

# Evolución humana y el ADN mitocondrial

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 de años hasta la aparición del Homo sapiens 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 un 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

*With 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 sapiens 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 DNA 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.

Por varias razones científicas y técnicas, el ADN mitocondrial es particularmente apropiado para seguir el rastro hacia atrás a lo largo de generaciones y poder observar así el curso de la evolución. Y puesto que el ADN mt se hereda a través de la línea materna al final nos conduce a una única mujer ancestral.

RICHARD LEAKEY, 2000:134.

## INTRODUCCIÓN

Los temas en cuestión tratan sobre la *evolución humana y el ADN mitocondrial*, tal como hoy se conoce de acuerdo con las recientes investigaciones realizadas en el ámbito de la biología molecular y de la genética humana a través de múltiples investigaciones realizadas en los tres últimos lustros, y fundamentalmente, gracias a los sorprendentes resultados del *Proyecto Genoma Humano (PGH)*. Proyecto de inmensa trascendencia cuyas proyecciones y revelaciones echan a tierra a muchos mitos acerca de los orígenes y la evolución de nuestra especie, cuyos resultados sostienen la procedencia única de nuestra especie, frente a las teorías del origen multirregional preconizado por Milford Wolpoff (1989, 1999) y otros científicos. Conocemos ahora con certeza, que los humanos de hoy tienen un origen único, que su primer antecesor femenino procedía de África, llamada *Eva africana* o *Eva mitocondrial*, que debió tener la piel negra y que emigró de su 'paraíso original' africano hace 70.000 a 80.000 mil años y se dispersó vertiginosamente por todo el mundo. A ello cabe señalar los sorprendentes estudios de Alan Templeton (2002), que se presentan al final del presente ensayo.

Cuando hablamos de evolución biológica y evolución humana nos referimos a la relación genealógica que existe entre los organismos, entendiendo como tal, que todos los seres vivos descienden de antepasados comunes que se distinguen más y más de sus descendientes cuanto más tiempo haya transcurrido entre unos y otros. Así, nuestros ancestros de 5 a 7 millones de años eran unos primates con una morfología no muy diferente a la de un chimpancé o un gorila, mientras que nuestros antepasados de hace 100 millones de años eran unos diminutos mamíferos remotamente semejantes a una ardilla, los de hace 400 millones de años, unos peces y los de hace 4 mil millones de años unas arqueobacterias. De este modo, el proceso de cambio evolutivo a través de un linaje de descendencia se llama «anagénesis», y además de la anagénesis, el surgimiento de nuevas especies se denomina «especiación», que es el proceso por el que una especie da lugar a dos. Los procesos de anagénesis y especiación conducen a la diversificación creciente de las especies a través del tiempo.

Hasta la década de los 70 casi todos los textos, por no decir todos, que se ocupaban sobre *la evolución humana*, trataban de explicar este proceso basados esencialmente en testimonios materiales, es decir, sustentados en las evidencias

de los registros de vestigios de huesos fósiles e instrumentos líticos hallados en yacimientos excavados por arqueólogos, antropólogos y paleontólogos.

La reconstrucción del genoma humano confirmó fehacientemente que negros, asiáticos, blancos, australianos y amerindios poseemos, en nuestra composición genética, un parentesco común, no obstante a las ostensibles diferencias morfológicas, psicológicas y culturales. Muchos incrédulos dicen que no es posible que los más de 6,000 millones de habitantes que hoy pueblan y dominan el planeta tengamos un origen común, que procedamos todos de una mujer (o un pequeño grupo de mujeres) que vivieron y se desarrollaron en África desde hace aproximadamente 150,000 años antes del presente.

Las investigaciones de Alan Wilson y Vincent Sarich, dos bioquímicos de la Universidad de California, revolucionaron los conocimientos científicos acerca de la evolución humana, quienes llegaron a una conclusión muy distinta sobre el fenómeno y el proceso en el que había evolucionado la primera especie humana conocida como *Homo sapiens sapiens*. En lugar de trabajar con restos fósiles, innovaron el método de investigación comparando la estructura de algunas proteínas presentes en la sangre humana con la de los simios (chimpancé, gorila) africanos. Optaron pues, la línea de evidencia de la genética molecular, que es la menos equívoca, es decir, escrutaron el material genético o ADN que se encuentra en unos diminutos orgánulos que se hallan en la célula llamados mitocondrias. Cuando el óvulo de una mujer y el espermatozoide de un hombre se fusionan las únicas mitocondrias que forman parte de las células del embión recién formado proceden del óvulo. Por lo tanto, el ADN mitocondrial se hereda únicamente a través de la línea materna (A. Wilson y R. L. Cann, 1992; R. Leakey, 2000).

De otro lado, Theodosius Dobzhansky, en su libro fundamental *Evolución humana*, tan importante como el *Origen de las especies* de Darwin, explica que la naturaleza humana tiene dos dimensiones: una biológica, cuyo principal agente es la adaptación a los desafíos del medio ambiente y comparte con el resto de los seres vivos, y otra cultural, que es exclusiva de la especie humana. La evolución biológica y la evolución cultural son procesos que se hallan interrelacionados. Y sostiene:

«Que el hombre tiene tanto naturaleza como historia: la evolución humana consta de dos componentes, el biológico u orgánico, y el cultural o supraorgánico. Estos componentes ni se excluyen mutuamente ni tampoco son independientes, sino que están interrelacionados, son interdependientes. La evolución humana no se puede entender como un proceso puramente biológico, ni se puede describir de modo adecuado como una historia de la cultura, sino que resulta de la interacción de biología y cultura. Los procesos biológicos y culturales se condicionan mutuamente».

Y en otro acápite argumenta:

«La herencia biológica se transmite a través de las células sexuales, y, salvo mutación, nadie puede transmitir a sus descendientes otros genes que los que él mismo recibió de sus padres. Los caracteres adquiridos no se transmiten biológicamente. La cultura se adquiere exclusivamente mediante el aprendizaje, el comportamiento y la interacción de los individuos en sociedad, y se transmite, de generación en generación, a través de la enseñanza, los preceptos y tradiciones». (Dobzhansky, 1969: 33-35).

Ahora bien, la búsqueda de nuestros orígenes nos conduce a tiempos remotos que los científicos tratan de recuperar a través de los restos fósiles hallados en excavaciones arqueológicas y paleontológicas, y especialmente en base a los recientes aportes de la biología molecular y la genética. Reiteramos que hasta hace pocos lustros, los paleontólogos, antropólogos y arqueólogos fueron los científicos casi exclusivos que estudiaban al hombre prehistórico, la evolución humana. Los huesos fósiles, columnas estratigráficas, herramientas talladas o artefactos diversos constituían su registro básico. La anatomía comparada, la antropología física —basada en mediciones de toda índole—, la geología, la geocronología, la sedimentología, el paleoclima, la palinología y múltiples métodos de datación eran sus ciencias auxiliares.

Pero, desde la primera mitad de la década de los 70, la genética empezó a opinar y, en poco tiempo, cambiaron sustancialmente los métodos de enfocar la *evolución humana*. Pues, desde aquel temprano análisis de los huesos de un *Ramapithecus*, considerado como el directo predecesor del hombre. Sin embargo, aquellos restos óseos fueron sometidos a un análisis de antígenos y anticuerpos que demostraron que era un error, y por el contrario, se trataba de un antepasado de un simio asiático: el orangután. Posteriormente, los sorprendentes estudios del ADN de los antropoides superiores y del hombre, pusieron en evidencia que el parentesco con el chimpancé difería apenas en 1.5%, en otros términos, la estrecha semejanza del ADN del hombre con el ADN del chimpancé, es del orden del 98.5% y ambas especies se habían separado evolutivamente hace 5 millones de años atrás (Skybreak, 2003). Mientras que M. Goodman, analizando series de aminoácidos que componen el gen de la hemoglobina del hombre y del chimpancé, demostraba que eran casi prácticamente análogos (99%).

En apretada síntesis, abordaremos las principales factores de la evolución: la adopción de la postura bípeda, la gran expansión cerebral, el desarrollo de la inteligencia y del habla, los cambios morfológicos, el cambio de la dieta vegetariana o la omnívora, la prolongación del desarrollo con la aparición de la niñez y la adolescencia, la capacidad tecnológica y la gran explosión cultural con la aparición de nuestra especie el *Homo sapiens sapiens*, que forjaría grandes civilizaciones en el futuro.

Abordaremos luego, el tema relativo a los tres grandes episodios llamados éxodos o migraciones de grupos humanos desde África. El primero fue el de

*Homo erectus*, que pobló Asia y Europa hace cerca de dos millones de años. Hasta finales de los 80, se pensaba que esa migración se habría producido hace un millón de años, pero recientes hallazgos y la datación de otros ya conocidos han situado este acontecimiento en, por lo menos, hace 1.5 a 1.8 millones de años, como es el caso de *Longgupo*, en China, y el de *Sangirán*, en Java, o *Dmanisi*, en Georgia, con 1.6 a 1.8 millones de años y el *Homo ergaster*, hace 250 años. El segundo éxodo lo protagonizó el *Neanderthal*, hace 300 mil años, que no se parecía en nada a las criaturas simiescas y peludas que suelen pintarse para ilustrar textos de Prehistoria, que no siempre vivían en cavernas, tenían la piel blanca, una capacidad craneal mayor que la nuestra y algunos rasgos físicos más robustos o fornidos que superaban a la especie humana de hoy. El tercer éxodo se produjo apenas hace unos setenta a ochenta mil años: se trata de la sorprendente migración del *Homo sapiens sapiens*, nuestro inmediato antecesor, que en forma vertiginosa acabaría expandiéndose y conquistando todo el mundo.

Todos los vestigios óseos pertenecientes a las fases comprendidas entre los primates muy avanzados y la especie humana se encuentran exclusivamente en África. Fuera de este continente no existe ni un solo vestigio de una fase intermedia hacia el hombre. Sobre ello se ha discutido y escrito tanto que no es necesario detenernos sobre este aspecto. Los restos fósiles corresponden con exactitud a los descubrimientos que se han realizado a partir de la comparación de los cambios en la sustancia genética de las mitocondrias de los seres humanos actuales. Ambos descubrimientos son independientes uno de otro porque los restos fósiles no guardan relación alguna con el ser humano actual, cuyas mitocondrias han sido investigadas. Sin embargo, ambos coinciden en apuntar hacia una sola dirección, sin la menor duda, hacia el África.

En ambos casos, encaja la determinación aproximada de los períodos de la formación del género humano y de los tres éxodos que partieron de África, por lo tanto se exige y es conveniente arrojar más luz sobre la situación en África. ¿Cómo se distribuyen los fósiles en este continente? ¿En qué orden deben ser estudiados?

Cabe señalar que en el análisis molecular de secuencias, aparte de la división en cinco reinos que se enseña comúnmente: *moneras*, *protistas*, *hongos*, *vegetales* y *animales*, existe una división en la raíz misma de la *filogenia* o árbol de la vida, es decir, que en lugar de los *procariotas* y *eucariotas*, el novísimo *árbol filogenético universal* está constituido por tres grandes tipos celulares que parten de una raíz común, éstos son: las *arqueobacterias*, las *eubacterias* y los *eucariotas* (Monastersky, 1998:76-79).

Si nos remontamos a los tiempos más remotos sobre la historia del cosmos y de la vida sobre el globo terráqueo, magistralmente trazados por Carl Sagan en sus obras *Los dragones del Edén* (1982), *El cerebro de Broca* (1984) y *Cosmos*

(2001), necesariamente cabe recordar los siete momentos estelares o la relación de los acontecimientos trascendentales de la evolución:

1. Origen de las *arqueobacterias*, 4000 mil millones de años: células *procariotas*, hace 3600 millones de años (bacterias y arqueas, espiroquetas, mitocondrias, cloroplastos).
2. Origen de la célula eucariota, 1400 millones de años (protistas, algas rojas, mohos, hongos, extramenófilos, plantas).
3. Origen de la fauna de animales pluricelulares, 650 millones de años.
4. Fauna de la gran explosión del período Cámbrico, 570 millones de años.
5. Origen de los vertebrados terrestres, 300 millones de años.
6. Extinción vertiginosa de los dinosaurios, 65 millones de años.
7. Origen del *Homo sapiens sapiens*, 100.000 años.

(FUENTES: A. Barbadilla, 2004; Monastersky, 1998:79).

Los conceptos de *biología molecular* y *homología* serán tratados frecuentemente en el presente ensayo; el primero ha proporcionado la evidencia más universal e inequívoca de *homología*. Gracias a la *biología molecular* sabemos que todos los organismos vivos, el mismo ADN, o sea el mismo material hereditario han sido codificados. El ADN tiene un código genético universal, es una molécula helicoidal, cuya información se halla codificada en 4 bases de dos pares o *nucleótidos* distintos: *adenina (A)*, *timina (T)*, *guanina (G)*, y *citocina (C)*. La base nitrogenada A siempre se aparea con la T, y la G siempre con la C. De ahí se sigue que el ADN tiene tantas bases A como T y tantas bases G como C. Cada hélice es pues, en este sentido, la imagen especular de la otra.

Todos los organismos vivos comparten el mismo diccionario que da el significado a la larga cadena de nucleótidos que forman la secuencia del ADN (la sigla del Ácido Desoxirribonucleico). Determinar en toda su longitud el orden exacto de los nucleótidos que forman el ADN humano, ha sido uno de los objetivos del trascendental *Proyecto Genoma Humano (PGH)*, iniciado en 1990 y previsto para que concluyera en el año 2005. Cuyo objetivo consiste en leer y registrar la serie completa de tres mil millones de letras del ADN que posee un ser humano, tal como Sanger leyó la serie de 5.000 letras del ADN de un virus en la década de los sesenta.

El *genoma* es el número total de cromosomas, o sea todo el ADN de un organismo y el conjunto de genes contenidos en la cadena de ADN, los cuales llevan la información para la elaboración de todas las proteínas requeridas por el organismo, y las que determinan el aspecto, el funcionamiento, el metabolismo, la resistencia a infecciones y otras enfermedades.

El Proyecto Genoma Humano nos ha permitido conocer que, a diferencia de los 100.000 que se creía, nuestra especie posee sólo entre 30.000 y 40.000 genes en su ADN, es decir, poco más del doble de los de la conocida mosca del vino-

gre, que tiene 13.602. El genoma humano se compone de más de 3.000 millones de pares de bases, cantidad que varía mucho entre los diferentes organismos biológicos).

Cabe destacar que los tres tipos de investigaciones antropológicas moleculares realizados con poblaciones actuales, contribuyen para explicar el origen de los humanos anatómicamente modernos: 1) los trabajos basados en el cromosoma mitocondrial (ADNmt de la «Eva africana o Eva mitocondrial, realizado por Cann et al. 1987), iniciados por A. Wilson y V. Sarich; 2) los basados en un cromosoma sexual (cromosoma Y del «Adán africano»), según Hammer, 1995; y, 3) los basados en los autosomas (por ejemplo, el gen de la hemoglobina y otros marcadores genéticos), efectuados por Cavalli-Sforza, 1998. Todos ellos coinciden en un solo origen africano. Las estimaciones de la antigüedad de nuestros primeros antepasados fluctúan en el rango de los 150.000 a 100.000. Esa población inicial habría estado compuesta entre 2.000 y 20.000 individuos, según cálculos estimados por Harpending.

Gracias a la universalidad de la molécula portadora de la información genética, el ADN es el agente apropiado para el estudio filogenético y comparado de las especies. Ahora es posible establecer una comparación entre la molécula de ADN de una bacteria y la molécula de ADN de un ser humano, no obstante que morfológicamente no es posible comparar una bacteria con un hombre, pero la idea de evolución por modificación y derivación, y la comparación de secuencias muestran que hay una estrecha similitud del 98.5% entre el ADN humano y el del chimpancé, pero ambos tenemos un antecesor inmediato de hace 5 millones de años, y más aún tenemos un remoto antepasado común con cualquiera de las bacterias hoy existentes, cuya antigüedad se remontan a más de 3.000 millones de años.

Trataremos de manejar, con claridad, los conocimientos que se tienen hoy acerca de los cuatro factores principales del proceso evolutivo, que, gracias a la genética moderna, se aplican a la teoría de la evolución, en general, y a la teoría de la evolución humana, en particular. Nos referimos a los conceptos de *mutación*, o alteración de un gen encargado de producir los nuevos tipos genéticos; la *selección natural*, que elige a los que mejor se adaptan al ambiente en el que viven; la *deriva genética*, que es el efecto del azar debido a las fluctuaciones estadísticas de las frecuencias genéticas de una generación a otra, y la *migración* de individuos de una población a otra o de un lugar a otro.

La filogenia y la taxonomía humanas son temas de palpitante interés que las abordaremos con detenimiento y proporcionando los últimos descubrimientos registrados por biólogos moleculares, arqueólogos y antropólogos, con especial énfasis en el ADN mitocondrial.

Cela Conde y F. J. Ayala (2005), señalan que la herencia es un proceso conservador por naturaleza. La información codificada por la secuencia de nucleótidos del ADN es, por regla general, reproducida fielmente durante la replicación, así que cada proceso de ese tipo produce dos moléculas de ADN que son idénticas una a la otra y ambas a la molécula parental. Pero si la herencia fuera un proceso completamente fidedigno, la evolución no podría tener lugar: las moléculas serían siempre las mismas, y no existiría la variación necesaria para que la selección natural o la deriva genética actué.

### *La deriva genética*

Por tratarse de un factor un tanto difícil de comprender es que a menudo induce a confundir las ideas. Además, recordemos que generalmente en el nivel secundario no aprendemos ni siquiera los principios básicos del cálculo de probabilidades. Es, precisamente, ni más ni menos que el efecto de *las fluctuaciones estadísticas, inevitables en el paso de una generación a otra*. Puede confundir, porque parece indicar una tendencia en una dirección determinada, pero la deriva no genera propensión al aumento de uno u otro tipo genético. La única tendencia es hacia la homogeneización de la población, en el sentido de que, si la *deriva genética* puede actuar libremente sin que las nuevas *mutaciones* o *migraciones* introduzcan nuevos tipos genéticos, al final la población estará formada por un solo tipo. A diferencia de la *selección natural*, la *deriva genética* es aleatoria en relación con el resultado evolutivo final, que es siempre la homogeneización completa, pues la frecuencia de los tipos genéticos de una población aumenta o disminuye totalmente al azar, en cada generación.

En otros términos, el fundamento básico de la *deriva genética* consiste en que las frecuencias génicas pueden cambiar también por razones puramente aleatorias. Es decir, debido a que cualquier población consta de un número finito de individuos, la frecuencia de un gen puede variar de una generación a otra a consecuencia del proceso llamado de «errores de muestreo». La razón es esencialmente la misma, el azar, que hace posible que salga cara más de 50 veces cuando se tira una moneda al aire en un centenar de ocasiones.

La magnitud de los cambios de frecuencias génicas debido a la deriva genética está inversamente relacionada con el tamaño de la población; cuanto mayor sea el número de individuos, menor será el efecto de la deriva genética. Esta relación inversa entre tamaño de muestra y magnitud de errores de muestreo puede ser ilustrada mediante una referencia, de nuevo, a lo que sucede cuando se tira una moneda a cara y sello. Cuando una moneda se tira dos veces, no es sorprendente que salgan dos caras aun cuando eso represente una cara en el cien por ciento de

los casos. Cuanto mayor sea el número de individuos en la población, menor será la diferencia debida al azar entre las frecuencias de una generación a otra.

Ilustremos con otro ejemplo. Entre los indígenas de América casi el 100% de los individuos son portadores del grupo sanguíneo O. Una posible explicación es que los primeros inmigrantes fueron muy pocos, y todos del grupo O. Y se supone que se originaron de una población en la que había el 50% de individuos del grupo O, algo bastante frecuente. Si los primeros que emigraron de Asia nororiental a América, de los que descendieron todos los indígenas americanos, eran realmente pocos (digamos una docena más o menos), porque casualmente fueron todos del grupo O. Con diez emigrantes esta probabilidad es más o menos de uno por mil. Si no hubo nuevas *mutaciones*, o *migraciones* de individuos de un grupo sanguíneo (A, B, o AB), posteriores a la primera colonización, si todos los primeros colonizadores hubieran sido del grupo O, lo serían también todos sus descendientes.

Es un efecto estadístico normal de las dimensiones demográficas de una población. Cuanto más pequeña es la población, mayores son las posibles fluctuaciones aleatorias de las frecuencias relativas de los genes contenidos en los espermatozoides y en los óvulos que formarán la generación sucesiva. Y no obstante que entre los primeros colonizadores hubiera algunos individuos con el grupo sanguíneo A o B, su eliminación al azar pudo tener lugar en una generación posterior a la primera.

Ahora bien, la *deriva genética* influyó poderosamente en la separación de los grupos sanguíneos A y B, pero los especialistas en genética molecular no descartan la posibilidad de que la responsable haya sido la *selección natural*. Se conoce que los individuos de grupos sanguíneos distintos tienen una resistencia o propensión distinta a ciertas enfermedades. Con el sistema ABO esto ha sido comprobado en el caso de varias enfermedades infecciosas. Citemos el caso de la sífilis. Esta enfermedad se propagó con suma facilidad por Europa, después de que Colón y sus huestes pisaron tierras americanas y, con mayor furor en España, Francia e Italia, inmediatamente después que los españoles invadieran Mesoamérica, las Antillas y los Andes, y muchos de ellos retornaron a la península ibérica portando ese mal venéreo. Existen datos que hacen pensar que también hoy los individuos del grupo sanguíneo O son más resistentes que los demás a la sífilis. Ello indicaría la probabilidad de que esta enfermedad sería uno de los agentes que causaron la desaparición de los genes A y B en América. Los genetistas manejan dos hipótesis alternativas, la primera basada en la *deriva genética* y la segunda en la *selección natural*.

### *Selección natural*

El proceso de selección natural se describe, en términos genéticos, como la reproducción diferencial de genes que favorecen la adaptación de sus portado-

res al medio ambiente. Es fácil comprender por qué la selección natural promueve la adaptación de los organismos al ambiente en que viven. «Cualquier mutación que aumente la probabilidad de que el organismo sobreviva y se reproduzca aumentará en frecuencia a las siguientes generaciones, porque los organismos portadores de tales variantes dejan más descendientes que las que carecen de ellas. Lo que cuenta finalmente es el número de descendientes, por lo que es posible describir el proceso en términos de eficiencia reproductora, aun cuando otros componentes entren en juego, dado que para reproducirse hay que sobrevivir, encontrar pareja y ser fértil» (Cela Conde y F. J. Ayala, 2005:60).

La *selección natural* se debe básicamente al hecho de que hay diferencias de mortalidad y fecundidad entre los distintos tipos genéticos. Por ejemplo, los individuos afectados de una enfermedad genética, es decir, estrictamente hereditaria, que les mata antes de que puedan reproducirse, no pueden contribuir a la generación sucesiva. Esa enfermedad genética desaparece totalmente de la población si no es introducida constantemente por nuevas *mutaciones*. De ello se deduce y es razonable decir que un tipo genético, con menos índice de mortalidad y/o más tasa de fecundidad que otro, está *mejor adaptado a un medio ambiente determinado*. Obviamente, un tipo así se verá favorecido por la *selección natural*, y llegamos a repetir la expresión darwiniana: «la *selección natural* es la *supervivencia del más apto*». El hecho de que lo llamemos el 'más apto' es sólo una cuestión de comodidad.

En el *acervo genético* la evolución puede ser vista como un proceso con dos episodios. El primero supone el origen de la variación hereditaria; el segundo se refiere a la *selección natural*, que causa que unas variantes genéticas se multipliquen en los descendientes más eficazmente que otras, de manera que las primeras se difunden entre los descendientes a tiempo que las variantes desventajosas desaparecen.

### *Mutaciones*

Las mutaciones son cambios fortuitos en un edificio molecular adaptado a una o varias funciones precisas por una larga historia selectiva. Por ello, es poco probable que una mutación que altere este edificio, sea ventajosa para el organismo. Lo más frecuente es que sea perjudicial, causa de enfermedad o muerte.

Una mutación génica tiene lugar cuando la secuencia de nucleótidos del ADN queda alterada de manera que la transmitida a la descendencia difiere de la parental. El cambio puede deberse a la sustitución de uno o unos pocos nucleótidos, o a la inserción o delección de uno o varios nucleótidos.

Las mutaciones genéticas tienen lugar espontáneamente, esto es, sin ser intencionalmente provocadas por humanos. También pueden ser inducidas por

Los rayos ultravioleta, rayos X y otras radiaciones de alta frecuencia, así como por ciertos mutagénicos químicos como es el gas mostaza: la tasa espontánea de mutación resulta, por lo tanto, mayor en organismos que se exponen a tales agentes.

Las tasas de mutación han sido medidas en una gran variedad de organismos, principalmente con respecto a aquellos mutantes que exhiben efectos notorios. Las tasas de mutación son más bajas en bacterias y otros microorganismos que en organismos más complejos. En humanos y en otros organismos multicelulares, una mutación en concreto tiene lugar entre uno por cien mil y uno por millón de gametos. Existe, no obstante, una considerable variación de gen a gen, al igual que de organismos a organismos.

**Mutaciones cromosómicas.** El ADN, que es el material hereditario, está contenido en los cromosomas, unas estructuras microscópicas alargadas que existen en el núcleo de las células. Los cromosomas se presentan por pares, con un miembro de cada par heredado del padre y otro de la madre. Los dos cromosomas de cada par se llaman cromosomas homólogos. Cada célula de un organismo y todos los individuos de la misma especie tienen, por regla general, el mismo número de cromosomas (el número, tamaño y estructura de los cromosomas varían de especie a especie). Las células reproductivas (gametos) son una excepción: tienen sólo la mitad de cromosomas que el resto de las células del cuerpo; uno de cada par.

Las mutaciones cromosómicas pueden afectar el número de cromosomas o a su estructura y configuración. Los cambios en el número de cromosomas pueden tener lugar por fusión de dos cromosomas en uno, por fisión de un cromosoma en dos, o por adición o sustracción de uno o más cromosomas completos o conjuntos de cromosomas. Por ejemplo, en la evolución humana tuvo lugar una fusión de dos cromosomas relativamente pequeños en uno bastante grande, el denominado cromosoma 2. Los chimpancés, gorilas, orangutanes y otros primates conservan la situación original de estos cromosomas separados.

La *selección natural* elimina, tarde o temprano, todas las *mutaciones* nocivas. Pero hay otras muchas otras que ni benefician ni perjudican al organismo: son aquellas que se denominan *selectivamente neutras*. Estas *mutaciones* tienen más posibilidades de propagarse en una población sometida a la *deriva genética*. Si la *selección natural* es fuerte, el proceso de sustitución de un gen aventajado selectivamente puede durar sólo unos miles de años, como ha sucedido en Europa y parte de África con la capacidad de los humanos para aprovechar el azúcar de la leche o la *lactosa*. Los niños tienen la capacidad de aprovechar bien la *lactosa*, pero pierden esa capacidad a partir de los tres o cuatro años de edad, cuando han dejado de alimentarse con la leche materna.

Las *mutaciones* ocurren en nuestro ADN a una tasa regular y a menudo son transmitidas a nuestros descendientes. Al nivel de genotipo, estas diferencias

(polimorfismos) nos hacen únicos, y por otro lado, el análisis de estas diferencias muestran, al mismo tiempo, cuán cerca estamos emparentados.

### *Migración*

Constituye el cuarto factor evolutivo, como ya señalamos, fueron tres los procesos migratorios que se iniciaron en África, y tuvieron mucha influencia en la historia de la especie humana, los mismos que serán desarrollados en los próximos acápite. La especie humana tiene gran capacidad de desplazamiento y expansión demográfica. Durante la mayor parte de su historia fue cazador y recolector, luego, en los últimos 10.000 años, se hizo agricultor y ganadero (Fagan, 1988).

Los animales y los seres humanos emigran de una localidad a otra. Las plantas son menos móviles, pero el polen y las semillas los transportan el viento y los animales. La migración en el sentido genético implica que los organismos (o sus gametos o semillas) que van de un lugar a otro se entrecruzan con los individuos de la población a la que llegan. Por eso, la migración entendida en este sentido se llama *flujo genético*, porque implica la mezcla de los genes de poblaciones diferentes.

El flujo genético no cambia de por sí las frecuencias génicas de la especie humana como una totalidad. Lo que cambian son las frecuencias génicas en una localidad dada, si sucede que las frecuencias de los emigrantes y de los residentes no son iguales. En general, cuanto mayor sea la diferencia en frecuencias alélicas entre los individuos residentes y los inmigrantes, y cuanto mayor sea el número de inmigrantes, mayor será el efecto de la migración al cambiar la constitución genética de la población residente (Diez Martín, 2005; Cela Conde y F. J. Ayala, 2005; Carbonell, 2006).

La migración del hombre moderno, «A partir de África», al Asia, a Oceanía (Australia), a Europa y por último a América, hizo necesaria la adaptación a las condiciones ecológicas, sobre todo de clima, muy distintas de las del continente de origen. El proceso de adaptación tuvo un carácter cultural y biológico. En el tiempo que ha transcurrido desde entonces, 60.000 a 80.000 mil años o quizá hasta 100.000, se ha podido desarrollar una verdadera diferenciación genética. Existen claras evidencias en la estatura, el color de la piel, del cabello, de los ojos, y en la forma de la nariz y el resto del cuerpo.

Los paleoantropólogos y los biólogos han demostrado que las diferencias morfológicas entre los grupos étnicos son producto de la *selección natural* debida a factores climáticos. Por ejemplo, el color negro de la piel se debe a que el organismo produce una hormona llamada *melanina* que protege a los individuos que viven cerca de la línea ecuatorial de las inflamaciones cutáneas causadas por los rayos ultravioleta por la fuerte irradiación solar, pues pueden causar tumores malignos (oncológicos) como los epitelomas.

Los blancos europeos se adaptaron en ecosistemas de poca irradiación solar que trae consigo la escasa o nula producción de melanina, por un lado, y la alimentación basada casi exclusivamente en cereales que propicia el raquitismo, debido a la falta de vitamina D en este tipo de alimentos. Pero los blancos la pueden producir en cantidades suficientes a partir de los precursores contenidos en los cereales, porque su piel con casi ningún pigmento melánico permite el paso de los rayos ultravioleta, que en los estratos subcutáneos transforman estos precursores en vitamina D.

La morfología y el tamaño del cuerpo están adaptados a la temperatura y a la humedad. En los climas cálidos y húmedos como en la floresta tropical, conviene ser pequeño para aumentar la superficie con respecto al volumen. La evaporación del sudor que refresca el cuerpo, tiene lugar en la superficie. En ciertos ambientes tropicales ser pequeño ayuda a tener menos necesidades de energía, y por lo tanto a producir menos calor en el interior del cuerpo al moverlo. Por eso los habitantes de la selva tropical africana como los pigmeos u hotentotes y los quimanas, son pequeños. Por otro lado, el pelo crespo retiene el sudor, y prolonga el efecto refrescante de la transpiración.

En cambio, el cuerpo mongólico corto, voluminoso y la cara con pómulos prominentes almacenan lípidos, conformados para protegerse del frío muy intenso del Asia nororiental, hábitat de estos grupos étnicos. El cuerpo, y sobre todo la cabeza, tienden a ser redondos y el volumen del cuerpo es mayor. Todo ello disminuye la superficie en relación con el volumen corporal y reduce la pérdida de calor hacia el exterior. La nariz así como sus orificios de los mongoles es pequeña, pues evita la congelación y de modo que el aire frío y seco tarda en llegar a los pulmones, y le da tiempo a humedecerse y calentarse. Los ojos 'trascados' y 'almendrados' se protegen del frío intenso con los párpados, que son verdaderas bolsas de grasa (proporcionan un aislamiento térmico) gracias a que se hallan equipados de un pliegue llamado *epicántico* y dejan una abertura muy fina, a través de la cual, pueden ver mientras se hallan protegidos de los vientos helados y de la nieve de los crudos inviernos siberianos.

### *Paleoclima a finales del Terciario y en el Cuaternario*

Desde finales del Mioceno y comienzos del Plioceno las fluctuaciones cíclicas del clima fueron favorecidas por la influencia polar y alcanzaron su punto de inflexión al comienzo del Cuaternario. Los registros cíclicos del fondo del mar dan cuenta de otro pulso en el incremento de las condiciones de aridez y enfriamiento que se habrían hecho más notorias a partir de los 3 millones de años. Según los estudios de paleoclima, la secuencia sedimentaria oceánica de África septentrional muestra un claro repunte de aridez hacia 1,7 millones de años, momento en que se sitúa la frontera cronológica entre el Plioceno y el Pleistoceno.

El período comprendido entre 2.5 y 2.0 millones de años fue crucial para la evolución humana. En este tiempo del Plioceno se produjo un profundo cambio climático a nivel planetario, que fue la causa de modificaciones relevantes en los ecosistemas africanos. El progresivo aumento de las temperaturas y la sequedad del clima hicieron que paulatinamente un alto porcentaje de los bosques de África Oriental dejaran paso a extensas regiones de sabana (y algunas regiones cubiertas de forestales). Las especies animales o bien se extinguieron o se adaptaron a las nuevas condiciones climática. Esto último sucedió con los homínidos.

Podemos imaginar a los *australopithecus* como grandes consumidores de productos vegetales, enfrentados a la nueva situación, al punto de provocar su extinción, además las poblaciones en contacto con los nuevos ecosistemas buscaron varias soluciones adaptativas, dando lugar a la aparición de dos nuevos tipos de homínidos: los *parántropos*, adaptados a consumir vegetales propios de las sabanas y regiones poco boscosas (gramíneas, frutos secos, rizomas carnosos, raíces suculentas), y las primeras expresiones del género *Homo*, entre los que se deben mencionar el famoso cráneo KNM ER 1470, encontrado por Richard Leakey en 1972, con una antigüedad de 1.9 millones de años, y a *Homo ergaster*, cuya datación es de 1.8 a 1.0 millones de años sorprendió a las esferas científicas.

El fin del Pleistoceno o Edad del hielo, se produjo abruptamente, hace alrededor de 10.000 a 12.000 años. La oscilación del clima empezó a balancearse de nuevo hacia atrás. Las causas de la transformación climática, cambios meteorológicos a nivel planetario una vez más, fueron las mismas. El hielo se fundió con tal rapidez que los riachuelos y arroyos de la tierra del periodo glacial se convirtieron en abundantes corrientes que transformaron numerosos valles y, en los cuales se formaron nuevas capas de tierra y sedimento. Las precipitaciones pluviales aumentaron, la corriente del golfo se intensificó, el clima seco y frío fue sustituido por un tiempo más cálido y húmedo. El viento transportaba el polen de las plantas y reaparecen los bosques, las copiosas lluvias fomentaron el crecimiento de árboles. La hierba y los arbustos enanos de la tundra quedaron relegados a las regiones de pastos alpinos y en los bordes de la tundra ártica. En Norteamérica aparecen enormes bosques de hoja perenne y junto al anillo de la *taigá* que rodea el mundo entero, constituyen la masa boscosa más importante del planeta.

Para la megafauna de la tundra empezaron malos tiempos. El bosque arrebató a los grandes animales la base sustancial de su alimentación. El ciervo gigante, el mamut, el rinoceronte lanudo y los caballos salvajes no podían comer las hojas o los brotes que se encontraban en la copa de los árboles; estaban adaptados para comer a ras del suelo y necesitaban gran cantidad de forraje en consonancia a su masa corporal. El cambio brusco de su ecosistema sólo les permitía

ingerir el 15% de la alimentación requerida. Además, se debe considerar que estos animales no viajaban solos, sino en grupos familiares, por lo que su consumo de comida debía ser inmenso. El aumento de la temperatura ambiental, la poca disponibilidad de nutrientes, la humedad reinante tan dañina para el pelaje de los grandes animales, la carencia de glándulas sebáceas en la piel del mamut y el rinoceronte lanudo y el consumo humano intensivo fueron, sin duda, las causas de su vertiginosa extinción, lo cual ocasionó que los nuevos seres humanos se adaptaran a otras formas de vida y a nuevos hábitos alimenticios.

### *Filogenia y taxonomía*

La *taxonomía* es la disciplina que se ocupa de la clasificación de los organismos. Las similitudes morfológicas existentes entre los organismos han sido reconocidas desde la antigüedad. En la Grecia clásica, Aristóteles y otros autores clasificaban los organismos de acuerdo con una jerarquía basada en grados de semejanza. El sistema aristotélico de clasificación fue desarrollado por Porfirio y siglos más tarde por algunos naturalistas medievales, entre los que destaca Alberto Magno en siglo XIII. Los fundamentos del sistema moderno de clasificación fueron formulados en el siglo XVIII por el naturalista sueco Carolus Linneus (Linneo). Las jerarquías taxonómicas basadas en semejanzas para clasificar los organismos no fueron explicadas por Linneo. A principios del siglo XIX, el biólogo francés Jean Bautista de Lamarck dedicó gran parte de su trabajo a la clasificación sistemática de los organismos y trató de encontrar una explicación a la jerarquía basada en semejanzas. Según Lamarck se trata de una consecuencia de la evolución, que implica la transición gradual de unos organismos a otros. La teoría evolutiva de Lamarck era errónea y tuvo poco impacto entre los biólogos de su tiempo, hasta que apareció la figura de Darwin, quien, en su teoría de la evolución brinda una explicación causal de las similitudes entre los seres vivos. Los organismos evolucionan por un proceso de descendencia con modificación. Los cambios, y por lo tanto, las diferencias se acumulan gradualmente a través de las generaciones. Cuanto más reciente sea el último ancestro común, menor será la diferenciación entre dos especies dadas, lo que es lo mismo que decir que las semejanzas en forma y función reflejan la proximidad filogenética. Las afinidades filogenéticas pueden, por ello, inferirse a partir de los grados de semejanza.

Las jerarquías taxonómicas de Linneo, basada en que los organismos se pueden agrupar según el grado de semejanza: las especies se agrupan en géneros, los géneros en familias, las familias en superfamilia y en órdenes y subórdenes, los órdenes en clases, las clases en tipos (o phyla) y por último los tipos en reinos. Las especies se identifican por el nombre del género y especie correspondientes, escritos en cursiva. Así los humanos son *Homo sapiens sapiens*.

es decir, forman la Especie *sapiens*, que pertenece al Género *Homo*, de la Familia *Hominido (Hominidae)*, Superfamilia *Hominoideos*, Orden *Primates*, Suborden *Antropoides*, Infraorden *Catarrinos*, Clase Mamíferos, Tipo Cordado, Reino Animal.

Tal es el principio en el que se basa la inferencia de las relaciones filogenéticas a partir de los análisis comparados entre organismos vivientes, ya sean mediante estudios de anatomía, taxonomía, embriología, biología molecular o cualquier otra disciplina biológica (Diez Martín, 2005; Ruiz y F. J. Ayala, 2002; J. Sampedro, Cela Conde y F. J. Ayala, 2005; Darwin, 1969).

La *filogenia* trata sobre cómo se relacionan los fósiles y las especies vivientes dentro de un esquema genealógico dado. A partir de 1950 se formularon principios explícitos para evaluar la evidencia usada en la clasificación taxonómica y la reconstrucción filogenética. Además de los criterios tradicionales acumulados a través de la experiencia de los evolucionistas, surgieron dos teorías nuevas de clasificación, llamadas «fenética» o taxonomía numérica y «cladística». La fenética depende no ya de las semejanzas juzgadas subjetivamente, sino de la formulación de algoritmos numéricos en los que cada carácter puede tomar dos estados, «presente» o «ausente» (ya sea un carácter morfológico como el pulgar de los primates, o un aminoácido en una proteína particular como la hemoglobina). Cada carácter recibe un cero o un uno en cada una de las especies (o en la taxa de categoría más alta, como géneros, familias o clases) y se determinan así el grado de afinidad fenética entre los varios taxa.

La teoría cladística propone, en primer lugar, que las especies (o taxa) deben clasificarse de manera estricta con arreglo a sus relaciones filogenéticas, independientemente del grado de semejanza morfológica o fenética. La expresión gráfica de esas relaciones filogenéticas es un cladograma (o inferencia de las relaciones filogenéticas existentes entre distintos taxa). La cladística distingue entre caracteres primitivos (o ancestrales) llamados «plesiomórficos» y caracteres derivados o «apomórficos». La cladística formula reglas precisas para determinar las relaciones filogenéticas.

## LOS PRIMEROS HOMÍNIDOS

Uno de los aspectos más importantes en los estudios de evolución humana, es el que se refiere a la construcción de árboles filogenéticos en los que se intenta recoger las relaciones de las diferentes especies de homínidos. Cada vez que se produce el descubrimiento de un nuevo fósil con una morfología diferente, los paleoantropólogos intentan relacionarlo de inmediato con el resto de especies conocidas. No debe dejarse de mencionar que los cambios climáticos y ambientales ya señalados, propiciaron la aparición de una nueva rama llamada a desarrollarse significativamente y a abrir nuevos caminos de especiación (Diez Martín, 2005).

De otro lado, existen propuestas sólidas, basadas en el análisis cladístico y molecular, para rechazar la dicotomía homínidos / póngidos y ampliar el concepto de la familia de los homínidos para que se excluyan nuevos miembros en ella, como, por ejemplo, el chimpancé y el gorila. Por ello, uno de los temas más significativos en evolución humana es el relativo a establecer quién es el primer homínido, quién es el primer representante de nuestra línea evolutiva separada de la del chimpancé. Al respecto, actualmente existe un intenso debate porque se han propuesto tres géneros distintos para representar al primer homínido: *Sahelanthropus tchadensis*, *Orrorin tugenensis* y *Ardipithecus ramidus*. Los tres tienen entre 7 y 4,5 millones de años y, según las investigaciones genéticas, se encuentran precisamente en el momento de la separación de las líneas evolutivas de humanos (homínidos) y chimpancés (póngidos).

Según Carbonell (2006), «Es importante destacar que cuanto más cerca se encuentra un fósil del punto de divergencia del [género] *Homo* y el [género] *Pan*, más difícil es reconocer en cuál de las líneas evolutivas se encuentra. El debate científico llega al extremo de intentar discernir cuál es aquella característica que define a los homínidos». El término homínido se ha aplicado exclusivamente a las distintas especies de humanos y sus antepasados directos, tanto vivos como fósiles, mientras que al chimpancé, gorila, orangután (en ese orden) se integran en la familia de los póngidos. Pero, gracias a los estudios del ADN molecular se abre una nueva perspectiva: existe una estrecha relación genética entre humanos, chimpancés y gorilas, y que ya se está propiciando la inclusión de estos tres grupos haciendo efectiva la estrecha relación cladística entre ellas.

### *Sahelanthropus tchadensis*

La evidencia paleontológica parecería concordar con el *reloj molecular* y aproximarse al nivel superior de los 4,5 millones de años. Cabe destacar que hace poco, en el año 2002, en Chad, África Central, se encontró un cráneo, cuya antigüedad oscilaría entre los 6 o 7 millones de años y fue asignado a una nueva especie y género denominado *Sahelanthropus tchadensis*, para sus descubridores nuestros orígenes se extenderían en 2 millones de años más. (Bermúdez de Castro et al. 2004: 63-64). Y los descubrimientos continúan día tras día. Seguramente en momentos que se barrunta este breve ensayo, ya haya trascendido la noticia de un nuevo y trascendental descubrimiento que corresponda a nuestros más remotos ancestros.

En efecto, desde el año 2001, Michael Brunet y sus colaboradores han localizado numerosos fósiles en la localidad de Toros-Menalla, situado en el país centroafricano de Chad. Entre estos destacan un cráneo casi completo, dos fragmentos de mandíbula y tres dientes caninos de pequeñas dimensiones (rasgo y motivo discordante), prognatismo subnasal atenuado y una localización más

centrada del *foramen magnum* y, testimonios que han sido asignados a la especie *Sahelanthropus tchadensis*, y propuesto como el primer representante de la línea de los homínidos con 7 y 6 millones de años de antigüedad (Brunet et al., 2002:151).

Varios autores sostienen que no existe ninguna característica definitiva para afirmar que *Sahelanthropus* es un antepasado de los humanos, de los chimpancés o de ninguno de los dos. Carbonell afirma que «no tenemos la seguridad de que se trate de un homínido, y su posición en el árbol filogenético es, hoy en día, muy problemática».

### *Orrorin tugenensis*

Los restos fósiles de esta especie proceden de Kenia, tienen una edad en torno a 5,7 a 6 millones de años y constan de un total de 17 fragmentos óseos pertenecientes a cinco individuos.

Los hallazgos fueron realizados en la primavera de 2001 por los paleontólogos franceses Martin Pickford y Brigitte Senut, quienes denominaron *Orrorin tugenensis*, que incluyen pequeños fragmentos de mandíbula, dientes aislados, huesos del brazo y de la mano y algunos fragmentos de fémur. Según sus descubridores, *Orrorin tugenensis* muestra algunas características que la relacionan con la familia de los homínidos, en especial, el fémur es muy similar al de los humanos y sugieren que ya tenían un modo de locomoción bípeda (Pickford y Senut, 2001; Senut et al., 2001).

En contra de lo que opina la mayoría de los paleoantropólogos, Pickford y Senut proponen que *Orrorin* evolucionó hacia *Homo* a través de otro género propuesto, denominado *Praeanthropus* (que comprende algunos de los fósiles asignados en la actualidad a *Australopithecus anamensis* y *Australopithecus afarensis*, y sitúan al resto de *Australopithecis afarensis* en una línea evolutiva distinta. Varios críticos, entre ellos Carbonell, observan que «*Orrorin* es una especie primitiva: su canino es más largo y más apuntado que los caninos del resto de homínidos, su tamaño y forma es similar al de las hembras de chimpancé, y los huesos del brazo y de los dedos retienen adaptaciones trepadoras» (Carbonell, 2005:109).

### *Ardipithecus ramidus*

El paleoantropólogo Tim White y su equipo, en 1992, halló un conjunto de fósiles en un yacimiento llamado Aramis, en Etiopía, y le bautizaron con el nombre de *Ardipithecus ramidus*, con una antigüedad de 4,5 millones de años. («ardi» y «rami» significan «tierra» y «raíz», respectivamente, en lengua afar de África nororiental). Esta especie es considerada como nuestro antepasado más

remoto conocido hasta ahora, aunque se desconoce su tipo de locomoción, pero indica posibles adaptaciones bípedas por su posición anterior del *foramen magnum*. Los primeros fósiles fueron dados a conocer en el año 1994, en un principio están incluidos dentro de los *Australopithecus*, aunque el propio White, poco después lo designó en un género nuevo llamado *Ardipithecus* (White et al., 1995).

Los 90 restos craneales fósiles y poscraneales fueron hallados, como dijimos, en las inmediaciones del río Aramis, tributario del Awash etíope (región de Middle Awahs, Etiopía) y fueron datados por métodos radiométricos en unos 4,4 y 4,5 millones de años (mediante muestras obtenidas en niveles volcánicos de sedimentos). No obstante que *Ardipithecus ramidus* presenta características dentales consideradas muy primitivas, la forma y el tamaño del canino permite agruparlo con el resto de homínidos. En cambio, los esmaltes de los molares es fino, análogo al de los chimpancés, lo que refleja una alimentación basada en frutos carnosos.

Hace poco más de un lustro, Yohannes Haile-Selassie ha publicado nuevos hallazgos de fósiles de *Ardipithecus*, también procedentes de la región de Middle Awash, pero con una antigüedad mayor de entre 5,2 y 5,8 millones de años, que han sido asignadas a la subespecie de *Ardipithecus ramidus kadabba*. Entre los fósiles se incluye una falange de pie completa que tiene la articulación proximal similar a la de los humanos, y por lo tanto, se afirma que *Ardipithecus* tenía una locomoción bípeda. Sin embargo, una única falange no es una prueba concluyente para designar el modo de locomoción de ninguna especie y se esperan nuevos hallazgos para conocer si esta subespecie de *Ardipithecus* era bípedo o no (Haile-Selassie (2001), Haile-Selassie, et al., 2004).

Cabe mencionar, según las informaciones de Richard y Meave Leakey, se exhumaron restos de un probable 'primer homínido', en el sitio de *Lothagam* (África centro-oriental), cuya antigüedad se remonta a 5.8 millones de años. Este yacimiento rico en fósiles se halla al suroeste de lago Turkana, al sur del sitio de Turkwel, donde se encontró el homínido que lleva su nombre, con 3.5 millones de años, y al Noreste de Kanapoi (M. Leakey, 1995: 41).

En síntesis, las tres especies brevemente descritas y propuestas a ser el primer homínido, presentan una combinación diferenciada de rasgos considerados característicos de los homínidos (locomoción bípeda, forma y tamaño del canino). Además, los fósiles de las tres especies a las que se puede incluir la de *Lothagam*, son muy fragmentarios y escasos. Por lo tanto, no pueden compararse con facilidad y por ello, es difícil afirmar con seguridad si alguno de estos candidatos, o ninguno de ellos, es el 'primer homínido'. El debate continúa, pero tras los taxones descritos, la especie mejor situada para ser considerada el primer homínido es *Ardipithecus ramidus*, fundamentalmente gracias a la morfología dental que presenta. Además, cabe considerar que el ecosistema forestal

ocupado por esta especie ha sido de tipo básicamente frugívoro. Los antropólogos y arqueólogos Díez Martín (2005), Eiroa (2005), Corbonell (2006) y otros, señalan que de confirmarse su posición evolutiva como primer representante de nuestra familia, tendríamos que situar el origen de los homínidos no en ecosistemas abiertos o de sabanas como se afirmaba comúnmente, sino en ecosistemas o ambientes forestales.

### *Los Australopithecus: el registro fósil y la búsqueda de los orígenes*

El género *Australopithecus* compuesto por varias especies pertenecen claramente a los homínidos y presentan características derivadas de éstos: la morfología dental y el bipedismo. Este género fue denominado por vez primera en 1925 por Raymond Dart, quien creó el término *Australopithecus*. Actualmente se pueden distinguir siete especies en este género: *A. anamensis*, *A. afarensis*, *A. africanus* (*A. glásil*), *A. robustus*, *A. Garhi*, *A. aetiopithecus*, *A. boisei* *Australopithecus*. Igual que nosotros los humanos, pertenece a la Orden *primates*, Suborden *antropoides*, Infraorden *catarrinos*, Superfamilia *hominoideos*, Familia *homínidos* y al Género *Australopithecus*. *Primates* significa «primeros animales».

El significado literal y genérico del vocablo *australopithecus* es «monos del sur». Las diferentes especies de *australopithecus*, comúnmente se pueden definir como homínidos con capacidades cerebrales análogas a la del chimpancé, pero más evolucionado por poseer una locomoción bípeda. Reiteramos, Raymond Dart, en 1922 descubrió en la cueva de Taung, en Sudáfrica, una mandíbula de homínido (el «niño de Taung») al que bautizó primeramente como *Australopithecus africanus*, y dio a conocer en la revista *Nature*, en febrero de 1925, posteriormente, en su difundida obra *Aventuras del eslabón perdido*, (Dart, 1925, 1966).

### *Adaptaciones de los Australopithecus*

Múltiples investigaciones proporcionan abundantes evidencias acerca de las circunstancias ambientales en que vivían y se adaptaron estos homínidos. Los estudios faunísticos y geomorfológicos permiten reconstruir los hábitat locales, sabana y galerías forestales tropicales, esencialmente, con árboles concentrados en las orillas de lagos y ríos. Las precipitaciones variaban según el lugar. Puede decirse, por tanto, que los nichos propios a los australopitecinos eran, en conjunto, muy parecidos a los que en la década de los 80 han aportado restos fósiles de esta subfamilia, descubrimiento de gran relevancia que refuta la hipótesis de Robinson (1963) predominante en los Estados Unidos, a favor de la dentición glácil/robusto, a nivel genérico, y según la cual la fuerte dentición molar y más

can. premolar, de los *A. robustus*, responde a una alimentación exclusivamente vegetariana, mientras que la forma de *A. grácil*, con su dentición premolar más pequeña, atendería a una adaptación omnívora de sabana. Estas diferencias morfológicas habrían ido a la par con diferencias en los regímenes de precipitación (menos húmedo, tipo sabana en los hábitats de la forma *grácil*; más húmedo, tipo selvático en los de *robustus*) del Este africano y sobre todo de África del Sur.

Los especialistas concluyen en que los primeros australopitecinos compartían inicialmente con los chimpancés su capacidad de utilizar objetos para satisfacer determinadas necesidades subsistenciales. A medida que la dieta se diversificó, y con ella la necesidad de hollar territorios más amplios y variados, su cultura material se vio obligada a expandirse de forma paralela: los palos, ramas y demás productos vegetales fueron constituyendo instrumentos habituales, mientras que los objetos de piedra, generaron un marcado protagonismo en sus actividades predatorias y defensivas.

Diez Martín sostiene que, «parece razonable aceptar que los homínidos [australopithecus] estuvieron ocupados en la manipulación y elaboración de objetos líticos desde épocas antiguas, al menos desde hace 3 a 2 millones de años. Desafortunadamente, esta particular etapa difícilmente será evidente para la arqueología, quizás debido a los problemas de conservación del registro» (Diez Martín, 2005:70).

El mismo autor señala que el periodo cronológico que se extiende entre 3 y 2 millones de años fue testigo de una importante expansión y diversificación morfológica de especies de homínidos que constituyen nuestra estirpe.

La secuencia evolutiva o filogenia simplificada de los homínidos, establecida recientemente, es la siguiente: *Ardipithecus ramidus*, seguida por los distintos tipos de Australopithecus: *A. anamensis*, *A. afarensis*, *A. garhi*; *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo antecessor*, *Homo ergaster*, *Homo sapiens neanderthalensis*, hasta el *Homo sapiens sapiens*. De otro lado, los Australopithecinos bifurcados en ramal a) *A. aethiopicus*, *A. boisei*; y ramal b) *A. africanus* y *A. robustus*. Se grafican en la fig. 1.

La mayoría de los antropólogos y paleontólogos creen que, desde la entrada en escena del *Australopithecus anamensis* en la orillas del lago Turkana, hace 4-2 millones de años, han evolucionado en África no menos de una veintena de especies distintas de homínidos.

La especie de australopithecus más antigua conocida hasta hoy es el *Australopithecus anamensis*, (Australopithecus del lago), cuyo resto fósil consistente en un hueso húmero, fue hallado en 1965, en Kanapoi (Kenia) por Bryan Patterson, de la Universidad de Harvard, fechado por el método de Potasio/Argón en 4.2 a 4.5 millones de años. Posteriormente Meave Leakay y sus colaboradores, encontraron en el rico yacimiento de Kanapoi, cerca al lago Turkana,

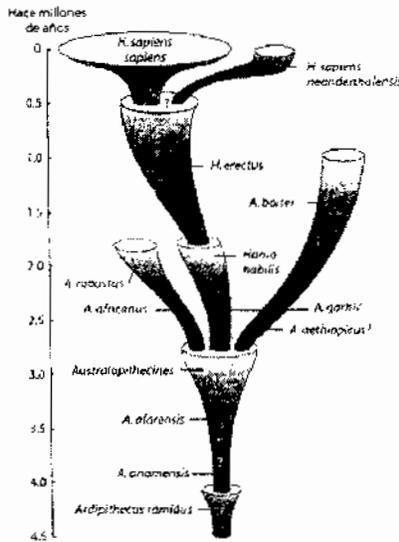


Fig. 1. Filogenia simplificada de los homínidos. Del *Ardipithecus ramidus* (4,5 a 4,0 millones de años) al *Homo sapiens sapiens* (30.000 años al presente)  
FUENTE: R. Ruiz Y F. J. Ayala, 2002.

varios restos fósiles de una mandíbula, dientes y huesos del esqueleto que reconstruyen el *holotipo* de esta especie (holotipo es el ejemplar más representativo de la especie), con aproximadamente 500 cm<sup>3</sup> de capacidad craneal, 30 kg de peso y 140 cm de estatura. Vivía en ambientes forestales abiertos y en extensiones de sabana con árboles por donde caminaba erguido (Bermúdez de Castro et al. 2004: 69; Leakey, et al. 1995, M. Leakey 1995: 42-45).

### *Australopithecus afarensis, Lucy*

En 1974, Donald Johanson y Tom Gray realizan otro sensacional hallazgo consistente en el 40% de un esqueleto perteneciente a un homínido que había existido hace 3.5 millones de años, en el valle de Afar, Etiopía. Los descubridores signaron con AL 288-1 (Afar Locality) y 288-1 (el número correspondiente en el inventario), y fue bautizado con el nombre de 'Lucy', en honor de una de las canciones de Los Beatles, que Johanson y sus colaboradores coreaban durante el precoso de las excavaciones y en la celebración del descubrimiento. Posteriormente Mary Leakey obtuvo, en las inmediaciones de Lactoli, un conjunto de fósiles que fueron diagnosticados por Johanson, como pertenecientes a la especie denominada *Australopithecus afarensis*, luego las huellas de las pisadas de Laetoli fueron atribuidas a esta especie.

*Australopithecus afarensis*, era una especie fundamentalmente vegetariana. Según Arsuaga (2001), «la morfología de todo el esqueleto [de *A. Afarensis*], desde la base del cráneo hasta los huesos del pie, se ha modificado para hacer eficaz la bipedestación». Habitaban bosques cerrados y húmedos, tenían aproximadamente 500 cm<sup>3</sup> de capacidad craneal y una estatura de 100 cm las hem-

150 cm los machos. Lucy y los suyos vivieron en Etiopía y Tanzania, pero no hay en la zona ninguna evidencia de una transición gradual. Esta especie nunca utilizó herramientas, pero sí *inventó* una mano con el pulgar enfrentado a los demás dedos, útil para agarrar semillas y otros objetos naturales pequeños. Todas estas características son posiblemente adaptaciones, pero el caso es que aparecen ya formadas en el ejemplar fósil más antiguo llamado 'Lucy' y luego permanecen constantes durante el millón de años que *A. afarensis* dura en el proceso evolutivo hasta su extinción, hace 2.9 millones de años (Johanson, 1976; Johanson y Edey, 1982; Reader, 1982; Rebeyrol, 1989; R. Leakey, 2002; Bermúdez de Castro et al. 2004).

Leamos la vívida descripción de Johanson, su descubridor, acerca del inicio del histórico momento cuando empiezan a reconstruir el fabuloso y diminuto esqueleto de 'Lucy', dice: «*El ser que estábamos montando sobre la mesa era asombroso. No tenía más que un metro de estatura, su cerebro era muy pequeño y, sin embargo, caminaba erguido. Su mandíbula tenía forma de V y no estaba redondeada en la parte frontal como otras que habíamos encontrado. Lucy era probablemente un representante muy primitivo de los australopithecus. Teníamos un pequeño ser con cerebro de antropoide y con la pelvis y los huesos pelvianos casi idénticos en sus funciones a las del hombre moderno. Ahora sabía, con la certeza que me ofrecía este extraordinario fósil, que hacia los tres millones de años antes de Cristo los homínidos caminaban erguidos*» (Johanson, 1976: 797-798).

En 1975, en el tercer año consecutivo de sus fructíferas temporadas de campo, Johanson encontró, en el valle de Afar, en el sitio de Hadar (Etiopía), abundantes restos de esqueletos casi completos pertenecientes a trece individuos, entre ellos varios niños, con 3'200,000 años de antigüedad. Probablemente a causa de un alud, esos homínidos habían sido sepultados juntos. Lo interesante es que ya vivían en sociedad, por ello, Johanson (1976). llamó a este conjunto de hallazgos «Ethiopia Yields First Family». Los integrantes de esta 'primera familia', según su descubridor, pertenecían a la especie *Australopithecus afarensis*, con machos de mayor tamaño que las hembras. Hay quienes postulan, con poco fundamento, que tales fósiles pertenecen a dos o tres especies distintas, entre ellas estaría considerada una primera variedad de *Homo*.

En 1978, Mary Leakey participó del descubrimiento casual y sin precedentes de un conjunto de huellas de pisadas de tres individuos humanos y de animales en la localidad de Laetoli (Tanzania), sobre las cenizas volcánicas de Sadimán. Las huellas de Laetoli tenían nada menos que 3'600.000 años de antigüedad, y revelaban un caminar sorprendentemente bípedo de esta especie de homínido evolucionado (M. Leakey, 1976, Reader, 1982).

El ramal a) constituido por *Australopithecus aethiopicus*, llamado también *Paranthropus* de Etiopía y el *Australopithecus bisei*, conocido originalmente como *Zinganthropus*. Los paranthropos fueron homínidos adaptados a las saba-

nas y ecosistemas poco boscosos y consumían semillas de varias especies, rizomas carnosos, frutos secos y raíces propios de esas zonas; en consecuencia, desarrollaron un aparato masticador grande y robusto que incrementaron el tamaño de los premolares y molares. La capacidad craneal llegó a 500 cm<sup>3</sup>, pero su cara era extremadamente ancha y alta y poseían una pronunciada cresta sagital. Los rasgos morfológicos de *A. afarensis* son análogos al *Paranthropus*, es posible que hace 2.6 millones de años aquella especie dio lugar a éstos, que pronto se apoderaron de los nichos ecológicos o estilos de vida en Etiopía, y cerca de la desembocadura del río Omo, en el lago Turkana (Kenia).

Los restos fósiles más relevantes se hallaron en Koobi Fora, región ribereña de dicho lago. El ejemplar más representativo de esta especie fue encontrado por R. Leakey, en la ribera occidental del lago Turkana, se trata de un cráneo casi completo que fue catalogado en el Museo de Nairobi como WT 17000 y tenía alrededor de 400 cm<sup>3</sup> de capacidad craneal, vegetariano, su antigüedad es de 2.5 millones de años y pertenece a la especie *A. aethiopicus* y dio lugar a la especie *A. boisei*. (Reader, 1982, R. Leakey y M. Leakey, 1978, R. Leakey, 2002, M. Domínguez, 1991)

La arqueología del paisaje nos ofrece una perspectiva innovadora para la contrastación de hipótesis sobre la formación del registro arqueológico y la reconstrucción de la conducta de los homínidos. En la región de Koobi fora (margen oriental del lago Turkana) se realizaron dos grandes proyectos de arqueología del paisaje, el primero a cargo de Isaac y Harris (1980) arrojó importante información. Se señala que esta región consta de una serie sedimentaria, cuya parte superior está compuesta por estratos del Plioceno final-Pleistoceno inferior. En la proximidad a las tierras altas, las columnas estratigráficas pertenecen a la toba Okote, dentro de una extensa zona conocida como el escaparate de Karari. En Kakari Isaac y Harris localizaron la mayor concentración de yacimientos, dentro de la unidad sedimentaria constituida por las tobas de Okote y otra cercana a ésta denominada toba Chari, donde se muestran sedimentos aluviales y en los que se registraron 12 yacimientos formados por una ocupación de carácter temporal extenso y con limitado utillaje lítico, y una acumulación intensa de huesos pertenecientes a varios individuos, varios de ellos con alteraciones óseas diferenciales (Isaac y Harris, 1980, Domínguez-Rodrigo, 1996).

### Los *Paranthropus*

El género *Paranthropus* se caracteriza por su marcado desarrollo del aparato masticador y revela una especialización en su alimentación: consumían productos vegetales duros que demandaban una intensa masticación. Probablemente esta actividad generó que en la parte superior del cráneo aparezca una cresta sagital, donde se insertan los músculos temporales y facilitan una intensa

masticación, el hueso cigomático es mucho más alto y ancho y como consecuencia tienen el aspecto facial más plano y cóncavo. Los dientes incisivos y caninos han reducido su tamaño para facilitar una intensa trituración de los alimentos. Se han registrado numerosos fósiles de *Paranthropus aethiopicus* y *Paranthropus boisei*, que forman el ramal a). Y, *Paranthropus robustus* y *Paranthropus africanus* o *grácil*, constituyen el ramal b).

#### *Australopithecus aethiopicus*

El más conocido es el cráneo signado como KNM-WT 17000. Los fósiles de especie se han encontrado en la ribera occidental del lago Turkana (Kenia) y en el río Omo en Etiopía. La mandíbula hallada ha sido fechada en 2,6 millones de años de antigüedad descubierta en 1967 por Camille Arambourg e Yves Coppens en el curso bajo del río Omo. Sin embargo, el paradigma de esta especie es el famoso cráneo ya señalado KNM-WT-17000 («Black skull») descubierto por Richard Leakey en 1986. La anatomía es la más primitiva, su dentición anterior no reducida y se le ubica como prototipo intermedio entre el *A. afarensis* y los *Paranthropus* posteriores.

#### *Australopithecus boisei*

El holotipo se halla signado como OH-5. Los renombrados antropólogos Louis Leakey y su esposa Mary, en 1959, dieron a conocer al mundo en general uno de sus sensacionales hallazgos en la famosa Garganta de Olduvai (Tanzania). Se trata de un cráneo catalogado con las siglas OH5, conocido también bajo la denominación de *Zinjanthropus boisei*, el vegetariano «cascanueces» por el enorme tamaño de sus premolares y molares. Tenía una estatura de 120 a 135 cm, y 500 cm<sup>3</sup> de capacidad craneal. Su antigüedad se remonta a 2.5 millones de años, y al parecer su extinción coincidió con su pariente cercano el *A. africanus*, hace aproximadamente 1 millón de años. (L. B. Leakey y Goodall, 1973, Reader, 1982).

Ya se han descartando los antiguos hallazgos de fósiles en la isla de Java, que no encajan en la denominada «transición de animal a hombre», es decir, de aquella fase «prolongada» de la evolución en la que se produjo la verdadera aparición del género humano. Solamente se han hallado pruebas de ello, reiteramos, en territorio de África oriental, que comprende entre el sur de Etiopía y Tanzania. Destacan en este ramal dos formas muy distintas entre sí, un tipo robusto y un tipo grácil. Ambos recibieron la denominación de *Australopithecus*, una denominación científica no muy acertada, cuyo significado, como ya señalamos, es simplemente «monos del sur», con referencia a los hallazgos realizados en África del sur.

En el ramal b), el tipo robusto y fuerte obtuvo el nombre de *Australopithecus robustus*, mientras que al grácil se le conoce como *Australopithecus africanus*. Al principio de los estudios se trataba de miembros más jóvenes o bien más antiguos o más viejos de la misma especie, o tal vez incluso de un macho (el robusto) y de una hembra (el grácil), pero las investigaciones más exhaustivas realizadas con el material ya existente, que es bastante amplio, han demostrado que se trata de dos especies distintas (R. Leakey 2002). Es posible que existieran otras especies del grupo de los *Australopithecus*, que vivían en el inmenso territorio que se extiende en África desde el borde inferior del Sahara a través del África oriental hasta el sur, y que engloba la cuenca del Congo con sus tupidos bosques tropicales.

Un reciente descubrimiento de más de 80 especímenes de *Australopithecus robustus* (o *Paranthropus*, «hombre paralelo»), de 2'000.000 de años de antigüedad, realizado por André Keyser, en el yacimiento de Drimolen (Sudáfrica), se trata del más completo grupo de su tipo hasta ahora conocido; tiene semejanzas con un pariente cercano, el *A. boisei* de África oriental. No obstante que su línea evolutiva se detuvo el *A. robustus*, logró sobrevivir un millón de años (ocho veces más que el hombre moderno) e incluso llegó a coexistir con otras especies del género *Homo*, de allí su designación de «hombre paralelo». Debido a cambios climáticos en Sudáfrica hace 2,5 a 2 millones de años, el entorno físico se iba secando, con escasos árboles en las proximidades de cursos de agua, aparecieron las praderas y los animales emigraron, pocos se adaptaron o desaparecieron. *A. robustus* le significó adaptarse a un ambiente más seco y subsistir de alimentos duros; por ello, como señalamos, estos homínidos poseían idéntico número de dientes que los seres humanos modernos (32), pero desarrollaron grandes mandíbulas y molares, y sus músculos maxilares estaban unidos a crestas óseas prominentes. (Keyser, 2000: 78-79).

### *Australopithecusa gahri*

Nueva especie descubierta en 1997, la península de Bouri (región media de Awash, Etiopía) por Tim White, Asfaw y Lovejoy (1999), quienes dan a conocer una nueva especie de homínido más evolucionado que el *A. afarensis*, sus descubridores lo denominan *Australopithecus garhi*, coetáneo con *A. africanus*, una gran sorpresa, pues en la lengua afar, el término garhi significa 'sorpresa'. Se le ubica en la línea evolutiva humana y predecesor inmediato de *Homo habilis* (Calderón y Guzmán, 2002:23).

Este homínido tiene una antigüedad de 2,5 millones de años, fechado por técnicas radiométricas. El cráneo es similar al resto de los *Australopithecus*, pero los premolares y molares son mucho más grandes. El fémur en relación al miembro superior es similar al *Homo sapiens*, tenía un cerebro más desarrolla-

ya y ya era un experto fabricante de instrumentos líticos. Tal afirmación nos estaría indicando que *Homo habilis* no fue el primer *Homo* en fabricar artefactos como lo había planteado L. Leakey y otros autores, sino que tuvo un precursor, el *Australopithecus garhi*, en la tecnología del tallado de la piedra con fines utilitarios. Ello se evidencia con los restos de varios huesos que presentan rasgos de descuartizamiento y fracturación para su consumo. (Asfaw et al., 1999).

### La aparición del *Homo habilis*

En un momento determinado de la evolución de los *Australopithecus*, las formas gráciles dejaban paso a las formas robustas o *Paranthropus*, debido a una adaptación a un nuevo régimen alimenticio basado en la especialización en el consumo de frutos y semillas más duros y secos, como consecuencia de la aparición de una aridez progresiva y un profundo cambio climático global de la Tierra entre hace 3 y 2 millones de años. El cambio gradual y la ampliación en la dieta alimenticia, ampliación que suponía la incorporación del consumo de carne que es un alimento de mucha más calidad que los recursos vegetales. El consumo de carne de manera intensa y casi generalizada explica una evolución hacia una mayor inteligencia en un proceso de retroalimentación y supondrá la aparición del género *Homo*. Este cambio sustancial trajo como resultado la aparición de un nuevo homínido, resultante de alguna de las anteriores especies gráciles que aumentó sustancialmente el índice cefálico. Se trata del *Homo habilis*, primera especie reconocida en el linaje humano perteneciente a nuestro propio género *Homo*.

*Homo habilis*, tiene más o menos 1.85 a 2.3 millones de años, descubierto por L. Leakey (1985) en la Garganta de Olduvai (Tanzania), entre los años 1960 y 1963. Los restos craneales corresponden a cuatro individuos. El propio L. Leakey, Philip Tobias y John Napier realizaron un estudio comparado muy pormenorizado de estos fósiles y llegaron a la conclusión de que se trataba de una nueva especie a la que bautizaron con la denominación científica de *Homo habilis*, cuya capacidad craneal había aumentado a 600 a 700 cm<sup>3</sup>, y 120 a 130 cm de estatura, 50 kilos de peso promedio y tuvo una amplia distribución: desde Olduvai (Tanzania), en la Formación Hadar (Etiopía), Koobi Fora (Kenia) y Sterkfontein, Swartkrans, Kromdraal, Coopers y Drimolen (Sudáfrica). Sufrió un cambio ostensible en su dieta alimenticia, se torna omnívoro, y con preferencia por los vegetales.

Reestudios recientes de dos especies diferenciadas entre las primeras formas identificadas como *Homo habilis*, ésta se distingue de otra forma denominada *Homo rudolfensis*, encontrada en África oriental, con una datación menor. Recientemente se ha dado a conocer otro homínido, también procedente de ese territorio de fósiles del este de África, conocido con el nombre de *Kenyanthropus*

se ha fechado entre 3.5 y 3.1 millones de años. Tiene una estrecha semejanza con el género *Homo*. Richard y Meave Leakey, exhiben estos restos para esgrimir la teoría que «*Homo* no evoluciona de *Australopithecus*». En todo caso si se lograra demostrar la línea filética entre *Kenyanthropus* y *Homo*, serviría, tal vez, para replantear las causas que hoy nos sirven para explicar el surgimiento de *Homo*, entre 3 y 2 millones de años.

*Homo habilis* (hombre hábil), fabricaba instrumentos de piedra muy rudimentarios, llamado Acheulense (Bordes 1968:64), entre ellos, los *chopper*, (*guijarro* en que se ha obtenido una arista cortante por percusión en una de sus caras). Era completamente bípedo, tenía el cráneo más grande que sus inmediatos predecesores o los grandes simios actuales, pero aún más pequeño comparado con el nuestro. No hay controversias significativas sobre el hecho de que se desarrollara en África, donde le siguió *Homo erectus*. Este último fue el primer antepasado que empezó a explorar y a ocupar casi todo el Viejo Mundo. Se creía que esta expansión se produjo hace 1 millón de años, pero los descubrimientos recientes evidencian que tal acontecimiento ocurrió hace 2 millones de años.

#### *Comentarios, interrogantes y el proceso evolutivo: la hominización*

La primera pregunta que surge es: ¿Cuándo sucedió todo aquello? Se trata de una cuestión de suma importancia. Las fechas se remontan a tiempos muy remotos. El periodo en que vivieron los *Australopithecus* comprende varios millones de años. Comienza en la fase final de la Era Terciaria (Mioceno) y se extiende hasta el comienzo de la edad de hielo (Pleistoceno). Así pues, los «monos del sur» existían ya antes de la aparición del género *Homo*. Los hallazgos existentes indican que el grupo de los australopitecinos contenía a los antecesores directos del ser humano. Con toda probabilidad, el género *Homo* se desarrolló a partir de la forma más grácil. Si ello es cierto, entonces tenemos que girar la rueda de la historia genealógica y genética mucho más y preguntarnos dónde se halla el origen de *Australopithecus*.

Las investigaciones recientes dan sentido a ello, por el solo hecho de que antes de los *Australopithecus* debe encontrarse la bifurcación que dividió a ambas líneas, una de las cuales condujo hasta la aparición del hombre y la otra hasta la aparición de los grandes primates antropomorfos. Si los científicos consiguen averiguar el origen de la división de la rama originariamente unida tal vez se llegue a comprender el desarrollo esencial que dio el impulso necesario para el surgimiento del género humano.

En la búsqueda de los orígenes y las condiciones ambientales de la aparición del género *Homo*, las condiciones del entorno físico desempeñan un papel preponderante. Por otro lado, el registro fósil nos proporciona puntos de referencia muy útiles. Sobre la base de los conocimientos actuales, resulta factible

Responder a la pregunta más arriba formulada: '¿Cuándo sucedió todo aquello?' resulta posible unirlos en la siguiente cadena: hace alrededor de 5 millones de años, los primates australopitecinos se separaron de la línea general de los primates. Formaron diversas especies a lo largo del siguiente millón y medio de años. Una de ellas, *Homo habilis*, se convirtió hace 2 millones de años en el punto de partida de una nueva rama que se conoce bajo el nombre de *Homo ergaster*, el «hombre erguido», y el más directo sucesor se considera al *Homo neanderthalensis* que se extinguió después de desarrollar una tecnología lítica durante un millón de años. Esta denominación resulta muy acertada porque expresa la característica más destacada, el progreso más notable y peculiar, es decir, el caminar erguido.

Aunque parezca sorprendente, la respuesta es muy sencilla. Se han encontrado vestigios de fósiles del género *Homo* desde los oasis del desierto del Sahara hasta el sur de África. No obstante que los fósiles se encuentran en las tierras del África oriental hasta el norte de Tanzania; el núcleo se halla en una zona que se ha hecho muy famosa a causa de su rica fauna. Se trata del asombroso y muy frecuentado Serengeti y los montes de su inmenso cráter. Louis S. B. Leakey hizo conocer al mundo la Garganta de Olduvai, yacimiento pródigo en fósiles de donde procede un elevado número de restos de homínidos que arrojan mucha luz sobre la historia de la evolución humana. La búsqueda ciertamente, fue muy intensa y dilatada en esta zona, recordemos que Leakey dedicó más de 30 años de su existencia en esa persistente y abnegada búsqueda. Pero los resultados y la intensidad de esa larga búsqueda dependen unos de otros. En todos los demás lugares, donde su esposa Mary Leakey y sus hijos, entre ellos Richard E. Leakey y Meave, su consorte, continuaron investigando, con resultados casi muy reveladores, al mismo tiempo fructíferos.

Destaquemos tres yacimientos de gran relevancia que han arrojado importantes restos fósiles de humanoides: Koobi Fora, en las orillas del lago Turkana (lago Rodolfo), el río Omo, en el norte de Kenia y el valle del Afar, al sur de Etiopía, así como en el lago Victoria, a los que se puede añadir la cueva de Pongolén (Sudáfrica) y Laetoli. Por el contrario, no se han encontrado fósiles en tierras tropicales y húmedas de la cuenca del Congo. Ello resulta extraño porque la historia humana guarda una estrecha relación con el nacimiento y el desarrollo de los primates más avanzados sobre todo con los «primates antropoides»: chimpancé-bonobo-gorila-orangután, y mucho más distantes en la línea filogenética humana se encuentran gibón-langur-mandrill, monos del Nuevo Mundo y, por último, tarsios, lémures, loris y tupayas. Sus hábitat actuales se encuentran en las extensas selvas. Esta discrepancia es muy importante, pues se debe esclarecer si deseamos entender el desarrollo del hombre, y deben de existir razones para que los parientes más cercanos del hombre vivieron en la selva, mientras que los fósiles hallados, que aportan pruebas de la evolución

humana, se han encontrado en entornos muy distintos, concretamente en las estepas y las extensas sabanas del África oriental (Véase cuadro 1).

Durante el Pleistoceno, que ya había dado comienzo (hace 2 millones de años) al menos a dos o tres ramas de la línea *Homo erectus* que se separaron de la principal. Tal vez incluso fueron más, entre ellos probablemente *Homo ergaster*, el otro es posible que represente al Neandertal (*Homo sapiens neanderthalensis*), mientras que la otra, la más reciente, representa al «hombre moderno», *Homo sapiens, sapiens*. La última división se produjo hace 250.000 años, pero no se tornó realmente efectiva a gran escala hasta que un pequeño grupo de seres humanos modernos, en el tercer éxodo, se dispuso a abandonar África y conquistó el mundo.

Un comentario especial merece la especie *Homo ergaster* (*El hombre trabajador*), especie propuesta por C. Groves y V. Mazak, que ya presentaba los rasgos de *Homo erectus*, pero desapareció en África. Casi todos los científicos están de acuerdo que hace entre 2.0 y 1.6 millones de años existió en África una riqueza en la variedad de homínidos. Pero de esta variedad de formas habría de quedar sólo una y prevaleció sobre todas las demás, fue el *Homo ergaster*, que entró en escena hace 1,800,000 a 1,000,000 de años, en el Plioceno-Pleistoceno inferior. Sus restos fueron registrados en los yacimientos de Koobi Fora, lago Turkana, Konso Gardula, Etiopía y en Danakil, Eritrea. Tenía un estatura de más de 170 cm. Tenía un cráneo más grande que la de otras especies, en los ejemplares encontrados hasta la fecha superan los 800 cm<sup>3</sup> de capacidad craneal y otros se acercan ya a los 1,000 cm<sup>3</sup>, y tenía los rasgos faciales que se reconocen como humanos.

Los ejemplares más antiguos de *Homo ergaster* corresponden a cráneos signados con KNM ER 3733 y KNM ER 3883, que tienen 1.8 y .6 millones de años, respectivamente, hallados cerca del lago Turkana. Otro hallazgo sensacional realizado en 1984, en la ribera oeste del lago Turkana, vino a confirmar la especie de mayor estatura. En 1984, el arqueólogo keniano llamado Kamoya Kimeu, encontró numerosos restos fósiles y pudo reconstruir el esqueleto casi completo de un joven *Homo ergaster*, bautizado como el «Niño o el chico de Turkana» («Turkana boy»). Murió cuando tenía apenas 11 años y llegó a medir 162 cm de estatura, y con una capacidad craneana de 900 cm<sup>3</sup>.

El registro fósil de África, después de 1.5 millones de años es muy pobre y empieza a desaparecer los rastros de *Homo ergaster*, pero existen evidencias que sobrevivió al menos hasta hace un millón de años, según los fechados de los cráneos excavados en Etiopía. Así pues, todo indica que *Homo ergaster* fue la única especie de *Homo* que continuó viviendo en la sabana africana. Los pequeños *Homo habilis* quedaron atrás, y seguro que no pudieron competir con los espigados *ergaster*. Por otro lado si *Homo rudolfensis* o *Kenyanthropus platyops*, serían especies distintas a *Homo habilis*, no obstante su desarrollo cerebral,

también acabaron por extinguirse con rapidez. En cambio, *Homo ergaster* realizó una contribución tecnológica excepcional fabricando artefactos líticos versátiles y muy elaborados. Gracias a su cerebro más dotado, le proporcionaron capacidades que nunca antes se había conocido en la familia de los homínidos. Los individuos de la especie *Homo ergaster*, gracias al desarrollo del lóbulo frontal del cerebro, tuvieron una mayor capacidad de organización, de planificación y de anticipación de los acontecimientos.

Cabe destacar que *Homo ergaster* durante su larga adaptación se transformó en una especie diferente, y de este modo, pudo dejar su legado genético en una especie propia del linaje humano.

*Tres características fundamentales en la evolución de Homo sapiens sapiens: tamaño del cerebro, postura erguida y el lenguaje*

La evolución humana es el proceso de cambio que dio lugar a la aparición del hombre moderno. Hay evidencias que demuestran que las características físicas, genéticas y de comportamiento comunes a todos los seres humanos fueron evolucionando a lo largo de los últimos 5 mil millones de años.

El mecanismo de cambio evolutivo reside en los *genes*, las unidades básicas hereditarias. Los genes determinan el desarrollo del cuerpo y de la conducta de un determinado organismo durante su vida. La información contenida en los genes puede variar, y este proceso, como hemos visto, es conocido como *mutación*.

En el cuadro de la clasificación taxonómica del hombre, los niveles de categorías están ordenados en la secuencia descendente siguiente: pertenecemos al *Reino* animal, *Filum* vertebrados, *Clase* mamíferos, *Grupo* placentarios, *Orden* primates, *Suborden* antropoides, *Infraorden* catarrinos, *Superfamilia* hominoideos, *Familia* homínidos, *Género* homo y *Especie* homo sapiens.

Una de las primeras características que definió al ser humano es el cerebro grande y complejo, luego la bipedación o la capacidad de andar erguido sobre los dos pies, seguido del lenguaje y la capacidad de fabricar y utilizar herramientas. Gran parte de los rasgos más avanzados que incluyen expresiones simbólicas complejas, como el arte y la diversidad cultural, aparecen en los últimos 100,000 años.

*La postura erguida o la locomoción bipeda*

A raíz de los descubrimientos de *Australopithecus*, y de las investigaciones que de ellos se derivan, hoy sabemos que nuestro particular modo de desplazarnos, y no una inteligencia superior fue el primero de nuestros atributos típicos y tuvo grandes repercusiones en el proceso de hominización.

Lee Berger postula que la locomoción bípeda se dio por lo menos dos veces. El *A. Afarensis* en África oriental como un bípedo parecido al humano, pero finalmente se extinguió. Una segunda especie, el *A. africanus*, surgió más o menos al mismo tiempo en África del sur y pudo haber permanecido en el bosque durante más tiempo, necesitando del bipedalismo para acrecentar la habilidad de trepar árboles. El mismo autor señala que, una compleja combinación de adaptación a ecosistemas de praderas y fuentes alimenticias pudieron haber estimulado a *A. africanus* para que su cerebro creciera gradualmente y volverse más inteligente tanto como el *Homo habilis*. (Berger, 1998).

Las teorías que tratan de explicar el origen de esta práctica tan propia de los seres humanos son muy variadas. Bajo la primigenia idea de que lo primero en aparecer había sido el gran tamaño del cerebro, se creyó que el motor de nuestra locomoción bípeda había sido la necesidad de liberar nuestras manos para poder crear herramientas. Los homínidos, que de forma pareja al aumento cerebral empezaban a mostrar una incipiente capacidad creativa, se habrían visto favorecidos por la selección natural a la hora de crear y transportar herramientas, armas e incluso su propia descendencia, al necesitar sólo dos de sus cuatro miembros para desplazarse.

Sin embargo, con el hallazgo de los *australopitecos*, se ha comprobado que, a pesar de caminar en forma bípeda, este género todavía tenía un tamaño cerebral un poco más que la del chimpancé y muy distante de un humano. Además, de ser así, lo lógico habría sido encontrar evidencias de industria lítica asociada con los fósiles de australopitecos, ya que todos comparten con los humanos modernos la habilidad de caminar sobre dos pies. Sin embargo, por ahora, fuera del caso aislado e indirecto de *Australopithecus garhi*, asociado a huesos con marcas de corte y contemporáneo de un yacimiento donde se han encontrado herramientas, el registro paleontológico y la arqueología del paisaje no parecen ratificar la capacidad tecnológica del género australopitecos.

De otro lado, la postura erecta amplió la visión del horizonte y permitió mirar por encima de las altas hierbas de la sabana africana oriental. Como ya se dijo, hace 5 millones de años el cambio climático provocó la reducción de bosques y el aumento de vegetaciones más herbáceas, lo que probablemente forzó a sus habitantes a transitar alternativamente por espacios más abiertos. La locomoción bípeda, hizo posible una mejor panorámica y advertir, con facilidad, la llegada de depredadores.

En contra de esta teoría están las reconstrucciones de los hábitos en los que se han hallado los fósiles de homínidos más antiguos. La variedad de los ecosistemas en los que se han encontrado australopitecos comprende desde bosques húmedos y cerrados a vegetaciones más abiertas. Se sabe que nuestros ancestros abandonaron las profundidades del bosque, todavía no estaban comprometidos con la gran sabana.

Peter Wheeler (1993), ha formulado una hipótesis que relaciona el bipedismo con la vida de la sabana y los requisitos de la termorregulación [*la hipótesis de la termorregulación*] que este hábitat comporta. El argumento es el siguiente: en las horas de máxima insolación, un bípedo expone un área mucho más pequeña de su cuerpo a la radiación solar. En la parte del cuerpo más expuesta, la cabeza, disponemos de la protección del pelo, mientras que en el resto del cuerpo hemos desarrollado la sudoración para evitar el sobrecalentamiento. Además, cerca del suelo el aire se halla más caliente, mientras que a dos metros de altura hay más circulación de aire. La simultánea pérdida de pelo en otras zonas del cuerpo pudo tener como objetivo aumentar la sudoración para eliminar calor.

Wheeler, señala además, que el bipedismo reduciría el calor y el consumo de agua en los homínidos bípedos respecto a los cuadrúpedos. Esta adaptación permitiría a los homínidos mantenerse activos en las horas de máximo calor.

Este nuevo modo de desplazarse parece que fue ventajoso en el control de la temperatura corporal. Según la teoría de la termorregulación de Wheeler, el cerebro constituye nuestro órgano vital máspreciado y el mismo tiempo uno de los más delicados, especialmente sensible a la temperatura. Al adoptar una postura erecta se disminuye la superficie corporal expuesta a los rayos del Sol y así se protege el cuerpo —y el cerebro— del sobrecalentamiento. Además, la exposición de una mayor superficie corporal a las brisas y a las corrientes de aire, así como el alejamiento del suelo, que es también una fuente de calor, ayudaría a disminuir la temperatura generada por la exposición a la irradiación solar. Este mecanismo funciona especialmente bien en el caso de nuestra especie, que, salvo en la cabeza, ha perdido la mayor parte de su recubrimiento piloso y ha desarrollado además un sistema de glándulas sudoríparas que contribuyen definitivamente a la disipación del calor a través de la evaporación.

Esta teoría de la *termorregulación* estaría además en sintonía con todas las hipótesis que abogan por la ventaja energética de este tipo de locomoción. En la marcha bípeda se produce una reducción progresiva en el desplazamiento del centro de gravedad de nuestro cuerpo. Seríamos capaces de desplazarnos durante más tiempo y a mayores distancias, con un menor gasto energético y, por lo tanto, cansándonos menos.

Hunt sugiere que el origen de la postura bípeda estaría relacionado con la alimentación. En la casi totalidad de las veces, los chimpancés adoptan la postura erecta cuando están en los árboles, recolectando los pequeños frutos. Esta postura requeriría estabilización a través de la sujeción a alguna rama superior con la mano que no recoge el alimento. Esta hipótesis conciliaría la aparente contradicción entre la anatomía superior e inferior de *Australopithecus afarensis*, en que los miembros superiores seguirían estando adaptados al desplazamiento por las ramas, pero los inferiores posibilitarían una postura erguida. Según Hunt, sólo posteriormente este hábito postural se convertiría en el modo habitual de locomoción.

La hipótesis de Lovejoy (1988), en base a los estudios del *Australopithecus afarensis*, ha defendido que la locomoción bípeda vino acompañada de una serie de adaptaciones en la organización social, es decir, relacionado el bipedismo con el comportamiento. Para este científico una de las innovaciones evolutivas esenciales de los homínidos fue la aparición de la familia nuclear: la monogamia y el cuidado de los hijos a cargo de los progenitores. El argumento de Lovejoy señala que al macho le corresponde aprovisionar a la familia, así apareció el bipedismo que permitía poder acarrear alimentos, además, el *A. afarensis* debería tener un tipo de organización familiar monogámica.

Lovejoy vincula nuestra locomoción erecta nada más ni nada menos que con la monogamia. El modelo propuesto por Lovejoy, se relaciona con los mecanismos sociales y de comportamiento que influyeron directamente sobre la supervivencia de una población y la tasa de nacimientos. Según esta teoría, los primeros homínidos tendrían un tipo de estructura social monógama, en la que los machos serían los encargados de proporcionar los alimentos. Este supondría un ahorro de energía por parte de las hembras. Los machos adoptarían la locomoción bípeda para poder transportar la comida necesaria.

Pronto surgieron serias observaciones a la hipótesis de Lovejoy, en el sentido que es difícil sostener que *A. afarensis* haya sido un homínido monógamo, dado que parece que el dimorfismo sexual en esta especie es muy marcado. El dimorfismo sexual, las diferencias de tamaño entre machos y hembras es mayor y estarían más próximos a los del gorila, donde los machos son más competitivos entre ellos y el más fuerte apareca con mayor número de hembras, asegurando de esta forma su descendencia. Por lo tanto, los críticos afirman que la organización social en *A. afarensis* es similar al de especies poliginicas: un macho y varias hembras. Aunque la reducción relativa del tamaño de sus colmillos pueda asociarse a una disminución de la competencia sexual entre machos.

Dentro del amplio espectro de cambios morfológicos que implicó la reorganización de la anatomía humana, la pelvis es el hueso de elección para el estudio del hábito locomotor del género *Homo*. La pelvis humana está compuesta de un hueso coxal a cada lado (que se articula con su fémur correspondiente) y el hueso sacro por detrás (formado por la fusión de las últimas vértebras, llamadas sacras). A su vez, el coxal se compone originariamente de tres huesos que en el adulto están fusionados. Uno de ellos es el **ilion**, en la parte superior de la pelvis, con forma de hoja plana y cuyo borde superior podemos percibir cuando apoyamos las manos en la cintura. El segundo es el **iquistion**, en la parte inferior y posterior de la pelvis, sobre cuyas protuberancias nos sentamos. Por último está el **pubis**, en la parte anterior y superior, y que cierra por delante el llamado cinturón pélvico. Estos tres huesos se unen en el **acetábalo**, la cavidad articular en la que encaja la cabeza del fémur.

Una función importante de nuestra posición bípeda, es el peso del cuerpo que se transmite de las vértebras inferiores (las lumbares) al sacro y las articulaciones sacrolíticas, y a través del ilion al acetábulo y de ahí a la cabeza y cuello del fémur. A diferencia de lo que sucede en los simios antropomorfos, en el caso de los humanos el peso corporal se reparte entre dos extremidades en vez de cuatro, e incluso en el momento en el que alzamos un pie para dar un nuevo paso, todo nuestro peso se transmite a través de un único coxal.

Los paleontólogos y antropólogos Dart, Leakey, Clark, Boid, entre otros, han señalado que una de las características esenciales de la eficiencia de nuestra locomoción bípeda radica sobre todo en la conservación de la energía. Cuando caminamos, nuestro centro de gravedad (situado delante de la segunda vértebra sacra) apenas oscila. Se mueve ligeramente hacia el lado que apoyamos y se eleva y baja levemente en el plano sagital. Esta baja oscilación de nuestro centro de gravedad produce un gran ahorro de energía, y ésta nos permite mayor resistencia en largas distancias.

Para poder adoptar correctamente la postura erguida, es necesaria una conformación anatómica que permita la extensión de la rodilla y la cadera. En los chimpancés, cuando avanzan sobre dos piernas, sus caderas y rodilla están mucho más flexionadas que en los humanos, lo que provoca mucha más tensión en las articulaciones con cada paso que dan.

### Las huellas de Laetoli

En 1978, Mary Leakey y su equipo descubrieron en Laetoli (Tanzania) y en Turkana del Este las huellas dejadas por seres humanos bípedos hace 3,6 millones de años. Las huellas habían quedado impresas sobre una capa de cenizas muy fina expulsada por la erupción del volcán Sadiman, situado a 20 kilómetros de Laetoli. Luego, la lluvia humedeció el suelo. Tras el paso de homínidos y otros animales, el Sol secó el terreno, endureciéndolo como si fuera cemento, y nuevas erupciones depositaron más capas de ceniza que preservaron estas huellas enterrándolas, «sellándolas». A simple vista, el dedo gordo está perfectamente alineado con el resto de los dedos y no está separado como en el resto de los primates (chimpancé, gorila, orangután, gibón, etc). Por el relieve interno de la huella se puede inferir una dinámica del paso y una transmisión del peso a través de la planta del pie muy semejante a la nuestra: se puede distinguir fácilmente el arco longitudinal del pie.

Las formas de las huellas y las distancias entre ellas, halladas en Laetoli y Turkana del Este, son las evidencias de un tipo de locomoción bípeda. Ello confirmaría que el caminar erguido fue anterior que su cerebro alcanzara un gran tamaño, pues en el mismo yacimiento de Laetoli –aunque en otros niveles–, se han encontrado restos de *A. afarensis*, la mandíbula LH-4 y varios dientes, por

lo que se supone que esas huellas serían de esta especie que sólo tenía 500 cm<sup>3</sup> de IC (Leakey y Hay, 1979; White y Suwa, 1987; Reader, 1982:226).

### *El tamaño del cerebro*

Sin duda, el aumento extraordinario del tamaño del cerebro fue el logro más importante en la evolución humana. De hecho, a él se debe la capacidad de pensar y de hablar.

En primer término de las reflexiones respecto a la evolución del cerebro debe encontrarse el *Australopithecus*, porque su cerebro de 500 centímetros cúbicos de volumen lo separaba con suficiente claridad del cerebro del chimpancé. Desde un punto de vista absoluto, el avance resultaba todavía bastante modesto, pero pese a ello muy significativo, porque el *australopiteco* pesaba un poco menos que el chimpancé. Como es sabido, el volumen cerebral, por lo general, aumenta en proporción con el tamaño corporal de un modo muy determinado y previsible, el *australopiteco*, de constitución más menuda, tenía un cerebro relativamente mayor.

Debido a su estructura particular, el cerebro no puede ser desarrollado a través de ejercicios, como es el caso de la musculatura. En gran medida, el tamaño final del cerebro ya queda determinado en el nacimiento, porque después del nacimiento el número de las neuronas que se han convertido en la masa encefálica ya no puede aumentar ni reconstituirse. Sin bien el cerebro, sobre todo en el primer año de vida, sigue creciendo en tamaño, el estado en que se encuentra antes del nacimiento determina la capacidad que alcanzará en el futuro. A medida que el individuo envejece las neuronas mueren, de modo que su número disminuye inexorablemente. Es uno de los efectos del envejecimiento.

Un aspecto muy poco tratado en los textos de la evolución humana es lo referente a cómo se forma la masa encefálica, y cuáles son sus características en comparación con otros órganos vitales como el corazón o los pulmones. La principal diferencia radica en el contenido en componentes de fósforo, sobre todo de la sustancia encargada de las reacciones energéticas en las células, nos referimos al *trifosfato de adenosina (ATP)*. Este compuesto de fósforo pertenece a los elementos básicos de la vida y constituye una base indispensable para el funcionamiento del cerebro y es difícil de obtener. El fósforo se cuenta entre las sustancias que aparecen con poca frecuencia en la naturaleza. Del contenido en compuestos de fósforo depende la productividad biológica del agua, pero también el valor nutritivo de muchas plantas.

Las proteínas son otro de los componentes de gran importancia, que contienen compuestos de nitrógeno especiales. Por el contrario, los hidratos de carbono, tales como el azúcar y otros glúcidos, son elementos bastante corrientes y abundantes en la naturaleza.

La necesidad de ingerir fósforo se pone de manifiesto, en mayor medida, en la ingestión de médula ósea o huesos, porque en ellos ha tenido lugar la hematopoyesis y los huesos son más ricos en fósforo. El cuerpo longevo y grande de los mamíferos guarda su provisión de fósforo en los huesos. Como es sabido, el cáncer de médula ósea se cuenta entre las formas de cáncer más peligrosas, y de un modo distinto la incidencia del raquitismo muestra cuántos elementos vitales guardan relación con los huesos; el fósforo es la sustancia clave. Debemos subrayar este factor una vez más porque la diferencia del tamaño cerebral relativo entre el chimpancé y el australopiteco significa, con toda seguridad, que éste último disponía de una fuente más rica de fósforo, ya que, de lo contrario, su cerebro no habría podido crecer.

Ello se aplica aun, en mayor medida, a los descendientes del *australopiteco*. Su masa encefálica aumentó en el periodo relativamente breve de un millón de años, de 500 centímetros cúbicos a más 1,000. A partir de entonces siguió aumentando, y durante la presencia del hombre de Neandertal, hace unos 200,000 años, alcanzó su valor máximo con 1,500 cm<sup>3</sup>, lo cual supera incluso la media del ser humano actual.

Cabe enfatizar este aspecto. Si deseamos comprender la evolución humana debemos explicar el fenómeno de la triplicación del volumen cerebral. La triplicación de la masa muscular o del peso corporal constituiría un fenómeno de mínima importancia en comparación con el aumento de la masa encefálica. Ninguna estirpe de mamíferos, ni de los primates se acerca, ni siquiera de lejos, al ser humano en este sentido. Tan solo un tipo de mamíferos marinos, los delfines, que se alimentan de peces muy ricos en fósforo, muestran ciertos paralelismos. El ser humano conoce una enorme capacidad, sólo que a causa de las diferencias fundamentales de su entorno natural y la falta de posibilidades de comunicación, nos resulta muy difícil comprenderla.

¿Por qué el australopiteco consiguió mejores fuentes de fósforo que sus parientes más cercanos? Pues su dentadura revela que ingería una alimentación mixta, contenía un porcentaje significativo de carne, con toda probabilidad también insectos grandes, así como raíces ricas en fécula. El australopiteco no era un primate depredador. Ello todavía se aplica en menor medida a sus descendientes, los esbeltos y fabricantes de artefactos *Homo habilis*.

El *Homo habilis* utilizaba herramientas primitivas. Con toda seguridad, las cuñas de mano y los raspadores en su forma más burda, es decir, como lascas de piedra. Quizá eran suficientes para defenderse de los enemigos. Lo más probable es que la función más importante de las herramientas habría sido para abrir cadáveres de animales. En las sabanas repletas de animales salvajes, los cadáveres de estos animales abundan. La fuente principal de cadáveres de animales grandes son las enfermedades, las epidemias y la falta de alimentos, es decir, causas análogas a las que aparecen en la actualidad. Puesto que la mayoría de

los animales grandes se desplazan o migran en manadas y no se distribuyen de modo homogéneo por todo el territorio de África oriental, lo más probable es que los cadáveres también aparecieran de un modo irregular.

Imaginemos a un hombre «incipiente», ávido de carne fresca de animales grandes, que sobresale un metro y medio por encima de la hierba de la estepa africana, dispone de una locomoción bípeda que le permite correr con resistencia y provisto de una visión estereoscópica que le permite estimar, con precisión suficiente, las distintas distancias. Dicha capacidad debería ser casi un elemento natural si un cerebro grande tiene la capacidad de recabar todos los datos del entorno con rapidez y seguridad. Este hombre «incipiente», que surgió a partir de *Australopithecus* y se convirtió en *Homo Habilis*, más tarde en *Homo erectus* y por último en *Homo sapiens sapiens*. Tan solo el género humano reúne estos requisitos y condiciones.

Sin duda, el ser humano, en corto tiempo, alcanzó un incremento de la masa encefálica sin precedentes. También, sin duda, caminaba erguido. Todo ello queda confirmado gracias a los restos fósiles. Asimismo, sabemos con total certeza que un cerebro grande es mejor que un cerebro pequeño. No obstante, queda abierta la cuestión relativa al factor que provocó este aumento del tamaño del cerebro. Si la causa principal, el detonante evolutivo, hubiera sido la caza de presas de animales grandes, es decir, para concretar todavía más, si la caza hubiera sido la causa motora de la evolución que condujo a la aparición del ser humano, entonces cabría esperar un aumento moderado del cerebro, pero ello no habría tenido que guardar necesariamente relación con la postura vertical del cuerpo.

Los científicos han llegado a la conclusión que el cerebro es como un verdadero marcapasos que controla el desarrollo del individuo. El resto del cuerpo se desarrolla siguiendo el ritmo del cerebro. Un cerebro grande necesita más tiempo para formarse que un cerebro pequeño. Se ha podido comprobar que el tamaño del cerebro de los primates tiene una correlación muy alta con el tiempo de duración del desarrollo. Si consideramos que el volumen del cerebro de *Australopithecus* y *Homo habilis* era algo similar a la de chimpancés y gorilas se afirma que unos y otros tenían desarrollo análogo, con una infancia larga y un período juvenil que terminaría hacia los doce años.\*

\* La segunda parte del presente trabajo se publicará en el siguiente número de esta revista.

## BIBLIOGRAFÍA

A.A.VV.

1994 *Atlas culturales de la Humanidad*. Vol. 16. Ed. Debate-Círculo de Lectores, Barcelona.

A.A. VV.

2003 *Los primeros europeos. Tesoros de la Sierra de Atapuerca*. Junta de Castilla y León. España.

AUSTÍ, Jordi

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

AITKEN, M.

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

AMAT OLAZÁBAL, Hernán

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.

2007 *Introducción a las ciencias sociales: nuevas perspectivas*. Texto Universitario. Universidad Alas Peruanas-Academia de Historia del Perú Andino, Lima.

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, N° 298, pp. 14-23, Madrid.

ASELAW, 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.

- 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. Selección de Scientific American*, 16, pp. 174-184, Hermann Blume Ediciones, Madrid.
- BOYD, R. y J. B. SILLK  
2001 *Cómo evolucionaron los humanos*. 2ª edición. Editorial Ariel, Barcelona. [Primera edición 1999].
- 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.L., M. STONEKING Y A. C. WILSON  
1987 «Mitochondrial DNA and Human Evolution». *Nature*, Nº 325, pp. 31-36.
- ELA CONDE, C. J. y FRANCISCO, J. AYALA  
2005 *Senderos de la evolución humana*. Alianza Editorial, Madrid.
- 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.

- DÍEZ, Carlos, Sergio MORAL y Marta NAVAZO  
2003 *La sierra de Atapuerca. Un viaje a nuestros orígenes*. Ed. Fundación Atapuerca, Burgos, España.
- DÍEZ MARTÍN, Fernando  
2005 *El largo viaje. Arqueología de los orígenes humanos y las primeras migraciones*. Editorial Bellaterra. Serie bellaterra ARqueología, Barcelona.
- DUBZBANSKY, 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, S. A. Barcelona.
- ERROA, Jorge Juan  
2005 *Nociones de Prehistoria general*. Editorial Ariel. Barcelona.
- ERDREGE, 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.
- FELLOLA I PERICOT, Joseoh M. y Jordi NADAL LORENZO  
2005 *Introducción a la prehistoria. La evolución de la cultura humana*. Editorial UOC, Barcelona.
- GARANGER, J.  
2002 *La prehistoria en el mundo* (Nueva edición de «*La Prehistoria*» de André Leroi-Gourhan). Editorial Akal, Madrid.
- GORE, Rick  
2002 «Nuevo hallazgo: [El cráneo de Dmanisi, Georgia de 1750.000 años]. *National Geographic*, en español, agosto. pp. 2-11.
- HALLPIKE, G. R.  
1986 *Los fundamentos del pensamiento primitivo*. Traducción de F. Patán. Fondo de Cultura Económica, México.
- HUBLIN, Jean-Jaques y Anne-Marie TILLIER (coords.)  
1999 *Homo sapiens: en busca de sus orígenes*. 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 Panafrican 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*. Ed. Planeta, Barcelona.
- JOHANSON, A. W. y Thimotee EARLE  
2003 *La evolución de las sociedades humanas*. Editorial Ariel, 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.
- LEAKEY, Louis S. B. y M. GOODALL  
1973 *Hacia el desvelamiento del origen del hombre*. Traducción del inglés por José Gil de Ramales. Cultura e Historia, Aguilar, Madrid.
- LEAKEY, Meave  
1995 «The Dawn of Humans: The Farthest Horizon». *National Geographic*, Vol. 188, Nº 2, pp. 38-51, Washington, D. C.
- 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.
- LOVEJOY, C. O.  
1981 «The Origin of Man». *Science*, Vol. 211, pp. 341-350.
- 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.
- MELLARS, Paul A. y Christopher STRINGER (editores)  
1989 *The Human Revolution: Behavioral and Biological Perspectives in the Origins of Modern Humans*. Edinburgh University Press.

- ADER, John  
 182 *Eslabones perdidos: En busca del hombre primigenio*. Versión española de Angel C. González Ruíz. UNAM, Fondo Educativo Interamericano S. A. Impreso en México. Bogotá, San Juan. Caracas. San Juan. Panamá..
- BELYROL, Ivonne  
 189 *Lucy y los suyos. Crónicas prehistóricas. Los últimos hallazgos sobre el origen de la humanidad*. Traducción del francés por Guadalupe Rubio. Editorial EDAF, Madrid.
- ROSAURA y FRANCISCO J. AYALA  
 192 *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.
- HAN, Carl  
 182 *Los dragones del Edén*. Ed. Grijalbo, Barcelona.  
 184 *El cerebro de Broca*. Ed. Grijalbo, México.  
 197 *Cosmos*. 17ª edición, Planeta, Madrid.
- PEDRO, Javier  
 192 *Deconstruyendo a Darwin. Los enigmas de la evolución a la luz de la nueva genética*. Ed. Crítica, Drakontos. Barcelona.
- BREAK, Ardea  
 195 «La ciencia de la evolución». Editado en varias entregas por el «*Obrero Revolucionario*», Chicago.  
 194 «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.
- ANT. L. M. STONCKING, K. HAWKES y A.C. WILSON  
 197 «African Population and the Evolution of Human Mitochondrial DNA». *Science*. Vol. 253. pp. 1503-1507.
- OS, James D.  
 199 *Posión por el ADN. Genes, genomas y sociedad*. Ed Crítica, Drakontos. Barcelona.
- T. D., G. SUWA y B. ASTAW  
 194 «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.)

WILSON, Allan C. y Rebecca L. CANN

1992 «The Recent African Genesis of Humans». *Scientific American*. April, pp. 68-73.

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.

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.