del flujo de sangre con xenón radiactivo por las regiones cerebrales (RCBF). Algunos de estos procedimientos permiten averiguar en qué zonas del cerebro afluye la sangre mientras realizamos ciertas operaciones mentales, proporcionando pistas sobre su localización.

De toda manera, con ser importante la topografía, ésta no proporciona conocimiento sobre los mecanismos subyacentes ni permite averiguar ni comprender qué ocurre en el cerebro, sino sólo dónde ocurre. Saber que lo que mueve un coche está situado en la parte delantera de él no nos suministra toda la información fundamental sobre el mecanismo del motor de combustión interna.

El texto se corresponde a extractos del libro: "La Naturaleza Humana" de Jesús Mosterín . Ed. Espasa Calpe. 2006

a) ¿Qué diferencia existe entre los métodos de investigación en neurología más antiguos y los más modernos?

b) ¿Qué se podría topografiar en un cerebro vivo que no se podría hacer en uno muerto?

8. EL CEREBRO EMOCIONAL

¿Qué son las emociones? En 1884, el psicólogo Williams James se planteó esta pregunta en un celebrado ensayo en el que introdujo la definición: "las emociones son el resultado de la percepción del cambios en nuestro cuerpo".

***A.32**. Identifica y enumera las emociones por las que pasa el protagonista del siguiente relato*

Son las siete de la tarde y caminas por una calle escribiendo de manera distraída un SMS a un amigo. De repente, te percatas de que estás saltando hacia atrás en medio del calle mientras escuchas un fuerte ruido de un claxon y el chirriar de un frenazo. Ves el móvil volar por los aires y sientes un miedo intenso. Te has quedado sentado en el borde de la acera y sientes alegría al intuir rápidamente que no te has hecho mucho daño y que el coche que venía por la calle se ha quedado sólo a unos centímetros de atropellarte. ¡Qué suerte que has tenido! Pero la alegría te dura un instante, ya que acto seguido te percatas de que has caído sobre la caca de un perro, y te levantas asqueado. Pero el asco también te dura poco porque no puedes evitar un ataque de ira contra ti mismo por haber estado tan descuidado mientras caminabas por la calle, con el peligro que eso lleva. Acto seguido, te pasa la ira al ver, con sorpresa, que el móvil ha quedado aplastado por las ruedas del coche, lo cual te despierta un sentimiento de tristeza porque lo habías acabado de estrenar, después de haber ahorrado durante mucho de tiempo para comprarlo.

Un aspecto fundamental en el estudio de las emociones ha sido la polémica de la inclusión, o no, de los estados relacionados. Nos referimos a lo que de manera común se denomina sentimientos, que incluye estados como el amor, la culpa o la vergüenza. La mayor parte no incluye los sentimientos en la lista de las emociones porque consideran que no cumplen con las características de emoción como:

> Son mecanismos dedicados a dar respuestas urgentes en el organismo (evitar un peligro, comunicar nuestra alegría, apartarnos de una comida en mal estado). De hecho, el término **emoción** viene del latín *movere*, que significa mover.
>
> Son mecanismos transitorios que aportan un valor/interpretación a la situación experimentada, de tal manera que condiciona la actitud del individuo en el futuro (si nos ha sentado mal un alimento, lo evitaremos en el futuro).

8.1. Por qué y para qué tenemos emociones

Como siempre, y de acuerdo con el paradigma vigente, habrá que buscar en nuestro pasado evolutivo para encontrar la razón que explica por qué sentimos tristeza, alegría o asco. Gracias a Darwin, que propuso la Teoría de la Evolución, sabemos que las emociones, como casi todo lo que produce el cerebro, aparecieron y se heredaron de especie a especie y permitieron la supervivencia y la reproducción de aquellos individuos que las experimentaron.

¿Qué funciones cumplieron las emociones? La de sobrevivir en un mundo lleno de peligros requiere que el individuo tenga mecanismos de respuesta rápida que permitan cambiar su conducta de la manera más eficiente posible.

¿Por qué tuvieron valor adaptativo? El miedo tendría la función biológica de proteger de un peligro, la ira la de eliminar un competidor, la alegría la de repetir lo que se está viviendo, el asco la de evitar un daño, la sorpresa la de dirigir la atención y la tristeza la de hacernos valorar una pérdida.

¿Cómo adquirimos cada uno de nosotros las emociones? Durante muchos años ha sido motivo de discusión si las emociones son innatas, es decir, si nacemos con ellas, o son adquiridas durante nuestra infancia. Por lo que sabemos hasta ahora, nuestro cerebro parece desarrollarse con la predisposición a experimentar las emociones básicas: el miedo, la ira, la sorpresa, el asco, la tristeza y la alegría. Estas emociones se han identificado en casi todos los animales, se han descrito en todas las culturas humanas, aparecen muy pronto en el desarrollo de las criaturas y están asociadas cada una de ellas a unas respuestas fisiológicas particulares. Es más, parece que estas emociones se disparan automáticamente frente a determinados estímulos, como un sonido intenso, sin que el bebé o el niño aprenda esta respuesta. Sin embargo, la gran mayoría de situaciones en las que sentiremos una u otra emoción dependerá mucho de lo que la criatura observe a sus alrededores y de las consecuencias de muchas de sus vivencias personales: ¡No nacemos con la predisposición innata de alegrarnos cuando aprobamos un examen!

8.2. Circuitos cerebrales dedicados a las emociones

Como hemos comentado antes, las nuevas técnicas utilizadas en neurología identifican áreas que están activas en un momento concreto. Como no utilizan radiaciones, ni se ha de inyectar ninguna sustancia, supone un avance inocuo y preciso para estudiar el cerebro en vivo. Estos avances han permitido localizar las zonas que se ponen en funcionamiento cuando sentimos estas emociones.

EMOCIÓN	ZONA DEL CEREBRO	ESTRUCTURA
Miedo	Amígdala	Estructura en forma redonda situada en la parte interna del lóbulo temporal
Asco	Ínsula o corteza insular	En el fondo de la cisura de Silvión en el córtex
Ira	Corteza orbitofrontal (COF)	Situada en la zona del córtex, justo encima de los ojos
Satisfacción	Ganglios basales	Núcleos de sustancia gris situados en la profundidad del cerebro
Tristeza	Corteza cingulada	Parte inferior de los hemisferios

***A.33**. Lee el siguiente texto y haz una valoración sobre el interés que tienen para la ciencia casos como el que se cuenta.*

***La sorprendente historia de Phineas Gage**.*

Phineas P. Gage nació en 1832. Trabajaba como dinamitero en la construcción de líneas de ferrocarril, y era un hombre querido y respetado por sus familiares y amigos. Sus jefes estaban muy orgullosos de él, pues era un trabajador implicado y responsable. El 13 de septiembre de 1848, mientras utilizaba una barra de acero para poder introducir la dinamita en un agujero, la carga le explotó y la vara salió disparada entrando por la mejilla y saliéndole por la parte superior del cráneo. Asombrosamente, Phineas no murió, ni tan solo llegó a perder la conciencia aunque la mayor parte del lóbulo frontal izquierdo estaba completamente destrozado. A los pocos meses del accidente, volvió al trabajo pero a los pocos días fue despedido. Sus jefes decían que se había vuelto irreverente y grosero. No mostraba ningún tipo de respeto por los demás. Ahora era una persona desinhibida, caprichosa, impaciente e infantil, y con una nula capacidad de planificación o previsión del futuro. Sus familiares y amigos también notaron un espectacular cambio, llegando a afirmar que esta persona no era Phineas. Después de la lesión en el frontal, Phineas no volvió a ser el mismo. La persona en la que se había convertido murió el 21 de mayo de 1860. Siete años después su cuerpo fue exhumado y actualmente su cráneo y la vara que lo atravesó se encuentran en el Warren Museum of Medical School of Harvard University.

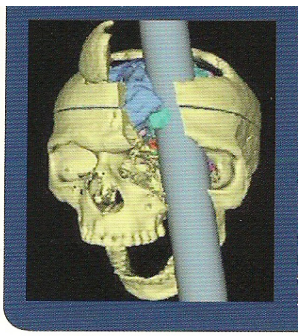


Diagrama de la lesión cerebral de Phineas Gage.

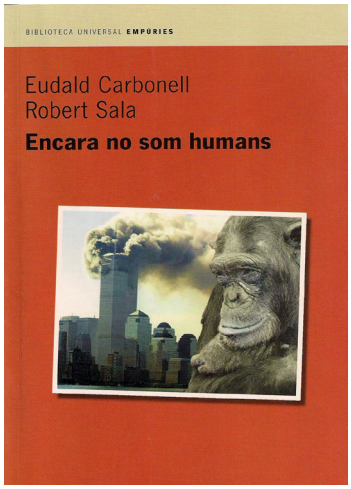
8.3. Emoción y cognición

Aunque hemos intentado relacionar cada una de las emociones básicas con una estructura cerebral concreta, algunas de estas regiones se encargan del procesamiento emocional y otras están especializadas en el procesamiento cognitivo, como por ejemplo determinadas áreas de la corteza frontal. Los aspectos cognitivos permiten modular la intensidad y expresión de las emociones. Nuestros conocimientos sobre el mundo nos aportan información sobre si es indicado o no reírse, o llorar, etc., en determinadas situaciones.

El intercambio de información entre aspectos emocionales y cognitivos también puede producirse en el sentido inverso. Es decir, las emociones también modulan nuestras facultades cognitivas. Por ejemplo, aquel día de nervios ante un examen en el que uno se quedó en blanco, a pesar de haber estudiado y saber perfectamente el temario. En este caso, las emociones influyeron negativamente y bloquearon las regiones encargadas de la cognición.

Gracias a esta interconexión de los procesos cognitivos y emocionales, podemos aplicar terapias psicológicas, como la terapia **cognitivo-conductual**, que pueden ser beneficiosas para corregir atribuciones erróneas, como por ejemplo el trastorno depresivo. Algunas depresiones son producidas por un mal funcionamiento de la corteza cingulada y estas terapias ayudan a las personas a hacer un correcto análisis sobre el porqué de su tristeza y les ofrecen estrategias para superarla.

Cuándo decidimos ser humanos



El año 1945 se producía un acontecimiento de gran trascendencia en la evolución técnica de la humanidad. En Los Àlamos (Nuevo México) el proyecto Manhattan había conseguido resultados y, bajo la dirección del físico Robert Oppennheimer, de la Universidad de Berkeley, se construía la primera bomba atómica. Una primera prueba exitosa se hizo el 17 de julio en un punto remoto del desierto del Alamogordo, renombrado Trini Site. Unos cuantos días después se lanzaban dos bombas sobre las ciudades niponas de Hiroshima y Nagasaki, que sembraron la destrucción y la muerte. Japón claudicaba, el poder destructivo del nuevo ingenio había convencido a los japoneses de la superioridad del enemigo, la razón de la fuerza era evidente. El emperador Hiro Hito hablaba por radio dirigiéndose a sus conciudadanos y les comunicaba la rendición incondicional del país. Se había realizado un gesto humano en la generación de una nueva herramienta técnica que abría muchas perspectivas de aplicación en numerosos campos, entre los que estaba el médico. En cambio, el comportamiento cruel y destructivo de los políticos y los militares que tomaron la decisión de lanzar la bomba sobre la población civil fue un gesto propio de primates poco evolucionados.

Este episodio representa uno de los hitos más importantes en la historia de la humanidad; por primera vez los homínidos disponíamos de una tecnología que nos permitía destruir nuestra especie y posiblemente gran parte de la comunidad viva del planeta.

Durante los años sesenta la guerra fría marcó la historia de la humanidad a escala planetaria. Después de aquella Segunda Guerra Mundial, que afectó a todo el mundo y que acabó con la hecatombe japonesa, las dos potencias, la URSS y los EEUU, decidieron repartirse las áreas de influencia. En octubre de 1962, el gobierno de EEUU denunciaba la instalación de misiles con cabezas nucleares tierra-tierra en Cuba. Obviamente los misiles apuntaban hacia la potencia imperialista. El funcionamiento de primates poco evolucionados era puesto en la práctica por enésima vez: el control del territorio era la base de la imposición de unas leyes que los humanos heredamos de épocas previas a nuestra aparición evolutiva.

La instalación en Cuba de las cabezas nucleares que apuntaban a EEUU, después de que los americanos hubiesen hecho lo mismo con la URSS en la Alemania Federal, estuvo a punto de desencadenar un conflicto de alcance totalmente desconocido hasta entonces, ya que nunca ningún organismo vivo del planeta había acumulado un poder destructivo semejante. Su mal uso habría podido comportar consecuencias dramáticas.

Por primera vez en la historia, dos personas, apretando un botón, podían acabar con millones de años de evolución biológica y cultural. En efecto, Jruschov, presidente del Soviet Supremo, y J.F. Kennedy, presidente de los Estados Unidos de América, disponían de capacidad operativa para lanzar ataques devastadores en todos los continentes; trillones de toneladas de fuerza destructiva estaban preparadas para ser utilizadas en cualquier momento. La protección de los territorios tal como la practican los primates estaba preparada, y la respuesta etológica de este cariz habría podido ser definitiva.

Finalmente, pese a las tensiones, no se fue más allá, y, en parte del recuerdo histórico, nos queda una sátira desgarradora y excelente en la película de Kubrick: "Teléfono rojo, volamos hacia Moscú". Parece que los que debían apretar el botón fueran conscientes de que, si lo hacían, la destrucción del planeta era cosa de días. No queremos creer que esta fuera la única causa por la que no se lanzaron las bombas. Pensamos que aquélla fue la primera vez que para los homínidos estuvo totalmente a nuestras manos, prescindiendo de cualquier dios o forma sobrenatural protectora. La conciencia de que los humanos, por primera vez en la evolución, podíamos interrumpir nuestro propio proyecto, de muy seguro que marcó la decisión de no ir más allá. Ahora, cuando han pasado cuarenta años, ya somos capaces de entender qué sucedió. Es muy cierto que si hubiésemos utilizado la técnica con el objetivo de controlar el poder, habríamos actuado de la misma manera que actúan los primates, y todos los animales. En estos momentos ya no existiríamos. Utilizar la técnica como animales es lo que hemos hecho en el decurso de toda la historia, cuando los instrumentos han sido la base de la aniquilación de poblaciones enteras, primero homínidas y después humanas. Eso nos permite plantear un hecho fundamental que mucha gente no tiene bastante claro. La mayoría de humanos piensa que la guerra es un fenómeno puramente humano, y olvida que esta forma dantesca de actuar tiene las raíces en un comportamiento básicamente animal. El estudio de la etología nos permite saber que los primates no son seres ajenos a las guerras y que en algunas ocasiones, cuando hay una confrontación, pueden llegar hasta el exterminio de la banda contraria. Así lo documenta Jane Goodall en su libro "Through a window", donde relata una guerra hasta el exterminio entre dos poblaciones de chimpancés originalmente emparentadas. Por tanto, una vez aclarado que las guerras no son una estrategia únicamente humana, podemos volver al análisis de la crisis de los misiles.

Se ha hecho célebre la reflexión de Einstein en el sentido de que, si alguna vez se hacía una guerra utilizando los sofisticados medios que permite la fisión nuclear, el siguiente enfrentamiento se habría de hacer a pedradas. Con eso, el científico nos quería explicar que si no se controlaba el potencial atómico, la destrucción del planeta sería irreversible, todos los avances que se habían producido hasta entonces quedarían reducidos a ceniza y tardaríamos mucho de tiempo en recuperarnos de la devastación.

Posiblemente durante aquellos días de 1962, los dos jefes de estado de las grandes potencias debieron pasar por numerosos océanos de incertidumbre. La conexión a través del teléfono rojo había evitado el descenso al infierno. Fue, pues, en el siglo XX, después de dos millones y medio de años de evolución, cuando los humanos pudimos decidir si queríamos continuar adquiriendo propiedades que nos humanizasen o definitivamente queríamos acabar con nuestra singularidad.

Probablemente, la decisión del año 1962 es la prueba y el principio de esperanza que demuestra que nos estamos humanizando, ya que si sólo fuésemos animales primates por humanizar, si estuviéramos aún inmersos en un proceso primitivo de adquisición de conciencia, es muy seguro que habríamos utilizado todo nuestro potencial contra nosotros mismos.

Cuando los dos gobernantes decidieron no apretar el botón nuclear, expresaron un hecho evolutivo trascendental: la humanización estaba ganando la carrera a la hominización. Por primera vez, como hemos dicho, la dependencia de una tutela sobrenatural se guardaba en los desvanes de la historia y, en la Tierra, un grupo de primates en fase de humanización ponía la primera piedra de la nueva racionalidad social.

Ahora, desde la perspectiva que nos da la historia y a las puertas del trabajo sobre el genoma humano, estamos a punto de atravesar la línea de las construcciones éticas elaboradas cuando aún nuestro comportamiento no podía modificar lo que es esencial. Ahora nos miramos en el espejo de la evolución y de nuestras capacidades; no hay vuelta atrás: nos humanizamos y, por tanto, el conocimiento de nuestros genes debe ser utilizado para nuestro beneficio; si no, será el final.

El uso humano de la ciencia y de la técnica, sin embargo, no pasa por la decisión de dos gobernantes. En el caso del genoma, el mismo gesto de Kennedy y Jruschov se pudo advertir en la conferencia de prensa de Clinton y Blair en la que se presentaron los avances en la búsqueda científica y se aseguró el uso social del conocimiento. No hay suficiente con eso. No podemos cambiar la tutela divina por los gobernantes. Debemos ir más allá y comienzar una tarea de verdadera socialización desde todos los puntos de la investigación y de las decisiones a tomar relacionadas con ésta.

En este campo aún nos encontramos en el punto de la prehumanización. No sólo por la falta de verdadera socialización, sino por el cierre absoluto de algunos gobiernos y sociedades a debatir y aceptar la búsqueda de aplicaciones de la ingeniería genética. Con las prohibiciones europeas de utilizar material humano en su búsqueda se favorece que esta investigación se haga fuera, en paraísos científicos en que la legislación lo permite. De esta manera el único que se consigue es que las empresas y los capitales se instalen lejos de nosotros. Y en el futuro les compraremos los productos; eso sí, una vez se haya demostrado con hechos que la nueva tecnología no es necesariamente contraproducente y peligrosa. Entonces pagaremos, monetariamente, la incapacidad de socialización, presentación y discusión y convencimiento ciudadanos con respecto a la investigación. La de Europa es una política conservadora y pusilánime que nos somete al dictado de otros.

Hay países, como los Estados Unidos de América, donde se llega a un nivel tan alto de hipocresía que se prohíbe hacer esta búsqueda con fondo públicos, pero en cambio, se permite hacerla siempre que sea con financiación privada. De hecho, detrás de esta política hay una voluntad de no herir los intereses empresariales. Y, quién sabe, si en las decisiones tomadas en Europa, también se esconden estos intereses. Todo señala a que la humanización es débil, que aún se encuentra en el abecé y que no va más allá de algunos gestos que no conducen hacia una socialización real. A pesar de eso, nosotros estamos convencidos que, a la larga, haremos un uso humano de nuestras capacidades y que en el futuro se desarrollará la socialización necesaria de todas estas técnicas vitales.

Nota: *Este texto es el primer capítulo del Libro "Encara no som humans" de los autores Eudald Carbonell y Robert Sala, editado por Enmpúries (2002). Eudald Carbonell (Ribes de Freser, 1953) y Robert Sala (Salt, 1963) son, respectivamente, catedrático y profesor de prehistoria de la Universitat Rovira i Virgili y han trabajado juntos desde el año 1982. Han centrado su búsqueda en los primeros estadios de la ocupación humana en Europa, sobre todo en el complejo de yacimientos de Atapuerca.*

A.34. *Lee el texto y contesta estas cuestiones:*

a) Los autores del texto, a través de un ejemplo como el de la bomba atómica, explican el peligro que puede tener la utilización de los avances tecnológicos. Explica tu grado de acuerdo con esta opinión.

b) ¿Por qué establecen relaciones entre nuestro comportamiento y el de los primates? ¿A qué conclusiones llegan?

c) Los autores diferencian entre hominización y humanización, explica cuál es, según ellos, la/s diferencia/s entre estos conceptos.

d) Según los autores, ¿qué nos conducirá hacia la humanización?

e) Manifiesta tu opinión sobre la tesis mantenida en el texto.

Ginés Morata. Especialista en genética del desarrollo, en el laboratorio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en Madrid.

GINÉS MORATA (1945) es un hombre ligeramente ocupado y, contradiciendo a Watson, sigue lleno de buenas ideas. Es profesor de investigación del Centro de Biología Molecular -que dirigió en el pasado- y uno de los grandes especialistas en la genética del desarrollo, en la que lleva trabajando más de treinta años. Publica poco y muy selecto, y tiene (y tendrá) grandes premios. Ahora estudia la base genética del control del tamaño de los órganos y la proliferación celular, así como el papel de la mortalidad celular programada en el desarrollo de los organismos. La simple descripción ya es esperanzadora. Sus observaciones y experimentos suele realizarlos sobre moscas. Nada especial: atajos hacia el ser humano. Fuera del laboratorio prefiere las montañas. Es lo que más se parece a la Ciencia. Una vez, en una entrevista a Diario Médico, dijo algo muy interesante respecto a ellas: "Cuando uno está escalando una pared y le duelen los dedos piensa por qué está pasando por eso". Eso, por qué.

Pregunta. ¿Cree que el diseño del hombre le permitirá comprender las leyes del universo?

Pregunta. ¿Cree que el diseño del hombre le permitirá comprender las leyes del universo?

Respuesta. El hombre es la única especie de todas las que existen, de los cincuenta millones de especies que existen...

P. ¿Tantas?

R. Sí, los especialistas en biodiversidad hablan de hasta cincuenta millones... Pues bien, entre todas ellas el hombre es la única que se interroga sobre sí misma, sobre el lugar donde vive, sobre su origen y su futuro. En el desarrollo de la especie humana hay una clave: hace cincuenta mil o cien mil años el hombre logró tiempo para pensar. No es lo común entre las especies. Las especies dedican todo su tiempo a sobrevivir y propagarse. Watson, el co-descubridor de la estructura del ADN, decía que para hacer observaciones significativas uno tenía que estar algo subempleado. Es decir, que el pensamiento creativo requiere liberarse de las ataduras de las necesidades inmediatas. Esto fue, seguramente, lo que le sucedió a nuestra especie, o al menos a algunos individuos singulares. El tiempo libre representó el comienzo de la cultura.

P. El tener tiempo libre y cerebro para poder tomárselo.

R. Claro, claro. La capacidad humana para controlar el medio vino determinada por tener un cerebro especial que, si bien se originó como el de todos los animales, acabó desarrollando unas propiedades especiales. El hombre en su origen es igual que el resto de las especies. Pero ha desarrollado una capacidad intelectual singular.

P. No sabemos por qué.

R. Pues no, realmente no lo sabemos. En el aspecto intelectual somos cualitativamente muy diferentes de otras especies, a pesar de que en algunas especies se pueden reconocer características de la especie humana como la solidaridad, o la capacidad de aprendizaje, perceptibles en determinados monos. Cómo han surgido estas propiedades de nuestro cerebro, pues francamente no se sabe. El cerebro es el gran enigma de la biología. Ahora empezamos a saber cómo se conectan unas neuronas con otras o muchos otros aspectos de la anatomía y de los diversos compartimentos funcionales del cerebro. Pero cuál es el diseño molecular de las altas funciones del cerebro humano: la creatividad, la compasión, la solidaridad, la capacidad de percibir una obra de arte, cómo se implementan químicamente estas funciones en las células... Queda mucho por saber. El problema fundamental de los estudios del cerebro es que aún no se han desarrollado los conceptos adecuados para hacer las preguntas significativas. Esta es mi opinión. Yo he sido muy aficionado a la ciencia-ficción. Recuerdo un libro en que dos exploradores del confín celeste se encontraban con las huellas de una civilización desaparecida que había logrado descifrar todas las claves del Universo y había almacenado toda la información en un enorme ordenador. Ante las preguntas de los exploradores sobre el origen y evolución del Universo, sistemáticamente el ordenador contestaba que, en los términos planteados, la pregunta no era adecuada.

P. Es un problema filosófico algo antiguo, desde luego.

R. Claro, claro. Cuando uno da con la pregunta adecuada ya tiene parte de la respuesta. Ahora bien, volviendo a la pregunta que usted me hacía, si el hombre está preparado para comprender el Universo...

P. Sí, en el mismo sentido en que el gusano no está preparado para tener conciencia de sí.

R. Como es natural, yo no lo sé. Algunas de las leyes del Universo se conocen. Yo no sé si algún día el hombre podrá determinar que el Universo es finito o infinito, si hubo un comienzo, si habrá un final. No sabría dar una respuesta bien fundamentada a eso. Ahora yo le puedo decir que la biología es diferente. La biología es una ciencia local del planeta Tierra. Aquí hace unos 2.000 millones de años apareció un sistema de moléculas autorreplicantes que es lo que ha dado origen a todos nosotros. Seguramente si este tipo de fenómeno apareciera en otro sitio del Universo sus propiedades moleculares serían muy diferentes de las de la vida terrestre; no estaría basado en la química del carbono, ni en el ADN, etcétera. Serían unos seres vivos radicalmente diferentes.

P. Quiere usted decir que podemos pensar en entes que respirasen... metano.

R. ¡O que no respirasen! A lo mejor ni siquiera sería posible comunicarse con ellos. Una vez que uno sale del sistema molecular de nuestro planeta, de lo que nosotros entendemos por vida, todo es posible. En fin, mirado desde este punto de vista, la biología es una ciencia más discreta. Y yo creo que en un par o tres de siglos comprenderemos

todos los mecanismos biológicos. O así, al menos, me gusta pensarlo. Yo dudo, sin embargo, que esto suceda con la física.

P. Dice usted que en poco tiempo comprendemos la totalidad biológica del hombre. Naturalmente, las implicaciones aturden.

R. Desde luego. Lo fundamental es que para el hombre la evolución ha dejado de existir. La evolución nos ha creado, pero ya ha dejado de existir. Nosotros dominamos el medio ambiente. Nos afecta cada vez menos. Y no sólo eso: con las nuevas tecnologías genéticas el hombre podrá modificarse a sí mismo. Lo que el hombre vaya a ser en el futuro va a depender de la tecnología que se aplique sobre sí mismo.

P. Le escucho y dudo que sea posible que usted haya podido decir esta frase.

R. ¿Por qué?

P. Simplemente que un hombre haya podido pronunciar esta frase.

R. Ya le entiendo, en efecto. Puede parecer inconcebible. Pero es cierto. El futuro biológico de la especie humana será un asunto social. El hombre podrá decidir ser más alto, más bajo, más inteligente, más... Entiendo las implicaciones éticas de este asunto y no digo que sea conveniente o deseable, pero será posible.

P. ¿Y morir?

R. Eh... Quizá. Hace poco se ha descubierto que el envejecimiento está genéticamente controlado. Y quizá la muerte esté genéticamente controlada. Y algo que está genéticamente controlado es o será manipulable. He hablado de este asunto alguna vez en público. El programa genético de envejecimiento es muy variable según las especies. Hay tortugas que viven cientos de años y árboles que viven miles de años. Pero si partimos de la base de que los genes del envejecimiento pueden manipularse, pues en teoría, por qué no: podemos aspirar a la inmortalidad. Se trataría de manipular en nuestro beneficio los genes que controlan el envejecimiento. De hecho hay cierta parte de nosotros que ya es inmortal y se perpetúa en nuestros hijos. Y hay células cancerosas, transformadas, que parecen ser inmortales. Todas estas posibilidades están lejanas y tienen un fondo de especulación. Pero no es una especulación...

P. ¿Infundada?

R. No, no lo es.

P. Eso supone una violación del paradigma fundamental de la Humanidad.

R. Sí, lo sé. Todo cambiaría si algún día percibimos que podemos vencer a la muerte. ¿Qué son las religiones sino un subterfugio inventado por los hombres para no morir? Este tipo de cosas no se discuten sólo en reuniones de amigos o reuniones de científicos dedicados a la especulación. Este tipo de cosas se discuten ya en revistas científicas. Hay muchas publicaciones científicas recientes. Ya se puede hacer que los gusanos vivan entre seis u ocho veces más. Y eso modificando unos genes que también tenemos nosotros.

P. El problema fundamental no es el alargamiento de la vida, sin embargo. El problema fundamental es pensar en un mundo donde la vida se ha separado de la muerte.

R. Obligatoriamente aún nos movemos en un terreno especulativo. Lo que yo quiero enfatizar es que hay organismos, como las bacterias o los pólipos marinos, que no poseen un programa de envejecimiento. Dan lugar a otros, mediante un proceso de división o gemación, y se les puede matar, pero ellos no tienen un programa genético que les conduce a la muerte. Así pues, la muerte no es biológicamente inevitable. En especies como la humana podremos manipular los genes del envejecimiento; uno podría llegar a su máximo nivel físico, intelectual y detener su envejecimiento. Es concebible, sí. Ya es concebible

P. Y acumular memoria

R. Sí, porque, mire... Se da la circunstancia de que las células que acumulan la memoria no se dividen. Son eternas en la medida en que uno viva. Quiero decir que no se reemplazan. Es muy difícil sustituir una célula que debe enlazarse con tantas otras.

P. Usted trabaja básicamente con moscas.

R. Sí, así es. Nosotros podemos hacer cualquier cosa con las moscas. Podemos hacer moscas de cualquier tipo.

P. De cualquier tipo quiere decir hasta homosexuales...

R. Eh... Podemos hacer...

P. Lo leí hace poco.

R. Sí, a veces a los medios de comunicación les gusta hablar exageradamente de estas cosas. Digamos que se pueden hacer moscas especialmente promiscuas. Y también que no tengan deseo sexual alguno.

P. La base biológica del deseo... en moscas.

R. Esto del deseo sexual en términos biológicos es algo muy simple y absolutamente esencial. Tenga en cuenta que si no hubiera deseo sexual no habría reproducción y la mayoría de las especies desaparecerían. Es verdad que, en general, los machos son bras son las que discriminan.

P. Ya.

R. Ya, ya.

P. Ya.

R. ... y persiguen a las hembras como locos. Lo que sucede es que las moscas hembras son más grandes que los machos, de modo que si un macho las molesta demasiado les dan una patada y fuera. Y sí, hay hembras más capaces de aceptar machos que otras, lo cual se puede controlar. Del mismo modo que podemos controlar si a una mosca le ponemos dos o cuatro alas, o un ojo en una pata, etcétera. Lo que aún no podemos es crear moscas más inteligentes que otras, aunque sí hay moscas mutantes especialmente torpes, tal vez porque la inteligencia no es un valor tan objetivable como una pata. Además, nosotros somos capaces de alterar fácilmente aquellos genes responsables de fenómenos biológicos que conocemos. Yo sé cuál es el gen responsable del ojo y puedo ponerlo en una pata. Respecto a la promiscuidad, pues algo parecido: se trata de si podemos identificar o no la presencia de tal o cual péptido sexual. Y eso mismo, en primera instancia, es probable que sea lo que pase en la especie humana.

P. Su especulación sobre la inmortalidad futura del hombre es realmente desmoralizadora para los mortales de este lado del paraíso. Usted y yo, por ejemplo. Nunca la injusticia cósmica tuvo una cara tan implacable.

R. Sin duda. Pero el mundo del hombre está basado en esa injusticia. Mire atrás.

P. De acuerdo, pero la Humanidad ha compartido la muerte.

R. Es cierto. El cambio de paradigma del que hablábamos. Yo creo que no podemos imaginar la transformación que sufrirá el hombre. Tenga en cuenta que la vida media de una especie es de seis o siete millones de años. Y nosotros como especie hemos vivido 100.000 o 200.000. No se puede imaginar lo que será la especie humana, ni dentro de 200 años. Si no destruimos el planeta antes, las nuevas tecnologías biológicas nos darán unas capacidades que no se pueden realmente concebir. Y yo creo que para bien. O sea que el futuro va a ser profundamente injusto con nosotros y con todos los que nos han precedido. Este problema que usted plantea sólo tiene una solución, pero es religiosa.

P. La conciencia de sí mismo le ha salido cara al hombre.

R. Es que... mire, yo creo, y es algo muy personal, que somos una cosa única en el Universo. Seguramente aquí apareció este extraño fenómeno, la vida... en este planeta. Y seguramente no existirá nunca más. La vida es una única cosa en este Universo. El Universo es una cosa fría, inescrutable. Nada sabemos de su origen. Y en este ambiente surgió una especie que empezó a reflexionar sobre sí misma, sobre su entorno... Y estamos completamente sobrepasados, claro.

P. Sobre todo, ahora. Desde la ciencia, sobrepasados.

R. Claro, claro. Mientras la hegemonía era religiosa sólo cabía esperar. Yo creo que el hombre plantea al Universo problemas que el Universo no esperaba. Entiéndame. El hombre es un suceso mínimo y azaroso en la inmensidad inabarcable del Universo. Dentro de millones de años el sistema solar desparecerá, y si el hombre no ha encontrado una manera de salir de aquí la vida desaparecerá con él. Y el Universo seguirá su curso, como siempre.

P. Resulta difícil imaginar la desaparición de la vida. Uno siempre ve la semilla planeando después del choque cósmico.

R. Pues no lo sé. Eso entra ya en el terreno de las creencias personales. Yo lo que digo es que la vida es un fenómeno raro e imprevisto, que muy probablemente jamás tengamos un contacto con otro ser vivo fuera de nuestro planeta y que si la vida se extingue puede perfectamente no volver a reaparecer.

P. Todavía no sabemos cuál es la importancia real de los genes en la conducta.

R. Algo sí se sabe. Por ejemplo, están los estudios sobre gemelos univitelinos, que son genéticamente idénticos, separados al nacer.

P. Estudios polémicos.

R. Muy fiables si están bien hechos. Ahí se demuestra que el grado de correlación entre los aspectos genéticos de la conducta que son fácilmente medibles es muy alto. Gran parte de nuestro comportamiento está dictado por los genes.

P. Pero eso es decir poco.

R. Tan poco como decir que está dictado al 50% por los genes y al 50% por la cultura.

P. ¡Exacto! Siempre me he preguntado por la razón de ese empate, tan justo y sensato

R. Debe de parecer políticamente correcto.

P. Pero en cualquier caso, ¿qué quiere usted decir con "gran parte"?

R. En el fondo quiero decir que la mayor parte.

P. ¿Y por qué piensa usted eso?

R. Volvamos a los gemelos univitelinos separados al nacer. Se parecen mucho físicamente. Mucho. Si se parecen físicamente, ¿por qué no se van a parecer psicológicamente?

P. Hombre, siempre se ha creído que el ambiente no cambia demasiado la forma de la nariz, pero, en cuanto al carácter...

R. Pues no sé qué decirle... No lo sé. Yo sospecho que el ambiente tiene poco que decir en aspectos sustanciales de nuestra conducta. Observe las familias numerosas, por ejemplo. Cada hermano es un mundo. ¿Por qué si comparten la misma educación, el mismo ambiente...?

P. Bueno, cada uno de ellos puede tener su propio grupo de influencia. Lo explica una psicóloga norteamericana, Judith Rich Harris. La experiencia familiar puede ser idéntica. Pero la de fuera de casa, no.

R. Quizá. Puede que exista un componente cultural en el comportamiento. El problema es que es mucho menos objetivable. Ahora bien, yo dudo que lo que llamamos cultura sea lo más influyente. En fin. A los que somos progresistas y más o menos de izquierdas no nos gusta mucho eso. Pero las cosas son como son, nos gusten o no. Y resulta que, desgraciadamente, hay personas que les vienen unas características genéticas que no sólo les hacen ser más guapos o más inteligentes, sino incluso mejores personas. En fin, el problema social que adviene con todo esto es tremendo. Si uno tiene unas características genéticas que lo predisponen a la violencia, y que no ha elegido, y lo meten de pequeño en algún lugar donde se cultive el fanatismo, que tampoco ha elegido, pues ya me dirá usted qué pasa con la responsabilidad individual. Es un punto de vista extremo, porque algo de libre albedrío debe de haber...

P. ¿Y dónde está?

R. Mire, el otro día lo comentaba con mi mujer. Siempre estamos hablando de estas cosas. Le decía: mira, hay veces en que uno es consciente que debe hacer algo y, sin embargo, no tiene la fuerza interior para ponerse a hacerlo. ¡Pero esa fuerza también está condicionada por los genes! Mi genotipo no me da la suficiente presencia de ánimo, de solidaridad, o de sacrificio para hacerlo... O sea que no soy responsable. Claro, este punto de vista es inaceptable para la sociedad. Si el comportamiento viene determinado estrictamente por la secuencia de los genes, no hay libre albedrío ninguno. Éste es el asunto. Y el problema de este asunto es que hay que hablarlo en voz baja. El genetista Herbert Stern decía que no somos moralmente autónomos. Lo que pasa es

que aunque algunos miembros de la sociedad lo comprendan, una sociedad donde nadie es moralmente responsable no sobreviviría. O sea, lo que él llamó fraude piadoso: a pesar de que no es justo que a alguien se le castigue por sus actos, la supervivencia de la sociedad obliga a ello.

P. A veces la historia parece una sucesión de fraudes piadosos a la espera de que llegue la ciencia.

R. Comprenderá que de esto aún se puede hablar menos en voz alta.

***A.35**. Lee la entrevista y contesta las cuestiones:*

a) Según el entrevistado, ¿qué es lo que ha hecho que la especie humana pueda preguntarse por su origen?

b) Comenta la frase de la entrevista "para el hombre la evolución ha dejado de existir".

c) Selecciona alguna de las frases que comenta Gines Morata sobre la mortalidad/inmortalidad.

d) ¿Cuál es la relación que establece entre los genes y la conducta? Explica qué es lo que quiere decir con el concepto "fraudes piadosos" y por qué se hacen necesario.

e) Valora con un texto, como mínimo de cinco líneas, lo que se dice en la entrevista.