

BIOGÉNESIS Y ANTROPOGÉNESIS¹

1. El origen de la vida

1.1. La teoría de la generación espontánea

Durante el pensamiento precientífico, las distintas civilizaciones construyeron grandes cosmogonías para explicar el origen del universo y del ser humano. En tales relatos, Dios o los dioses creaban desde la nada (pensamientos cristiano, judío, musulmán, etc.) u ordenaban (griegos, mesopotámicos...) la materia inerte, apareciendo en ese instante el mundo. Sobre él surgiría más tarde el hombre como resultado de una acción divina. Así, el ser humano y los animales adquirirían la existencia por una creación directa o indirecta de los poderes divinos.

Ya en Grecia, Aristóteles formuló la teoría de la generación espontánea de la vida, afirmando que ésta nace de la materia en descomposición. Hasta el siglo XVII, el pensamiento occidental explicaba la aparición de la vida defendiendo una teoría donde se mezclaban elementos religiosos y datos obtenidos mediante una observación directa de los fenómenos. Así, Dios habría creado al ser humano y a los organismos superiores, mientras que los insectos y otras criaturas inferiores procedían por generación espontánea del fango o de la descomposición de la materia.

En el siglo XVII, Francesco Redi intentó probar experimentalmente esa teoría. Para ello introdujo sendos trozos de carne en dos frascos, uno de ellos tapado y el otro abierto. Al cabo de unos días, habían nacido gusanos en el frasco abierto, mientras que en el cerrado no aparecía ninguna forma de vida. Redi concluyó que los gusanos no nacían de la carne en descomposición, sino de los huevos de las moscas. Pero ante la intolerancia científica y religiosa que levantó su experimento, terminó por admitir la generación espontánea en los gusanos intestinales y en los de la madera.

Este experimento, sin embargo, estimuló la investigación científica sobre el origen de la vida. Utilizando lentes de aumento, Leeuwenhoek descubrió seres microscópicos en el agua de la lluvia. Pero sería el francés Pasteur, ya en el siglo XIX, el que demostraría experimentalmente la existencia de microorganismos en el aire, desmontando así la creencia en la generación espontánea, y concluyendo que cualquier tipo de vida procede de un organismo vivo preexistente.

Sin embargo, los experimentos de Pasteur no daban respuesta a la pregunta fundamental: ¿de dónde procedía la primera forma de vida? El recurso a Dios siguió siendo moneda frecuente entre los científicos de la época. El propio Darwin culmina *El origen de las especies* afirmando que él Creador inspiró la vida originalmente y que a partir de ahí comenzó la evolución. Sin embargo, en su correspondencia privada contempla la posibilidad de que la vida surgiera por reacción química, *en una pequeña charca caliente, en presencia de todo tipo de sales de amonio y ácido fosfórico, de luz, calor, electricidad...*

¹ GARCÍA GUTIÉRREZ, J.M., *Psicología*. Laberinto, 2003: 46-65.

1.2. Las hipótesis de la química prebiótica

A partir de 1930, Oparin y Haldane desarrollaron la hipótesis de que la vida había nacido de compuestos inorgánicos. Calcularon las condiciones de la atmósfera en los primeros tiempos del planeta Tierra, llegando a la conclusión de que apenas existiría en ella oxígeno y sí gran cantidad de hidrógeno y de otros gases como el metano y el amoníaco. Dicho compuesto estaría sometido a grandes reacciones energéticas debidas a la acción de los rayos solares. Como consecuencia de todo ello, se crearían moléculas orgánicas que caerían sobre la superficie de la tierra, acumulándose sobre los océanos y generando allí el llamado caldo nutritivo. Las moléculas comenzarían a unirse, formando compuestos que, sometidos a la selección natural, darían lugar a los primeros organismos vivos.

En 1953 Stanley L. Miller llevó a cabo su famoso experimento con el fin de comprobar la hipótesis anterior. En el laboratorio reprodujo las condiciones de la atmósfera y de los mares primitivos: en un matraz recreó el océano, calentándolo mediante vapor de agua; en otro, hizo lo propio con la atmósfera originaria, mezclando adecuadamente las proporciones de hidrógeno, metano, amoníaco y vapor que teóricamente se suponían. Sometió estos gases a una descarga continua, provocando así su interacción. Los productos resultantes se recogieron en el matraz que simulaba el océano mediante un condensador. Al cabo de una semana analizó el caldo, encontrando en él numerosos aminoácidos, es decir, los compuestos orgánicos a partir de los cuales se generan las proteínas, componentes esenciales de los organismos vivos. Desde entonces hasta nuestros días, la química prebiótica ha alcanzado un desarrollo espectacular. Aunque todavía los científicos no han conseguido resolver algunas cuestiones controvertidas, pocos dudan hoy de que el origen de la vida hay que buscarlo en las reacciones químicas de compuestos inorgánicos, provocadas por los fenómenos energéticos que afectaban a la Tierra en los tiempos prebiológicos.

En la actualidad, se manejan distintas hipótesis para explicar el hecho de la vida. Algunas derivan la vida del ARN, ácido nucleico que, junto al ADN, es el responsable de la información genética. Otras proponen que el primer ser biológico surgió de una arcilla, cuya irregular distribución atómica alcanzó tal complejidad que forzó la aparición de ARN.

La astrofísica también ha aportado datos polémicos para el debate. El descubrimiento en meteoritos de aminoácidos y otras sustancias orgánicas ha planteado la posibilidad de que los primitivos elementos de la vida llegaran a la Tierra a través de alguno de estos cuerpos. Es decir, la vida en nuestro planeta tendría un origen extraterrestre.

Apareciesen como apareciesen, esos primeros organismos debían reunir ciertas características indispensables, como, por ejemplo, poseer información genética, es decir, instrucciones para replicarse y reproducirse. A partir de ese momento, la evolución actuaría sobre la variabilidad aleatoria de los caracteres hereditarios, seleccionando nuevos rasgos que desembocaron en la creación de especies diferentes. Desde la simplicidad originaria se alcanzó, con el paso de los milenios, toda la complejidad y diversidad de las formas de vida actuales.

2. Génesis y desarrollo del evolucionismo

2.1. Los precursores de la teoría de la evolución

En el pensamiento precientífico y religioso son frecuentes ciertos mitos en los que fuerzas divinizadas actúan sobre los cuerpos vivos, transformándolos en tipos de organismos diferentes. Así, por ejemplo, el filósofo presocrático Anaximandro escribió: *Del agua cálida y de la tierra surgían ora peces o seres semejantes; en éstos crecía el hombre en forma de embrión, retenido dentro de aquéllos hasta la pubertad. Finalmente esos animales, que eran parecidos a peces, reventaban, y hombres y mujeres, capaces de nutrirse por sí mismos, salían a la vida.* Pero, en realidad, se trataba de mitos cuya finalidad era más religiosa que científica.

El pensamiento cristiano, con el dogma de la creación desde la nada, abandonó cualquier tipo de especulación sobre el origen de la vida que no viniese directamente de Dios. Hubo que esperar, pues, hasta el siglo XVIII para encontrar otros antecedentes del evolucionismo, basados ya en una mirada científica sobre la realidad.

En ese sentido, destaca la obra del botánico sueco **Linneus**, creador de una clasificación de plantas y animales, donde (aunque manteniendo la fijeza de las especies) establece una jerarquía de parentesco y diferenciación gradual entre éstas que evoca, a su pesar, un posible origen común a muchas de ellas. El propio abuelo de Darwin, Erasmus, especuló sobre la transmutación de las especies vivientes, aunque sin concretar ninguna teoría evolutiva.

Sería **Lamarck**, a principios del siglo XIX, el primero en plantear abiertamente la evolución, aunque desde una perspectiva equivocada. Partió de la hipótesis de que los seres vivos evolucionan siguiendo un proceso gradual ascendente en cuya cúspide se halla el ser humano; es decir, los organismos evolucionan de manera continuada a lo largo del tiempo desde formas simples a otras más complejas.

La causa de la evolución radica en el esfuerzo de las especies por adaptarse al medio en que viven. Como fruto de esa **adaptación**, desarrollan progresivamente aquellos órganos que más utilizan por motivos de necesidad, atrofiándose en cambio los que no se necesitan. Según él, las características adquiridas por el uso y desuso de los órganos se transmiten hereditariamente a la descendencia. En suma, la teoría evolutiva de Lamarck se fundamenta en tres asertos: adaptación al medio, la función crea el órgano y la herencia de caracteres adquiridos. Estas dos últimas afirmaciones han sido rebatidas radicalmente por los descubrimientos genéticos del siglo XX.

2.2. Las teorías darwinistas

En diciembre de 1831, el recién graduado Charles Darwin embarcó en el *Beagle* con el fin de realizar un viaje alrededor del mundo. Su misión a bordo consistía en reunir plantas y animales exóticos que, posteriormente, debían ser estudiados por zoólogos y naturalistas británicos. El viaje duró hasta 1835, y en él Darwin encontró evidencias sobre la variabilidad de las especies. Los dos hallazgos que mayormente influyeron en el joven médico fueron el descubrimiento en Argentina de fósiles de mamíferos extintos y la catalogación de catorce especies de pinzones en las Islas Galápagos, todas ellas distintas a las del continente americano.

A su vuelta a Inglaterra, reflexiona largamente sobre esos hallazgos, buscando una explicación científica de los mismos. En 1858, junto con A. R. Wallace, publica un artículo que apenas obtendría resonancia pública donde anticipaba ciertas ideas evolutivas. Al año siguiente edita *El origen de las especies*, libro donde expone los grandes principios de la evolución. Su publicación desató una gran polémica, en la que no faltaron elementos de intolerancia racista y religiosa. Polémica que se recrudecería años más tarde cuando apareció su libro *El origen del hombre*. Sin embargo, las evidencias recogidas por Darwin eran tales que, poco a poco, la teoría de la evolución fue ganando adeptos y acumulando un mayor número de pruebas hasta que, finalmente, se produjo su aceptación definitiva por el mundo científico.

El punto central sobre el que gira la teoría darwinista es el de **selección natural**. En síntesis, ésta quiere decir que aquellos organismos que posean variaciones más favorables para su adaptación al medio ambiente tendrán mayores ventajas para sobrevivir que aquellos otros que carezcan de ellas. De esa manera se incrementarán gradualmente las variaciones favorables, desapareciendo las no ventajosas.

Mediante ése y otros mecanismos, las especies varían progresivamente a lo largo del tiempo, hasta que, por un conjunto de causas diversas, se producen alteraciones que desembocan en la aparición de una nueva especie. La conclusión lógica de la teoría es que todos los seres orgánicos provienen de un tronco común que se ha diversificado evolutivamente a lo largo de los milenios.

Sin embargo, una cuestión que no supo explicar satisfactoriamente el darwinismo fue la de cómo se transmitían los caracteres adquiridos para que las variaciones favorables perdurasen generación tras generación. En 1866 el monje agustino **G. Mendel** publica los resultados de sus experimentos con guisantes. En ese artículo, Mendel explica los principios básicos de las leyes de la herencia. Desgraciadamente, la repercusión del artículo fue nula para los darwinistas, permaneciendo en el olvido hasta que, en 1900, Hugo de Vries lo redescubre.

Sería precisamente este último el principal valedor del **mutacionismo**, una teoría que intentaba rebatir la selección natural como principal mecanismo de la evolución. Según él, existen dos clases de variaciones: una, las modificaciones ordinarias (en el color del cabello o en la altura de una población), que no pueden dar lugar a nuevas especies; y otra, las mutaciones genéticas, que se transmiten por herencia de unas generaciones a otras y que originan profundas transformaciones en los individuos, dando lugar a especies originales. Las mutaciones, y no la selección natural, serían, pues, las causantes de la evolución.

2.3. La teoría sintética

La polémica entre los mutacionistas y el darwinismo clásico fue agria y ocupó las primeras décadas del siglo XX. A ella se añadieron los biometristas (K. Pearson), quienes defendían un criterio cuantitativo para explicar la evolución; es decir, ésta se manifestaba gradualmente por acumulación de pequeñas variaciones y no por mutaciones cualitativas.

La controversia se resolvió parcialmente con el avance y profundización de los estudios genéticos. Estos últimos permitieron integrar las posturas enfrentadas mediante la constatación empírica de que las mutaciones y la selección natural son complementarias entre sí, ya que ambas resultan indispensables para la evolución de los organismos. A esta corriente se la conoce con el nombre de **teoría sintética** o neodarwinismo. Entre sus primeros defensores destacan J. Huxley y T. Dobzhansky.

Con el descubrimiento de la estructura del ADN por J. Watson y F. Crick, surgió una nueva disciplina científica: la Biología molecular. Su espectacular desarrollo propició una avalancha abrumadora de pruebas a favor de la teoría sintética; pruebas que no han hecho sino confirmar los principios básicos del evolucionismo, aunque todavía perduran entre los científicos pequeñas diferencias de matices a la hora de explicar la importancia de los distintos mecanismos que impulsan la evolución de las especies.

3. Fundamentos de la evolución

A pesar de la complejidad y variabilidad de los organismos vivos, la teoría de la evolución se fundamenta en unos pocos principios de gran simplicidad. He aquí los que habitualmente se consideran más esenciales:

3.1. Lucha por la existencia

Darwin tomó este concepto del libro de Malthus Ensayo sobre el principio de la población. Este autor califica como ley *natural la tendencia constante de todos los seres vivos a multiplicarse más rápidamente de lo que permite la cantidad de alimento de que disponen.*

Como consecuencia de ello, los individuos de una especie luchan entre sí por la obtención de recursos limitados: alimento, pareja sexual, espacio o territorio... Los más fuertes y adaptados sobreviven, transmitiendo sus características hereditarias a la descendencia, mientras que los poco aptos desaparecen en un periodo de tiempo más o menos largo. La lucha por la existencia también se da contra individuos de otras especies (entre depredadores de distintas especies que cazan tipos de piezas semejantes) y contra el entorno ecológico.

3.2. Adaptación al medio

Expresión utilizada ya por Lamarck, aunque con una interpretación diferente a la actual. Todas las especies se esfuerzan por adaptarse al medio ambiente en el que viven, ya que ello incrementa sus posibilidades de sobrevivir y reproducirse. Aquéllas que consiguen una mejor adaptación aumentan sus probabilidades de perpetuarse con éxito, mientras que aquellas otras que no consiguen adaptarse disminuyen sus posibilidades de supervivencia y, por lo tanto, de reproducción.

En ocasiones, **la alteración radical del medio** (cambios climáticos bruscos, catástrofes naturales, etc.) provoca la desaparición de un gran número de especies que no pudieron adaptarse a las nuevas condiciones. Así se explicaría, entre otras, la extinción de los dinosaurios, al parecer como consecuencia del impacto de un asteroide sobre la Tierra.

Fenómenos como el **mimetismo**, muy frecuente en numerosas especies, también se enmarcarían dentro de la adaptación al medio, ya que aumentan las posibilidades de supervivencia de los individuos que lo desarrollan.

3.3. Mutaciones genéticas

Se habla de mutación cuando se producen nuevas variantes hereditarias. El proceso tiene lugar en la replicación del ADN durante la transmisión hereditaria, al surgir alteraciones que convierten a las células hijas en diferentes de las parentales. En general, se habla de dos tipos de mutaciones: las **génicas**, que alteran uno o muy pocos nucleótidos de un gen, y las **cromosómicas**, que afectan al número o a la configuración de los cromosomas.

Según sea su frecuencia, se dividen en **recurrentes** (cuando las mutaciones aparecen con una frecuencia determinada) y en **no recurrentes** (si su aparición es excepcional). Estas últimas, al contrario que las primeras, no influyen apenas en la evolución puesto que no afectan a un número alto de individuos dentro de una población. Las mutaciones beneficiosas son favorecidas por la selección natural y se incrementan progresivamente de generación en generación.

Las mutaciones pueden ser debidas al azar, y por lo tanto aparecen espontáneamente, o provocadas por factores externos (la exposición a cierto grado de radioactividad). Cataclismos, cambios climáticos o ambientales profundos y procesos migratorios, entre otros, aumentan la probabilidad de que mutaciones adaptativas consigan imponerse, ya que obligan a los organismos a sobrevivir en condiciones o zonas geográficas totalmente nuevas para ellos.

La tasa de mutación, sin embargo, es bastante baja, por lo que no puede explicar el hecho evolutivo por sí sola. Es necesario, pues, que actúe simultáneamente con la selección natural.

3.4. Selección natural

Es el mecanismo más importante de la evolución. Fue formulado originariamente por Darwin, aunque alcanzó su comprensión plena con el auge de la biología molecular. Darwin constató que existen variaciones entre los individuos de una especie; unas que son útiles para los organismos porque aumentan sus probabilidades de sobrevivir y reproducirse; y otras que son perjudiciales, pues provocan el efecto contrario. Él mismo escribe: *esta conservación de las diferencias y variaciones favorables de los individuos y la destrucción de las que son perjudiciales es lo que yo he llamado selección natural.*

Darwin ignoraba, sin embargo, los mecanismos hereditarios. Hoy sabemos que la selección natural debe complementarse con las mutaciones genéticas para explicar satisfactoriamente el proceso evolutivo. En síntesis, éste consiste en lo siguiente:

Quando una mutación aleatoria favorece la adaptación de un organismo al medio ambiente, se convierte en una característica ventajosa para la supervivencia de dicho organismo. Como es lógico, aumentan sus probabilidades reproductoras, con lo cual la mutación se transmite a los descendientes. Como éstos son favorecidos por la mutación con respecto a los otros miembros de la población que no la poseen, sobrevivirán y se perpetuarán con mayor facilidad, provocando así un desarrollo evolutivo dentro de esa población. A la vez, y como fruto de la lucha por la existencia, los individuos menos aptos irán desapareciendo al no gozar de las ventajas adaptativas de la mutación genética.

La selección natural puede ser **estabilizadora** (cuando favorece los valores medios de una población, penalizando los valores extremos) o **direccional** (cuando una población evoluciona sistemáticamente en una dirección determinada, dando lugar a grandes cambios genéticos).

Una aparente excepción que Darwin observó con respecto a la selección natural fue el hecho de que algunos machos de ciertas especies presentaban rasgos poco adaptativos desde el punto de vista ecológico, como, por ejemplo, el hecho de poseer plumajes vistosos o el haber desarrollado órganos para luchar fundamentalmente con machos de su propia clase y no contra rivales de otras especies. Sin embargo, esa excepción era sólo aparente, puesto que esos caracteres podían ser explicados mediante lo que Darwin denominó selección sexual. En sus propias palabras, *la ventaja que algunos individuos tienen sobre otros individuos de su misma especie y mismo sexo exclusivamente con la reproducción.* Puesto que, en ciertas especies, las hembras eligen al macho que derrota violentamente a sus competidores o al que muestra mejores galas en el cortejo, éstos machos transmiten más genes a las generaciones futuras, que los que no poseen esos atributos.

3.5. Selección familiar

Uno de los más graves problemas de la teoría evolutiva era la explicación del comportamiento altruista en numerosas especies, puesto que parecía contradictorio con la lucha por la existencia de los individuos. Pero analizado convenientemente resulta que no es así. Puesto que cada individuo comparte el 50% de los genes con sus descendientes, la selección natural favorece las conductas altruistas en relación con los hijos, siempre que el peligro de dicha conducta represente menos de la mitad del beneficio que recibe por ella el descendiente.

Una bella y polémica explicación del altruismo se encuentra en *El gen egoísta* de R. Dawkins. Para él, el sujeto de la selección natural no es ni la especie ni el individuo, sino el gen. Por lo tanto, son los genes los que luchan por la existencia, mientras que los organismos no son más que sofisticadas máquinas de supervivencia fabricadas por los genes con el objeto de perpetuarse.

De esa manera, un gen, en virtud de su capacidad replicadora a través de la herencia, se transmite de un cuerpo a otro durante un número elevado de generaciones, mientras los individuos concretos que lo han portado desaparecen.

El altruismo sería, así, una forma encubierta del egoísmo. Puesto que los parientes comparten entre sí un número elevado de genes idénticos, la selección natural habría favorecido comportamientos altruistas en beneficio del parentesco, ya que se obtendrían más posibilidades de supervivencia para los genes con ese tipo de conducta que con la contraria.

3.6. Especiación

La definición clásica de especie es: "el conjunto de organismos que pueden reproducirse entre sí, pero no con individuos pertenecientes a otros grupos". Hoy existen en la Tierra aproximadamente dos millones de especies. Todas ellas provienen, por evolución, de un antepasado común. ¿Cómo se produjo esa diferenciación tan extrema?

Según la tesis clásica del **gradualismo** evolutivo, a través de un proceso en el que dos poblaciones pertenecientes a una especie común divergen entre ellas hasta convertirse en especies distintas. No es posible, pues, hablar de un momento concreto de separación, sino que se dan gradualmente procesos intermedios de divergencia hasta la escisión definitiva. Sin embargo, no todos los evolucionistas, como veremos más adelante, aceptan totalmente esta explicación.

Si las especies se caracterizan por su aislamiento reproductivo, preguntar por el origen de una especie será preguntar por los mecanismos de aislamiento reproductivo entre poblaciones. Se han propuesto dos teorías de especiación:

- La **teoría incidental** afirma que dos especies divergen genéticamente como consecuencia de la adaptación a sus respectivos entornos. Poco a poco irán aumentando las diferencias entre ellas hasta que sus acervos genéticos resulten tan diferentes que no sea posible la generación de híbridos.
- La **teoría selectiva**, en palabras de F. J. Ayala, "considera el aislamiento reproductivo como un producto directo de la selección. En el caso de que dos poblaciones estén ya genéticamente un tanto diferenciadas, los híbridos estarán menos adaptados que los no híbridos. La selección natural favorecerá directamente la evolución de mecanismos de aislamiento reproductivo, puesto que genes que restringen la hibridación tienen mayor eficacia que los que la favorecen o permiten".

Sin embargo, como han señalado algunos autores, dichas teorías no son incompatibles, puesto que frecuentemente la especiación aparece como resultado de ambos procesos. Así, se inicia con la divergencia genética de poblaciones separadas geográficamente, siendo completada por la selección natural en el caso de que surja una nueva oportunidad de apareamiento entre miembros de ambas poblaciones, ya que la eficacia reproductora y adaptativa de los híbridos es mucho menor, por lo que evolutivamente terminan por extinguirse.

3.7. ¿Gradualismo o equilibrio puntuado?

La contestación definitiva a esta pregunta no ha sido resuelta todavía. Darwin creía que las especies evolucionaban de forma gradual mediante cambios progresivos apenas apreciables. El propio autor, sin embargo, admitió que este enunciado provocaba graves conflictos en su teoría, ya que el registro fósil no aportaba pruebas de un cambio gradual. Es decir, apenas existen ejemplos de criaturas en transición, cuando según el gradualismo debían constituir la mayor parte de los fósiles.

En 1972 Gould y Eldredge se enfrentaron con el problema y propusieron una nueva teoría: la del **equilibrio puntuado**. Según ellos, las especies evolucionan rápidamente en muy poco tiempo, pero, una vez evolucionadas, se estancan durante períodos larguísimos, permaneciendo relativamente invariables hasta que explosiones repentinas de cambios rompen otra vez el equilibrio estático, produciéndose así un nuevo salto evolutivo. Por eso no existen fósiles de especies en transición.

Hoy en día parece aceptarse que la evolución actúa simultáneamente mediante estos dos procesos, aunque se discute aún sobre cuál de ellos es el más importante.

4. El origen de la especie humana

4.1. Cambios evolutivos en los primates

El ser humano pertenece al árbol genealógico de los primates, mamíferos que sobrevivieron a la extinción generalizada del Cretácico, en la que desaparecieron numerosas especies.

Los iniciales primates eran pequeños mamíferos que vivían en los árboles, alimentándose básicamente de insectos. Por necesidades adaptativas al medio ambiente, adquirieron un modo de vida diurno e incluyeron en su dieta alimentos vegetales, aumentando notablemente de tamaño. Las manos, el aparato digestivo y la visión ocular sufrieron grandes cambios evolutivos gracias a la presión selectiva. Pero, sin duda, los cambios más cruciales para la aparición del ser humano fueron el bipedismo y el aumento del tamaño cerebral.

4.2. El bipedismo

Hasta hace muy poco tiempo, la explicación más habitual del bipedismo era la siguiente: hace entre cinco y diez millones de años, debió producirse un enfriamiento del clima y un cambio del régimen de lluvia en África, disminuyendo la masa forestal en amplias zonas del continente. Ante esa situación extrema, quedaban dos alternativas para los monos antropomorfos: o permanecer en los escasos bosques existentes o adaptarse al transformado medio ecológico. Los ancestros del gorila y el chimpancé probablemente eligieron la primera solución, mientras que otros antropomorfos desarrollaron un nuevo método para la obtención de alimento, a saber, la marcha bípeda. Así, podían explorar y recorrer extensos territorios en busca de comida.

Sin embargo, las últimas investigaciones parecen rebatir esta explicación tradicional: el bipedismo habría aparecido, en formas aún rudimentarias, antes que los primates antecesores de la especie humana hubieran abandonado el bosque para instalarse en la sabana. Esa constatación -certificada por el descubrimiento de fósiles que así lo atestiguan- invalida la hipótesis clásica de que el cambio climático fue el desencadenante

del bipedismo. Hoy día continúan sin explicarse satisfactoriamente los procesos evolutivos que condujeron a ciertos primates a caminar sobre dos extremidades, siendo esta cuestión el gran enigma por resolver para los paleontólogos.

Sin embargo, todos los especialistas están de acuerdo en que las consecuencias de ese hecho fueron grandes, ya que la postura vertical liberó a las manos de la función locomotriz, permitiendo incrementar su capacidad manipuladora. Con el paso del tiempo, la nueva especie realizó un hallazgo crucial: el **instrumento**. Al principio, los homínidos utilizarían instrumentalmente los objetos tal y como los encontrasen en la naturaleza: palos, piedras, etc. Pero finalmente terminarían por aprender a fabricar utensilios.

4.3. Útiles y cerebro

La relación entre los útiles y el cerebro sigue siendo objeto de polémicas. Según ciertas hipótesis clásicas, la elaboración de instrumentos fue el hecho que propició la expansión del cerebro humano. Pero en los últimos tiempos parecen proliferar las hipótesis contrarias, a saber: el crecimiento del cerebro en relación con el tamaño corporal precedió a la aparición de los útiles.

Se ha afirmado que el volumen del cerebro se halla vinculado al modo de alimentación, ya que existe relación entre el tamaño cerebral y la energía necesaria para su desarrollo y funcionamiento. Así se explicaría que las especies que se alimentan de hojas posean menor volumen cerebral que aquellas otras que comen frutos.

Ciertos autores, por el contrario, achacan el incremento del cerebro a la conducta social: los homínidos que vivían en grupos sociales amplios desarrollaron cerebros mayores. La razón de ese incremento habría que buscarla en los aprendizajes y las estrategias inteligentes necesarias para llevar a cabo tareas colectivas como la búsqueda de alimento para el grupo, la planificación y ejecución de la caza, la implantación de una estructura social jerarquizada, una primitiva división del trabajo o, al menos, de las funciones grupales a desarrollar por cada miembro de la manada, etc.

Otros cambios evolutivos muy importantes se produjeron en la dentición y la estructura de la mandíbula, en la columna vertical y la posición de la cabeza, en el desarrollo de la capacidad visual adaptada a la nueva posición erguida, en la introducción de la carne en la dieta alimentaria, etc. Todos estos cambios permitieron a los ancestros humanos una gran movilidad geográfica, lo que posibilitó la emigración de la nueva especie hacia otras zonas, diversificándose así sus características raciales como fruto de las diferentes condiciones ambientales a las que tuvo que adaptarse.

4.4. El árbol filogenético del ser humano

La moderna biología molecular ha desarrollado métodos para comparar la estructura genética de los distintos organismos. De esa forma, se puede estudiar la **filogenia** (es decir, el origen y desarrollo de las especies) con el objeto de construir el árbol filogenético, donde se establecen las relaciones de parentesco entre ellas. Dicho árbol comienza con un tronco común para todos los organismos vivos, que se subdivide en ramas a medida que surgen nuevas especies.

Las recientes investigaciones sobre el genoma de los organismos (y en especial sobre el genoma humano) han permitido grandes avances en la biología molecular. De esa manera sabemos que todos los organismos vivos compartimos numerosos genes idénticos. Por ejemplo, nuestra especie y un determinado tipo de gusano poseen en común cerca del 38 % de los genes, mientras que con respecto al chimpancé sólo nos diferenciamos en un 2 % de los genes totales de ambas especies. Estos datos deben interpretarse de la siguiente manera: cuantos más genes compartan dos especies, más cerca estará en el tiempo su escisión evolutiva de un mismo tronco.

Aunque no haya acuerdo definitivo sobre las cifras temporales, hoy sabemos que hace aproximadamente 50 millones de años la evolución de los monos se ramificó en dos direcciones como consecuencia de la separación de los continentes: los del Nuevo y el Viejo Mundo. De esos últimos provienen los homínidos. La postrera divergencia se produjo entre el gorila, el chimpancé y el ser humano. La distancia genética que separa a estos dos últimos es menor que la que existe entre los humanos y los gorilas. Los especialistas discuten la fecha exacta de la ramificación entre los monos antropomorfos y nuestra especie sin llegar a un acuerdo final; las cifras oscilan entre 4,5 y 7 millones de años.

Cuando Darwin, en *El origen del hombre*, extendió sus ideas evolutivas al ser humano, hubo muchos críticos que esgrimieron la necesidad de hallar restos de especies intermedias entre simios y humanos para aceptar la teoría. El famoso eslabón perdido no tardó en aparecer en forma de fósiles.

El Homo sapiens es la especie que mayor encefalización presenta: 7. Quiere decir que el encéfalo es siete veces mayor que el 'normal' para un mamífero de su peso. La especie que más se nos acerca al respecto es la de los delfines, con un índice de encefalización algo mayor que 4.

De una manera excesivamente genérica, podemos establecer grandes saltos evolutivos que dieron lugar a la aparición de nuestra especie. En síntesis, éstos serían los siguientes:

1. Con el nombre de **homínidos** se designa a los humanos y a todas las especies de las que hemos encontrado fósiles de nuestra línea evolutiva, es decir, una vez que ésta se separó de los chimpancés. Los homínidos eran ya antropomorfos, o sea, con forma parecida a la humana. Los fósiles más antiguos de homínido descubiertos hasta la fecha (el llamado ***Ardipithecus***) poseen una antigüedad cercana a los 4,4 millones de años. Estos antepasados nuestros habitaban aún en la selva, y llevaban una vida y una alimentación muy parecidas a la de los chimpancés.
2. El siguiente salto evolutivo del que tenemos noticia vino con la aparición del ***Australopithecus***, un homínido que vivió hace 4 y 3,5 millones de años aproximadamente, y que poseía un índice de encefalización de 1,3 o 1,4. Mantenía ya una posición erecta y era bípedo; sus hábitos de alimentación habían cambiado notablemente con respecto a los anteriores homínidos, y su medio de vida se encontraba fundamentalmente en la sabana y no en la selva.
3. Según las tesis mayoritariamente aceptadas en la actualidad, grandes cambios climáticos provocaron la extinción de los *Australopithecus*, y la aparición de dos nuevos géneros de especies que coexistieron en el tiempo: los ***Parántropos*** (etimológicamente, significa "al lado del hombre") y el género ***Homo***. Un millón y medio de años más tarde se produjo la extinción definitiva de todas las especies de *Parántropos* (índice de encefalización: 1,5).
4. Según los restos más antiguos encontrados hasta la fecha, podemos situar la aparición del género ***Homo*** alrededor de hace 2,5 millones de años. Tradicionalmente, se distinguía evolutivamente entre el ***Homo habilis*** y el ***Homo erectus***. Hoy en día, sin embargo, la clasificación de especies en esa historia evolutiva ha cambiado. En líneas generales se distinguen los siguientes saltos:
 - ***Homo habilis*** (de 2,5 a 2 millones de años): caracterizado por un cerebro sólo algo mayor que el de los *parántropos* y *australopithecus* (encefalización: 1,8), y un menor tamaño de muelas y aparato masticador, lo que revela un cambio en la alimentación.

- ***Homo rudolfensis*** (de 2 a 1,6 millones de años): cerebro mayor que el *habilis* y aparato masticador muy desarrollado. Para algunos autores, sin embargo, no se trata de una nueva especie, sino tan sólo de una variante del *Homo habilis*.
- ***Homo ergaster*** (significa "hombre trabajador", y vivió entre 1,8 y 1,4 millones de años): alcanza un índice de encefalización de 1,9, y en él aparece un rostro facial mucho más parecido al de nuestra especie actual. Introduce una nueva forma de tallar la piedra.
- ***Homo erectus*** (1,4 millones de años): fósiles encontrados en Java y en otros lugares de Asia que provienen evolutivamente del africano *Homo ergaster*.
- ***Homo antecessor*** (800.000 años de antigüedad): nueva especie propuesta por el equipo de científicos españoles que realizan las excavaciones de Atapuerca (Bermúdez de Castro, Arsuaga y otros), tras el importante conjunto de fósiles encontrados en esa sierra de la provincia de Burgos. Según estos investigadores, las peculiares características de estos fósiles no permiten clasificarlos ni como *Homo erectus* originarios de Asia ni como una población de *Homo ergaster* de África. Vendría a ser el eslabón entre estas especies y los *sapiens*.
- ***Homo sapiens*** (hace 500.000 años). De esa especie provenimos los humanos actuales, aunque en la clasificación taxonómica se nos incluya en una subdivisión especial, la de *Homo sapiens sapiens*, para diferenciarnos de un grupo más primitivo y extinguido ya hace 40.000 años, el *Homo sapiens neanderthalensis*. Nuestra especie, la última y la única aún existente del linaje de los homínidos, apareció hace apenas 125.000 años. Los neandertales ya conocían el método para encender fuego y representan el primer testimonio arqueológico de enterramientos, lo que significa que ya tenían una cultura simbólica aunque rudimentaria.

4.5. Teorías sobre el origen humano

Dos teorías contrapuestas, las de la **monogénesis** y la **multiregional**, explican diferentemente el origen de nuestra especie.

Según la primera, los humanos actuales provenimos de una sola población de *sapiens* primitivos que surgió en África y se expandió por el Viejo Mundo, desplazando a las poblaciones oriundas mediante la lucha contra ellas. Sus fundamentos se apoyan en el registro fósil y en algunas pruebas de la biología molecular.

La segunda teoría presupone, en cambio, una continuidad local, es decir, que las poblaciones de *sapiens* del Viejo Mundo evolucionaron todas ellas de forma independiente hasta convertirse en *Homo sapiens sapiens* hace aproximadamente 125.000 años. Éste habría surgido en distintos lugares del planeta, a partir de hibridaciones con antecesores comunes africanos, lo que proporcionó a cada grupo una serie de rasgos regionales que habrían heredado y transmitido. Algunos hallazgos fósiles recientes, como el de un *sapiens* en China con más de 200.000 años de antigüedad, y determinados estudios genéticos avalarían esta hipótesis.

Sin embargo, donde los especialistas parecen estar de acuerdo es en las dos grandes dispersiones demográficas acaecidas en la prehistoria humana. La primera condujo a los homínidos desde el trópico hacia las zonas septentrionales más templadas. Los paleontólogos todavía discuten si nuestros antecesores africanos penetraron en Europa por Gibraltar, o mediante un éxodo desde el Oriente Próximo. Según los paleontólogos, esta última opción es la que posee mayores probabilidades de ser cierta.

La segunda fue llevada a cabo por el *Homo sapiens*, quien desde Europa y Asia se expandió al continente americano por el norte y a Australia por el sur. Aunque no conocemos con exactitud las fechas de esta

última dispersión migratoria, se calcula que debió comenzar poco después de la aparición de nuestra especie.

5. Los procesos de la hominización

5.1. La hominización: un proceso multicausal

Tampoco existe acuerdo generalizado sobre la sucesión de los pasos esenciales que condujeron desde los homínidos al ser humano. La discusión se centra básicamente sobre cuál fue la causa primera que forzó el proceso de hominización. Los antropólogos suponen varias: el aumento del cerebro, la postura bípeda, el lenguaje, el inicio de la socialización... La discusión se mantiene en el terreno hipotético, puesto que el registro fósil, como es obvio, no aporta información suficiente sobre aspectos como la aparición de la sintaxis o el desarrollo neuronal alcanzado por los homínidos.

Por ello, algunos autores han propuesto integrar en un solo modelo las relaciones entre los elementos biológicos, ecológicos y culturales implicados en la hominización. Así **Bielicki**, quien señala los siguientes:

- a) Postura y locomoción erecta.
- b) Expansión del cerebro.
- c) Receptividad sexual no cíclica de la hembra.
- d) Retraso de la ontogenia (desarrollo embrionario).
- e) Caza organizada.
- f) Fabricación de instrumentos.
- g) Comunicación simbólica.
- h) Organización social preagrícola.

En realidad, señala Bielicki, no importa tanto la sucesión temporal como las mutuas interrelaciones que se establecen entre todos ellos. Así, el proceso de hominización no fue afectado exclusivamente por el fluctuante medio ecológico, sino que las relaciones sociales se convirtieron pronto en la principal fuente de presión selectiva sobre la población de homínidos.

A tenor de las últimas investigaciones, lo que sí parece claro, sin embargo, es que las diferencias estructurales entre nuestro cerebro y el de los fósiles de homínidos encontrados no explican por sí solas el radical cambio, tanto cualitativo como cultural, que sufrió nuestra especie. Con seguridad, la hominización no se debió exclusivamente a la expansión de un cerebro que impulsó toda la complejidad del desarrollo orgánico. Otras muchas causas, tales como el medio ambiente, la liberación de las extremidades delanteras con su repercusión en el área cortical del cerebro, el aumento de peso y talla en los primates (con lo cual quedaron incapacitados para la vida arbórea), la transformación mandibular, la reducción de la base craneal o los cambios migratorios, incrementaron la encefalización a la vez que eran recíprocamente facilitados por el desarrollo del propio cerebro.

5.2. La evolución del psiquismo y de la sociabilidad

El registro fósil nos proporciona ciertos datos útiles para la descripción de las etapas hominizadoras. Así, por ejemplo, mientras el *Australopithecus* apenas presenta signo alguno de culturización, con la aparición del género *Homo* surgen ya la actividad instrumental y el inicio, aún incipiente, de la caza. Hay que esperar al período del Hombre de Neandertal para hallar signos evidentes de una socialización arcaicamente estructurada: actividad cazadora sistemática y grupal, uso del fuego, celebración de ceremonias rituales que implican el uso de símbolos...

Finalmente, la hominización dio paso a la humanización con el auge del *Homo sapiens sapiens*, quien sentó las bases culturales sobre las que habría de apoyarse el ser humano moderno: división del trabajo, dominio de la técnica, economía de subsistencia, uso pleno del lenguaje y desarrollo del arte y de un sistema de creencias.

De forma sintética, y sin atender a controversias academicistas, podemos escenificar la evolución del psiquismo de la siguiente manera: debido a la selección natural se perpetúan variaciones adaptativas en algunos primates, tales como la postura erecta y el aumento cerebral. El azar o el incremento de las capacidades manuales modifican la conducta de esos seres cuando comienzan a utilizar algunos objetos como instrumentos, aún de forma rudimentaria. Simultáneamente se desarrolla la señalización fónica y gestual, surgiendo así la capacidad lingüística de unir sonidos y frases.

Con la inclusión de la carne en la dieta alimentaria, aumentan las energías disponibles para los individuos, lo que influye, a su vez, en un incremento cerebral por el mayor aporte energético que éste necesita para el desarrollo de sus funciones. El alargamiento de la ontogénesis y el cuidado de los padres hacia los hijos, ya que su estrategia reproductiva consiste en tener pocas crías que puedan ser bien alimentadas, aumentan el período y la complejidad del aprendizaje así como la estabilidad de la familia. La dependencia de los hijos con respecto a las madres favorece una división del trabajo en la que el hombre ejecuta básicamente una actividad cazadora y la mujer, junto con los niños, recolecta frutos y semillas que traslada a una vivienda en común.

Esto crea una fuerte interdependencia económica y comunitaria que genera un proceso selectivo a favor de la socialización y la comunicación cultural. El auge de la técnica y la necesidad de garantizar más adecuadamente la supervivencia impulsan la organización en grupo de los cazadores y la creación de comunidades más amplias. Aparecen así las arcanas formas de organización política y los primitivos sistemas de creencias míticas-simbólicas.

Con la aparición del pensamiento, el ser humano logró sustraerse a los rígidos patrones de la selección natural, puesto que pudo intervenir en la previsión y modificación de los procesos naturales. Esa capacidad llevó a nuestra especie a evolucionar básicamente mediante un proceso de selección cultural. Con el desarrollo de la ciencia y la técnica ha alcanzado incluso la posibilidad de manipular la estructura genética del ADN. Las perspectivas científicas que abre la biología molecular son realmente extraordinarias, pero ya se han alzado voces contra los peligros potenciales que encierra un uso indiscriminado de la misma, pidiendo un código ético universal que regule las nuevas tecnologías genéticas.