



Juan Luis Arsuaga/Ignacio Martínez
(Del Proyecto Atapuerca)

La especie elegida

La larga marcha
de la evolución humana

Ilustraciones de Mauricio Antón

CAPÍTULO 14

El origen de la humanidad moderna: la evidencia fósil

¿Qué causa, ¡oh mancebos!, os impulsó a
tentar estas ignotas regiones? ¿Adonde vais?
¿Qué linaje es el vuestro? ¿De dónde venís?
¿Nos traéis la paz o la guerra?

VIRGILIO, *La Eneida*.

Neandertales y humanos modernos

En aquellos yacimientos europeos donde existen secuencias arqueológicas continuas se observa una sustitución brusca de la industria Musteriense

(Modo 3) por el Auriñaciense, la primera industria del Paleolítico Superior o Modo 4 (figura 14.1). Técnicamente, el Modo 4 se caracteriza por la preparación de núcleos alargados para la obtención de lascas finas y de bordes paralelos, y al menos dos veces más largas que anchas. Estas hojas eran luego retocadas y transformadas en una gran variedad de útiles, entre los que destacan los *buriles* (instrumentos biselados que se usaban para trabajar el hueso, el asta o el marfil) y los *raspadores distales* (hojas con un extremo retocado que se utilizaban para preparar pieles). Esta técnica permite el máximo aprovechamiento de la materia prima, obteniendo de cada piedra más

longitud de filos (sumados los de todos los útiles producidos a partir de ella) que con ningún otro método. El Modo 4 también se diferencia por la utilización del hueso, el marfil y el asta como materias primas para la confección de instrumentos y elementos de adorno personal. Asociadas a las industrias del Modo 4 aparecerá también el arte en forma de figuras transportables de animales y personas, y de pinturas y grabados rupestres (aunque estas manifestaciones artísticas no acompañan a las primeras industrias del Modo 4 sino que surgen algunos miles de años después).

Sin embargo, en algunos yacimientos de la cornisa cantábrica y

del oeste y centro de Francia hay, intercalados entre los últimos niveles Musterienses y los primeros Auriñacienses, niveles intermedios con una industria que tiene características comunes a ambos modos técnicos (el 3 y el 4). Esta industria se denomina Chatelperroniense; un equivalente del Chatelperroniense en la Europa central podría ser el Szeletiense, y en Italia el Uluzziense. El Chatelperroniense es una evolución del Musteriense que incorpora elementos del Modo 4 como hojas alargadas y utensilios de hueso y marfil.

El Auriñaciense se extiende por Europa en poco tiempo, hace unos 40.000 años o poco más. Dos ejemplos

muy bien estudiados de Musteriense reemplazado abruptamente por el Auriñaciense los tenemos en los yacimientos catalanes de L'Arbreda y en el Abric Romaní, donde la sustitución se sitúa hace unos 40.000 años, según dataciones radiométricas obtenidas por James Bischoff. En la cornisa cantábrica, el Auriñaciense más antiguo ha sido fechado por el mismo geocronólogo en la cueva de El Castillo hace 39.000 años. ¿Quiénes eran los autores de los utensilios Chatelperronienses y de los Auriñacienses?

Los fósiles humanos hallados hasta la fecha en contexto Musteriense (Modo 3) en Europa son siempre neandertales,

y los hallados con industrias del Modo 4 son siempre humanos modernos. Asociados a la industria Chatelperroniense se encuentran los fósiles de la Cueva del Reno en Arcy-sur-Cure (cerca de Auxerre, Francia) consistentes en dientes aislados y fragmentos de huesos, y el esqueleto parcialmente conservado de Saint Césaire (Charente-Maritime, Francia).

En el caso de Saint Césaire no cabe duda de que se trata de un individuo plenamente neandertal que vivió hace unos 36.000 años. El nivel Chatelperroniense asociado a restos humanos de la Cueva del Reno en Arcy-sur-Cure se data en 34.000 años, y contiene instrumentos de hueso y marfil,

junto con objetos de adorno personal como dientes de animales perforados o con surcos, y cuentas o colgantes de marfil (elementos ornamentales todos ellos típicamente asociados al Modo 4). La naturaleza de los fósiles humanos de la Cueva del Reno no estaba clara al ser éstos muy incompletos; no obstante, Fred Spoor, Jean-Jacques Hublin y otros colegas han demostrado que la morfología del laberinto óseo (oído interno) de los neandertales era diferente de la nuestra. De este modo un hueso temporal de un individuo de aproximadamente un año de edad ha podido ser identificado como neandertal (por fortuna el laberinto óseo está conformado antes del nacimiento,

porque por la morfología externa es imposible establecer si un hueso temporal de un individuo tan joven era o no de un neandertal).

Así pues, en los dos únicos yacimientos en los que hay fósiles humanos con industria Chatelperroniense, los fósiles corresponden a neandertales. Por otro lado, las fechas tan modernas del Chatelperroniense, posteriores al primer Auriñaciense, descartan una posible evolución de los neandertales hacia los humanos modernos en Europa occidental, suponiendo que estos últimos sean los autores de las primeras industrias europeas del Modo 4.

También las pinturas rupestres, las

más espectaculares manifestaciones artísticas de la Prehistoria (y tal vez de toda la historia del arte), empiezan pronto: las maravillosas figuras de animales recientemente descubiertas en la Cueva Chauvet (en Ardeche, Francia) se han datado por radiocarbono en unos 30.000 años, y nadie osaría atribuirlos a los neandertales. Otras pinturas rupestres también encontradas hace poco, las de la Gruta Cosquer (Bouches du Rhone, Francia), tienen unos 27.000 años. Las más antiguas estatuillas del Paleolítico Superior, la figura femenina de piedra de Galgenberg (Austria) o la pequeña escultura de caballo en marfil de Vogelherd (Alemania), tienen quizá 32.000 años.

Sin embargo, es bien cierto que, por desgracia, no se dispone aún de fósiles humanos asociados a las primeras industrias del Auriñaciense en Europa. Los esqueletos modernos del yacimiento de Cro-Magnon (Francia) se asignan al Auriñaciense final, hace entre 30.000-28.000 años. Un fósil interesante a este respecto es el frontal de Hahnöfersand (Alemania) que, aunque carece de contexto, ha sido datado directamente por radiocarbono en 36.000 años. A nuestro entender, debe encuadrarse por la morfología del toro supraorbital entre los hombres modernos; es una lástima que su edad sea tan problemática. En Europa central, la serie esquelética moderna de Mladec

(Moravia en Chequia) se data hace unos 32.000-30.000 años y está asociada a la industria Auriñaciense.

En los últimos neandertales (como Saint Césaire) no se aprecia ninguna evolución hacia los humanos modernos; son de hecho neandertales de lo más «clásico». Tampoco los restos de Mladec pueden considerarse formas transicionales, sino humanos completamente modernos, aunque robustos, por lo que un origen europeo de los humanos modernos por evolución a partir de los neandertales locales puede desecharse por completo también desde la perspectiva paleoantropológica. La conclusión es que los humanos modernos en Europa

somos unos inmigrantes que vinimos de fuera. El estudio de las proporciones corporales de los primeros humanos modernos del registro europeo nos da una pista acerca de su procedencia; su biotipo longíneo corresponde a pobladores de regiones próximas al Ecuador, menos macizos, más altos y de brazos y piernas más largos que los neandertales.

Contemporáneas o aun posteriores a los esqueletos modernos de Mladec son las últimas industrias Musterienses, que se encuentran en Portugal, España e Italia con una antigüedad al filo de los 30.000 años. Los arqueólogos Gerardo Vega y Valentín Villaverde han señalado la pervivencia de estas industrias

Musterienses en la península Ibérica después de que ya hubieran desaparecido en otras regiones de Europa. Confirmando estas observaciones, el arqueólogo Cecilio Barroso y el paleoantropólogo Jean-Jacques Hublin han hallado en el yacimiento de Zafarraya (Málaga) algunos fósiles humanos plenamente neandertales, que incluyen una mandíbula y un fémur datados en 30.000 años y asociados a una industria Musteriense.

Es por tanto seguro que los últimos neandertales habitaban todavía el sur de Europa cuando los humanos modernos ya pintaban rinocerontes, leones y bisontes en las paredes de la Cueva

Chauvet, y 10.000 años más tarde de que los primeros humanos modernos se instalaran en la península Ibérica. No obstante, no debe pensarse que los humanos modernos avanzaron de este a oeste como una apisonadora que extinguía a todos los neandertales a su paso. Durante miles de años unos y otros debieron de repartirse el mapa de Europa formando un mosaico de poblaciones entremezcladas. Como hemos visto, hace unos 40.000 años había ya humanos modernos en Cataluña y Cantabria, y miles de años después aún sobrevivían neandertales bien al norte de los Pirineos. Es posible imaginar que las bolsas de población neandertal irían poco a poco

reduciéndose hasta desaparecer la última de ellas.

Esta larga coexistencia de neandertales y humanos modernos (popularmente llamados hombres de Cro-Magnon) es uno de los capítulos de la Prehistoria que más excitan la imaginación del público, y ha dado pie a relatos como *La Guerre du Feu* (1911) de H. Rosny-Ainé, llevada al cine por Jean-Jacques Arnaud en 1981 (y titulada en castellano *En busca del fuego*), o la saga del *Clan del oso cavernario* de Jean Auel. Un episodio especialmente intrigante de esta coexistencia entre neandertales y humanos modernos es el origen de la tecnología Chatelperroniense y otras similares.

¿Habrían desarrollado los neandertales por su cuenta el uso del hueso, el asta y el marfil para fabricar instrumentos y adornos, así como la producción de largas y finas láminas de piedra? ¿Lo hicieron en varios lugares de Europa independientemente? ¿O lo copiaron de los humanos modernos, observándolos trabajar, o fijándose en los objetos abandonados? ¿Tal vez algunos de los elementos encontrados en la Cueva del Reno de Arcy-sur-Cure, como los colgantes de marfil, procedían de un intercambio entre unos y otros tipos humanos? No tenemos todavía solución para estos enigmas.

Dos especies humanas inteligentes

Desde el punto de vista del paleontólogo los neandertales son una especie (*Homo neanderthalensis*) diferente de la humanidad actual (*Homo sapiens*). Eso quiere decir que los neandertales son el resultado de un largo proceso de evolución independiente de la nuestra a partir de un antepasado común. Como resultado de esa evolución separada y divergente, neandertales y humanos modernos somos diferentes en un grado mucho mayor que las diversas poblaciones actuales entre sí (esquimales, aborígenes australianos, bantúes y vascos, por ejemplo).

Para definir una especie viviente

nueva se suele invocar el criterio genético: los miembros de la nueva especie no pueden cruzarse con los de cualquier otra especie y tener descendientes fértiles, que puedan a su vez reproducirse con individuos de la población del padre o de la madre, o entre sí; es decir, la nueva especie tiene que estar aislada genéticamente de las demás. En el caso de los neandertales no conocemos fósiles de híbridos entre ellos y nuestros antepasados; por otro lado, los europeos actuales no portamos genes heredados de los neandertales. Ahora bien, el que hubiera poco intercambio de genes no quiere decir que fuera imposible, y ésta es la condición que impone el criterio

genético de especie.

En paleontología tiene más sentido el concepto evolutivo de especie de George Gaylord Simpson (1902-1984): una especie es un continuo de poblaciones que se suceden en el tiempo y siguen una trayectoria evolutiva propia, independiente de las demás y que se prolonga en el tiempo; lo que cuenta es que haya continuidad genética entre generaciones, y que el aislamiento se mantenga. De acuerdo con este criterio, los neandertales serían una «especie evolutiva». Algo parecido ha sucedido entre las dos especies de chimpancés, que están separadas por el río Zaire; los chimpancés comunes viven al norte y los chimpancés pigmeos o

bonobos al sur. También las diferentes especies de gibones se han formado por separación geográfica.

Sin embargo, de acuerdo con el criterio de Simpson, la especie *Homo heidelbergensis*, tal como la entendemos nosotros, no existiría, puesto que fósiles como los de la Sima de los Huesos son los antepasados de los neandertales y, por tanto, pertenecen a la misma «especie evolutiva»; sólo son unos neandertales muy primitivos. Reconociendo la validez de este razonamiento, pensamos que, dado que hay mucha diferencia morfológica entre unos y otros fósiles, puede mantenerse la especie *Homo heidelbergensis* por razones prácticas, como normalmente se

hace en paleontología (y sobre todo atendiendo al sentido común, que dicta llamar de forma diferente a las cosas que son distintas).

Por otro lado, si no fuera porque los neandertales eran humanos, nadie discutiría que merecen una especie propia. Sin embargo, a muchos investigadores se les hace difícil aceptar que unos seres humanos que enterraban a sus muertos y utilizaban el fuego fueran de otra especie. Más aún, los neandertales europeos llegaron a fabricar unos instrumentos similares a los de los humanos modernos (el Chatelperroniense). Por último, veremos a continuación que la industria de los primeros humanos modernos (en el

Oriente Próximo) era la misma que la propia de los neandertales (el Musteriense).

Ahora bien, todas esas coincidencias sólo significan que los neandertales eran inteligentes. Que nosotros seamos la única especie humana inteligente que existe en el momento presente no quiere decir que haya tenido que ser siempre así. También somos ahora la única especie bípeda de primate, y ya hemos visto que en el pasado ha habido varias especies de homínidos bípedos al mismo tiempo. Los neandertales eran otra especie humana inteligente, entre otras razones porque los antepasados comunes de neandertales y humanos modernos

(*Homo antecessor*) también eran inteligentes. Nada se oponía a que las diferentes especies humanas inteligentes intercambiaran información, produjeran el mismo tipo de utensilios y compartieran la tecnología del fuego; dos especies inteligentes pueden intercambiar información sin intercambiar genes.

En otras palabras, si pasado mañana aterrizara en nuestro planeta una nave extraterrestre, de ella descenderían seres sin duda inteligentes, con los que encontraríamos la manera de comunicarnos. No obstante, por haber evolucionado en diferentes lugares, los extraterrestres y nosotros perteneceríamos a especies biológicas

distintas. Pues algo parecido sucedió, aunque con resultado fatal para los neandertales, cuando nuestros antepasados pusieron por primera vez el pie en el continente europeo.

Por otro lado, la asociación que preconizan algunos investigadores de cambios tecnológicos con cambios biológicos implicaría cuatro ocupaciones diferentes y sucesivas de Europa: primero llegarían los fabricantes del Modo 1 (representados por los fósiles de la Gran Dolina), luego los del Modo 2 (*Homo heidelbergensis*), después los del Modo 3 (los antepasados de los neandertales) y por último los del Modo 4 (la humanidad moderna). En cambio,

nosotros pensamos que la difusión cultural entre poblaciones o especies humanas ha sido más frecuente que la sustitución entre ellas, y así Europa sólo habría sido poblada dos veces primero por el *Homo antecessor* hace unos 800.000 años, y por nuestros antepasados hace alrededor de 45.000 años.

Hay investigadores que creen percibir una diferencia sustancial, un abismo, entre las mentes de los neandertales y las de los humanos modernos. De este modo, nuestra superior capacidad cognitiva se manifestaría entre otros aspectos en que sólo nosotros seríamos capaces de elaborar conceptos estéticos y

simbólicos. Ya hemos visto que hay discusión sobre si los neandertales enterraban o no a sus muertos con ceremonia. Para nosotros el mero hecho de que lo hicieran ya implica un rito, y por tanto capacidad simbólica.

Por otro lado, es cierto que la explosión de arte se produjo en el Paleolítico Superior. Antes hay algunas pruebas muy dudosas, como las series de incisiones sobre huesos que se encuentran en el yacimiento de Bilzingsleben en Alemania, de hace más de 350.000 años, o la supuesta escultura de mujer de Berekhat Ram en Israel, con más de 230.000 años. Ahora bien, si los antepasados de los neandertales no tenían arte, tampoco los nuestros de la

misma época. Las grandes manifestaciones artísticas, como las pinturas y los grabados sobre paredes o en placas de piedra, y las esculturas de animales y de personas, no se encuentran en los primeros momentos del Paleolítico Superior, hace entre 50.000 y 45.000 años, sino sólo desde hace poco más de 30.000 años. Es posible que los neandertales no llegaran a producir arte simplemente porque se extinguieron antes de que éste se generalizara. Sin embargo, ya hemos comentado que los neandertales de la Cueva del Reno llevaban hace 34.000 años objetos de adorno semejantes a los de los humanos modernos contemporáneos suyos, indicando así su

sentido de la estética.

Pero... si los humanos modernos no evolucionaron en Europa a partir de los neandertales, ¿de dónde procedían? Para contestar a esta pregunta conviene asomarse al registro fósil del levante mediterráneo.

Oriente Próximo: un cruce de caminos

Aunque los neandertales son el resultado de una evolución que se desarrolló sólo en Europa, en algún momento salieron de este continente y se expandieron por Asia central y Oriente Próximo, tal como lo prueban los fósiles de Teshik-Tash en Uzbekistán, de Shanidar en Irak, de Dederiyeh en Siria

y los de Kebara, Amud y Tabun en Israel.

Pero en Israel se han encontrado también fósiles de humanos modernos en los yacimientos de Skhul y Jebel Qafzeh (figura 14.2).

El abrigo de Skhul se encuentra muy cerca de la cueva de Tabun. Fue excavado por Theodore McCown (1908-1969) en 1931— 1932 y en él se hallaron restos de al menos diez individuos de morfología moderna. Del yacimiento de Jebel Qafzeh procede una serie de esqueletos de al menos veinte individuos. Theodore McCown y sir Arthur Keith estudiaron los fósiles de Skhul y Tabun en los años treinta, llegando a la conclusión de que

pertenecían a una única población muy variable de neandertales. Sin embargo, el gran paleoantropólogo Francis Clark Howell y Bernard Vandermeersch, director de las excavaciones en Jebel Qafzeh en su segunda época (años 1961-1980), se dieron cuenta de que tanto los fósiles de Skhul como los de Jebel Qafzeh pertenecían a humanos modernos con rasgos arcaicos. Hay que precisar que estos humanos modernos no son exactamente iguales que nosotros, sino más bien como podía esperarse que fueran unos antepasados nuestros muy antiguos; algunos presentan, por ejemplo, toros supraorbitales marcados junto con rasgos exclusivos de nuestra especie, como el mentón de la

mandíbula o un cráneo cerebral alto y esférico.

Un fragmento de cráneo (básicamente de la región frontal) de datación incierta hallado en 1925 en la cueva de Zuttiyeh, también en Israel, corresponde a una población aún más antigua de la región. Pero no está claro si se trata de un antepasado de los neandertales o de los humanos modernos, aunque esto último parece lo correcto.

Tanto los neandertales como los humanos modernos mencionados comparten una misma clase de tecnología lítica, el Musteriense, dentro de la gran categoría del Modo 3 o Paleolítico Medio.

Se podría pensar que los neandertales estaban en Oriente Próximo primero, y los humanos modernos llegaron después y los reemplazaron, como vimos que sucedió en Europa. Incluso cabría la posibilidad de que los humanos modernos evolucionaran a partir de los neandertales en Oriente Próximo y pasaran luego a Europa para reemplazar a los neandertales de allí. Más difícil es imaginar que ambos tipos humanos fueran contemporáneos en Israel, y que los neandertales vivieran en la cueva de Tabun y a pocos minutos de distancia los humanos modernos habitaran el abrigo de Skhul. Por eso es tan importante conocer la edad de unos y de otros.

Los fósiles humanos de Tabun, Skhul y Jebel Qafzeh han sido datados por TL, ESR y series de uranio, dando una antigüedad en torno a los 100.000 años. Ahora bien, conviene hacer una precisión en el caso del yacimiento de Tabun. Esta cueva fue excavada entre 1929 y 1934 por la arqueóloga inglesa Dorothy Garrod, que encontró un esqueleto femenino (Tabun 1) y una mandíbula aislada (Tabun 2). El esqueleto es claramente neandertal; en cambio la asignación de la mandíbula aislada (Tabun 2) es más dudosa, y también podría pertenecer a un humano moderno. Ambos restos proceden, en principio, del nivel datado en unos 100.000 años. Sin embargo, la propia

Garrod admitía la posibilidad de que el esqueleto femenino fuera de edad posterior y correspondiera al nivel situado encima; las gentes del nivel superior, al hacer un hoyo para enterrar a la mujer, podrían haberla puesto en el nivel inferior.

Los neandertales de Kebara, Amud, y Dederiyeh son más recientes, entre 85.000 y 50.000 años. Estos fósiles son contemporáneos de los neandertales «clásicos» europeos. Si el esqueleto neandertal Tabun 1 perteneciera también a este período (lo que no es seguro), y la mandíbula Tabun 2 fuera de un humano moderno, entonces todos los datos apuntarían a que los antepasados de los humanos modernos ocuparon la región

primero, como una extensión de la población de África; luego habrían sido reemplazados por los neandertales. El arqueólogo Ofer Bar-Yosef piensa que los neandertales habrían invadido el levante en un momento de frío intenso en Europa, en el que se habría producido un desplazamiento de las poblaciones del centro de Europa hacia el Mediterráneo.

Finalmente, hace entre 45.000 y 50.000 años aparecen las industrias del Modo 4 (o Paleolítico Superior) en Oriente Próximo, y cabe suponer que sus autores fueran los humanos modernos que, procedentes de África, habrían sustituido a los neandertales, extendiéndose a continuación por el

resto del mundo y reemplazando a cuantas poblaciones humanas de otros tipos encontraron en su camino.

Hasta los confines orientales de Asia

Del mismo modo que nuestros antepasados llegaron hasta el Finisterre europeo reemplazando a la especie local, los humanos modernos también se expandieron hasta el extremo oriental de Eurasia y más allá, llegando a Australia hace más de 40.000 años. No se sabe con exactitud cuánto más, porque hay ciertas dudas acerca de las dataciones de los yacimientos arqueológicos más antiguos, pero muchos autores creen que los primeros humanos pusieron pie en

Australia hace más de 50.000 años. Un hecho interesante es que en los yacimientos australianos se encuentran utensilios del Modo 3, pero no del Modo 4, un dato que apoya la hipótesis de que el poblamiento de Australia podría haberse producido antes que el de Europa. Tal vez los antepasados de los aborígenes australianos salieran de África sin pasar por Palestina (donde estarían en ese momento los neandertales), sino cruzando el mar Rojo por el estrecho de Bab el Mandeb. Habrían tenido que navegar, pero con toda seguridad lo hicieron para alcanzar Australia, que siempre fue una isla (a diferencia de Java, no quedaba comunicada por tierra con el continente

cuando el nivel del mar bajaba en las épocas glaciales).

Algunos de los cráneos fósiles australianos son muy robustos, con toros supraorbitales incluso y frentes inclinadas. Hay autores como Alan Thorne que creen que estos rasgos indican que los aborígenes australianos actuales llevan genes de los últimos *Homo erectus* indonesios que los humanos modernos encontraron en su camino y con los que se habrían mezclado. Sin embargo, entre los fósiles más antiguos de Australia algunos son de tipo grácil, como los del Lago Mungo (entre 30.000 y 26.000 años), y otros robustos, como el ejemplar WLH 50 (Willandra Lakes), no datado pero que

podría ser de edad similar. Alan Thorne piensa que los fósiles robustos y los gráciles tienen procedencias distintas (con mayor o menor participación del *Homo erectus*), pero Peter Brown, otro investigador de los orígenes de los australianos, cree que ambos tipos forman parte de la variabilidad normal de una misma población.

A nuestro entender, lo más probable es que los aborígenes australianos no tengan nada que ver con las poblaciones que habitaban Asia oriental antes de la expansión de la humanidad moderna. A quienes en realidad recuerdan los fósiles australianos robustos no es a los de *Homo erectus*, sino a algunos de los

primeros humanos modernos de Israel y de Europa.

Esta expansión asiática de los humanos modernos tuvo, como en Europa, consecuencias fatales para las poblaciones autóctonas. En el extremo más oriental del mundo poblado por humanos, en la isla de Java, vivían los últimos *Homo erectus*, descendientes de las poblaciones representadas por los fósiles javaneses del Pleistoceno Inferior y Medio. De estos *Homo erectus* finales tenemos una magnífica colección de calvarias encontradas en las terrazas del río Solo en Ngandong. Por lo que se sabe, en la isla de Java, como en Europa, tuvo lugar un proceso de evolución local con cierto grado de

aislamiento geográfico y genético. Morfológicamente las calvarias de Ngandong muestran una clara continuidad evolutiva con los fósiles javaneses más antiguos, aunque se aprecia una cierta expansión cerebral (con capacidades entre 1.035 cc y 1.225 CC) que modifica algo la estructura del neurocráneo. La calvaria de Sambungmacan suele considerarse un buen ejemplo de fósil intermedio entre especímenes arcaicos como los de Trinil y Sangiran y los cráneos de Ngandong.

Tradicionalmente se ha pensado, a partir de la fauna y la geología de la región, que estos fósiles humanos de Ngandong pertenecían al Pleistoceno

Superior (menos de 127.000 años de antigüedad), mientras que la calvaria de Sambungmacan se suele considerar más antigua, con más de 200.000 años. Los *Homo erectus* de Ngandong serían, por tanto, contemporáneos de los neandertales y de los humanos modernos. De ser cierta esta cronología, habrían coexistido tres especies humanas diferentes hasta hace muy poco tiempo. Cari Swisher y otros colegas han obtenido dataciones por series de uranio y ESR en dientes de bóvidos asociados a los fósiles humanos de Ngandong y Sambungmacan. El resultado es del todo sorprendente, con un rango de edades entre 54.000 y 27.000 años. Pero una vez más es

preciso esperar a que se confirmen las nuevas dataciones, ya que hay importantes geocronólogos, como Christophe Falguères, que discrepan y consideran los fósiles de Ngandong, y sobre todo el de Sambungmacan, considerablemente más antiguos, todos ellos con más de 200.000 años de edad.

El origen africano del Homo sapiens

Ya hemos visto que los primeros humanos que, aunque con algunos rasgos arcaicos, eran básicamente como nosotros se encontraban en Oriente Próximo (Skhul y Qafzeh) hace entre 90.000 y 120.000 años. En Sudáfrica se conoce un yacimiento de más o menos la

misma antigüedad, llamado Klasies River Mouth, que ha proporcionado restos bastante fragmentarios, pero que pertenecen a humanos modernos. Hay en África otros fósiles con características modernas, como Omo-Kibish 1 y 3 (Etiopía) y Border Cave (Sudáfrica), que se consideran aproximadamente de la misma edad, aunque hay menos seguridad en las dataciones. En el norte de África se han hallado fósiles de características modernas asociados a una tradición local del Modo 3 (el Aterriense) en la cueva de Dar-es-Soltan II (Marruecos); su antigüedad es dudosa (entre 70.000 y 40.000 años), pero es probable que sea mayor que la del primer poblamiento de Europa por los

humanos modernos.

En torno a hace 1 m.a. hay un gran vacío de fósiles en África, en el que bien podría situarse una población del mismo tipo que la representada por los humanos de la Gran Dolina (*Homo antecessor*). Mientras que en los siguientes cientos de miles de años la población europea de *Homo antecessor* evolucionó hacia los neandertales, la población africana evolucionaría hacia nuestra especie (figura 12.1).

De ser esto así, nuestros orígenes remotos hay que buscarlos entre los fósiles africanos (de hace entre 600.000 y 250.000 años) que algunos autores incluyen, erróneamente, en la especie denominada *Homo heidelbergensis* (que

en realidad es exclusiva de Europa). Estos fósiles serían los de Bodo, Eyasi, Ndutu, Salé, Elandsfontein y Broken Hill (a este conjunto le correspondería el nombre de *Homo rhodesiensis*).

Algunos fósiles del continente asiático son similares, especialmente los de Dali y Jinniushan. Dos cráneos de Yunxian (China) bastante completos pero deformados podrían también incluirse en este grupo, así como un cráneo parcial encontrado en Narmada (India). En principio estas poblaciones procederían de África y habrían reemplazado en el continente asiático a los *Homo erectus*, tal vez cruzándose con ellos. De todas formas necesitamos conocer mejor estos fósiles y sus

cronologías para entender bien lo que sucedió en Asia.

Tanto los datos de la genética (que comentaremos más adelante) como de la paleoantropología muestran que nuestra especie es muy homogénea en sus características desde sus primeros representantes, lo que indica que procedemos de una población muy reducida que pertenecía a su vez a una especie más amplia y variada. Hay una serie de fósiles humanos en África, de hace menos de 300.000 y más de 10.000 años, que pueden calificarse ya de premodernos: Omo-Kibish 2 (Etiopía), Ngaloba 18 (Tanzania), Eliye Springs y ER 3884 (Kenia), Florisbad (Sudáfrica), y Jebel Irhoud 1 y 2 (Marruecos). De

alguna población africana de esta época venimos nosotros, sin que se pueda decir todavía de cuál. Los fósiles citados tienen, los que las conservan, caras gráciles y parecidas a las nuestras, grandes volúmenes cerebrales (por encima de 1.350 cc) y neurocráneos que han perdido robustez y muestran formas redondeadas (con, por ejemplo, occipitales menos angulados que en formas precedentes). Sin embargo, como indica Giorgio Manzi, todavía no se ha operado en ellos la transformación radical que convirtió, seguramente en un único lugar y tiempo, un neurocráneo más bien bajo y de frente aplanada en uno globoso, enrollado sobre sí mismo, casi esférico, de bóveda alta y frente

vertical: el nuestro.

Figura 14.1

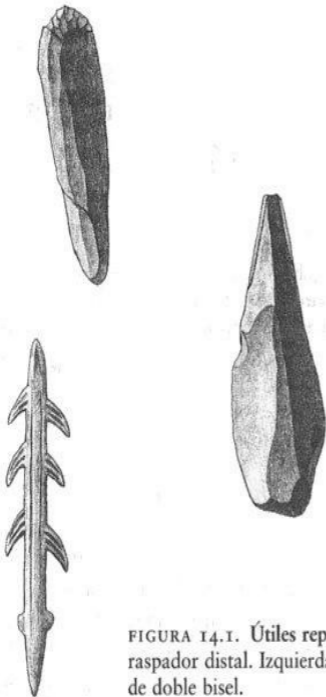


FIGURA 14.1. Útiles representativos del Modo 4. Arriba, raspador distal. Izquierda, azagaya de hueso. Derecha, buril de doble bisel.

Figura 14.2



FIGURA 14.2. Reconstrucción de una cabeza de mujer del yacimiento de Jbel Qafzeh.

CAPÍTULO 15

El origen de la humanidad moderna: la evidencia genética

El valor y la utilidad de un experimento dependen de lo apropiado que sea el material para el objeto con que se emplea.

GREGOR MENDEL, *Experimentos de hibridación en plantas*.

Una idea luminosa

Uno de los aspectos más controvertidos en el campo de la paleontología humana ha sido desde

siempre el del origen de la humanidad actual. Para un buen número de paleoantropólogos, como Gunter Bráuer y Christopher Stringer, los humanos modernos se originaron en África hace entre 300.000 y 100.000 años. A partir de esta cuna africana, nuestra especie se expandió por el resto del Viejo Mundo y reemplazó a las distintas humanidades (neandertales y *Homo erectus*) que habían aparecido como resultado de evoluciones locales, en condiciones de aislamiento reproductor, en Europa y Asia. Esta hipótesis ha sido bautizada con el nombre de *Out of Africa* en referencia al hermoso libro de Isak Dinesen (traducido al castellano como *Memorias de Africa*) en que se basó la

película del mismo nombre.

Por otra parte, la idea de que neandertales y humanos modernos no forman una secuencia de tipo antecesor descendiente, sino que pertenecen a dos líneas evolutivas independientes separadas desde muy antiguo, también ha sido defendida por distintos paleoantropólogos, desde que fuera expuesta en 1912, por Pierre Marcelline Boule (1861-1942).

En los capítulos precedentes hemos seguido estos planteamientos en cuanto al origen de la humanidad moderna y de sus relaciones evolutivas con los neandertales ya que, en nuestra opinión, la evidencia fósil los confirma plenamente.

Sin embargo, también es cierto que otros paleoantropólogos aprecian, en los mismos fósiles, evidencias de un origen múltiple y muy antiguo de la humanidad moderna. Para estos investigadores, cada una de las distintas poblaciones humanas que ocuparon el Viejo Mundo desde la primera salida de África, hace más de 1 m.a., evolucionaron en cada región geográfica para dar lugar a las poblaciones humanas (las diferentes «razas» en una terminología más clásica) que hoy día pueblan el globo.

En su formulación original, esta hipótesis, defendida por Franz Weidenreich y Carleton Coon (1904-1981) entre otros, contemplaba que cada línea humana había evolucionado

independientemente y en paralelo con las otras. Esta visión no es darwinista ya que postula que poblaciones distintas que evolucionan por separado en medios dispares acaban confluyendo en la misma especie. Para salvar este problema, la versión moderna, cuyos principales paladines son Milford Wolpoff y Alan Thorne, propone la existencia de un *flujo génico* entre todas las poblaciones pleistocenas distribuidas a lo largo de África, Asia y Europa. Este flujo génico habría sido de una magnitud suficiente como para mantener la homogeneidad de la especie humana dispersa por tres continentes, pero no tan intenso como para disipar ciertos rasgos que caracterizan a los humanos de cada

región. Esta hipótesis se conoce en la actualidad como hipótesis del *origen multirregional*.

La causa principal de que puedan mantenerse hipótesis contradictorias referidas al origen de los humanos modernos no es otra que la naturaleza del registro fósil. Los paleontólogos intentan desentrañar un proceso que tuvo lugar a lo largo de centenares de miles de años en tres continentes y que implicó a millares de individuos. Para acometer tamaña tarea no cuentan más que con un puñado de fósiles, a menudo fragmentarios, aislados y dispersos en el tiempo y el espacio. Sin duda, son más vastas las lagunas del registro que los aspectos conocidos.

El descubrimiento de nuevos fósiles, la datación precisa de éstos y el conocimiento cada vez más profundo de la biología de las especies son las herramientas de las que se valen los paleontólogos para ir contrastando sus hipótesis. Pero este procedimiento es lento y tortuoso y depende en buena medida del azar propio de los hallazgos paleontológicos. Lo ideal sería poder recurrir a datos procedentes de un campo independiente de la paleontología para poner a prueba las hipótesis surgidas del estudio de los fósiles; pero ¿adonde acudir en busca de dichos datos?

El conocimiento que hemos alcanzado a lo largo de este siglo sobre

los mecanismos de la herencia genética nos ha permitido plantearnos una manera nueva de enfocar el problema de la historia evolutiva de las especies. La idea es tan simple como luminosa: no importa que haya pocos fósiles de las especies del pasado, puesto que el material genético de las especies vivas contiene las claves de su propia historia evolutiva; sólo es preciso saber dónde mirar.

Ya vimos un ejemplo de este planteamiento en el capítulo dedicado al origen de los homínidos y sus relaciones con gorilas y chimpancés. Pero el problema del origen de la humanidad moderna es diferente porque sólo sobrevive una de las especies

involucradas en el proceso y, por tanto, únicamente de ella disponemos de material genético (con una sola excepción que abordaremos más adelante en este mismo capítulo). Los estudios genéticos dedicados a esclarecer el origen de la humanidad moderna buscan determinar la estructura genética de la humanidad actual, a partir de la cual es posible realizar inferencias sobre el cómo, el cuándo y el dónde de nuestro origen.

Las moléculas de la herencia

La molécula responsable de la herencia biológica es el ácido desoxirribonucleico (ADN), que lleva

codificada en su estructura química la información necesaria para asegurar la continuidad de las especies. El ADN de las células está organizado en unidades discretas llamadas *cromosomas*, que en el caso de las células de los animales están albergados en el interior del núcleo celular. Cada especie tiene un número determinado de cromosomas; los humanos tenemos 23 pares distintos de cromosomas homólogos, o sea, 46 cromosomas en total.

Cuando se producen los gametos (óvulos y espermatozoides) tiene lugar un tipo de división celular muy especial conocido como *meiosis*, como resultado del cual cada gameto sólo recibe una copia de cada cromosoma; es decir, que

a diferencia de las demás células del cuerpo, nuestros gametos sólo tienen 23 cromosomas, uno de cada tipo. Este proceso tiene un significado evidente: si los gametos portaran el mismo número de cromosomas que el resto de las células del organismo, la célula huevo, resultante de la fusión de dos gametos, tendría el doble de cromosomas que las células de sus progenitores, con lo que el número de cromosomas de una especie no sería constante a lo largo del tiempo sino que se doblaría en cada generación.

Durante la meiosis tiene lugar un fenómeno muy importante llamado *recombinación*, que consiste en el intercambio de fragmentos de ADN

entre los cromosomas homólogos de cada par. Como resultado se obtienen dos cromosomas recombinantes cuya información genética es una mezcla de la de los cromosomas paterno y materno. El fenómeno de la recombinación es muy valioso en términos evolutivos ya que al mezclar la información procedente de cada progenitor aparecen combinaciones genéticas nuevas. La recombinación es junto a la mutación el principal factor de producción de variabilidad en los organismos, que es la base sobre la que actúa la selección natural.

El par cromosómico 23 es diferente de los demás pares porque está formado por dos cromosomas distintos en el caso

de los varones. En este par de cromosomas es donde reside la información genética que determinará el sexo de las personas. Los cromosomas del par 23 pueden ser de dos tipos: un cromosoma con forma de «X» (que recibe ese nombre, cromosoma X) y otro, más pequeño, con forma de «Y» (que se denomina cromosoma Y). Las mujeres siempre presentan dos cromosomas X en el par 23, mientras que los varones tienen un cromosoma X y un cromosoma Y en dicho par; así, las mujeres son XX y los varones XY.

La Eva Negra

Nuestras células obtienen su

energía a través de una serie de reacciones químicas muy complejas, la mayor parte de las cuales, en especial aquellas en las que interviene el oxígeno, tienen lugar en el interior de una serie de pequeños orgánulos llamados *mitocondrias*. Además de por este importante papel en la vida celular, las mitocondrias son extraordinarias por otra característica: son los únicos orgánulos de la célula animal que poseen su propio material genético.

El ADN de una mitocondria está contenido en un cromosoma circular más pequeño que los cromosomas del núcleo de la célula, y muy parecido al de las bacterias. El ADN mitocondrial es ideal para los estudios evolutivos por dos

razones: en primer lugar porque toda su variabilidad se debe en exclusiva a las mutaciones, ya que no sufre el proceso de recombinación; y en segundo término porque los orgánulos de la célula huevo proceden únicamente del óvulo materno y se transmiten de manera matrilineal (en el proceso de fecundación el espermatozoide sólo aporta sus cromosomas nucleares, por lo que la célula huevo es el propio óvulo más los cromosomas nucleares del espermatozoide).

De este modo, podemos seguir la ascendencia de un cromosoma mitocondrial, de mujer en mujer, a través de las generaciones. El ADN de las mitocondrias (ADNmt, en lo

sucesivo) de cualquiera de nuestras células puede identificarse con un único antecesor en cada generación: nuestra madre, nuestra abuela materna, sólo una de nuestras cuatro bisabuelas (la madre de nuestra abuela) y así sucesivamente.

De manera ingenua, se podría suponer que los genéticos analizan la totalidad del ADNmt de cada individuo a la búsqueda de sus peculiaridades para compararlas con las de otras personas, pero lo cierto es que esta tarea requeriría una gran cantidad de tiempo, medios y esfuerzo. En realidad, los estudios sobre la variabilidad del ADNmt se circunscriben a regiones concretas. Las regiones elegidas deben presentar variabilidad, que se manifiesta

por la existencia de una serie de tipos diferentes de ADNmt (polimorfismo); las diferentes poblaciones humanas modernas pueden ser caracterizadas por la frecuencia en que se presentan, en cada una de ellas, los correspondientes tipos.

Aunque no fue el primer trabajo publicado sobre la variación del ADNmt en humanos, el artículo aparecido el primer día del año 1987 en la revista *Nature* y firmado por Rebecca Cann, Mark Stoneking y Allan Wilson supuso una auténtica conmoción en los estudios sobre el origen de la humanidad moderna. En dicho trabajo se presentaban los resultados de un extenso estudio realizado a partir del ADNmt de

ciento cuarenta y siete personas procedentes de cinco grandes grupos humanos diferentes (caucásicos, asiáticos, africanos, aborígenes australianos y aborígenes de Nueva Guinea). La amplitud de la muestra, unida a la gran extensión de la porción del ADNmt estudiada (que representaba alrededor del 9% del total del cromosoma mitocondrial), contribuyeron al gran impacto del artículo.

Los resultados de este trabajo pueden resumirse en dos puntos principales (en los que también coincidían las investigaciones, más limitadas, sobre el ADNmt realizadas por otros autores en años anteriores).

En primer lugar, se apreciaba la

existencia de dos grandes grupos en cuanto al parecido de los ADNmt. En uno de ellos se encontraba solamente ADNmt de origen africano, mientras que en el otro aparecían los ADNmt del resto de las procedencias junto con algunos ADNmt de origen africano.

El segundo resultado fundamental del estudio se refería a la *variabilidad dentro de cada grupo*. Los ADNmt del grupo africano mostraban más diversidad entre sí que la existente dentro del grupo que incluía al resto de ADNmt. Esta situación fue interpretada como evidencia de que el grupo africano era el más antiguo de todos. El que la diversidad encontrada entre los ADNmt de un grupo pueda usarse como medida

de su antigüedad se basa en la presunción de que cuanto más antiguo sea dicho grupo más tiempo habrá tenido para acumular mutaciones, dando lugar a más tipos diferentes de ADNmt.

Finalmente, los autores del artículo calcularon el tiempo transcurrido desde que se produjo la separación de todas las líneas de ADNmt en alrededor de 200.000 años, momento en el que vivió en África la mujer hasta la que podían remontarse dichas líneas.

Las conclusiones del trabajo de Cann, Stoneking y Wilson saltaron a los medios de comunicación y fueron inmediatamente bautizadas como la hipótesis de la Eva Negra (en alusión al origen africano de nuestra especie), pero

también fueron puestas enseguida en tela de juicio.

Las principales objeciones a la hipótesis de Cann y sus colaboradores se refieren sobre todo a la interpretación que estos autores hicieron de sus resultados y al modo en que estimaron el tiempo.

Respecto de las críticas dirigidas a la interpretación de los resultados, destacan dos argumentos. El primero incide en el hecho de que, por la naturaleza de su transmisión matrilineal, es esperable que se vayan perdiendo líneas de ADNmt a lo largo del tiempo debido exclusivamente al azar (por ejemplo, el ADNmt de aquellas mujeres que sólo alumbren varones dejará de

estar representando en la población), lo que explicaría, sin más, la poca variabilidad de las poblaciones extra-africanas.

Otra crítica hace referencia a que los estudios de ADNmt pueden ofrecer una visión sesgada de la historia evolutiva de la humanidad, ya que sólo contemplan la historia de las mujeres, que podría no ser la misma que la del conjunto de la población.

Estas objeciones han tenido sus correspondientes réplicas y contrarréplicas, involucrando a un elevado número de científicos. Puesto que todos los argumentos expuestos son razonables, la única manera de resolver el problema es la de buscar nuevas

evidencias estudiando el ADN nuclear.

Respecto del cálculo del tiempo transcurrido desde el origen de la humanidad moderna, volveremos sobre este punto más adelante en este mismo capítulo.

Un Adán para Eva

La mejor manera de contrastar los resultados e interpretaciones realizadas a partir del estudio del ADNmt, consiste en estudiar la variabilidad de una parte del ADN nuclear que se transmita por vía paterna y que, como en el caso del cromosoma de la mitocondria, no experimente recombinación. El único cromosoma nuclear que cumple estas

características es el cromosoma Y.

Algunos de los polimorfismos detectados en el cromosoma Y tienen la característica de que su variabilidad puede resumirse en unos pocos tipos (o *haplotipos*) entre los que es posible determinar cuál es el primitivo (por comparación con la condición presente en los antropomorfos). Esta situación supone una valiosa novedad respecto de los trabajos anteriores realizados con el cromosoma mitocondrial, en los que se deducía cuál era el tipo primitivo a partir de la distribución de los distintos tipos de ADNmt entre las poblaciones estudiadas.

Los resultados de distintos análisis sobre diferentes polimorfismos del

cromosoma Y apuntan todos en la misma dirección: la humanidad moderna tuvo un antepasado varón que vivió en África hace entre 100.000 y 200.000 años. Los dos estudios más recientes, realizados por los equipos encabezados por Michael Hammer y Peter Underhill, llegan aún más lejos y señalan a los khoisánidos (los bosquimanos) como la población humana con las frecuencias más altas de haplotipos primitivos.

Pero además de estos resultados referidos al origen de nuestra propia especie, los estudios sobre el cromosoma Y nos han aportado información muy valiosa sobre otros aspectos de nuestra historia evolutiva. En primer lugar, que la salida de África

no fue en una única «oleada» sino que se produjeron al menos dos en distintas épocas. La primera de ellas tuvo lugar hace más de 50.000 años y colonizó Asia y Australia, mientras que a Europa llegó otra «oleada» posterior. Estos resultados coinciden con los datos de la arqueología que, como ya hemos visto, apuntan a que el poblamiento de Australia por la humanidad moderna fue anterior al de Europa.

Pero el aspecto que quizá resulte más llamativo al comparar los estudios sobre el ADNmt y el cromosoma Y sea que, mientras que las distintas variantes del ADNmt están muy extendidas por todo el mundo, los diferentes tipos del cromosoma Y presentan distribuciones

geográficas más limitadas y muchos de ellos aparecen restringidos a grupos locales. Según Luigi Cavalli-Sforza, estos datos admiten una interpretación atrevida: que han sido las mujeres las que han llevado sus genes por todo el mundo, mientras que los varones han permanecido preferentemente en su grupo natal; o sea, sociedades de tipo *patrilocal*. Cabe recordar la hipótesis de Rob Foley, que ya comentamos en el capítulo dedicado a la biología social, de que los primeros homínidos formaban, al igual que los chimpancés, sociedades patrilocales de machos emparentados.

Los otros cromosomas

Aunque los análisis realizados sobre el cromosoma mitocondrial y el cromosoma Y llegan a conclusiones similares, es posible argumentar que estos resultados están basados en estudios limitados a una pequeña parte del ADN de una persona y, además, circunscritos a cromosomas muy especiales, dada su especial vinculación a uno u otro sexo. Legítimamente, cabe preguntarse si la «historia evolutiva» del resto de los cromosomas también apoyará el origen africano o, si por el contrario, mostrará un panorama más diverso.

El investigador James Wainscoat

fue uno de los pioneros en el estudio del origen de la humanidad moderna a partir del ADN nuclear. Trabajando sobre la distribución de cinco polimorfismos en la región del gen de la hemoglobina para ocho grupos humanos, Wainscoat y su equipo publicaron en 1986 que todas las poblaciones humanas modernas derivaban de una población ancestral africana de hace unos 100.000 años, y cuyos efectivos habrían estado en torno a los seiscientos individuos. En esta misma línea se encontraban también las conclusiones que Luigi Cavalli-Sforza y sus colaboradores dieron a conocer en 1988 a partir del análisis de la distribución de 120 marcadores genéticos (proteínas codificadas por el

ADN nuclear tales como los grupos sanguíneos) en cuarenta y dos poblaciones humanas. El origen africano, hace alrededor de 100.000 años, de la humanidad moderna fue corroborado de nuevo en 1991 por un amplio estudio en polimorfismos del ADN nuclear realizado por dos equipos encabezados por Luigi Cavalli-Sforza, y Judith y Kenneth Kidd.

Parque Pleistoceno

El famoso libro de Michael Crichton *Parque jurásico*, que dio pie a la saga de películas del mismo nombre dirigidas por Steven Spielberg, está basado en la posibilidad de recuperar

ADN intacto a partir de restos fósiles. Cuando Crichton escribió su libro se acababan de publicar una serie de artículos científicos que daban cuenta del hallazgo de ADN de dinosaurios a partir de insectos fosilizados en ámbar hace cerca de 100 m.a. Sin embargo, hoy día estos trabajos están completamente desprestigiados y se ha comprobado que el ADN encontrado procedía de contaminación moderna. Más aún, se ha demostrado que no es posible encontrar ADN fósil tan antiguo por la sencilla razón de que esta molécula no se conserva inalterable tanto tiempo; ni siquiera el ámbar puede evitar la oxidación del ADN y su consiguiente deterioro.

El ADN más antiguo que se ha recuperado en fósiles tiene una antigüedad mucho más modesta que la de los dinosaurios de *Parque jurásico*; se trata de ADNmt de mamuts conservados en los hielos de Siberia entre hace 50.000 y 100.000 años. Las bajas temperaturas parecen haber favorecido la conservación del ADNmt de los mamuts y no se espera hallar nada semejante fuera de ambientes tan especiales como el helado suelo siberiano.

Uno de los principales problemas para los «paleontólogos del ADN» (aparte de la propia existencia de ADN fósil) consiste en evitar la contaminación de ADN moderno debida

a la manipulación inherente a la excavación, restauración, estudio y otras labores que se llevan a cabo sobre los fósiles. Un buen ejemplo de esta situación han sido los esfuerzos para aislar ADNmt del popular Hombre del Hielo del Tirol (de hace 5.000 años). Los primeros intentos toparon con la presencia de ADN moderno contaminante, y se hizo preciso refinar las técnicas para encontrar ADNmt que no ofreciera dudas sobre su autenticidad.

Aunque los resultados alcanzados con el estudio sobre el ADNmt del Hombre del Hielo fueron de alcance modesto (se demostró que su ADNmt pertenecía a un tipo característico de las

poblaciones centroeuropeas), sí se obtuvieron lecciones muy valiosas sobre las técnicas y controles necesarios para soslayar el problema de la contaminación con ADN humano moderno.

Contando con estos nuevos procedimientos, un equipo internacional (formado por Matthias Krings, Anne Stone, Ralph Schmitz, Heike Krainitzki, Mark Stoneking y Svante Pääbo) decidió abordar la búsqueda de ADNmt en fósiles neandertales. Para ello tomaron muestras en el ejemplar tipo de esta especie: el esqueleto de *Neandertal*. Su estudio se planeó con mucho cuidado y estuvo precedido de todas las precauciones, tanto para evitar en lo

posible la contaminación como para no destruir inútilmente un fragmento de tan valioso fósil. La muestra (de 3,5 g) se tomó de un lugar en teoría inaccesible a la contaminación: la parte interna de uno de los huesos, concretamente del húmero derecho del fósil.

El siguiente paso en el estudio consistió en analizar la estructura de los fragmentos de ADNmt presuntamente neandertales. La molécula de ADN está formada por la unión de miles de unidades menores conocidas como nucleótidos, de las que en el ADN hay sólo cuatro tipos distintos. La estructura de un fragmento de ADN no es otra cosa que la secuencia de nucleótidos que lo constituyen; de modo que el trabajo en

este punto consistió en determinar dicha secuencia en los distintos fragmentos de ADNmt encontrados en la muestra tomada en el fósil^[5]. Muchos de dichos fragmentos presentaban secuencias iguales en una parte de su longitud, es decir que se solapaban, lo que permitía restablecer la secuencia del segmento original del que procedían. Así, tras tres meses de intenso trabajo, fue posible reconstruir la secuencia de un segmento de 379 nucleótidos a partir de 123 fragmentos diferentes. Esta secuencia correspondía a la región I del segmento de control del ADNmt.

Pues bien, los autores de la investigación compararon la secuencia del ADNmt procedente del fósil con 16

tipos de ADNmt de chimpancé y 986 tipos pertenecientes a distintas poblaciones humanas modernas, obteniendo unos resultados de extraordinario valor. En primer lugar, determinaron que los chimpancés y los humanos difieren, en promedio, en 55 posiciones de la secuencia de bases, mientras que el ADNmt objeto del estudio muestra una diferencia promedio de 27 posiciones con los humanos modernos. Además, establecieron que en la muestra de humanos modernos la diferencia promedio es sólo de 8 posiciones. Es decir, que el ADNmt del fósil es lo suficientemente parecido a nosotros como para admitir que procede de un ser humano pero tan distinto como

para rechazar que pertenezca a un ser humano actual, lo que descarta la posibilidad de la contaminación y confirma su procedencia: un auténtico fragmento de ADNmt de un neandertal.

El hecho de que la diferencia promedio entre el ADNmt neandertal y el de los humanos modernos sea más de tres veces mayor que la diferencia promedio existente en estos últimos (27 posiciones frente a 8), ha llevado a los autores de la investigación a la conclusión de que la separación entre ambos linajes se produjo en un momento muy alejado en el tiempo^[6]. Para determinar la antigüedad de dicho suceso, los autores del estudio emplearon una tasa de mutación

determinada a partir del promedio de cambios existente entre los humanos modernos y los chimpancés (55), y el tiempo que se supone que ha pasado desde la separación de las dos líneas. Sus cálculos resultaron en una antigüedad de entre 550.000 y 690.000 años para la divergencia neandertales/humanos modernos y de entre 120.000 a 150.000 años para el origen de la diversidad humana actual.

Los resultados sobre la antigüedad de la humanidad reciente concuerdan con aquéllos procedentes de los estudios sobre el ADNmt, el cromosoma Y y otros cromosomas nucleares. Como aspecto colateral del análisis, también los ADNmt de humanos actuales de

origen africano aparecen como ancestrales de los del resto de las poblaciones humanas modernas.

Aparte del refuerzo que este estudio supone para el origen único y africano de la humanidad actual, hay otro aspecto de especial relevancia que merece ser destacado. La divergencia de los neandertales y de los humanos modernos es llevada mucho más atrás de lo que la mayoría de los autores dedicados al estudio de los fósiles proponían hasta ese momento. Sin embargo, tal antigüedad sí es compatible con los resultados de nuestras investigaciones sobre los fósiles humanos de Atapuerca, tanto de la Sima de los Huesos como del nivel 6 de Gran

Dolina. Como ya hemos comentado con anterioridad, los fósiles de Gran Dolina, de una edad próxima a los 800.000 años, representan a la especie antecesora de los linajes de los neandertales y humanos modernos: *Homo antecessor*.

Quizás el descubrimiento del ADNmt fósil de los neandertales dé lugar a una nueva novela dedicada a la clonación de individuos neandertales. Sin embargo, una de las consecuencias que se pueden extraer de nuestro mejor conocimiento sobre el ADN fósil es que no hay posibilidades de encontrar la suficiente cantidad de ADN nuclear que nos permita soñar con la versión pleistocena del libro de Crichton.

Fósiles y moléculas

Con frecuencia, se ha presentado a la opinión pública la idea de que los estudios genéticos han permitido, por sí mismos, descubrir el cómo, cuándo y dónde de nuestro origen. Sin embargo, tal como planteábamos al comienzo de este capítulo, las principales hipótesis referidas al cuándo y al dónde han sido propuestas a partir del estudio de los fósiles y fueron planteadas con anterioridad al comienzo de los estudios genéticos.

En este contexto, los estudios genéticos han reforzado la hipótesis que sostiene el origen africano de la humanidad moderna (hipótesis «Out of

Africa»). Además, los análisis genéticos también han corroborado la opinión de muchos paleontólogos de que los neandertales no estuvieron, directa o indirectamente, en nuestra ascendencia evolutiva, sino que ambas humanidades compartimos un antepasado común ciertamente lejano en el tiempo.

Un aspecto notable en el que los estudios genéticos sí han arrojado luz por sí mismos se refiere al cómo de nuestro origen. La escasa diversidad genética que se aprecia en las poblaciones humanas extraafricanas nos informa de la existencia de un fenómeno evolutivo conocido como «cuello de botella» en el momento de la salida de África de nuestra especie. Los «cuellos

de botella» se producen cuando una población biológica está originada a partir de un número relativamente reducido de individuos que sólo portan una fracción de la diversidad genética de la población matriz. Como consecuencia de ello, la población derivada sólo recibe una parte de dicha diversidad.

Un buen ejemplo de este fenómeno lo podemos encontrar en la población bóer de Sudáfrica, originada en su mayor parte por un puñado de pioneros holandeses llegados durante el siglo xvii. Hay constancia histórica de que uno de aquellos colonos, llegado en 1688, padecía de una rara enfermedad genética conocida como *porfiria*; pues

bien, hoy día la frecuencia de dicha enfermedad en la población sudafricana de origen bóer es varios cientos de veces superior a la de cualquier otra población humana.

Del mismo modo, la gran homogeneidad genética de las poblaciones no africanas delata que los grupos humanos modernos que colonizaron Asia y Europa estuvieron formados por una pequeña fracción de la población africana original.

El número de pioneros también puede establecerse con cierta fiabilidad. Un equipo de genéticos, entre los que se encuentra el investigador de origen español Francisco Ayala, ha analizado la variabilidad existente en la

humanidad moderna en los genes responsables del complejo principal de histocompatibilidad o sistema HLA, que participa en la defensa ante las invasiones microbianas gracias a su capacidad para reconocer proteínas extrañas al organismo.

Estos genes se sitúan en el cromosoma G y presentan una extraordinaria variabilidad, que permite que el sistema HLA reconozca como extrañas a un gran número de moléculas. La variación existente en la humanidad actual nos informa que el «cuello de botella» por el que pasaron nuestros antepasados no fue demasiado severo, porque de lo contrario la variabilidad en el sistema HLA sería mucho menor.

Según estos investigadores, el número de colonizadores que salieron de África hubo de ser mayor de 500 individuos y muy probablemente en torno a 10.000 personas.

Si bien los estudios genéticos han servido para contrastar las hipótesis paleontológicas referidas al dónde del origen de los humanos modernos y han resultado de especial valía como fuente de información nueva sobre el cómo de dicho origen, no han sido tan elocuentes en la cuestión del *cuándo* de nuestra aparición.

Respecto de las medidas del tiempo que se efectúan en los estudios genéticos, los llamados «relojes moleculares», sus resultados son

siempre problemáticos porque se basan en una serie de asunciones muy discutibles, que ya comentamos en el capítulo dedicado al origen de los homínidos (la presunción de que la tasa de mutación es constante o de que las regiones del ADN estudiadas son neutras respecto de la acción selección natural).

Quizá las críticas más consistentes al establecimiento de los «relojes moleculares» sean las que ponen en duda las tasas de mutación empleadas para realizar los cálculos del momento en que se originó la humanidad moderna. En el propio artículo de Cann, Stoneking y Wilson se reconoce que no es posible establecer de manera fiable el tiempo

transcurrido a partir, exclusivamente, de la variabilidad del propio ADNmt. Estos autores, como todos los demás, ajustan sus «relojes moleculares» empleando el propio registro fósil, por lo que no pueden invocarse sus resultados para contrastar las hipótesis elaboradas a partir de los fósiles. En este aspecto, paleontología y genética no son fuentes independientes.

A finales del siglo xx, nuestra visión sobre el origen de la humanidad moderna es mucho más completa de lo que cabía suponer hace apenas veinte años. Nuestra certidumbre sobre el lugar y el momento en que se produjo la génesis de nuestra especie ha aumentado considerablemente y hemos progresado

mucho en cuanto al esclarecimiento del modo en que tuvo lugar el proceso. Contra lo que pensaban algunos, las moléculas no han venido a sustituir a los fósiles en los estudios sobre la evolución de la humanidad. Los distintos enfoques de la paleontología y la genética nos han permitido contemplar los problemas desde diferentes perspectivas, enriqueciendo nuestro conocimiento de la historia evolutiva de la especie *Homo sapiens*.

Patrones de belleza

Hasta aquí hemos hablado del pasado de nuestra especie, pero ¿cuál es su futuro? Muchas personas opinan que

al depender, gracias a las máquinas, cada vez menos de la fuerza física para ganarnos el sustento y cada vez más de nuestra inteligencia, los órganos correspondientes se verán afectados en el futuro. Así, con frecuencia se representa al humano del mañana con una cabeza muy grande y un cuerpo atrofiado; o mejor sería decir con un cerebro superdesarrollado, porque la cara y los dientes también se pintan reducidos. En resumidas cuentas, un ser muy poco atractivo de acuerdo con los cánones de belleza griegos. No se suele precisar cuándo llegaremos a convertirnos en criaturas tan poco atléticas, aunque, eso sí, muy inteligentes, pero parece que al ritmo

que vamos los patrones de belleza tendrán que cambiar con mucha rapidez (¡adiós al 90-60-90!).

Pero ¿es posible que la selección natural actúe todavía sobre nosotros y pueda determinar el curso futuro de la evolución humana? Que nuestra especie está sometida a selección natural, como todas las demás, es algo fuera de toda duda. Los individuos con graves taras genéticas no llegan a adultos y no se reproducen, y muchos mueren en el útero sin llegar a nacer. Pero tal selección normalizadora, que elimina individuos extremos, no modifica la especie. Para que ésta evolucione en una dirección concreta hace falta mucho tiempo y que los individuos con determinadas

características se reproduzcan más que los demás, cosa que en apariencia no se está produciendo, al menos a gran escala. Además, la tecnología nos permite adaptarnos rápidamente a vivir en toda clase de ambientes, incluyendo la Luna, sin cambiar nuestra morfología. La adaptación por medio de la selección natural es mucho más lenta (y más limitada). Sin ir más lejos, gracias a la escritura primero y la informática ahora, nuestro cerebro ya no tiene que crecer para acumular más información y procesarla.

Por otro lado, nuestra especie es ya muy numerosa, con lo que presenta una gran inercia genética o resistencia a los cambios, que se diluyen como gotas de

agua en el océano. Se producirá, eso sí, un fenómeno interesante que contradice la trayectoria de la humanidad en los últimos miles de años; las poblaciones humanas, que se han ido aislando unas de otras y diferenciando en razas, están empezando a mezclarse entre sí e intercambiar genes, con lo que es seguro que tendrán lugar nuevas combinaciones genéticas, sin que eso quiera decir que la especie vaya a cambiar sustancialmente en el futuro más próximo.

Queda por último por mencionar un factor inquietante. Desde que descubrimos la selección artificial hace 10.000 años con la agricultura y la ganadería, siempre hemos podido

modificarnos a nosotros mismos igual que hemos hecho con las razas de animales. No parece que esto haya ocurrido a una escala importante. Ahora, sin embargo, con nuestro conocimiento de la genética empezamos a tener la posibilidad real de modificar nuestros propios genes de forma mucho más rápida y radical que con la selección artificial (y mucho más aún de como lo hace la selección natural). La manipulación genética, que puede liberarnos de taras y enfermedades, puede también dirigirse hacia otros objetivos. Pero, en todo caso, éste es un instrumento, como todos los que la ciencia pone a nuestra disposición, que es nuestra responsabilidad controlar.