

Evolución humana y el ADN mitocondrial (II)

Hernán Amat Olazábal

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
maheramo@yahoo.com

RESUMEN

En el presente ensayo nos proponemos mostrar un recorrido por la historia de nuestros antepasados desde que nos separamos del linaje de los chimpancés, hace 5 a 6 millones hasta la aparición del Homo sapiens, resultado de una serie de cambios evolutivos trascendentales. Tratamos de presentar los estudios más recientes acerca de la evolución humana y el ADN mt, que evidencia que todos procedemos desde África, y en un época pródiga en descubrimientos paleontológicos y arqueológicos y de debate permanente en torno a la evolución humana, cada hallazgo obliga a dibujar nuevas ramas en el árbol genealógico de la especie humana. El lector puede guiarse por los itinerarios prefijados para entender u tema polémico, conocer una teoría general o reconstruir una historia, participando de alguna forma en la crítica de las teorías formuladas recientemente.

PALABRAS CLAVE: Evolución, taxonomía, filogenia, genes, cromosomas, genoma, genética, extinción, ADN, mitocondrias, selección natural, deriva genética, mutación, migración.

ABSTRACT

Whit this essay, we want to show a history summary of our predecessors since we tout of the chimpanzee lineage 5 or 6 millions of years ago until the appearance of the Homo sapien sapiens, as a result of many significant evolutionary changes. Also we present the most important researches of the last three decades about the human evolution, the genetic of population and the AND mt., proving that everybody came from Africa. In this time of significant paleontology and archaeology discoveries that generate permanent discussions around the human evolution, each discovery compels us to draw new branches of the genealogical tree of the human being. The reader can follow the predetermined itinerary to understand such a polemic topic, meet one general theory or remake a specific history, taking part in the critics to the resents theories.

KEY WORDS: Evolution, taxonomy, filogenia, genes, chromosomes, genome, genetics, extinction, DNA, mitocondrias, natural selection, derive genetics, mutation, migration.

El lenguaje

Con el desarrollo de la capacidad del habla, el ser humano superó la última gran barrera de su evolución. Desde el momento que sabe hablar es un ser humano completo, mucho más gregario y dotado para comunicarse con sus semejantes.

Para tener la capacidad de hablar, necesitamos dos cosas esenciales. En primer lugar, el cerebro debe tener regiones adecuadas para la planificación y la comprensión del lenguaje. Por otro lado, es necesario tener un aparato fonador capaz de producir sonidos articulados y modulados. En el hemisferio izquierdo de nuestro cerebro se localizan el *área de Broca* (tercera circunvolución frontal) y el *área de Wernicke* (entre la circunvolución temporal superior y el lóbulo parietal del cerebro).

Estas regiones cerebrales están conectadas entre sí y reciben o envían información al aparato fonador. Cuando queremos comunicar algo a otras personas mediante el lenguaje, enviamos información a todos los músculos que mueven los labios, la lengua, el paladar y la cara para que articulen de una manera ordenada y secuenciada los sonidos que producimos con el aparato fonador. El *área de Broca* se encarga de la construcción y planificación del habla, mientras que el *área de Wernicke* permite que comprendamos los sonidos que producimos e interpretemos su contenido o significado.

Entre las cualidades más relevantes del *Homo sapiens sapiens* se cuenta, sin duda alguna, *el lenguaje*, es decir, la facultad de comprensión a través de palabras que tienen un contenido y un significado muy concreto. La importancia del lenguaje humano es de tal trascendencia que apenas podemos exagerarla. Hasta la invención de la escritura, hace más de seis mil años, el lenguaje constituía el medio de comunicación más importante entre los seres humanos. No poder hablar entre los unos con los otros significaba no poder comprenderse bien. El lenguaje era y es la extraordinaria posibilidad de comunicación, de comprensión y al mismo tiempo de delimitarse. Se convertía en delimitación cuando el contenido de las palabras, la pronunciación, o bien las formas de expresión diferían en tal medida de otros que tan solo aquellos que dominaban el lenguaje común podían comprenderse sin reservas.

El lenguaje, dijimos, es una capacidad del cerebro y, por lo tanto, guarda estrecha relación con el funcionamiento de este órgano. Sin embargo, no se ha tenido en cuenta el hecho de que, para hablar, el cerebro se sirve de una 'caja de resonancia' que forman la laringe, la faringe, y las cavidades nasal y oral. Este conjunto anatómico se denomina *tracto vocal* y junto con la lengua, el paladar, los dientes y los labios forman el aparato fonador. El resonador que forma el *tracto vocal* debe tener unas características muy particulares para que podamos hablar. Por ejemplo, nuestra faringe es muy larga y forma un ángulo casi de 90 grados con la cavidad bucal. Además, la laringe queda a una cierta distancia de la cavidad bucal y nasal y está separada de ellas por la faringe.

Con la laringe articulamos palabras, es decir, convertimos en tonos y sonidos la información del cerebro. A través de la laringe, nuestro interlocutor averigua qué intenta expresar el cerebro, y al mismo tiempo, a través de los oídos, que actúan como receptores, el cerebro oye lo que se ha dicho. Nos podemos «quedar sin hablar», podemos formular frases, pensarlas, murmurarlas, corregirlas. Las palabras se emplean y se pronuncian con o sin expresión. La misma palabra puede significar diversas cosas, según cómo se pronuncie. La variedad es inabarcable porque la inmensa gama de lenguajes humanos supera en gran medida la capacidad de rendimiento del individuo.

¿Cuándo se produjo esta extraordinaria facultad de comunicación? Recientes investigaciones señalan que tuvo lugar hace alrededor de 150.000 años y se produjo en el África oriental cuando el personaje más reciente del género humano, denominado *Homo sapiens sapiens*, se desprendió de sus predecesores y empezó a independizarse. Para afirmar con tal seguridad este trascendental acontecimiento, se recurre al siguiente argumento: ya existían representantes del género humano hace mucho más tiempo. Desde hacía muchas decenas de miles de años vivían los hombres de Neandertal en Europa y en el Sureste asiático. Sin duda alguna, según Gamble (1993), sus parientes siguieron existiendo en África, ya que, de lo contrario, de dicho linaje no pudo haberse separado el más reciente, en cuyo extremo final nos encontramos nosotros. ¿Podemos suponer que el hombre de Neandertal no sabía hablar?

Los paleontólogos afirman que la respuesta es evidente: se trata del aparato fonador. Al igual que en el caso de todos los predecesores del ser humano moderno, la laringe del hombre de Neandertal *estaba en una posición demasiado alta*. En este sentido eran comparables a los chimpancés, aunque hubieran querido expresar en palabras no lo hubieran logrado porque carecían del órgano necesario para ello. De hecho, no es del todo cierto que carecieran de él. Si existía la laringe, pero se encontraba en punto demasiado alto de la garganta. Gracias a la extensión de la faringe, la laringe se desplazó hacia abajo lo suficiente como para permitir que las cuerdas vocales formaran sonidos de formulación clara, además, la posición del hueso hioides en el *Homo sapiens sapiens* indica la capacidad de articular y hablar. Con anterioridad, las cuerdas vocales sólo habían sido capaces de pronunciar sonidos inarticulados, tales como los que conocemos de los simios.

La diversidad de formas de expresión de la que sin duda, también el *Neandertal* era capaz, se limitan a los gestos, a la mímica y a las habilidades manuales, tal vez incluso a una especial habilidad para la caza. En el caso del Neandertal, el aprendizaje debió quedar restringido a la imitación. Les resultaba extremadamente difícil, si no imposible, desarrollar nuevos contextos y combinaciones lógicas. Ello, por supuesto, se aplica también a los hombres primitivos que, en la fase de *Homo habilis*, fabricaron las primeras herramientas o al menos utilizaban las piedras como herramientas, así como a sus descendientes, *Homo erectus*, más

altos y fuertes, que como primeros representantes del género humano cruzaron las fronteras del África y se dirigieron al Asia, pero carecían de la facultad de hablar.

Los sonidos desempeñaban un papel como expresión de estados de ánimo o, simplemente, como medio de comunicación. Lo mismo sucede con el canto de las ballenas o con aullido de los lobos. Asimismo, en el canto de las aves se ocultan mensajes. Contienen información dirigida a las hembras, que las atrae y las estimula, pero también datos que indican a los demás machos, es decir, a los potenciales rivales, que el territorio está ocupado, que peligra y quien es el amo.

Según recientes estudios de especialistas en lingüística transformacional e histórica, se ha podido distinguir tres grandes grupos. El primero y más primitivo se desarrolló en el interior de África y, sin duda alguna, hablaba el lenguaje original de la humanidad, mientras que los otros dos grandes grupos lingüísticos corresponden a una misma rama asiática occidental-central-septentrional y a otra del sueste asiático, del cual se separó la estirpe que avanzó hasta Australia y Nueva Guinea.

Cabe enfatizar, que el ser humano piensa predominantemente en conceptos, es decir, en *palabras*, o bien en representaciones de sonidos de palabras, lo cual, frente a las representaciones puramente visuales, tiene la ventaja de que se pueden resumir mucho más intensamente numerosas percepciones aisladas, poseyendo además mayores constancia y claridad. Una creciente gramatización del lenguaje y una creciente introducción de símbolos fijos son características de un desarrollo superior de la cultura humana.

Como dijimos, el ser humano piensa predominantemente en palabras. En muchos conceptos, el sonido de la palabra va acompañado también por débiles representaciones visuales. Por otra parte existen también representaciones visuales o auditivas aisladas que no van asociadas a una palabra: por ejemplo cuando encontramos características de un país exótico, una determinada flor cuyo nombre no conocemos; cuando recordamos una melodía, cuando evocamos un hecho grato o ingrato, etc. (Rensch, 1980; Ardrey, 1981; Hublin y Tillier, 1999).

Uno de los grandes pensadores creativos del siglo XX, Noam Chomsky, a la edad de 29 años, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) de Boston, revolucionó el campo de la lingüística teórica con el célebre libro *Estructuras sintácticas*, basado en su tesis doctoral. Con Chomsky nace una nueva disciplina llamada «gramática generativa». Esa innovadora tesis demolió la hegemonía de la *psicología conductista* y, del mismo modo, los fundamentos de la *lingüística estructural* de Boas. Chomsky argumentó que los humanos tenemos un dispositivo cerebral especializado e innato que nos permite aprender a hablar de modo casi automático e inevitable, sin más que oír unas cuantas frases o palabras sueltas, es más, inconexas e incompletas en nuestro entorno familiar. Muchos especialistas se preguntaron: ¿cómo pudo llegar Chomsky a semejante conclusión sin haber

abierto un cráneo? Pues, la respuesta fue que Chomsky encontró una forma teórica de «abrir el cráneo».

El planteamiento de Chomsky consiste en que el cerebro no produce directamente las palabras y las frases tal y como las pronunciamos, sino que «primero construye una especie de fórmula básica llamada ‘estructura profunda’ de la frase». Por ejemplo, ‘*los estudiantes de arqueología deben investigar en el campo*’, entonces el cerebro construye primero un estructura profunda mucho más pegada al significado básico que queremos expresar. Sobre esa estructura básica, el dispositivo cerebral automático de la sintaxis aplica una serie de *transformaciones y negaciones*, y sólo entonces la frase se pronuncia, gracias a que el dispositivo lingüístico de su cerebro lo aplica automáticamente. Para Chomsky, la hipótesis más natural no es que el lenguaje ha evolucionado gradualmente, desde un *protolenguaje de los homínidos primitivos* —gruñidos y gestos—, sino que lo ha hecho de forma cualitativa y brusca. (Chomsky, 1978, 1989).

Homo Erectus y el Primer Éxodo de África

Las investigaciones paleontológicas, arqueológicas y genéticas de los últimos lustros ha demostrado, como dijimos líneas arriba, que los predecesores de *Homo erectus*, es decir las especies de *Australopithecus* y *Homo habilis*, sólo existieron en África, por lo tanto, los protagonistas del primer éxodo desde las extensas sabanas y estepas africanas pertenecían a *Homo erectus*, quienes abandonaron aquellos cálidos territorios y poblaron el sureste de Asia y su posterior expansión por Europa en plena edad de hielo, es decir hace 800.000 o 1.000.000 de años. Una proeza casi inimaginable, pues tuvieron que recorrer miles de kilómetros, en los que encontraron enormes dificultades para conseguir alimentos y especialmente agua. Probablemente su recia contextura corporal y con un cerebro que ya había alcanzado los 1200 C3, les permitieron vencer tales obstáculos, sobrevivir y expandirse.

Es admirable que *Homo erectus* que en ese largo recorrido se alejara cada vez más del ecosistema tropical e incursionara a la frías noches asiáticas y europeas. Para contrarrestar el frío empiezan a usar el fuego y a disponer de pieles de animales. Sin duda alguna, la recolección de leña de árboles y arbustos debió ser constante, empresa fatigosa y complicada. El fuego adquirió una importancia capital cuando *Homo erectus* alcanzó las zonas heladas. En toda el Asia central y septentrional y Europa, con excepción de la zona mediterránea, reinaba la tundra y las estepas heladas. La vida en la era glaciár era extremadamente dura. Gran parte de Eurasia estaba cubierta de gruesas capas de hielo cuyos glaciares lamían como lenguas los terrenos situados al pie de las montañas.

Homo erectus, penetró hasta el noreste de China, donde han sido encontrados sus restos fósiles en la colina *Huesos de Dragón, Choukoutien, Pekín*,

y ha recibido el nombre del *hombre de Pekín*, (Lan Po, 1976, 1981), así como en las islas del Sureste asiático, donde sus vestigios ha recibido el nombre de *hombre de Java* (Swisher, C. C., Curtis, et al. 1994). En la época en que el nivel del mar había descendido lo suficiente *Homo erectus* podía desplazarse desde el continente asiático hasta Sumatra e incluso hasta Java, porque entonces estas islas formaban parte de tierra firme; las impenetrables junglas tropicales habían quedado reducidas de tal modo que incluso habían dejado sitio a las praderas en el Lejano Oriente y, permitían que el predecesor del ser humano moderno viajara con toda libertad. Por lo tanto, la expansión de los bosques y la reducción de las praderas arrebató a *Homo erectus* la mayor parte de su entorno físico más allá de las fronteras africanas. Por estas, y otras causas se extinguió fuera de África. De este modo, el primer éxodo o primera emigración africana había fracasado tras muchos milenios de actividad cazadora.

La permanencia en Asia de *Homo erectus* fue muy prolongada, en China subsistió hasta hace 250.000 años, en Java persistió hasta hace 100.000 años. Recibió varias denominaciones: *Sinanthropus* u hombre de Pekín, en China; *Pithecanthropus* u hombre de Java, en Indonesia, *Atlanthropus* en el norte de África. Se le asocia a la cultura *Achelense* del Paleolítico inferior, que comprende las tres primeras glaciaciones y el 1º, 2º interglaciar, y la primera mitad del 3º interglaciar. Empleaba el fuego y fabricaba utensilios de piedra llamados bifaz, o hachas talladas en ambas caras, puede tener forma almendrada, ovalada o lanceolada y presenta una simetría bilateral.(Lan Po, 1976, 1981; Swisher, et al., 1994; Koenigswald, 1960).

Mención especial merece el gran hallazgo de *Atapuerca*, *yacimiento de la Gran Dolina*, Burgos, España, se produjo el 8 de julio de 1994, en uno de los subniveles del nivel TD6, registrado por sus descubridores J. M. Bermúdez de Castro, J. L. Arsuaga, E. Carbonell, A. Rosas, I. Martínez y M. Mosquera (1997), y denominado *Homo antecessor*, «Hombre explorador». Estos testimonios demostraron que Europa había sido colonizada al menos hace 300.000 años antes de lo que anteriormente suponían los científicos. Los restos de *Atapuerca* se han fechados mediante el método del ERS (*resonancia del spin electrónico*) y *del análisis de paleomagnetismo*. Asociado a los restos fósiles humanos se hallaron más de 300 artefactos fabricados en caliza, cuarcita, arenisca y sílex, y miles de vestigios fósiles de micro y macrovertebrados de las postrimerías del Pleistoceno inferior. Bermúdez de Castro afirma que «*todos los datos indican sin ningún género de dudas que los homínidos de TD6 vivieron en la península Ibérica hace entre 800.000 y 850.000 años*» (Bermúdez de Castro, 2004: 219).

En las excavaciones de la cueva de la Gran Dolina de *Atapuerca*, se identificaron varios estratos, en uno de ellos, luego de un análisis sistemático de todas las evidencias, el *Homo antecessor* consumía la carne y la grasa de ciervos, gamos, jabalíes, bisontes, caballos, rinocerontes, y corzos. Sus descubridores

señalan que, en el estrato denominado Aurora «*ha ofrecido pruebas irrefutables del caso de canibalismo más antiguo de la evolución humana. No se trata de un canibalismo ritual... sino mas bien todo parece apuntar a un canibalismo dietético o gastronómico...*» (Ibíd, 2004: 222).

El resultado de las investigaciones de los fósiles humanos (morfología de la cara, entre otros rasgos) atestiguan que se trataría de «una nueva especie del género *Homo*», de la familia *hominidae*, y esta especie *Homo antecessor* estaría relacionada con la primera expansión de los homínidos hacia Eurasia y tendría una relación filogenética con *Homo georgicus* de Georgia en el Cáucaso, aunque hay una barrera de un millón de años que los separa.

Descubrimientos recientes de gran relevancia en la República de Georgia, en el yacimiento de Dmanisi —situado entre el Mar Negro y el Mar Caspio—, consistentes en al menos seis individuos, asociados a miles de herramientas líticas simples, en los que sobresale el «Cráneo de Dmanisi», bautizado científicamente como *Homo georgicus*, con la sorprendente antigüedad de 1'700,000 a 1'800,000 años, atestiguan la presencia de los africanos más antiguos que llegaron a Europa oriental. Según David Lordkipanidze, científico georgiano, se trata de los primeros *Homo erectus* «con una capacidad craneal un tanto menor y más próximos a *Homo habilis*», que salieron de África.

El «Cráneo de Dmanisi» (Gore, 2002), encontrado a mediados del 2001, ha sacudido sin duda los postulados de la comunidad científica, que hasta entonces daba por sentado que *Homo erectus*, no había dejado África sino hasta cerca de un millón de años, y que *Homo antecessor* (Atapuerca) sería el primer colonizador de Eurasia. Queda abierta la pregunta formulada por el propio Lordkipanidze: ¿Era posible que el primer humano en ir de un continente a otro no haya sido un *Homo erectus* típico? El debate continúa y se siguen encontrando más restos fósiles (Gore, 2002: 9).

Los Neandertales y el Segundo Éxodo desde África. La problemática filética

Con ocasión del centenario del descubrimiento del *hombre de Neandertal*, en el valle de Neander (Alemania), se publicó en 1958, el voluminoso libro «*Hundert Jahre Neanderthaler: Neanderthal Century 1856-1956*», editado por G. H. R. Von Koenigswald, donde se recogen 30 medulares ensayos de destacados especialistas, y constituyó una fuente bibliográfica obligada para conocer sobre la historia y las características del hombre de *Neandertal*, hasta la aparición de ese medular tratado «*En busca de los Neandertales*», escrito por Stringer y Gamble (1996). Desde ese famoso descubrimiento en Neander (1856), hace más de un siglo y medio, los paleontólogos y arqueólogos han hallado una inmensa y confusa profusión de restos óseos procedentes de diversos yacimientos asignados a las características morfológicas de *Neandertal*.

Por ejemplo, los huesos hallados en el Asia oriental y suroriental y que en un principio se consideraban los testimonios más antiguos de la aparición de la humanidad no pertenecen al principio, sino a una fase posterior de la evolución humana. Representan a seres humanos «verdaderos», es decir, a representantes de la especie humana en el estricto sentido biológico del término. Los casos concretos del ‘hombre de Pekín’ y el ‘hombre de Java’ vivieron en las postrimerías de la cuarta glaciación, cuando el hombre ya había llegado a amplios sectores del Viejo Mundo y las había poblado. Como ahora se sabe, ambas formas se alejan en gran medida de los antecesores del ser humano, y sin duda alguna pertenece al género *Homo*.

El hombre de *Neandertal*, del cual existen multitud de vestigios distribuidos por toda la Europa de la edad del hielo, y pertenencia al género *Homo* No ha sido el predecesor del hombre moderno, sino una rama independiente del árbol genealógico de la especie humana que se extinguió a finales de la edad de hielo (hace 40.000 o 30.000 años) sin dejar descendencia alguna. De momento basta con saber que el *Neandertal* estaba bastante estrechamente emparentado con el hombre moderno, pero de ningún modo es un *eslabón* intermedio en la evolución humana que condujo a la aparición del ser humano, como se creía hasta hace pocos lustros, y ello aún se repite en la frondosa bibliografía existente sobre *el hombre de Neandertal* y en muchos textos recientes de Prehistoria (Véase el enjundioso libro de Christopher Stringer y Clive Gamble, *En busca de los Neandertales*, [con el sugestivo subtítulo] La solución al rompecabezas de los orígenes humanos, 1996).

Hace unos 200.000 mil años, los *neandertales* fueron los que protagonizaron la segunda gran oleada de emigración de África al Asia occidental y a Europa y se extendieron hasta el Mar Caspio y Crimen. En los lejanos tiempos del Pleistoceno Medio, el hombre de *Neandertal* se había desarrollado en África oriental, a partir de los grupos *Homo erectus* que todavía quedaban en esos ecosistemas. Pero quisiéramos enfatizar un aspecto poco conocido o divulgado en los textos especializados, es aquél que señala que a su llegada a Europa en plena era glacial, los neandertales consiguieron en estos ambientes fríos, sorprendentes fuentes alimenticias ricas en proteínas y fósforo lo que produjo el *impresionante* aumento del tamaño de su cerebro. No hay duda que ese asombroso crecimiento del cerebro fue el más grande de toda la historia de la humanidad (1500 a 1600 cm³).

Los neandertales tenían la piel blanca, de lo contrario, en la Europa de la época glacial, un *Neandertal* de piel oscura sólo podría haber evitado el raquitismo ingiriendo casi exclusivamente marisco, porque su constitución ósea mucho más pesada precisaba más cal y más fósforo que el cuerpo del hombre moderno. Por esta razón, si no hubiesen tenido la piel clara, no hubiesen podido sobrevivir bajo las condiciones reinantes en el período glacial. Sólo cuando el Sol se encuentra en una posición muy alta la irradiación que emite es extremadamente intensa y

gracias a ello la piel humana genera una cantidad suficiente de vitamina D aun cuando esté muy pigmentada.

Los hombres de *Neandertal*, de piel clara, tenían condiciones de ser cazadores extremadamente rápidos y hábiles. Su alimentación consistía casi exclusivamente de carne procedente de grandes animales. Los fósiles y los testimonios tecnológicos descubiertos evidencian que eran capaces de fabricar implementos bien diseñados que empleaban para la caza. Estuvieron familiarizados en el empleo del arco y la flecha a fines del período glacial.

No descuidemos en señalar que mientras que los *neandertales* florecían y dominaban casi toda Europa y gran parte del Asia occidental, también en África oriental se producían impresionantes avances en la evolución humana. Se trata de un cambio sustancial producido por el descenso de la laringe, la cual formó la protuberancia que llamamos «*nuez o manzana de Adán*». Una vez finalizado este proceso la laringe se convirtió en un instrumento adecuado para permitir el surgimiento de la capacidad del lenguaje. Como ya señalamos líneas arriba, en el cerebro se desarrollan las palabras y los términos que las cuerdas vocales convierten, en la laringe, en tonos coherentes que forman palabras y frases. A partir de entonces, la capacidad del cerebro se convirtió en la responsable del proceso evolutivo; determinó el tránsito del hombre primitivo al *Homo sapiens sapiens* o al ser humano pensante. Ya se dijo que por la configuración anatómica de la laringe y la faringe y el aparato fonador en su conjunto del neandertal, éste no tenía aún las facultad de articular palabras

Las evidencias genéticas y paleontológicas atestiguan, que los neandertales llegaron a Europa hace 200.000 años y subsistieron en esas gélidas regiones hasta que desaparecieron hace 35.000 años, pero la explicación acerca de esta desaparición indujo a una controvertida polémica entre tres corrientes teóricas. La primera denominada la *continuidad regional*, sostiene que los *neandertales* ocupan un lugar especial en la ascendencia del hombre moderno. En la primera mitad del siglo XX, Weidenreich y Coon, y más tarde Loring Brace, defendieron esta teoría, con fuertes ingredientes racistas, y formularon que los neandertales fueron los antepasados directos del *Homo sapiens sapiens*.

La segunda corresponde al *modelo multirregional* ardorosamente defendido por Wolpoff y Thorne, constituye la versión mas reciente de la anterior y se le conoce como «*evolución multirregional*».a ello se incorporó la idea del modelo del «*centro a la periferia*», que sostiene que se produjo un flujo génico (mestizaje), entre poblaciones humanas ampliamente difundidas durante la Era Glaciar, y pudieron contrarrestar las incursiones de los grupos periféricos. Ello indicaría que desde principios del Pleistoceno sólo ha existido una sólo especie conocida: *Homo sapiens* o, lo que es lo mismo: una sola especie polítipica. Así pues, para Wolpoff, los neandertales son los ancestros directos de los europeos modernos, pero acota que «*el flujo génico pudo haber importado del exterior algunas de*

las características de estos europeos modernos» (Wolpoff, 1989, 1999; Stringer, 1990).

La tercera vertiente es *el modelo de dispersión desde África*, preconizado originalmente por el antropólogo William Howells (1976), bautizado como «*Arca de Noé*». Es el modelo más aceptado y con el que se ha trabajado el presente ensayo. Postula la existencia de una única población ancestral procedente de una sola región del mundo que es el África y sostiene que todas las poblaciones modernas (mal denominadas ‘razas’) se derivan de ese ancestro común mediante procesos de evolución y dispersión. Esta teoría ha sido desarrollada a base de estudios del ADN Mt. durante los últimos 20 años por varios investigadores, Wilson, Cavalli Sforza (1991), Stringer y Andrews (1988), Mellars (1992) entre ellos. «*Las investigaciones —dice Stringer— parecen apuntar cada vez más hacia África como el continente en el que los humanos modernos, y quizá también ciertos aspectos del comportamiento aparecieron en primer lugar. En los últimos años, el modelo africano ha sido objeto de atención preferente por parte de los genetistas, aunque ha tropezado con fuertes resistencias procedentes sobre todo de un vociferante grupo de estudiosos norteamericanos»* (Stringer, 1996: 36).

En lo referente al utillaje lítico de los neandertales, se han encontrado utensilios de piedra por casi toda Europa y el Próximo Oriente correspondiente a la cultura *musteriense*. Fueron fabricados hace 35.000 a 100.000 años y están asociados con restos del hombre de *Neandertal*. S. R. Binford y L. R. Binford (1974:181-183), luego de un análisis factorial, propusieron una explicación de tipo funcional y formularon que «*las diferentes clases de instrumentos musterienses... formaban cinco grupos distintos, el «taladro típico, la «raedera vertical», la «punta» (lasca pequeña), el «buril atípico» y el «cuchillo natural con mango»*. Los autores citados concluyen que «*las variación dentro del conjunto está directamente relacionada la forma, naturaleza y ordenación espacial de las actividades en que fueran usadas las herramientas»* (Ibíd., 1974: 179). Actualmente, los estudios de traceología del Paleolítico medio, parecen no corroborar totalmente las hipótesis de los Binford.

Otro aspecto relevante de los neandertales está ligado a las manifestaciones del mundo funerario. La abundancia y buen estado de conservación de los restos óseos registrados se debe al comportamiento manifiesto en los enterramientos de cadáveres y también en otro tipo de manipulaciones *post mortem* de los individuos. En este último caso mencionemos los restos óseos de Krapina (Eslovenia), con marcas de descarnación, y se han interpretado como actividades de canibalismo ritual.

Entre esos enterramientos cabe destacar los de *Shanidar* (norte de Irak), datados entre 70.000 y 45.000 años. Los análisis palinológicos evidencian que en el momento del enterramiento se realizaron ofrendas florales, probablemente con especies vegetales que tenían un valor terapéutico. Por otro lado, en la cueva de

Chapelle aux Saints (Francia), donde se enterró a un individuo senil afectado por una avanzada artritis, o el de *Teshik-Tash* (Uzbequistán meridional, cordillera de Guissar), gruta donde fuera enterrado un niño de 8-9 años, rodeado de cuernos de cabra en forma de corona, según lo describe su descubridor, el arqueólogo Okládnikov efectuado en 1938. Por último, citemos el hallazgo de famoso «Niño de Kik-Kobá», realizado por el arqueólogo G. Bonch-Osmolovski en 1924. La gruta de Dic-Coba, que constituye uno de los monumentos más notables de Crimea, al este de Simferópol, donde se encontró abundantes restos de mamut, bisontes, caballos, ciervos gigantes siberianos, entre otras especies de animales. (Mongait, 1960: 64-68).

Sobre su problemática filética, actualmente se puede encontrar en la bibliografía dos maneras de definir a los Neandertales según su nombre científico: *Homo sapiens neanderthalensis* u *Homo neanderthalensis*. La controversia nos remite a si consideramos a este homínido como una subespecie de la nuestra, *Homo sapiens* (en contraposición con los hombres anatómicamente modernos, los *Homo sapiens sapiens*), o si en definitiva, se considera al Neandertal como una especie separada, denominado sólo como *Homo neanderthalensis*. Ante la controversia de sus orígenes y de su vinculación filética con los humanos modernos, a los datos morfológicos y cronológicos de los restos fósiles, hace poco, se ha puesto en evidencia los datos genéticos.

La biología molecular, una vez más, solucionó esta larga controversia. Una diminuta porción del ADN mitocondrial de uno de los primeros fósiles de Neandertal, al ser comparados con el registro genético de diferentes poblaciones mundiales actuales, ha permitido comprobar que la distancia que nos separa de los neandertales es hasta tres veces mayor que la que separa a cualquier población humana actual de otra. Otro análisis dio como resultado, en 1997, una secuencia molecular de un fósil de Neandertal y se la comparó con otra secuencia homóloga del ADN del *Homo sapiens sapiens*, y se dedujo que no hubo cruce alguno entre el hombre moderno y el Neandertal y, por el contrario, el antepasado común de ambos vivió en África hace 500,000. Cabe reiterar que los *neandertales* fueron de una evolución divergente en Europa, se extinguieron de modo vertiginoso y no dejaron descendencia alguna. En efecto, no existe parentesco alguno entre los neandertales y los hombres modernos, demostración fehaciente que hecha por tierra los postulados racistas y falaces de Coccina y otros antropólogos que se pusieron al servicio de causas políticastotalitarias y terminantemente reñidas con el quehacer científico que sólo busca la verdad..

En síntesis, hace más de 100.000 años los neandertales dominaban el escenario humano. Era la Edad del Hielo. Tenía un cerebro más grande, en promedio, que el nuestro. Era poderoso, magnífico cazador. Rendía culto a sus muertos. No obstante, cuando el hombre de Cro-Magnon —en términos generales, el hombre moderno— ingresó a Europa, hace 30 a 35 mil años, el hombre de Neandertal

pronto se extinguió. No obstante estas convincentes demostraciones siguen flotando en algunas esferas académicas los siguientes interrogantes: ¿por qué el hombre de Neandertal desapareció y nosotros como *Homo sapiens sapiens* subsistimos? ¿Dejó descendencia el hombre de Neandertal como afirmaban los jerarcas de la Alemania nazi? ¿Cuáles fueron las causales de su extinción y el predominio del *Homo sapiens sapiens*?

El tercer éxodo y el origen del Homo sapiens sapiens

Durante centenares de miles de años vivieron tanto en Europa como en el oeste de Asia grupos humanos relativamente avanzados: *Homo erectus* y *Neandertales*. Habían alcanzado un nivel cultural y tecnológico bastante considerable. Fueron eficientes cazadores no solo de muchos animales feroces sino que cazaban con facilidad a gigantescos mamuts. Iban a las cuevas donde habitaban enormes y poderosos osos y eran capaces de enfrentarse a manadas de voraces lobos. El intenso frío, no los doblegaba y la solidez de sus huesos era asombroso. Estos homínidos Neandertales, como dijimos, dominaron gran parte del mundo europeo y una porción asiática, por espacio de cientos de miles de años con mayor vigor y eficacia que cualquier otra especie que la precedió. Tenían un cerebro que demostraba una inteligencia igualmente apreciable. Y sin embargo no eran nuestros antepasados.

En el yacimiento de *Herto* (Etiopía, África) se han exhumado, en el 2004, dos cráneos muy completos, y con claros rasgos anatómicos del hombre moderno, datados alrededor de 170.000 años, tales hallazgos parecen confirmar que la especie *Homo sapiens sapiens* había evolucionado en África y se aprestaba a emprender la inmensa tarea de colonizar el planeta.

Hace 60.000 o 70.000 mil años (para algunos hace apenas 50.000 años) que se produjo la tercera gran oleada migratoria desde África oriental. Grupos de la rama más reciente del árbol genealógico del género humano denominado *Homo sapiens sapiens* habían llegado a orillas del desierto viajando en grandes grupos familiares, pero, al contrario de lo que había sucedido a sus predecesores *Homo erectus* y *Neandertal*, el desierto ya no avanzaba hacia el sur para penetrar en el trópico, sino que disminuía cada vez más.

Al mismo tiempo, desde el sur, los bosques volvían a expandirse y avanzaban tierra adentro a lo largo de las orillas de los ríos. Los grandes animales empezaron a retroceder, pues el aumento de las lluvias había tornado verdes las zonas secas y el desierto, por su parte, retrocedía también cada vez más. El período interglaciar del norte proporcionó a África una época de profusas precipitaciones pluviales que alteraron el ecosistema.

Cabe destacar que cuanto más se expandían los bosques, mayor se hacía el ambiente natural de la nueva forma humana, que se había adaptado a las condicio-

nes de los linderos de los bosques como experto cazador y recolector. El aspecto recolector de estos seres humanos había adquirido cada vez mayor importancia, porque las nuevas técnicas de mejora de la alimentación vegetal habían reducido su preferencia de las proteínas animales. La otra forma humana de África que correspondía al *Neandertal*, el cual —como vimos— ya vivía en Europa y desde allí había avanzado hasta los límites extremos del hielo en Europa, se veía obligada a retroceder cada vez más a causa de la expansión de los bosques, en tanto que asomaba una nueva forma especie humana, el *Homo sapiens sapiens*, fue él quien en la tercera oleada de migración logró atravesar el desierto, ya menos abrasador y crudo, y se asentó primero en la actual Palestina, en el Oriente medio, pronto arribó a la India y se proyectó hacia el sudeste asiático.

El avance colonizador de los hombres modernos fue incontenible, hace 40.000 o 50.000 años llegaron a Australia a través de la zanja de Sunda. Debieron aprender a construir balsas u otros vehículos acuáticos, pues Australia y Nueva Guinea se hallaban separados, por mar, del continente asiático. El registro geomorfológico indica que en ningún momento del Pleistoceno se produjo la unión con el Sureste asiático. En los milenios siguientes, el desplazamiento de estos seres humanos se alejó cada vez más de la región asiática.

Otro grupo que corresponde a la rama de expansión más septentrional del *Homo sapiens sapiens*, y de este linaje se desprende una rama muy gruesa hacia el oeste, que engloba a los denominados pueblos caucásicos, y por tanto, también al hombre de *Cro-Magnon*, nuestro antecesor más inmediato de la Europa del período glacial.

La otra rama principal se bifurca en el noreste de Asia. Uno de sus brazos se adentra en el este de Asia y allí se convirtió en un centro de gran densidad demográfica donde aún, en la actualidad (China), se concentra la mayor población de la humanidad. El otro brazo penetra hacia la Siberia y de allí atraviesa el estrecho de Bering hacia Norteamérica, hace apenas 15.000 a 20.000 años, (Cactus Hill, 15.000 años, en Virginia, sería el testimonio más antiguo), de donde se proyecta a Suramérica hasta llegar al extremo meridional de la Tierra de Fuego (estableciéndose en *Monte Verde* (14,800 años), en Mylodont, la Cueva de Fell, Palli Aike, Tres Arroyos, Punta María, Marazzi y Túnel). Esta explosión colonizadora aparentemente habría cubierto casi todos los territorios de la Tierra, con excepción de las formaciones nivales. Sin embargo, hace 500 años, los nuevos colonizadores europeos que se apropiaron de América, África, gran parte de Asia, se encontraron también con tierras deshabitadas por el ser humano, fueron áreas remotas como muchas de las islas del océano Atlántico e Índico.

Otro grupo, desde la zona de Palestina, arribó al este de la cuenca del Mediterráneo y por el mismo camino hasta el oeste de dicha cuenca. A diferencia de *Neandertal*, este nuevo representante del linaje humano llamado *Cro-Magnon*, permaneció en la zona mediterránea, especialmente al sur de Francia, donde

habían bosques y una sucesión de cuevas (Lascaux, Lie Portel, Pech-Merle, Le Poisson, Font de Gume, Laussel) y (Altamira, Santían, Monte Castillo, Pindal, en España septentrional) en cuyas paredes desarrollaron un arte propiciatorio admirable, con representaciones de la fauna: bisontes, ciervos, toros, renos, caballos, peces, etc. En sorprendentes artefactos de hueso y asta de reno, y en una infinidad de pinturas rupestres o parietales quedaron plasmadas sus visiones con una plasticidad admirable.

El hombre de *Cro-Magon* empezó rápidamente en afianzarse como cazador y recolector en el continente europeo. Cronológicamente habitó esos ecosistemas en el Paleolítico superior, que comprende cuatro estadios secuenciales: *Chatelperroniense* (30.000 años a. C.); *Auriñacense* (25.000 años a.C.) *Preigordiense*, *Proto Magdaliniense*, *Solutrense* (20.000 años a.C. y *Magdaliniense* (15,000-10.000). (Leroi-Gourhan, 1963; Peter J. Ucko y A. Rosenfeld, 1967).

En lo referente a su aspecto morfológico, el hombre de *Cro-Magnon* era un ser humano del tipo actual; no vivía en las tundras abiertas. Los *Neandertal* y los *Cro-Magnon* se distinguían por los distintos entornos en los que vivían, como sucede en el caso de muchas especies emparentadas. Apenas competían, siempre y cuando la tundra fuera productiva y el bosque no pudiera seguir avanzando.

Recientes estudios paleontológicos, arqueológicos y genéticos confirman que en condiciones estables del último período glacial cohabitaron dos formas y dos culturas humanas, que vivían como vecinos en Europa y en el suroeste asiático. La situación era muy distinta en el Asia oriental y Suroriental. Allí no había hombres de *Neandertal*, pues por motivos climáticos no había animales grandes que constituirían su dieta alimenticia esencial. Los monzones procedentes de la India y del suroeste del Pacífico traían abundantes precipitaciones pluviales, y con ello crecían bosques incluso en los puntos álgidos del período glacial. Así pues, ni la fuerza física de los neandertales, ni las barreras casi infranqueables de los espacios inhabitables impidieron el avance y dominio vertiginoso de la nueva especie humana. En menos de 20.000 años, el *Homo sapiens sapiens* había alcanzado y poblado el Asia oriental, y en sólo en 3.000 años toda América bordeando sus costas y atravesando el territorio montañoso.

El triunfo evolutivo del *Homo sapiens sapiens* con respecto a las demás especies de homínidos, radica fundamentalmente, en el cambio de comportamiento relacionado con determinados aspectos simbólicos. Desarrolló «otro tipo de inteligencia simbólica» que supuso una verdadera revolución mental, económica y tecnológica que nos ha llevado a logros insospechados. Hasta hace pocos lustros se pensaba que Europa, debido al rico registro establecido y a la intensidad de la investigación a la que fue sometido este continente, se le consideró como el centro gravitante en haber alcanzado tales logros y mantener la idea de una población europea como vanguardia de la civilización a través de la historia. Este paradigma está claramente superado, pues, nuevos datos arqueológicos vienen demostrando

que las primeras evidencias del comportamiento humano moderno aparecieron gradualmente en África y que las poblaciones que salieron, hace 60.000 u 80.000 años, con el dominio de dicho comportamiento, aunque posteriormente, en cada región se desarrollaron según fueran las necesidades adaptativas.

Puntalicemos algunas de las innovaciones asociadas al nuevo comportamiento:

- Nueva tecnología lítica, llamada «talla laminar» u «hojas».
- Aparición nuevos elementos artísticos. Pintura parietal o rupestre.
- Uso de nuevas materias primas para la fabricación de útiles novedosos, especialmente la industria ósea.
- Aumento demográfico constante, así como nuevas estrategias ocupacionales.
- Nuevas estrategias de caza, más efectivas, y ampliación del espectro alimentario

A nivel biológico —dice Skybreak— esta especie nuestra, que hoy construye computadoras y explora las profundidades del océano y la inmensidad del espacio, no ha cambiado esencialmente del Homo sapiens que salió de África hace unos 50.000 años. Esto no se debe solamente a que ha pasado relativamente poco tiempo y a que una especie individual tiende a ser «estable» a lo largo de su vida, también se debe a que la especie que surgió de nuestros antepasados homínidos hace 200,000 años tenía una capacidad sin precedentes de modificar y reconstruir continuamente su propia vida, y prácticamente todos los aspectos del ambiente exterior, por medios culturales. Esto resultó ser mucho más eficaz y rápido de lo que puede lograr por medio de la continua evolución biológica.

Los individuos que pintaron las primeras pinturas en cuevas, los que se aventuraron por el istmo de Bering, los que vivieron como cazadores-recolectores por 100,000 años o más, los que hicieron la agricultura hace 10,000 años y los que crearon sociedades tecnológicas avanzadas en los últimos dos siglos son básicamente la misma gente. En todo este tiempo no hemos tenido modificaciones biológicas significativas (por ejemplo el cerebro no ha crecido), aunque los cambios que hemos efectuado en todo el mundo por medio de modificaciones sociales y culturales en unas pocas decenas de años son asombrosos. (Skybreak, 2003).

EL ADN MITOCONDRIAL (ADN MT)

Hasta hace pocas décadas no podíamos confiar en los análisis de los caracteres genéticos realizados con muertos, por lo que no había esperanzas de obtener informaciones del mismo tipo sobre los hombres más antiguos para tener también datos genéticos *fósiles* que se puedan comparar con los modernos. Pero en fechas muy recientes se ha comprobado que a veces el ADN también puede conservarse de un modo sorprendente. El ADN es el material genético por excelencia, por ser el elemento ideal para los estudios sobre la evolución humana. Los mejores resultados sobre el ADN antiguo se han obtenido con insectos y hojas incluidos

en el ámbar, con una antigüedad de decenas de millones de años. El ámbar es resina solidificada, y la conservación en su seno es excelente, pero obvio es decir que nunca se encontrará en su interior a un ser humano.

En las líneas que siguen trataremos del ADN mitocondrial, que es mejor conocido que el ADN nuclear, por dos razones: es 200.000 veces más corto, y la secuencia de sus *nucleótidos* se conoce por completo. La segunda razón es que la mayoría de las células sólo tienen **dos copias** de ADN nuclear, pero **decenas de miles** de copias de ADN mitocondrial, por lo tanto, es más fácil encontrar su composición casi intacta en los restos muy antiguos, si están bien conservados. La edad de los restos es difícil de establecer, sobre todo si éstos superan los 40.000 años. Pero las investigaciones con el ADN mt., pueden proporcionar informaciones mucho más seguras que las obtenidas examinando los restos óseos fosilizados.

Todo cambió súbitamente, gracias a los estudios realizados por el célebre científico Allan Wilson, de la Universidad de Berkeley, California, quien dio a conocer, conjuntamente con el biólogo molecular Vincent Sarich, el sorprendente resultado de sus investigaciones en la revista *Nature*, N° 325, en 1987. A Wilson se le ocurrió la genial idea de seguir las pistas de la evolución humana a través de la genética. Al formular la hipótesis de que los seres humanos eran originarios del África había obtenido una confirmación extremadamente asombrosa y fascinante a causa de su lógica, y sobre todo, a través de una vía que nadie había tomado en cuenta con anterioridad y absoluta seriedad la biología molecular.

Sarich ve la búsqueda de respuestas para la *evolución humana* con una óptica muy distinta, como biólogo molecular construye árboles genealógicos mediante el análisis de proteínas, y afirma: «Lo que queremos es una historia evolutiva. Mientras hubo sólo un cuadro basado en fósiles, uno podía discordar con ese cuadro sólo argumentando acerca de cómo interpretar los datos anatómicos, y otros argumentos han estado sucediéndose durante cien años. Lo que aportan las moléculas es un nuevo conjunto de reglas que limitan las posibles interpretaciones. El bioquímico sabe que sus moléculas tuvieron antepasados, mientras que el paleontólogo sólo puede suponer que sus fósiles tuvieron descendientes».

En las dos últimas décadas el estudio del ADN mitocondrial ha despertado gran interés y entusiasmo y los resultados son mucho más reveladores que la de los genes cromosomáticos. Los estudios de Wilson y Cann (1992), Wilson (1998), Ingman et al. (2000), Cavalli-Sforza (2000) Horai y sus colaboradores (1995), Ingman (2001), entre otros, han transformado sustancialmente la idea que se tenía respecto a la evolución del hombre, de modo especial el origen de la especie *Homo sapiens sapiens* a la que pertenecemos.

¿En qué consiste el ADN mitocondrial?

El ADN mt, es un fragmento de ácido nucleico que se encuentra dentro de las mitocondrias. Las *mitocondrias* son pequeños orgánulos (pequeños órganos)

o estructuras que se encuentran en las células. Son responsables de la producción de energía por oxidación de los productos metabólicos celulares para que éstas lleven a cabo sus funciones, en otros términos, se ocupan de transformar los nutrientes y el oxígeno que respiramos en energía química útil. Tienen el propósito de quemar combustible. Las plantas tienen *cloroplastos*. Las células animales tienen *mitocondrias*. Cada una de estas *mitocondrias* tiene su propio *genoma*. Su propia molécula circular de ADN y es diferente del ADN que se encuentra en el núcleo de las células (ADN nuclear).

Se originaron a partir de bacterias y, hace más de 1.000 millones de años, establecieron una relación simbiótica con las células de los organismos superiores. Puede haber de unas pocas hasta miles en una célula y se reproducen independientemente del núcleo celular, aunque bajo su control, En el momento de la fecundación, sólo la madre transmite sus *mitocondrias* a hijos e hijas, de modo que la transmisión es puramente matrilineal. Hijos e hijas heredan de la madre el ADN mt., pero sólo las hijas lo transmiten a su progenie, lo cual permite trazar líneas genéticas directas. (Vigilant, 1991; Ingman, 2001).

Una *mitocondria* posee numerosas copias de un solo cromosoma, de forma circular como la de las bacterias. El cromosoma *mitocondrial* es muy corto, pero tiene información genética propia. La denominación científica de la información genética de las *mitocondrias* es: «ácido desoxidorribonucleico mitocondrial» (ADN mt.) También está formado por ADN, en una proporción muy pequeña, con apenas 16,569 nucleótidos, es decir, la ducentumilésima parte de lo que hay en el conjunto de los cromosomas nucleares. Es decir que el ADN total del núcleo de una célula humana es de 6 mil millones de nucleótidos o pares de bases; 3 mil millones en el caso de los gametos. En el ADN mitocondrial, las mutaciones, por término medio, son diez veces más frecuentes que en los cromosomas nucleares, sobre todo en un segmento especialmente variable.

La información genética de las *mitocondrias*, por tanto, se copia una y otra vez, un millar de veces en la vida de la célula individual, millones e incluso billones de veces en el proceso de la historia del ser vivo, y siempre sigue siendo totalmente independiente de la información genética de las células patrón. Ello indicaría, el por qué las *mitocondrias* siguen su propio camino. Las *mitocondrias* no se recombinan, en tanto que el proceso de recombinación del ADN nuclear (con la excepción del cromosoma Y) produce mezcla de secciones de ADN de la madre y del padre, creando así una historia genérica mezclada, *recombinada* e ilegible. (Vigilant, 1991; Ruiz y Ayala, 2002; Ingman, 2001).

La transmisión a través de un solo progenitor (el materno) evita una complicación que entorpece el estudio de los cromosomas del núcleo celular, a saber, que cada individuo recibe una dotación de los dos progenitores (salvo del cromosoma Y, que sólo es transmitido por los machos y sólo se encuentran en los machos). Reiteramos, en el caso del núcleo, las dotaciones del padre y de la madre se mez-

clan y se produce el fenómeno conocido como **recombinación**, un intercambio de elementos entre ambas dotaciones, cuando éstos pasan a las generaciones sucesivas. En el caso de las *mitocondrias* no sucede lo mismo. El cromosoma mitocondrial se comporta como un segmento genéricamente rígido, y todos los *genes* que lo forman son transmitidos como un bloque único a las generaciones sucesivas. Esto permite elaborar un árbol genealógico de los individuos. Hasta hace poco, con los genes cromosómicos, no se podía hacer esto, hoy se ha logrado. Naturalmente también se pueden construir árboles de poblaciones, como se han hecho hasta ahora con los genes cromosómicos.

¿Por qué hoy se habla de una figura mítica a la que se llama *Eva africana*? *Ha sido objeto de diversos comentarios, es el personaje que* ha ocupado la primera plana de diarios y revistas de todo el mundo y ha motivado múltiples comentarios, contradictorios algunos, eufemísticos otros y distorsionados muchos. Para ello, hay un motivo: al retroceder en el tiempo, se puede llegar a un solo antepasado del que descienden **todos** los tipos de ADN mitocondrial que existe hoy en el mundo. Es el antepasado común más reciente de todos los seres humanos vivos; pero como las *mitocondrias* son transmitidas sólo por las mujeres, tenía que ser una de ellas, era natural llamarla Eva, en tanto que primera mujer. Pero cabe puntualizar que sólo es antepasada en lo que a las *mitocondrias* se refiere, por lo que, para evitar confusiones también ha recibido el nombre de *Eva mitocondrial*.

La fecha en la que vivió esta *Eva mitocondrial* se ha calculado con arreglo al número de mutaciones que separan a los hombres de los chimpancés, por un lado, y por otro, al que separa por término medio a los africanos de los no africanos. La proporción entre ambos es aproximadamente de 26. Conociendo la fecha en que los hombres se separaron de los chimpancés, hace unos 5 millones de años, se obtuvo que la separación de africanos y no africanos es 26 veces más pequeña, o sea, 190.000 años a 200.000 años. Cabe señalar que la verdadera relación numérica se halla un tanto modificada, pues las explicaciones y las fórmulas son bastante complicadas. La fecha más importante recientemente obtenida, es aquella en que todas las secuencias confluyen en una sola: la *Eva mitocondrial*. De ese estudio se obtuvo la fecha de 171.500 años, fecha que encaja admirablemente con la hipótesis propuesta del origen del hombre reciente en África.

Muchos investigadores han arremetido contra la fecha y la interpretación de la *Eva mitocondrial*. Pero se debe enfatizar que ella es el producto de una serie de importantes estudios de laboratorio por del antropólogo Allan Wilson y Vincent Sarich, de la Universidad de Berkeley, California. Por desgracia una penosa enfermedad nos arrebató, en 1991, a Alan Wilson, joven y célebre investigador, y la polémica se avivó después de su muerte. Los límites de la presente nota no nos permiten detenernos en las críticas al trabajo de Wilson, pero si quisiéramos destacar las valiosas conclusiones de una reciente investigación realizada por científicos japoneses encabezado por Horai *et al.* (1995), quienes analizaron la secuencia

completa en el cromosoma mitocondrial de tres hombres (un africano, un europeo y un japonés) y la compararon con las secuencias de cuatro primates superiores: dos especies de chimpancé, el gorila y el orangután, los resultados fueron realmente sorprendentes. La fecha de esta Eva es de 143.000 años, con un margen de error bastante reducido. La separación entre el hombre japonés y el europeo, naturalmente, es más tardía. Las fechas de separación de los otros primates corresponden a los resultados de estudios anteriores. Esta investigación es la más segura y completa que se ha realizado hasta hoy sobre el ADN mitocondrial.

En el estudio de la *evolución humana* surge a menudo la siguiente pregunta: ¿cómo apareció y quién es el hombre moderno? Trataremos de responder a este interrogante, empezando por considerar que el estudio de un gen a partir de su ADN, o de la proteína que produce el gen (como unidad física y funcional de la herencia que pasa de padres a hijos), revela que en las especies actuales se han acumulado mutaciones que se pueden contabilizar fácilmente. El análisis de la diferencia de mutaciones acumuladas entre dos especies permite calcular el tiempo evolutivo que las separa; este modo de reconstruir los tiempos de la evolución humana se denomina *reloj molecular*. Nos ha revelado que hay que retroceder por lo menos 5 millones de años para encontrar un antepasado común del hombre y de nuestro primo más cercano, *el chimpancé* o el *bonobo*. Hay que ir aun más atrás para encontrar una rama evolutiva que nos lleva a un primo un poco más lejano, el gorila, y aún más, 14 millones de años, para llegar a otro más lejano, el orangután, cuyo parecido con nuestra especie sigue siendo *sorprendente*, a pesar de su largo pelaje rojo y su reducido hábitat en el sureste de Asia, su nombre significa «*hombre del bosque*», mientras que los más cercanos viven en el África.

Un aspecto importante que quisiéramos destacar es lo referente a cómo se produce el origen del ser humano, para ello es necesaria una argumentación más detallada. Por ejemplo, si cada humano recibiera en la fecundación del óvulo también *mitocondrias* de la parte paterna, entonces éstas deberían mezclarse con las de la madre. Aun cuando vivieran de un modo independiente, *a posteriori* nadie podría afirmar qué *mitocondria* procede del padre y qué *mitocondria* procede de la madre. Sin embargo, esto es precisamente lo que sucede. La célula del espermatozoide contiene la información genética del padre, que al fusionarse con el óvulo provoca el inicio de un nuevo ser, pero no proporciona *mitocondrias* al óvulo fecundado. Todas ellas proceden de la madre; por lo tanto, es indiferente con cuánta frecuencia y cuánta intensidad se mezcla la información genética humana. Ello no supone cambio alguno para las *mitocondrias*. Pasan de madres a hijos, a nietos y bisnietos sin que la cadena genética se interrumpa jamás, por lo tanto, surge un «*linaje materno*» puro e interminable.

Los biólogos y antropólogos moleculares afirman que, con toda probabilidad, esto carece de importancia para las propias *mitocondrias*. Como ya señalamos, éstas se multiplican a su manera y si realmente una mutación ha provocado un

cambio tal que su minúsculo cuerpo ya no funciona con normalidad, la *mitocondria* afectada muere y es disuelta por la célula. De este modo sólo se conservan las mutaciones inofensivas. Dichas mutaciones pueden acumularse, de ahí la comparación con el tic-tac de un reloj (*El Reloj molecular*). El resultado es cierta variabilidad en la configuración del ADN mitocondrial, la cual puede determinarse y ‘medirse’ con sofisticados métodos bioquímicos.

Destacados investigadores encabezados por Jim Wainscoat (1987), y sus colaboradores de la Universidad de Oxford, se preguntaron que si se estudia la variación del ADN mitocondrial en las distintas razas y grupos de seres humanos, entonces los resultados deberían indicar, o bien, si el ser humano moderno surgió en distintos lugares, es decir, a partir de una «especie predecesora» de amplio espectro geográfico, o en caso contrario, si tuvo lugar su inicio en un área determinada. En caso de que fuera cierta la primera hipótesis, la variación del ADN mitocondrial debería ser más o menos igual en el caso de personas de origen geográfico muy diverso. Sin embargo, si es cierta la segunda hipótesis, entonces la variación debería ir descendiendo cuanto mayor fuera la distancia tanto espacial como temporal del origen, que es la línea que hoy siguen los especialistas.

Precisamente esto fue lo que mostraron los resultados de las investigaciones de Wainscoat (1987), Y aún más; fue posible distinguir dos grupos muy claros El primero se caracteriza por una alta variabilidad: se trata de dos africanos, mientras que el otro grupo engloba a todos los demás seres humanos. Su variabilidad es mucho menor por lo que se refiere a las diferencias en el ADN mitocondrial. Incluso parece como si se hubiera formado un «cuello de botella» que conectara la alta variabilidad de la población africana con una variabilidad menor en los seres humanos no africanos. Cuanto más lejos se hallan estos seres humanos de África, cuanto mayor son las diferencias y tanto más tiempo debe de haber transcurrido para provocar dichas diferencias. De este modo se nos abre la imagen de un «árbol genealógico» que se ramifica y cuyas raíces yacen en África, mientras que la copa se extiende por todo el mundo de la conexión, es responsable el tronco que une las raíces con la copa del árbol (figs. 1 y 2).

Este trascendental fenómeno sólo tiene una explicación: el hombre surgió en África. En un momento dado, un pequeño grupo abandonó el hogar africano y se dirigió hacia Oriente medio, Europa, el Asia oriental, el archipiélago de la Polinesia y la Macronesia, y más adelante, hace 50 mil años navegando hacia Australia, posteriormente América a través del estrecho de Bering. Con la división del grupo original en distintas ramas se inició la formación de las ‘razas’ humanas no africanas que se adaptaron a distintos ecosistemas. Sin embargo, no obstante sus marcadas diferencias físicas o morfológicas, todas ellas tienen un origen común en África.

De este modo, la llamada y tan publicitada *Eva mitocondrial* tiene sentido pleno, si bien, en puridad de verdad, no puede derivarse la humanidad actual de una sola madre, como muchos creen y otros se resisten a creer. No obstante que

los últimos descubrimientos indican que fue un grupo relativamente pequeño de personas —hombres y mujeres— el que abandonó África y se distribuyó luego en extensos territorios y pronto conquistó el mundo, y es muy improbable que más tarde se produjeran mezclas.

Los seres humanos procedentes de África no pudieron, por tanto, mezclarse con otro grupo, por ejemplo el del hombre de Neandertal —como algunos equivocadamente sostienen—, ya que en tal caso deberían existir linajes maternos del hombre de Neandertal; dichos linajes habrían tenido como consecuencia una variabilidad mayor de la que ya se había desarrollado en el interior del África. Así pues, el alumno que cursa la asignatura «*Temas en Arqueología*», podrá fácilmente advertir que esa minúscula partícula de la biología molecular denominada *mitocondria* se convierte en un elemento fundamental, de amplias y cruciales consecuencias para dilucidar el origen del hombre moderno. [Compare lo afirmado por Templeton al final de la presente lectura.]

Muchos decenios de investigación sufrieron un giro sorprendente y casi insospechado, pues los propios científicos de la Universidad de California quedaron anonadados ante tan increíble hallazgo. Obviamente que ya tenían una prueba posible del origen africano del hombre, también querían averiguar cuándo se había producido el éxodo de África. Suponían que en el medio celular constante, el *reloj molecular* de las mitocondrias seguía funcionando con bastante regularidad, así pues, debía ser posible ‘contrastarlo’. Si ello fuera dable, se habría puesto el reloj en hora y ya sólo haría falta medir el tiempo que habría transcurrido. Esta es la parte más difícil de todo el proceso, porque las mutaciones se producen con tan poca frecuencia que en períodos muy prolongados de tiempo sólo se modifica una parte ínfima de la información genética mitocondrial.

En aproximadamente un millón de años se produce una variación del 2 al 4 %. En cualquier caso, no podría ser mucho más, ya que de lo contrario se destruiría la capacidad funcional de la información genética. En comparación con todos los demás procesos de la naturaleza, el material genético se caracteriza por una enorme constancia. Su precisión en miles de veces mayor que la de todos los demás sistemas de transmisión de información que conocemos. El bajo índice de modificación, sin embargo, hasta para calcular al menos un período breve, Allan Wilson y Vincent Sarich, llegaron a la conclusión de que un grupo de seres humanos abandonaron África entre 90,000 y 180,000 años. La amplitud de las variaciones hace suponer que la evolución hacia el ser humano moderno en África se produjo hace unos 140,000 y 290,000 años, es decir, hace sorprendentemente poco tiempo. Otros cálculos lo remontan a 300,000 años.

Transcurrieron más de 100,000 años hasta que un cierto grupo de seres humanos estuvieron preparados para abandonar su hogar africano. La mayor parte quedó atrás para incrementar la población dentro de África. Así pues, el lugar y el período de la separación del ser humano han podido determinarse con mayor

precisión de lo que han permitido los métodos y las concepciones empleados hasta la fecha.

Reiteramos, que la nueva determinación ha sido del todo independiente de la ingente cantidad de restos fósiles que se han hallado. Los resultados de las nuevas investigaciones no dependen en modo alguno de tales restos óseos, especialmente cráneos exhaustivamente estudiados ni de su clasificación morfológica en el tiempo. De este modo, no existía el peligro de obtener como resultado aquello que se esperaba. Los experimentos de laboratorio de estas características obviamente pueden repetirse, completarse y sobre todo ampliarse en cualquier momento.

El método puede verificarse con estrictos criterios científicos. De un modo análogo al de la determinación de la edad de los fósiles con ayuda de los tiempos de desintegración del isótopo de carbono 14, o del Potasio-Argón, o de otros elementos radioactivos, la ciencia dispone ahora de un nuevo instrumento de medición lo suficientemente objetivo y también preciso. Hoy, la biología molecular y la genética nos ha acercado de un modo sorprendente e insospechado a declaraciones fiables y en muchos casos indiscutibles acerca el origen del hombre moderno, de la especie que hoy habita la tierra en número que supera los 6 mil millones de seres humanos.

Sin duda, hay científicos que no comparten esta opinión, quienes defienden sus posiciones ardorosamente y realizan todos los esfuerzos necesarios para encontrar errores y rebatir, a ser posible, estas nuevas ideas. Son aquellos científicos que preconizan la *Evolución multirregional*, quienes señalan que los seres humanos modernos evolucionaron simultáneamente y en varias regiones del mundo a partir de formas arcaicas, tales como el *Homo erectus* y el *Neanderthal*. Se basan fundamentalmente en los rasgos físicos, en la continuidad de las características morfológicas entre los humanos antiguos y los modernos. Sin embargo, las evidencias reafirman que la cuna de la humanidad se encontraba realmente en África. Los nuevos descubrimientos encajan perfectamente en la imagen que hasta ahora teníamos formada.

Por supuesto, tales científicos plantean también cuestiones relativas a procesos más complejos. Se formulan interrogantes como: ¿Por qué surgió el hombre en África y no en los lugares en los que en la actualidad se encuentran las mayores aglomeraciones humanas, como por ejemplo, en el Sureste asiático o en Europa? ¿Por qué un grupo de personas abandonó África precisamente en el momento en que Europa y Asia eran presa de enormes masas de hielo? ¿Qué impulsó a aquellas personas a abandonar el calor del trópico ecuatorial para instalarse en el frío de los continentes septentrionales? Se preguntan también, ¿por qué sigue siendo África un continente tan poco poblado si resulta que fue el primer hogar de los seres humanos? ¿Acaso no cabría esperar encontrar el mayor número de personas en el lugar en el que nació la humanidad, en el lugar en el que durante largos períodos de tiempo vivió en armonía con su entorno físico?

Los sorprendentes resultados de los análisis del ADN mt en 100 individuos de distintas latitudes y étnicamente diferentes realizadas por Cann *et al.*, (1987), Vigilant, *et al.*, (1991), han demostrado que las secuencias del ADNmt de los seres humanos modernos *coalescen* claramente en una secuencia ancestral llamada Eva mitocondrial, que vivió en África hace 180.000 a 200.000 años. Quisiéramos insistir, que esta *Eva mitocondrial*, no es la única mujer de la que descendemos todos los humanos que habitamos en la actualidad, sino *una molécula de ADNmt de la que descienden todas las moléculas* de ADNmt humanas que hoy habitamos en la Tierra. La conclusión legítima del análisis del ADN mt es que la Eva mitocondrial es el ancestro de los humanos modernos en la línea materna.

Ruiz y Ayala (2002) afirman que «Cualquier persona tiene un ancestro único en la línea materna en cualquier generación. Una persona hereda el ADN mitocondrial de la bisabuela en la línea materna, pero también hereda otros genes de las otras tres bisabuelas y de los cuatro bisabuelos. El ADN mt que heredamos de la Eva mitocondrial representa 1/400.000 del ADN presente en cualquier humano moderno. El resto del ADN es heredado de otros contemporáneos y ancestros de la Eva mitocondrial».

La teoría de la coalescencia genética lleva a la conclusión de que si la coalescencia del ADN mt ocurrió hace 200 mil años, el número promedio de antepasados humanos de los que descendemos sería de unos diez mil. Pero otros cálculos concluyen que la coalescencia ocurre entre hace 143.000 y 298.000. Esto correspondería a una población de 31.000 y 44.450 individuos. (Ruiz y Ayala, 2002: 250).

Los autores citados, analizan con mucho detenimiento varios aspectos referentes a la teoría de especiación que ocurre precisamente como consecuencia de un evento fundador ('cuello de botella', de manera que la nueva población se establece a partir de uno (hembra fecundada) o muy pocos individuos, ocasionado por un cambio drástico que habría sufrido un población, o que los 'fundadores' ocuparon un nuevo ecosistema.

Como se sabe, la contraparte genética del ADN mitocondrial es el cromosoma Y, y es heredado de padres a hijos varones. Hay regiones del cromosoma Y que no son homólogos con el cromosoma X y que por lo tanto son transmitidas por línea paterna, así como el ADN mitocondrial es transmitido por línea materna. Ruiz y Ayala (2002), citando a Dorit y Hammer, dan cuenta que «se ha estudiado la secuencia de un fragmento de 729 nucleótidos del gen ZFY del cromosoma Y (se piensa que está involucrado en la maduración de los testículos y del esperma) en 38 hombres representativos de los principales grupos étnicos, sin encontrar ninguna variación. La teoría de la coalescencia lleva a la conclusión de que el origen de los cromosomas Y humanos actuales se remonta a un cromosoma Y hace unos 270 años, con un mínimo margen de error».

En síntesis, el resultado de las nuevas investigaciones relativas al ADN mitocondrial, evidencian que hace unos 200.000 años los seres humanos surgieron en el África. En este punto se presenta la primera cuestión que deberá conducirnos a los orígenes de la aparición de nuestra especie. ¿Dónde ocurrió? ¿Puede restringirse más el margen de los orígenes del hombre? ¿De qué clase de territorios se trataba? ¿Qué condiciones de vida reinaban en dichos territorios? Son interrogantes que el alumno debe indagar y tratar de responder.

Cabe recordar que, África es un continente de gran disparidad y apreciables dimensiones (30'560.000 km²), su geomorfología y sus regiones son muy variados, extremadamente contrastados: desde la jungla tropical, extensas sabanas, hasta desiertos candentes. Ello reviste gran importancia para determinar en qué hábitat africano se produjo el nacimiento del ser humano, porque de eso depende también indagar qué adaptaciones había desarrollado el hombre en dichos territorios y si demostraron ser de utilidad, o bien, adversos para la vida fuera de África. La respuesta inmediata a tales interrogantes, vale decir a la cuestión relativa al lugar exacto del surgimiento del ser humano nos conduce indudablemente a las estepas y a las sabanas de las tierras altas de África Oriental (Tanzania, Kenia, Etiopía). Pues allí se han encontrado numerosísimos vestigios de los primeros antepasados del hombre moderno. Y, desde esos calurosos y sofocantes territorios, grupos humanos genéticamente análogos a nosotros emprendieron, hace más 70 u 80 milenios, la larga marcha, llevando consigo la avalancha colonizadora, vigorosa e incontenible, en el trayecto y ya establecidos, inventaron herramientas nuevas haciendo gala de una tecnología desbordante, buscaron el significado de su existencia en rituales, se convirtieron en eximios artistas, cuyo legado hoy asombra al mundo, dominaron eficazmente múltiples ecosistemas y poblaron con inusitada rapidez casi todas las latitudes del planeta.

Sin duda, el peso de la evidencia molecular atestigua el origen africano reciente de los humanos modernos. Las diferencias étnicas de las poblaciones modernas (blancos, mongoles, negros o cobrizos) serían evolutivamente recientes, como resultado evolutivo divergente entre poblaciones geográficamente separadas o distantes, ello debió haberse producido en los últimos 50.000 a 100.000 años. Los consistentes estudios de polimorfismo genético, con respecto a un apreciado número de genes distribuidas en las poblaciones de todas las latitudes, demuestran que la diversidad genética total de los habitantes de la Tierra, el 85% está presente en cualquier población local, por más grande o pequeña que ésta fuera, es decir, cualquier habitante de cualquier lugar continental que sea contribuyen con ese 85% que varía de una población a otra. El 15% restante se distribuye: 5% cuando se comparan poblaciones de un mismo continente y sólo 10% aparece cuando se comparan las poblaciones de distintos continentes. Es pues, sorprendente que la diferenciación genética implique sólo el 10% de los genes, ya que nos es fácil distinguir a un indígena de Ollantaytambo (Cusco), de un nórdico o de

un congolés africano. El color de la piel o del pelo y otros rasgos morfológicos, implican una cantidad ínfima de genes.

El análisis de Templeton en debate

Finalmente, comentaremos el artículo en debate de Alan Templeton, evolucionista molecular, publicado en marzo de 2002 en la revista *Nature*. Se ocupa de una excelente reevaluación estadística de todos los datos disponibles sobre comparaciones de ADN en los seres humanos actuales. Aplica una metodología que trata de reconstruir la historia evolutiva de nuestra especie, determinando el grado de parecido genético entre las poblaciones humanas actuales de todo el mundo.

El punto de partida de Templeton se basa en la teoría dominante, ampliamente comentada líneas arriba, que sostiene que toda la humanidad actual proviene exclusivamente del tercer y último éxodo u oleada migratoria de África, hace 70.000 a 80.000 años. Se basa sobre todo, en unas comparaciones de ADN de este tipo publicadas desde 1987 por varios laboratorios. Pero los estudios de Templeton, con el auxilio de métodos matemáticos e informáticos más avanzados, son hartos novedosos y muy distintos de los alcanzados por otros biólogos moleculares en los últimos veinte años. Sus planteamientos van cambiando sustancialmente sobre la idea de ocupación de homínidos en Europa. La secuencia anteriormente establecida y la persistencia de los genes de *Homo erectus* y grupos de homínidos hasta el hombre moderno, vienen sufriendo cambios antes insospechados. La luz de los recientes hallazgos de Atapuerca, Georgia y África oriental.

Templeton analiza y detecta, con claridad, el primer éxodo de homínidos que salió de África hacia 1'700.000 a 1'800.000 años (1.7 a 1.8 m.a.), que, como hemos visto, fueron los *Homo erectus* y colonizaron Eurasia, propagando su tecnología rudimentaria de la piedra tallada. Pero, lo sorprendente es que Templeton detecte esa primera migración en las *poblaciones humanas modernas*, ello supone una revolución de carácter conceptual. Dejemos en claro: no estamos hablando ahora de huesos fósiles (exhaustivamente analizados y que pueden pertenecer a una especie extinta), sino que se trata de *genes fósiles* presentes en los humanos actuales, que por definición no están extintos.

Para una mejor comprensión, Templeton señala que los *Homo erectus* que abandonaron África hace 1.7 millones de años, no eran genéticamente idénticos (obviamente) sino que tenían las variantes genéticas *a*, *b* y *c*. En cambio, el tercer éxodo salida de África, la de los *Homo sapiens*, hace 80.000 años, tenían unas variantes genéticas distintas *d*, *e* y *f*. Si el tercer éxodo de los *Homo sapiens sapiens* hubiera sustituido por completo a la de *Homo erectus*, toda la variación genética de los seres humanos actuales sería *d*, *e* y *f*. Las variantes *a*, *b* y *c* se habrían extinguido junto con los *Homo erectus* que los portaban. Pero en el análisis de Templeton, no es así: pues, las variantes *a*, *b*, y *c* siguen presentes

en los seres humanos actuales, por supuesto, también lo están las variantes *d*, *e* y *f* del último éxodo, pero las variantes *a*, *b* y *c* no han sido borradas. Luego la sustitución de *Homo erectus* por el *Homo sapiens sapiens* no fue completa: los dos éxodos africanos copularon y se intercambiaron genes.

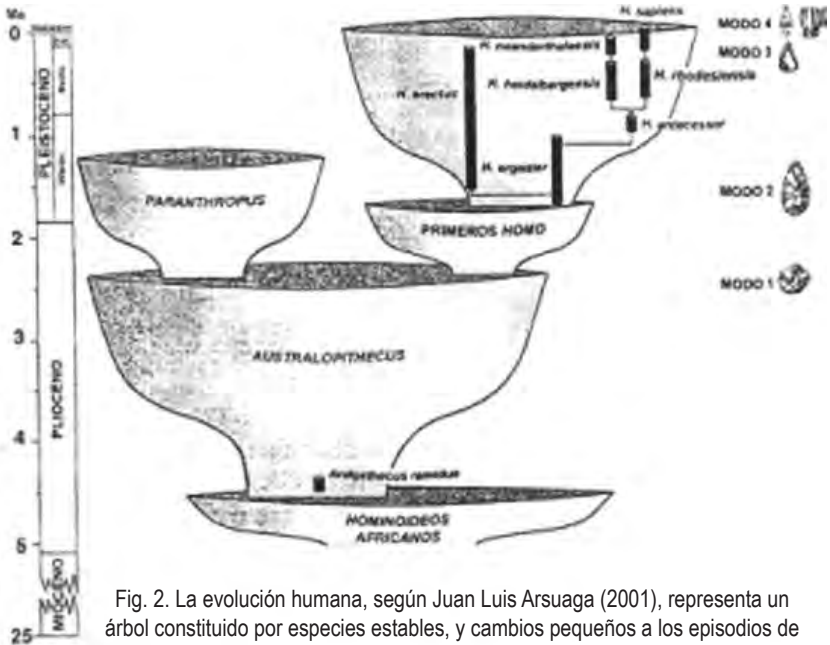


Fig. 2. La evolución humana, según Juan Luis Arsuaga (2001), representa un árbol constituido por especies estables, y cambios pequeños a los episodios de formación de especies nuevas.

En el enfoque de Templeton (por algoritmos) se detectan tres migraciones de África oriental (aunque no descarta que pudiera haber más). Éstas son, la primera ya señalada, de hace 1.7 millones de años; una segunda, de hace 700.000 u 800.000 años, a la que podría pertenecer el *Homo antecessor* de Atapuerca; y la tercera, ya conocida del *Homo sapiens sapiens*, de hace 70.000 a 80.000 (Templeton lo extiende hasta los 100.000 años), la que la mayoría de los especialistas postulaban que había dado origen a toda la humanidad actual.

Lo más importante es que la segunda migración africana no borró a la primera, es decir, que las variaciones genéticas de *Homo erectus* siguen presentes en los seres humanos modernos, y por el contrario, la tercera, es decir, los *Homo sapiens sapiens* no borró a ninguna de las dos anteriores. Los análisis de Templeton evidencian que desde que el *Homo erectus* abandonó África, hace 1.7 millones de años, ha habido un flujo genético constante, es decir, una constante actividad sexual, entre las poblaciones africanas, asiáticas y europeas. Habida cuenta que ese flujo genético ha sido más abundante entre las poblaciones más próximas que entre las lejanas. (Fig. 2).

Si los análisis de Templeton son ciertos, ello indicaría que *Homo antecessor*, *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens sapiens* no son distintas especies de homínidos, sino meras variedades de *Homo erectus*. De ser confirmados los análisis matemáticos de Templeton, supondrían un cambio de paradigma en la disciplina de la evolución humana, y diríamos: «Todos somos una sola especie, *Homo erectus*». «¡Todos somos *Homo erectus* desde hace casi dos millones de años!». Templeton, matiza su análisis en los términos siguientes: la teoría dominante del tercer éxodo, sigue siendo verdad en un 90%. La última oleada africana no reemplazó *totalmente* a las poblaciones de *Homo erectus*, pero sí lo hizo en un 90%. Y esta renovación poblacional trajo consigo formidables consecuencias culturales en todo el mundo. (Templeton, 1982, 2002). (El espectacular salto cualitativo que supuso la llegada de nuestra especie a Europa, Asia y a América, en los orígenes del arte, la tecnología, domesticación de plantas y animales, la ideología religiosa y política, serán tratados en otros ensayos).

Para concluir, cabe precisar que el inusitado trabajo en los laboratorios de los biólogos moleculares y genetistas, en los tres últimos lustros, han revelado que las comparaciones de ADN son un valioso complemento a la arqueología y a la paleontología, para establecer una nítida reconstrucción de los detalles de las migraciones humanas *ulteriores* al último éxodo desde África. Comparando, como ya se dijo, a miles de personas de todos los grupos étnicos y latitudes de la Tierra, Al respecto, cabe destacar los valiosos aportes de la famosa trilogía de científicos integrado por Luca Cavalli-Sforza, Ornella Semino y Peter Underhill del Departamento de Genética de la Universidad de Stanford, quienes han logrado reconstruir el fascinante episodio de las migraciones de *Homo sapiens sapiens* que colonizaron Europa en el Paleolítico superior.

La reconstrucción migratoria planteada por Cavalli-Sforza y sus colegas, parte del desplazamiento del último éxodo de África (hace 80.000 o 100.000 años), emprendió por la ruta de Egipto, el Canal de Suez y Oriente Próximo. Desde allí la mayoría de sus 10.000 miembros fundadores emprendieron el camino, durante centenares de generaciones, a lo largo del sur de Asia. Algunos genetistas postulan que ello ocurrió hace unos 100.000 años, y otros como los de la Universidad de Stanford se inclinan a situarlo a los 50.000 años. Varios de aquellos emigrantes se establecieron de modo estable en las proximidades de la frontera entre Pakistán y el norte de la India, que entonces (hace 45.000 años) se disfrutaba de condiciones climáticas húmedas y favorables para la caza, y hoy constituye el desierto de Thar. Ese rápido cambio del ecosistema pudo haber obligado a una parte de sus integrantes retornar hacia el oeste. Se tiene la certeza que hace 40.000 años, aquellos viajeros procedentes de India arribaron a Europa para quedarse y dominar su entorno físico. La mitad de los europeos de hoy *son sus descendientes en línea directa*, y distribuidos desde Escandinavia hasta Andalucía (España). Sus genes son inconfundibles. Y estos mismos genes pueden encontrarse en muchos habitantes actuales de Pakistán

y también del norte de India. Como se puede observar este cuadro presentado por los científicos de Stanford, es realmente fascinante.

Los *Homo erectus* que recién habían llegado a Europa tuvieron la ocasión de conocer y de enfrentarse con los rudos y fornidos *Neandertales* que ya vivían en esos territorios desde cientos de miles de años atrás y ya habían dominado el fuego, manufacturaban herramientas de piedra, enterraban a sus muertos y rebelaban cierta organización tribal.

Las investigaciones realizadas por Stringer (1999) y Righthire (1999), señalan que numerosos yacimientos que datan del Pleistoceno temprano y medio corresponden al *Homo erectus*. Como se sabe, los datos admitidos afirman que esta especie apareció en África. Recordemos que parecen haber vivido en las regiones subsaharianas durante cientos de miles de años, antes de extender lentamente su área de distribución hacia África del Norte, Asia y Europa oriental. Los restos óseos de estos hombres han sido profusamente estudiados en detalle., también se han encontrado asociadas herramientas líticas y otras huellas ligadas a sus actividades, de este modo, conocimos ahora su anatomía y su comportamiento. Recordemos también que el *Homo habilis* evoluciona a *Homo erectus* a principios del Pleistoceno.

La llegada de los hombres modernos desde India transformó Europa casi por completo. Hace 40.000 años, estos grupos humanos instauran en Europa una nueva era, marcan el inicio del *Paleolítico superior*, que señalamos líneas arriba, y con ello imprimen un salto cualitativo y los primeros signos inequívocos de la creatividad humana. Se ha precisado que la mitad de los europeos actuales descienden de la primigenia oleada de *Homo sapiens sapiens*. Y los 50% restante? proceden de otras dos oleadas sucesivas procedentes de Oriente Próximo. La primera que conforma el 30% de los europeos actuales y se produjo hace 20.000 años, y probablemente fueron los portadores de una cultura que los arqueólogos conocen como *Gravetiense*, caracterizada por las célebres *Venus*, figuritas femeninas de atributos prominentes que eran comunes en el sur de Asia. Así pues, el 20% restante de los europeos actuales descienden de una última oleada que tuvo lugar hace apenas 10.000 años desde Oriente Próximo y se fue extendiendo a lo largo del Mediterráneo portadores de la cultura neolítica.

EPÍLOGO

Homo sapiens: en busca de sus orígenes, de Hublin y Tillier (1999), libro colectivo, con ensayos de Cohen, Stringer, Wolpoff, Brauer; *El origen de la humanidad*, de Richard Leakey (2000), donde narra sus hallazgos más importantes realizados en las orillas del lago Turkana; *Hijos de un tiempo perdido: La búsqueda de nuestros orígenes*, de José María Bermúdez de Castro (2004), eximio excavador de los yacimientos de Atapuerca; *El largo viaje, El «Homo viator»*, que se explica en el

capítulo 7 de la inmensa obra de Fernando Diez Martín (2005); *Senderos de la evolución humana*, obra rigurosamente documentada por Camilo José de Cela Conde y Francisco J. Ayala (2005), y *Homínidos. Las primeras ocupaciones de los continentes*, lleva por título el inmenso tratado de Eudald Carbonell (2006), constituyen, sin duda, algunos de los tratados más recientes sobre evolución humana. Gracias a esa amplia información y complementada por una extensa bibliografía aparecida en revistas especializadas y otros múltiples estudios; a lo largo de este ensayo hemos tratado de narrar y explicar los cambios biológicos y morfológicos más importantes ocurridos en la evolución humana durante los últimos cinco millones de años (5 Ma).

A lo largo del presente ensayo hemos ido examinando diferentes temas, hipótesis, modelos y teorías acerca de los orígenes de la humanidad y de los ancestros que nos precedieron; de aquellos homínidos a quienes hemos visto su aparición tempo-espacial, y sus respectivas migraciones siempre «desde África», siguiendo diversas rutas, con el paso de mucho tiempo, registrado en millones y centenares de miles de años, hasta nuestra propia especie. La idea de un largo camino recorrido sin atajos, lleno de recovecos, bifurcaciones a la manera de un árbol de muchas y muy intrincadas ramas, es buena metáfora para describir la historia de la evolución humana y de nuestro linaje.

Lo que de particular tiene el *Homo sapiens sapiens* es que se trata de la única especie de homínido presente, que domina todos los ecosistemas, dueño de asombrosas tecnologías y que hoy más de seis millones de la especie *Homo* habitan en el planeta. Vimos cómo en el proceso de hominización, la locomoción bípeda, el desarrollo del cerebro, la forma de comunicarse a través del lenguaje, las técnicas de fabricación de instrumentos y el sistema de obtener alimentos hicieron posible la humanización. Los primates, como se ya dijo, fueron llamados así por Linneo porque el fundador de la taxonomía o sistema de clasificación todavía en boga quería denominarlos los «primeros de todos» reconociendo de este modo su superioridad sobre todos los demás seres vivos.

Los análisis del ADN, en ocasiones combinado con los estudios de la evidencia fósil han permitido incluso ajustar el intervalo tempotal entre ellos, los chimpancés y los seres humanos tomaron caminos diferentes. Los *relojes moleculares* se basan en las tasas de mutación de determinados genes denominados «neutros» (sobre los que no opera la selección natural y, por lo tanto no son favorecidos ni eliminados por ésta) en los que las mutaciones espontáneas se irán acumulando a ritmo constante como es en el caso del ADN m.

Hemos tratado de conocer también, que el origen fundamental del cambio es la mutación o modificación del ADN, que transmitimos de generación en generación. Dijimos que la deriva genética y las mutaciones no son predecibles, ocurren al azar, por lo que no sabemos qué cambios ocurrirán en nuestro patrimonio genético en las próximas generaciones y milenios. Pero ¿sabemos cómo

actuará la selección natural en el futuro? Es evidente que no podemos saberlo. Si no somos capaces de predecir las mutaciones ni cómo actuará la selección natural, tampoco podremos saber cómo será nuestro aspecto en el futuro. Pero lo evidente es que los seres humanos hemos desarrollado una tecnología asombrosa. Con los avances de la ciencia y sin apenas darnos cuenta hemos ayudado a forjar una especie extraordinariamente variable y adaptada a casi cualquier ambiente terrestre del planeta. Además, la tecnología ha proporcionado a los seres humanos adaptaciones artificiales (no biológicas), que les permiten viajar en el espacio exterior y proyectar la colonización de otros planetas.

Entre las evidencias más antiguas que tenemos sobre nuestros parientes más remotos está un fragmento de mandíbula con un molar que se encontró en Lota-thagan (Kenia) y que tiene una antigüedad aproximada de 5,6 millones de años. Pero el más conspicuo representante es el *Ardipithecis ramidus*, con 4,5 millones de años encontrado por Tim White (1992), compuesto por un conjunto de fósiles procedentes del yacimiento de Aramis (Etiopía). También en un principio se consideraron como los «primeros homínidos» al género *Sahelanthropus tchadensis* con 6 a 7 millones de años y también el género *Orrorin tugenensis*, pero por lo fragmentario de sus restos y morfología dentaria no han sido incluidos como tales.

Hemos enfatizado que el *Homo sapiens sapiens* emigró de África hace 70 a 80 mil años, se dispersó por todo el mundo y ahora sabemos que gracias a la gran transformación científica de la década de los 70, se recurre a la genética para reconstruir nuestra evolución. Vimos que el ADN determina, por ejemplo, la estatura, el color de la piel o el color de los ojos de una persona, en cambio, el ADN mitocondrial establece que, por más significativas sean las diferencias morfológicas, hay una contundente semejanza que trasciende los tipos humanos. Las mitocondrias, diminutos orgánulos se encuentran en cada una de las células humanas y solamente se heredan de madres a hijas. A través de estos genes se puede rastrear con absoluta certeza el linaje genético de nuestra especie, lo que equivale a reconstruir las migraciones de los primeros hombres modernos y establecer el árbol genealógico de la humanidad. Así pues, a medida que el *Homo sapiens sapiens* se ha trasladado de África y ha ocupado distintos ecosistemas en los cinco continentes, su ADN mitocondrial ha ido acumulando mutaciones, y este registro quedó grabado en las mitocondrias de las mujeres, de «La Eva mitocondrial», cambios que se suceden cada 20 mil años.

También hemos señalado cómo la tecnología y la cultura se han hecho cada vez más importantes y se han convertido en protagonistas casi imprescindibles de la vida del ser humano. Hemos conocido a nuestros ancestros. Sabemos ya que el largo proceso de evolución de los homínidos ha seguido varios caminos. Algunas especies tuvieron éxito durante miles de años, pero terminaron por desaparecer sin dejar descendientes (caso de los Neandertales). Otras fueron

sucedándose en el tiempo, siguiendo un complejo camino. El último tramo de ese largo recorrido llegó hasta el presente con el *Homo sapiens sapiens*. Y aquí estamos nosotros ahora sus directos descendientes como seres humanos, mirando hacia atrás para averiguar qué ha ocurrido en estos últimos 5 millones de años, pero a la vez preocupados por nuestro futuro. Conociendo cada vez más nuestros orígenes y aprender las lecciones del pasado, estaremos preparados para tomar conciencia de especie y afrontar quizá con pocas garantías el reto del futuro de la humanidad, terriblemente amenazado por el «efecto invernadero» o calentamiento global.

BIBLIOGRAFÍA

AA.VV.

- 1994 *Atlas culturales de la Humanidad*. Vol. 16, Ed. Debate-Círculo de Lectores, Barcelona.
- 2002 *La memoria de la tierra. Yacimientos que cambiaron la historia*. Fundación Marcelino Botín. Santander, España. [Se describen: Altamira, Java, Olduvai, y Turkana, en África, y Monte Carmelo y Quafzeh en Oriente Próximo].
- 2003 *Los primeros europeos. Tesoros de la Sierra de Atapuerca*. Junta de Castilla y León, España.
- 2005 *Historia Universal*. Tomo 1, «Los orígenes». Salvat Editores, Lima.

AGUSTÍ, Jordi

- 2005 *Fósiles, genes y teorías. Diccionario heterodoxo de la evolución*. Metatemas, Barcelona.

AITKEN, M.

- 1990 *Science-based Dating in Archaeology*. Longman, London.

AMAT OLAZÁBAL, Hernán

- 2002 *Del Big Bang al Homo Sapiens*. Serie Lecturas Básicas N° 1, UNMSM y Universidad Enrique Guzmán y Valle, La Cantuta, Lima. También en Internet.
- 2003 «Nuestro orden animal: Evolución de los primates. Recientes hallazgos y nuevos planteamientos». *Boletín del Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Año 6 N° 1, enero-marzo, pp. 3-18, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

ARDREY, Robert

- 1978 *La evolución del hombre: la hipótesis del cazador*. Alianza Editorial (Libro de Bolsillo, 7005), Madrid.

ARSUAGA, Juan Luis

- 2001 *El enigma de la esfinge*. Ed. Areté, Madrid-Barcelona.

ARSUAGA, Juan Luis e Ignacio MARTÍNEZ

1998 *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Ilustraciones de Mauricio Antón. 2ª. edición. Temas de Hoy, Madrid.

ARSUAGA, Juan Luis y MAN

2006 «Atapuerca y la evolución humana». En *Revista de Arqueología*, Año XVII, Nº 298, pp. 14-23, Madrid.

ASFUEW, B., WHITE, T. D., LOVEJOY, C.O., SURWA G. y SIMPSON, S.

1999 «Australopithecus gahi: A new Species of Early Hominid from Ethiopia». *Science*, Vol. 284, pp. 629-635.

AYALA, Francisco J.

1980 *Origen y evolución del hombre*. Alianza Universidad 278, Alianza Editorial, Madrid.

1995 «The Myth Eve: Molecular Biology and Human Origins». *Science*, Vol. 270, pp. 1930-1936.

1997 *La teoría de la evolución. De Darwin a los últimos avances de la genética*. Bolsitemas, Madrid.

2000 «La evolución y la herencia biológica». En *La ciencia en tus manos*. Dirección de Pedro García Barreno, Espasa, Madrid.

AVICE, J. C.

1994 *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Chapman&Hall, Nueva York.

BERGER, L.

1998 «Los albores de la humanidad: ¿Rediseñar nuestro árbol genealógico?». *National Geographic*, en español. Vol. 2, Nº 3, marzo, pp. 90-99, Washington, D.C.

BERMÚDEZ DE CASTRO, José María, et al.

2004 *Hijos de un tiempo perdido. La búsqueda de nuestros orígenes*. Ares y Mares, Ediciones EGEDSA, Barcelona.

BERTANPETIT, J. y C. JUNYENT

2000 *Viaje a los orígenes. Una historia biológica de la especie humana*. Editorial Península, Barcelona.

BINFORD, Sally R. y Lewis R. BINFORD

1975 «Utensilios de piedra y conducta humana». En *Biología y Cultura, Introducción a la antropología biológica y social*. Seleccionados de Scientific American, 16, pp. 174-184, Hermann Blume Ediciones, Madrid.

BOYD, R. y J. B. SILK

2001 *Cómo evolucionaron los humanos*. 2ª edición, Editorial Ariel, Barcelona. [Primera edición 1999].

- BORDES, François
1968 *The Old Stone Age*. Traducido del francés por J. E. Anderson, World University Library, New York-Toronto.
- BRÄUER, G. y G.K. W. RIMBACH
1990 «Late Archaic and Modern *Homo sapiens* from Europe, Africa, and Southwest Asia. Craniometric Comparations and Phylogenetic Implications». *Journal of Human Evolution*, Vol. 19, pp. 789-807.
- BRUNET, M., A. BEAUVILAIN, ET AL.
1995 «The First Australopithecine 2,500 kilometers West of the Rift Valley (Chad)». *Nature*, Vol. 322, pp. 273-275.
- BRUNET, M. F. GUY, D. PILBEAM, ET AL.
2002 «A New Hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa». *Nature*, Vol. 418, pp. 145-151.
- BUTZER, Karl W.
1989 *Arqueología. Una ecología del hombre: Método y teoría para un enfoque contextual*. Ediciones Bellaterra, Barcelona.
- CANN, R.I., M. STONEKING y A. C. WILSON
1987 «Mitochondrial DNA and Human Evolution». *Nature*, N° 325, pp. 31-36.
- CARBONELL, Eudald (Coordinador)
2006 *Homínidos. Las primeras ocupaciones de los continentes*. Ed. Ariel, Barcelona.
- CARBONELL, Eudald y Cinta S. BELLMUNT
2003 *Los sueños de la evolución*. RBA Libros. National Geographic, Barcelona.
- CELA CONDE, C. J. y Francisco. J. AYALA
2005 *Senderos de la evolución humana*. Alianza Editorial, Madrid.
- CALDERÓN TICSE, Germán y Luis GUZMÁN PALOMINO
2002 *Proceso histórico mundial. Un breve compendio*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, La Cantuta, Lima.
- CHAMPION, Timothy, Clive GAMBLE, Stephen SHENNAN y Alasdair WHITTLE
1996 *Prehistoria de Europa*. Versión española de Marina Picazo. Ed. Crítica, Madrid.
- CHOMSKY, Noam
1978 *Temas teóricos de gramática generativa*. Editorial Siglo XXI, México.
1989 *El conocimiento del lenguaje, su naturaleza, origen y uso*. Alianza Editorial, Madrid.

CLARK, Grahame

1980 *Arqueología y sociedad. Reconstruyendo el pasado histórico*. Akal Universitaria 2, Traducción de Pepa Gasull, Akal Editor, Madrid. (Traducción de la versión en inglés *Archaeology and Society*, de la 3ª. Ed. revisada y aumentada, 1969. Edición original, editada en 1939; 2ª ed. revisada, 1947).

1981 *La prehistoria*. Alianza Universidad Textos. Alianza Editorial, Madrid.

CLARKE, Robert

1983 *El nacimiento del hombre*. Colección Plural-Ciencia Abierta, Barcelona.

DELSON, E.

1987 «Evolutions and Paleobiology of Robust *Australopithecus*». *Nature*, N° 327, pp. 654-655.

DIEZ, Carlos, Sergio MORAL y Marta NAVAZO

2003 *La sierra de Atapuerca. Un viaje a nuestros orígenes*. Ed. Fundación Atapuerca, Burgos, España.

DIEZ MARTÍN, Fernando

2005 *El largo viaje. Arqueología de los orígenes humanos y las primeras migraciones*. Editorial Bellaterra, Serie bellaterra ASrqueología, Barcelona.

DOBZBANSKY, Theodosius

1969 *Evolución humana. Evolución de la especie humana*. Versión española de J. A. de Vicente Moreno y A. Fernández García. Ed. U. de Chile Ed. Ariel, Barcelona.

DOMÍNGUEZ RODRIGO, Manuel

1991 «Kooobi Fora y el estudio de los orígenes del hombre». *Revista de Arqueología*, Año XII, N° 125, Septiembre, pp. 6-16, Madrid.

1996 *En el principio de la humanidad*. Editorial Síntesis, Madrid.

1997 *El primate excepcional*. Editorial Ariel, Barcelona.

DOMÍNGUEZ RODRIGO, Miguel, M. L. ALLCALÁ, et al.

1997 «Pening y el origen del ser humano. Un proyecto de investigación sobre evolución humana en el corazón de África oriental». *Revista de Arqueología*, N° 194, pp. 14-25, Madrid.

EIROA, Jorge Juan

2005 *Nociones de Prehistoria general*. Editorial Ariel, Barcelona.

EIROA, Jorge Juan, José Alberto BACHILLER, Ladislao CASTRO y Joaquín LOMBA

1999 *Nociones de tecnología y tipología en Prehistoria*. Editorial Ariel, Barcelona.

ELDREDGE, Niels y TATTERSALL, Ian

1986 *Los mitos de la evolución humana*. Fondo de Cultura Económica, México.

- FAGAN, Brian M.
1988 *El gran viaje. El poblamiento de la antigua América*. Editorial EDAF, Madrid.
- FIEDEL, Stuart J.
1996 *Prehistoria de América*. Editorial Crítica, Grijalbo Mondadori, Barcelona.
- FULLOLA I PERICOT, Joseoh M. y Jordi NADAL LORENZO
2005 *Introducción a la prehistoria. La evolución de la cultura humana*. Editorial UOC, Barcelona.
- GAMBLE, Clive S.
1990 *El poblamiento paleolítico de Europa*. Editorial Crítica, Barcelona.
1993 *Timewalkers the Prehistorey of Global Colonization*. Penguin, Harmondsworth.
2001 *Las sociedades paleolíticas de Europa*. Editorial Ariel, Barcelona.
2002 *Arqueología básica*. Editorial Ariel, Barcelona.
- GARANGER, J.
2002 *La prehistoria en el mundo* (Nueva edición de «La Prehistoria» de André Leroi-Gourhan). Editorial Akal, Madrid.
- GORE, Rick
1996 «Neandertals. The Dawn of Humans». *National Geographic*, Vol. 189, Nº. 1, January, pp. 2-35, Washington D. C.
1997 «The Dawn of Humans: Expanding Worlds». *National Geographic*, Vol. 191, Nº 5, May, pp. 84-109, Washington, D. C.
2002 «Nuevo hallazgo: [El cráneo de Dmanisi, Georgia de 1'750.000 años]. *National Geographic*, en español, agosto, pp. 2-11.
- GOULD, Stephen J.
1980 «¿Está emergiendo una nueva teoría de la evolución?». *Paleobiología*, Vol. 6.
2002 *The Structure of Evolutionary Theory*. Belknap Harvard.
- HAILE-SELASSIE, Y.
2001 «Late Miocene Hominids from the Middle Awash, Ethiopia». *Nature*, Vol. 412, pp. 178-181.
- HAILE-SELASSIE, Y., G. SAWA y T. WHITE
2004 «Late Miocene Teeth from Middle Awash, Ethiopia, and Early Hoiminid dental Evolution». *Science*, Vol. 303, pp. 1503-1505.
- HALINE, Jean
1982 *El Cuaternario. La historia humana y su entorno*. Traducción del francés por Pilar Cabrera. Editorial Akal, Madrid.

- HALLPIKE, G. R.
 1986 *Los fundamentos del pensamiento primitivo*. Traducción de F. Patán. Fondo de Cultura Económica, México.
- HORAI, S. K., R. HAYASAKA, R. KONDO, K. TSUGANE y N. TAKAHATA
 1995 «Recent African origin of modern humans revealed by complete sequences of hominoid mitochondrial DNA». *Proceeding of Natl. Academic Science*, Vol. 92, pp. 532-536.
- HARDESTY, Donald L.
 1979 *Antropología ecológica*. Ediciones Bellaterra, Barcelona.
- HOWELLS, Williams W.
 1975 «La distribución del hombre». En *Biología y Cultura. Introducción a la antropología biológica y cultural. Selecciones de Scientific American*, pp. 21-31, Hermann Blume Editores, Madrid.
 1976 «Explaining Modern Man: Evolutionists versus migrationists». En *Journal of Human Evolution*, Vol. 5, pp.477-495.
- HUBLIN, Jean-Jaques y Anne-Marie TILLIER (coordinadores)
 1999 *Homo sapiens: en busca de sus orígenes*. Fondo de Cultura Económica, México.
- HULSE, Frederick S.
 1968 *La especie humana*. Traducción del inglés por Luis Escolar B., Aguilar, Madrid.
- HOURS, Francis
 1985 *Las civilizaciones del paleolítico*. Col. Breviarios N° 397, Fondo de Cultura Económica, México.
- ISAAC, G. L. y J. W. K. HARRIS
 1980 «A Method for Determining the Characteristics of Artefacts Between sites in the Upper member of Koobi Fora Formation, east of Lake Turkana. En *8th Pan-african Conference Prehistoric Quatern Stud.* Edited for Richard E. Leakey y B. A. Ogot, pp. 12-22.
- JOHANSON C., Donald
 1976 «Ethiopia Yields First 'Family' of Early Man». *National Geographic*, June, pp, 790-827, Washington, D. C.
- JOHANSON , Donald C. y Maitland EDEY
 1982 *El primer antepasado del hombre*. Un sensacional hallazgo: Lucy. Edit. Planeta, Barcelona.
- JOHANSON , A. W. y Thimotee, EARLE
 2003 *La evolución de las sociedades humanas*. Editorial Ariel, Barcelona.

- KELSO, A. J.
1978 *Antropología física*. Ediciones Bellaterra, Barcelona.
- KEYSER, André W.
2000 «Los albores de la humanidad: Nuevos hallazgos en Sudáfrica». *National Geographic*, en español., Vol. 6, Nº 5, pp. 76-83.
- KLEIN, Richard G.
1992 «The Archaeology and of Modern Humans». *Evolutionary Anthropology*, Vol I, pp. 5-14.
- KOENIGSWALD, G. H. R. von (Editor)
1958 *Hundert Jahre Neanderthaler: Neanderthal Century 1856-1956*. Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research, New York.
1970 *Los hombres prehistóricos*. Traducción del alemán por Miguel Fusté, Ediciones Omega, Barcelona.
- KRISTIANSEN, K.
2001 *Europa antes de la Historia*. Editorial Península, Barcelona.
- LAN-PO, Chia
1976 *Cueva-hogar del hombre de Pekín*. Ediciones en Lenguas Extranjeras, Imprenta de la República Popular China. Pekín.
1981 *El hombre primitivo en China*. Edición en lenguas extranjeras, Impreso en la República Popular China, Beijing.
- LEAKEY, Louis S. B. v M. GOODALL
1973 *Hacia el desvelamiento del origen del hombre*. Traducción del inglés por José Gil de Ramales. Cultura e Historia, Aguilar, Madrid.
- LEAKEY, Richard E.
1973 «Skull 1470. Discovery in Kenya of the earliest suggestion of the genus Homo» *National Geography*, June, pp. 819-831, Washington, D. C.
- LEAKEY, Richard E.
2002 *El origen de la humanidad*. Editorial Debate, Madrid.
- LEAKEY, Richard E. F. y Meave G. LEAKEY
1978 «The Fossil Hominids and an Introduction to Their Context». En *Koobi Fora Research Project Monograph*. Vol. 1, Oxford.
- LEAKEY, Richard E. F. y Alan WALKER
1985 «Homo Erectus Unearthed. A Fossil Skeleton 1,600,000 Years Old». *National Geographic*, Vol. 168, Nº. 5, November, pp. 624-629, Washington, D. C.

- LEAKEY, Meave
 1995 «The Dawn of Humans: The Farthest Horizon». *National Geographic*, Vol. 188, N° 2, pp. 38-51, Washington, D. C.
- LEE, Richard B. e Irven DEVORE (Editores)
 1973 *Man the Hunter*. 4ª Ed. Aldine Publishing Company, Chicago.
- LEROI-GOURHAN, André
 1963 *Art et Religion au Paléolithique Supérieur*, París.
- LEWIN, Robert
 1987 «The origin of the Modern Human Mind». *Science*, Vol.236, pp. 668-670.
 1987 «The Unmasking of Mitochondrial Eve». *Science*, Vol. 238, pp. 24-26.
 1988 «A New Tool Maker in the Homind Record». *Science*, Vol.240, pp. 724-725.
- LOVEJOY, C. O.
 1981 «The Origin of Man». *Science*, Vol. 211, pp. 341-350.
 1988 «Evolution of Human Walking». *Scientific American*, Vol. 259, pp. 82-89.
- LOWIE, J.J.; M.J.C. WALKER
 2005 *Reconstrucción de los ambientes cuaternarios*. Editorial Ariel, Barcelona.
- MAKINISTIAN, Alberto A.
 2004 *Desarrollo histórico de las ideas y teorías evolucionistas*. Prensas Universitarias de Zaragoza. España.
- MANNONI, Tiziano y Enrico GIANNICCHEDDA
 2004 *Arqueología de la producción*. Col. Ariel Prehistoria, Ed. Ariel, Barcelona.
- MARCIER, N. et al.
 1991 «Thermoluminescence dating of the Late Neandertal Remains from Saint-Cesaire». *Nature* Vol. 351, pp. 737-739.
- MELLARS, Paul A.
 1992 «Archaeology and the Population-dispersal hypothesis of Modern Human Origins in Europe». *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Serie B, Vol. 337, pp. 225-234.
- MELLARS, Paul A. y Christopher STRINGER (editores)
 1989 *The Human Revolution: Behavioral and Biological Perspectives in the Origins of Modern Humans*. Edinburgh University Press.
- MITHEN, Steven
 1998 *Arqueología de la mente*. Serie Drakontos, Ed. Crítica, Barcelona.

- MONASTERSKY, Richard
1998 «El origen de la vida en la Tierra». *National Geography*, Vol. 2, Nº. 3, pp. 54-81.
- MONGAIT, Alexandr
1960 *La arqueología de la URSS*. Academia de Ciencias de la URSS, Instituto de Historia de la Cultura Material, Ediciones en Lenguas Extranjeras, Moscú.
- MENÉNDEZ, Mario, Alfredo JIMENO y Víctor M. FERNÁNDEZ
1997 *Diccionario de Prehistoria*. Alianza Universidad 888, Alianza Editorial, Madrid.
- ORIN, Edgar, Massimo PIATELLI-PALMARINI
1983 *El primate y el hombre. Coloquio La Unidad del Hombre*. Traducido del francés por Francisco Monge, Editorial Argos Vergara, Barcelona.
- OAKLEY, Kenneth
1968 *Cronología del hombre fósil*. Traducido del inglés por Jaime Elías Cornet, Biblioteca Universitaria Labor, Barcelona.
- PARFIT, Michael
2000 «La búsqueda de los primeros americanos». *National Geographic*, en español. Diciembre, pp. 40-67, Washington, D. C.
- PFEIFFER, John E.
1969 *The Emergence of Man*. Harper & Row, Publishers, New York and Evanston, London.
- READER, John
1982 *Eslabones perdidos: En busca del hombre primigenio*. Versión española de Ángel C. González Ruiz, UNAM, Fondo Educativo Interamericano S. A. Impreso en México, Bogotá, San Juan, Caracas. San Juan, Panamá..
- REDMAN, Charles L.
1990 *Los orígenes de la civilización. Desde los primeros agricultores hasta la sociedad urbana en el Próximo Oriente*. Editorial Crítica, Barcelona.
- RENFREW, Colin y Paul BAHN
1999 *Arqueología. Teoría, métodos y prácticas*. 2ª edición. Ed. Akal, Madrid.
- RENSCH, Bernhard
1980 *Homo sapiens. De animal a semidiós*. Alianza Universidad 279, Alianza Editorial, Madrid.
- REBEYROL, Ivonne
1989 *Lucy y los suyos. Crónicas prehistóricas. Los últimos hallazgos sobre el origen*

de la humanidad. Traducción del francés por Guadalupe Rubio, Editorial EDAF, Madrid.

RUIZ, Rosaura y Francisco J. AYALA

2002 *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas*. Ediciones Científicas Universitarias, Fondo de Cultura Económica, Universidad Autónoma de México, México.

SAGAN, Carl

1982 *Los dragones del Edén*. Ed. Grijalbo, Barcelona.

1984 *El cerebro de Broca*. Ed. Grijalbo, México.

2001 *Cosmos*. 17ª edición, Planeta, Madrid.

SAHLINS, Marshall

1983 *Economía de la Edad de Piedra*. Akal Universitaria 61. Akal Editor, Madrid.

SAMPEDRO, Javier

2002 *Deconstruyendo a Darwin. Los enigmas de la evolución a la luz de la nueva genética*. Ed. Crítica, Drakontos, Barcelona.

SCHWARZ, Georg T.

1976 *Arqueólogos en acción*. Col. Breviarios N° 262, Fondo de Cultura Económica, México.

SEMENOV, S. A.

1981 *Tecnología prehistórica. Estudio de las herramientas y objetos antiguos a través de las huellas de uso*. Ariel Universitaria 6, Akal Editor, Madrid.

SHREEVE, James

2006 «La gran travesía humana», *National Geographic en español*. marzo 2006, pp. 53-65.

SLOAN, Christopher P.

2006 «El origen de la infancia: una criatura de más de tres millones de años de edad».[3 millones de años] *National Geographic en español*, noviembre de 2006, pp. 2-13.

SKYBREAK, Ardea

2003 *La ciencia de la evolución*. Editado en varias entregas por el «Obrero Revolucionario», Chicago.

2003 Simios y seres humanos ¡cuánto nos parecemos». *Cáceres. Órgano de la Orden de la legión Mariscal Cáceres*. N° 16, pp. 70-71 (extracto de su libro *La Ciencia y la Evolución*), Lima.

2004 «La ciencia de la Evolución y las «razas» humanas». En *Demiurgo*, N° 2, Diciembre, pp. 22-27, Universidad Enrique Guzmán y Valle. La Cantuta, Lima.

- STRINGER, Christopher B.
 1990 «The Emergence of Modern Humans». *Scientific American*, Vol. 263, N° 6, pp. 98-104.
 1991 «¿Está en África nuestro origen?». *Investigación y Ciencia*, Vol. 173, pp. 66-73.
- STRINGER, C. B. y ANDREWS, p.
 1988 «Genetic and Fossil Evidence for the Origin for the Modern Humans». *Science*, Vol. 239, pp. 1263-1268.
- STRINGER Christopher y Clive. GAMBLE
 1996 *En busca de los neandertales. La solución al rompecabezas de los orígenes humanos*. Traducción de Oriol Canals, Ed. Crítica Arqueología, Barcelona.
- SWISHER, C. C. III, G. H. CURTIS, et al.
 1994 «Age of the Earliest known Hominids in Java, Indonesia». *Science*, Vol. 263, pp. 1118-1121.
- TEMPLETON, Alan. R.
 1980 «The Theory of Speciation via the Funder Principle». *Genetics*, Vol. 94, 1011-1038
 1992 «Human Origins and Analysis of Mitochondrial DNA sequences». *Science*, Vol. 255, p. 737.
 2002 «Out of Africa again and again». *Nature*, Vol 416:687, pp. 45-51
- TRINKAUS, E.
 1989 *The Emergence of Modern Humans*. Combridge University Press, Cambridge.
- UCKO, Peter J. y Andrée ROSENFELD
 1967 *Arte Paleolítico*. Biblioteca para el Hombre Actual. McGraw-Hill Book Company, New York, Londres. Versión en español por José Manuel Gómez-Tabanera, Ediciones Guadarrama, Madrid.
- VEGA G., J. BERNABEU, J. y T. CHAPA
 2003 *Prehistoria*. Editorial Síntesis, Madrid.
- VIGILANT, L. M. STONCKING, K. HAWKES y A.C. WILSON
 1991 «African Population and the Evolution of Human Mitochondrial DNA». *Science*, Vol. 253, pp. 1503-1507.
- WATSON, James D.
 2000 *Pasión por el ADN. Genes, genomas y sociedad*. Ed Crítica, Drakontos, Barcelona.
- WAINSCOAT, Jim
 1987 «Out of the garden of Eden». *Nature*, Vol. 325, p. 23.

- WEAVER, Kenneth F.
1985 «Stones, bones, and Early Man: The Search for Our Ancestors». *National Geographic*, Vol. 168, N° 5, November, pp. 560-623, Washington, D. C.
- WHEELER, Piter
1993 «Human Ancestors Walked tall, Stayed cool». *Natural History*, Vol. 102, pp. 65-67.
- WHITE, T. D., G. SUWA y B. ASFAW
1994 «Australopithecus ramidus, A New Species of Early Hominid from Aramis, Ethiopia». *Nature*, Vol. 371, p. 306. (Con el mismo título y ligeramente aumentado y otros datos en *Nature*, 1995, Vol. 375, p. 88.)
- WOLPOFF, Milford H.
1989 «Multiregional Evolution. The Fossil Alternative to Eden». En *The Human Revolution*, P. Mellars y C. Stringer (comps.), pp. 62-108, Edinburgh University Press, Edinburgh.
1999 «El *Homo erectus* y los orígenes de la diversidad humana. En *Homo Sapiens: en busca de sus orígenes*, Hublin y Tillier (coordinadores), pp. 89-139, Fondo de Cultura Económica, México.
- WOLPOFF, M. H., J. N. SPULER, et al.
1988 «Modern Human Origins». *Science*, Vol. 241, pp. 772-773.
- WOOD, B. A.
1992 «Origin and Evolution of the Genus Homo». *Nature*, Vol. 335, pp. 783-790.
- WOOD, B.A. y BROWN, D.
1999 «The Human Genus». *Science*, Vol. 284, pp. 65-71.