

AUSENCIA DE ESPECIALIZACIONES ANATÓMICAS

El *Homo sapiens* es un animal relativamente poco especializado. En efecto, gran parte de las especies animales ha logrado algún tipo de especialización anatómica (por ejemplo, los artiodáctilos poseen pezuñas que les permiten correr en las llanuras despejadas), pero las especializaciones, si son una óptima adaptación a un determinado bioma, conllevan el riesgo de la desaparición de la especie especializada y asociada a tal bioma si éste se modifica. Un bioma es cada unidad ecológica que se caracteriza por la estabilidad de las comunidades vegetal y animal que constituyen una determinada región geográfica.

La ausencia de especializaciones anatómicas ha facilitado a los humanos una capacidad inusitada entre las demás especies de vertebrados para adaptarse a muy diversas condiciones ambientales.

Entre las muchas características que distinguen a la especie humana del resto de primates se encuentra la bipedestación, una serie de cambios anatómicos que dieron paso de la marcha cuadrúpeda a la bípeda hace más de cuatro millones de años, en el este de África. Hasta hace poco se consideraba que estos cambios fueron consecuencia directa de la transformación del hábitat selvático hacia otro más abierto como es la sabana. Se creía que los homínidos cuadrúpedos evolucionaron para adaptarse al nuevo hábitat. Pero hoy se considera más probable que la transformación del hábitat y las adaptaciones en la locomoción sucedieron de forma paralela. Es decir, antes de que retrocediera la selva en la zona, ya existían algunos individuos con tendencia a la bipedestación, aunque fuera precaria, que alternaban ambos sistemas de locomoción. Tal vez la marcha cuadrúpeda la usaran para desplazarse a mayor velocidad, mientras que la bípeda la empleaban mientras recogían frutos de los árboles. Con la evolución de la sabana en detrimento de la selva, las generaciones descendientes de aquellos se vieron favorecidas para adaptarse al nuevo entorno y progresaron eficazmente.

DEL CUADRUPEDISMO AL BIPEDISMO

El **Oligoceno** es la tercera época de la era Cenozoica, que abarca desde hace unos 36 millones de años hasta hace unos 23 millones de años. Durante la era Cenozoica hubo diversos cambios en el planeta tanto a nivel de geología como de flora y fauna. Durante el Oligoceno el planeta experimentó notorios cambios, que ocasionaron una redistribución de los seres vivos. El cambio climático del Oligoceno provocó la desertificación de las zonas selváticas, lo que estableció una nueva forma de selección natural.

El progresivo descenso del volumen de dióxido de carbono atmosférico, junto a los factores climáticos, ha tenido como resultado que el cinturón de bosque tropical cálido que se extendía por gran parte del Viejo Mundo sufriera un proceso de fragmentación y declive desde el **Mioceno** final, y, sobre todo, en el **Plioceno** y **Pleistoceno**. Esta pérdida de hábitat propició, sin duda, la desaparición de muchas especies de hominoideos.

El cambio ecológico supuso la aparición y extensión **a lo largo del Mioceno final y del Plioceno** de ecosistemas más abiertos en gran parte de África, con nuevas especies de plantas y animales, y entre ellas estuvieron pronto los homínidos (nuestros antepasados y parientes más próximos).

También se aprovecharon de este cambio de medio ambiente los antepasados de los monos patas y de los papiones y geladas. Una forma de estos últimos, *Tberopithecus oswaldi*, llegó a alcanzar un enorme tamaño durante el Pleistoceno y convivió con el hombre, que tal vez hasta le dio caza y contribuyó a su extinción.

Bipedismo es una forma de locomoción terrestre, donde un organismo se mueve por medio de sus dos traseros extremidades o las piernas. Los seres humanos son los únicos primates que son solo bípedos, debido a una curva adicional en la columna vertebral que estabiliza la posición vertical, así como brazos más cortos en relación con las piernas que en el caso de los grandes simios no humanos.

La mayoría de los animales bípedos se mueven con la espalda cerca de la horizontal, utilizando una cola larga para equilibrar el peso de sus cuerpos. Muchos primates pueden mantenerse en pie sobre sus patas traseras y sin ningún tipo de apoyo. Chimpancés comunes, bonobos, gibones y babuinos exhiben formas de bipedestación.

No somos ni mucho menos los únicos primates que hemos abandonado los árboles y que nos hemos adaptado a un mundo donde los árboles han sido reemplazados por las hierbas, los bosques por las praderas.

Es muy tentadora la hipótesis de un origen de los homínidos directamente ligado al cambio ecológico y la expansión de los medios abiertos, a los que se habrían adaptado desde el principio.

Sin embargo, hoy parece que los más antiguos representantes de nuestro grupo, los primeros homínidos, eran tan habitantes del bosque húmedo como lo son en la actualidad los chimpancés, y que la progresiva adaptación a medios más secos y menos densamente arbolados se produjo más tarde.

El *Australopithecus afarensis* parece haber vivido tanto en un bosque más bien seco, como en un paisaje de sabana fresca con bosques-galería a lo largo de los cursos fluviales. Es decir, ni en una selva húmeda ni en una estepa árida, sino en un hábitat intermedio.

La distribución geográfica de los primeros fósiles de homínidos hace pensar en un origen esteafricano de nuestro grupo, lo que Yves Coppens denomina la «East Side Story». A lo largo del Mioceno, un gran cinturón de selva tropical se extendería desde el Golfo de Guinea hasta el océano Índico. La

gran fractura de escala continental que constituye el Great Rift Valley, y los cambios en el relieve que supone este proceso tectónico, levantando grandes barreras montañosas y altas planicies, habrían ido separando desde finales del Mioceno los ecosistemas orientales, con ambientes cada vez más abiertos y habitados por homínidos, de los ecosistemas occidentales, forestales y húmedos y poblados por los antepasados de los chimpancés y gorilas.

EL AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS LUCY

Donald Johanson descubrió en Hadar, Etiopia, el esqueleto de un homínido de más de 3 millones de años. Era una hembra adulta de aproximadamente 1.20 metros, comúnmente conocida por el nombre de "Lucy", por una canción de los Beatles, muy popular en aquel momento. Es el homínido más antiguo conocido en la actualidad, científicamente llamado *Australopithecus afarensis*. Los miembros del género *Australopithecus*, al que pertenece Lucy, son los primeros homínidos de los que se tiene la seguridad de que fueron completamente bípedos.

Dotada de un cráneo minúsculo, comparable al de un chimpancé, Lucy andaba sobre sus miembros posteriores, signo formal de una evolución hacia la hominización. La capacidad bípeda de Lucy puede deducirse de la forma de su pelvis, así como de la articulación de la rodilla.

«Su medio ya no eran las selvas cerradas y húmedas, sino espacios más abiertos y secos que, a la vez que aumentaban el riesgo de que fuera víctima de los depredadores, proporcionaban nuevos recursos vegetales. Lucy no era capaz de hablar como nosotros, su cerebro no era sustancialmente mayor que el de un chimpancé y no disponía de instrumentos de piedra, pero ya era bípeda.

Había pasado un millón de años desde que los antepasados de Lucy, los primeros homínidos, decidieron abandonar la protección del bosque y adentrarse en las sabanas que se extendían cada día más y más, a favor del gran cambio climático que se estaba produciendo. Sus parientes, los antepasados de chimpancés y gorilas, habían preferido la seguridad del bosque y allí permanecerían para siempre. Porque el destino pertenecía a los audaces, a quienes desafiarían los peligros de los medios abiertos.

Algún día éstos evolucionarían, desarrollarían sus cerebros y sus inteligencias, fabricarían toda clase de instrumentos, descubrirían el fuego y ahuyentarían para siempre al león, al leopardo y a la hiena. Finalmente conquistarían el mundo.» [Arsuaga, Juan Luis / Martínez, Ignacio: *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Barcelona: Ediciones Destino, 2019]

Hace unos 2,8 millones de años, se produjeron marcadas oscilaciones climáticas por la extensión de los mantos de hielo en el hemisferio norte. En las tierras del este de África cercanas al Ecuador las praderas herbáceas se extendieron y redujeron otros medios más arbolados.

La paleontóloga Elisabeth Vrba publicó en 1980 un trabajo en el que defendía el puntualismo frente al gradualismo en la teoría de la evolución. Vrba formuló por primera vez la conocida hipótesis del cambio climático en África hace 2,5 a 2 millones de años que condujo a un "cambio de especie" acelerado. En esta época, la transición del Plioceno al Pleistoceno, el género *Homo* también surgió del género *Australopithecus* en África.

Según Elisabeth Vrba esta crisis climática contribuyó a la desaparición del *Australopithecus africanus* (ligado aún a ambientes forestales) y propició la selección de nuevas formas adaptadas a medios más abiertos: los primeros representantes de los géneros *Paranthropus* (los parántropos, una nueva especie que convivió con los *Homo* durante 1,5 millones de años, de ahí su nombre, que significa 'al lado del hombre') y *Homo* (los humanos).

LA POSTURA ERGUIDA

El ser humano no es el único mamífero capaz de andar sobre sus extremidades posteriores. Pero sólo los humanos tienen la capacidad de dar pasos firmes, sin contornear demasiado el tronco, y dar largas zancadas al andar, mientras que los demás mamíferos solo andan con pasos vacilantes y grandes oscilaciones del tronco. Los primates que pueden desenvolverse bípedamente por el suelo no pueden hacerlo de forma continuada, además de que no son capaces de adoptar una postura erguida como la homínida puesto que su configuración anatómica no se lo permite.

Por ello, el bipedismo es uno de los tres rasgos (junto a un cerebro grande en relación con el tamaño del cuerpo y una dentición específica) que diferencian a los homínidos de los simios antropoides. El bipedismo, y por ende la marcha y postura erguida, conlleva una serie de cambios físicos de cierta relevancia en el cuerpo de los homínidos.

Si exceptuamos el cráneo y la mandíbula, es probable que ninguna parte del cuerpo distinga tanto a los humanos de los antropomorfos como la pelvis, como resultado de su peculiar modo de locomoción.

«Uno de los grandes problemas en biología evolutiva es el de cómo se producen las grandes transformaciones anatómicas que dan lugar a organismos radicalmente diferentes de sus antepasados. Un primate bípedo es algo revolucionario y no representa tan sólo una ligera variante respecto de otros tipos de hominoideos.» [o. c.]

Los póngidos pueden desplazarse con solo dos pies, pero solo por un corto tiempo y a distancias cortas. Mantenerse vertical mucho tiempo tiene varias características: La principal es la de mantener derecho el tronco, el resto consiste en alinear las piernas con el tronco, poder estirar todo el cuerpo, dar pasos sin grandes balanceos del tronco y extender las piernas por detrás de la cadera.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BIPEDISMO

Se ha discutido mucho sobre la eficacia e ineficacia de la marcha bípeda comparada con la cuadrúpeda. También se ha notado que ningún otro animal de los que se adaptaron a la sabana al final de Mioceno desarrolló una marcha bípeda.

Entre las ventajas conseguidas con el bipedismo, se ha hablado de poder disponer de un mayor control visual del territorio, la posibilidad de invertir menos esfuerzo a la hora de desplazarse, disponer de unas manos libres para fabricar instrumentos, transportar las crías más fácilmente, cargar con alimentos, poder enfrentarse con los depredadores en la sabana pues un cuerpo erguido hace que este se vea más grande o tener menos superficie corporal expuesta a las altas temperaturas generadas por la intensa radiación solar. Esto conllevaría una importantísima ventaja a la hora de cazar en los momentos en que los grandes depredadores carnívoros están más inactivos. Éstos, generalmente, no cazan en las horas centrales del día (de mayor intensidad solar), lo cual sería aprovechado por los homínidos para explotar los recursos de los medios abiertos.

El modo en que se desplazan los chimpancés, apoyando la segunda falange de los dedos de las manos, no puede compararse a la marcha cuadrúpeda de ningún otro mamífero; en cambio la existencia de un desplazamiento bípedo anterior a habitar la sábana habría sido una ventaja para lograr habitar en este medio ambiente.

Tradicionalmente se consideraba el bipedismo como poco eficaz, una especie de chapuza de la evolución. La ventaja sería que las manos ya no eran necesarias para la locomoción y se podían emplear para el transporte de comida y para la fabricación de los alimentos. Esto llevaría a un desarrollo del cerebro.

«La bipedestación supone una reorganización muy completa del esqueleto, que ha sido conseguida con una notable perfección desde el punto de vista de la ingeniería. Nuestro cuerpo, como si fuera un mecano, está compuesto de numerosos segmentos articulados, cuyos centros de gravedad particulares están situados en el mismo plano que los ejes de las principales articulaciones entre los segmentos, que es además el mismo plano que contiene el centro de gravedad de todo el cuerpo.

Esto hace que nuestra postura de pie sea muy estable, y que mantenerla no suponga apenas esfuerzo. Sólo el centro de gravedad de la cabeza está algo adelantado respecto de su articulación con la primera vértebra cervical. Esta situación desfavorable tiene que ser compensada por los músculos nucales, que mantienen la cabeza levantada. Sin embargo, la reducción del esqueleto facial ha producido en el curso de la evolución humana una notable mejora de este problema, al retrasar el centro de gravedad de la cabeza.»
[Arsuaga/Martínez, o. c.]

El paso del cuadrupedismo al bipedismo requirió una enorme presión selectiva para llevar a cabo tanta cantidad de modificaciones anatómicas. Entre los expertos, se ha discutido mucho sobre las ventajas y desventajas del bipedismo, sobre su eficacia comparada con la marcha a cuatro patas.

Ningún otro animal de los que se adaptaron a la sabana desarrolló una marcha bípeda.

La locomoción bípeda limitó el tamaño de la pelvis y estrechó el canal del parto, lo que complicó enormemente el parto, que requiere asistencia de otra persona, sobre todo cuando la cría nace con la cara hacia atrás. Además, la cría humana nace prematuramente sin haber desarrollado la capacidad de caminar.

Otra desventaja del bipedismo es que dificulta salir corriendo de situaciones peligrosas cuando ataca un depredador más veloz. Comparada con los cuadrúpedos, la manera bípeda de caminar es menos rápida en distancias cortas, aunque ofrece mayor resistencia que la de caminar a cuatro patas, lo que facilita desplazamientos más largos, ya sea corriendo o andando.

El bipedismo supone una gran tensión en la estructura del esqueleto (columna vertebral). La espalda causa dolores al tener que soportar la tensión para mantener la postura erguida.

La articulación de la rodilla y del tobillo es muy frágil, los dos pies llevan todo el peso al desplazarse. Una lesión de las extremidades inferiores tiene mayores consecuencias que en cuadrúpedos.

Los paleontólogos han encontrado algunas ventajas de la marcha bípeda, que facilitan la adaptación a la vida de la sabana: La postura erguida permite otear el horizonte por encima de la vegetación herbácea alta y detectar la presencia de depredadores. Liberadas las manos de la función locomotora, pueden transportar tanto comida y herramientas como mover las crías de un lugar a otro.

Si bien la marcha bípeda es más lenta que la cuadrúpeda, es energéticamente bastante menos costosa, lo que permite recorrer grandes trayectos en la sabana en busca de comida. La sabana es un hábitat que ofrece menos recursos que la selva.

Peter Wheeler ha encontrado otra ventaja a la verticalización del cuerpo, esta vez en relación con la regulación de la temperatura corporal. Un individuo puesto de pie recibe menos radiación solar, sobre todo cuando el sol está en lo alto, que un cuadrúpedo. La postura erguida expone menos superficie corporal a los rayos solares y permite aprovechar la brisa fresca, lo que evita el recalentamiento del cuerpo y reduce la necesidad de ingerir agua en un medio en el que escasea este elemento.

Así se podría concluir que la locomoción bípeda es quizá la mejor solución para un homínido que se ve obligado a recorrer largas distancias, expuesto a la radiación solar.

Pero hay fósiles que demuestran que la bipedestación surgió mucho antes que la vida en la sabana. Según Arsuaga y Martínez, todas las ventajas que aporta el bipedismo son fruto de la evolución que vino mucho después de la postura erguida.

El análisis de los isótopos de carbono en el suelo y en los dientes del *Ardipithecus* y otros animales que vivieron en el mismo tiempo y lugar muestran que los homínidos habitaban en una zona boscosa. Estudios anatómicos del *Ardipithecus* demuestran que podía caminar erguido, pero que también agarraba a las ramas de los árboles con sus pies. Esto podría indicar que este arcaico homínido comenzó a caminar erguido en la selva, mucho antes de haber descendido de los árboles para recorrer grandes distancias en la sabana abierta.

Owen Lovejoy (*The Origin of Man*, 1981) cree que la bipedestación no tiene nada que ver con la adaptación a los espacios abiertos y que muy probablemente el bipedismo ya se producía cuando nuestros antepasados todavía no habían salido de los bosques a los espacios abiertos de la sabana. Por tanto, la bipedestación tampoco tiene nada que ver con la eficacia de la locomoción ni con la regulación del calor corporal, ni tampoco con la liberación de las manos para fabricar utensilios. La bipedestación liberó las manos y los brazos, pero para que los machos pudieran acarrear alimentos desde grandes distancias para alimentar a las crías, cuyo desvalimiento obligaba a las madres a permanecer permanentemente a su lado.

ORIGEN DEL BIPEDISMO

«Desde Darwin la ciencia se pregunta si la expansión del psiquismo precedió a la postura erguida, si fue al revés, o si ambas evolucionaron a la vez. Que es lo mismo que preguntarse cuál fue el impulso inicial de nuestra historia evolutiva o, en otras palabras, qué nos hizo humanos.» [Arsuaga/Martínez, o. c.]

Prácticamente todas las hipótesis sugieren que el cambio medioambiental fue un factor importante, especialmente al favorecer la evolución de la bipedestación. Entre las hipótesis más coherentes se encuentran la de la sabana, la del mosaico de bosques y la de la variabilidad.

Hipótesis de la sabana

Tradicionalmente se ha sostenido que el bipedismo fue el resultado de una adaptación a la sabana. Después de bajar de los árboles, en la llanura de la sabana se estaba expuesto a los depredadores. Para moverse entre las altas hierbas de la sabana, había que detectar la presencia de algún depredador, para lo que era necesario levantar las patas delanteras para mirar sobre las altas hierbas y arbustos.

Cerca del final del Mioceno, hace entre 8 y 5 millones de años, el clima de la Tierra sufrió un intenso enfriamiento y se hizo más seco. Según la hipótesis de las sabanas, al comenzar este cambio climático se fueron reduciendo las áreas de bosques africanos y a medida que los bosques fueron disminuyendo, una población de simios de África Oriental se fue quedando aislada de las demás poblaciones de simios que vivían en las áreas de mayor densidad de bosques del oeste de África. La población de África Oriental tuvo que adaptarse a un entorno más seco, con mayores áreas de sabanas. Esta hipótesis fue conocida como *East Side Story*.

El aumento de los terrenos secos favoreció la evolución de la vida sobre el suelo e hizo que cada vez fuera más difícil sobrevivir en los árboles. Los simios terrestres pudieron haber formado grandes grupos sociales para favorecer su capacidad de encontrar y recolectar alimentos y defenderse de los predadores, actividades que también pueden haber requerido el desarrollo de una buena comunicación. Las dificultades de la vida en la sabana pudieron asimismo haber fomentado el inicio del uso de utensilios para fines tales como la extracción de carne de las presas.

Estos importantes cambios evolutivos tuvieron que depender de un aumento de la capacidad mental y, por lo tanto, pueden haber estado relacionados con el desarrollo de un cerebro más grande.

Las críticas a la hipótesis de las sabanas son variadas pero se basan principalmente en dos razones: primero, el descubrimiento en 1994 de fósiles de australopitecinos en Chad, África Central, por un equipo científico sugiere que los entornos de África Oriental tal vez no estuvieran totalmente aislados de los que se encontraban más al oeste; segundo, investigaciones recientes sugieren que las sabanas abiertas no aparecieron de forma significativa en África hasta casi 2 millones de años después. Las críticas a la teoría de las sabanas han hecho surgir un gran número de hipótesis alternativas sobre los orígenes de la evolución humana.

«Sin embargo, aquí hay un error de concepto. Los animales no están adaptados a los ambientes, como la sabana, el bosque o el mar, sino a los nichos ecológicos, es decir, a los papeles que las especies juegan en los ecosistemas, que pueden ser muy variados. En otras palabras, en la sabana actual se ven muchas especies y ninguna es bípeda, salvo la nuestra. Es decir, lo que hay que preguntarse es qué clase de nicho ecológico era el que ocupaban los primeros homínidos que se hicieron bípedos. Por otro lado, ahora pensamos que los australopitecos eran más bien forestales que habitantes de los medios abiertos. Los primeros homínidos bípedos no eran habitantes de la sabana, pero de todos modos podrían tener que moverse entre manchas de vegetación separadas por extensiones abiertas.

Todavía hoy puede seguir considerándose el significado de la adquisición de nuestro peculiar modo de locomoción como uno de los mayores problemas con los que se enfrenta la paleontología humana, si no el mayor.» [o. c.]

Hipótesis del mosaico

La hipótesis del mosaico de bosques sostiene que los primeros australopitecinos evolucionaron en áreas boscosas que formaban parte de un mosaico de bosques y sabanas que les permitían alimentarse tanto en el suelo como en los árboles, y que la alimentación en el suelo favoreció la bipedestación.

Hipótesis de la variabilidad

La hipótesis de la variabilidad sugiere que, debido a los numerosos cambios en su entorno, los primeros australopitecinos acabaron por vivir en diferentes hábitats, incluidos selvas, bosques abiertos y sabanas. Como

consecuencia, sus poblaciones tuvieron que adaptarse a entornos diferentes. Los científicos han demostrado que esta serie de hábitats existían en el momento en que comenzó la evolución de los primeros australopitecinos. De esta forma, el desarrollo de nuevas características anatómicas (en particular la bipedestación), combinadas con la capacidad de trepar a los árboles, pueden haber conferido a los homínidos la versatilidad necesaria para vivir en hábitats diferentes.

Hipótesis de la regulación de la temperatura corporal

Peter Wheeler (*Thermoregulatory model*, 1991) denomina su modelo "Stand tall and stay cool" (ponte de pie y estarás más fresco). Sostiene que la postura erecta asociada a una locomoción bípeda ayuda a reducir el calor y disminuye la cantidad de agua necesaria para refrescarse mediante evaporación. Una postura vertical minimiza la exposición directa al sol mientras movimiento cuádruple expone más del cuerpo a la exposición directa. La pérdida del vello corporal proporciona una ventaja termorreguladora a un animal bípedo, pero no a un cuadrúpedo del mismo tamaño, pues el aire cerca del suelo está más caliente.

La postura erecta permitía a los homínidos mantenerse frescos. El calor es un problema grave en las sabanas abiertas bañadas por el sol respecto a la vida bajo la sombra de los bosques. Si un animal está activo en un espacio abierto en mitad del día, es porque posee un sistema para prevenir que su temperatura corporal suba demasiado, y también dispone de adaptaciones que mantienen la temperatura de la sangre del cerebro muy por debajo de la temperatura de la sangre del resto del cuerpo.

Pero esto, no está a disposición de los homínidos en su lugar los humanos han desarrollado un sistema que les permite refrescarse por evaporación, la sudoración.

Hipótesis de la liberación de las manos

Tradicionalmente se creía que las manos evolucionaron para la manipulación de herramientas. Pero según David Carrier, hay varias formas de manos posibles que habrían permitido una mayor destreza, lo que hace menos claro por qué terminamos con las manos que tenemos. Pero solo una forma de mano nos permite hacer un puño con un pulgar como contrafuerte. La evolución dio forma a nuestras manos no por destreza sino por formar puños para poder golpear a otras personas. Entre las manos de los primates, la humana es única por su capacidad de formar un puño con el pulgar fuera de los dedos. Los dedos de las manos de otros primates son demasiado largos para enroscarse en la palma de la mano, y sus pulgares son demasiado cortos para alcanzarlos.

La antropóloga estadounidense Mary W. Marzke investigó la evolución de la mano homínida, los vínculos entre el agarre de precisión, el comportamiento de las herramientas y la morfología de la mano, y el bipedismo. Según esta antropóloga, el estudio de Carrier no demuestra que la capacidad de hacer un puño fuerte fuera el principal impulsor de la evolución de la forma de

nuestras manos, es más probable que fuera un efecto secundario de utilidad para otras modificaciones y funciones.

No está claro que las manos humanas evolucionaran para poder hacer puños, dice Marzke. La transformación de la musculatura del tronco por la postura erecta, el bipedismo y la traslación del centro de gravedad del cuerpo humano se constituyó para facilitar la capacidad de los brazos de arrojar objetos a distancia. Habría, pues, una relación directa entre la bipedestación, como sistema principal de locomoción, y la capacidad de arrojar piedras. La bipedestación es una postura que crea problemas y que ninguna otra especie ha adoptado. La única ventaja que se le había encontrado era la de alcanzar los arbustos pequeños. Pero la capacidad de lanzar objetos tendría más eficacia adaptativa que la de poder alcanzar árboles no muy altos y arbustos.

«Podemos decir que el bipedismo triunfó en nuestra evolución por ser una postura más guerrera, más apropiada para el combate entre grupos que la postura cuadrúpeda. El bipedismo favorece la liberación de las manos para dedicarlas a la manipulación de objetos. Objetos que no pueden estar relacionados con la caza, puesto que estos primates tenían una dieta principalmente herbívora y frugívora; y que tampoco podían estar relaciones con la lucha por el apareamiento entre machos dentro del grupo, porque la adaptación a esta presión selectiva fue el dimorfismo sexual en la masa corporal y en los caninos, y en ninguna especie de homínido se ha conocido dimorfismo sexual en cuanto al tamaño de los dedos de la mano.» [Arca, Gui: *Somos Hijos de la Guerra. La selección artificial del hombre*. Editorial: Auto editor. 2012]

Hipótesis de la postura de alimentación

Esta hipótesis afirma que los chimpancés fueron sólo bípeda cuando comen.

Para Kevin Hunt (1994, 1996), el bipedismo evolucionó más como una postura de alimentación terrestre que como una postura de pie. La postura bípeda permitía recolectar fácilmente los frutos de los árboles bajos que predominan en los bosques africanos.

Afirma que los rasgos de los hombros, manos y pies del *Australopithecus afarensis* le permitían colgarse de una mano mientras se sostenía de pie y recogía el alimento con la otra (*Postural Feeding Hypothesis*). Utilizó la bipedestación para alcanzar desde el suelo las ramas algo más altas. Estos movimientos bípedos pueden haber evolucionado hasta convertirse en hábitos regulares y eficaces para procurarse alimento.

La idea de que el bipedismo comenzó a partir de caminar en los árboles explica tanto el aumento de la flexibilidad en el tobillo, como las largas piernas que se utilizan para agarrarse a las ramas.

Hipótesis sobre el aprovisionamiento de alimentos por los machos

Según Owen Lovejoy (*The Origin of Man*, 1981), una de las innovaciones fundamentales de los homínidos fue la aparición de la familia nuclear: la monogamia y el cuidado de las crías a cargo de sus progenitores, por lo que

al macho le correspondería aprovisionar de alimentos a la familia y necesitaría liberar las manos para poder acarrear alimentos. La evolución homínida habría hecho que las hembras seleccionaran sexualmente a sus parejas por criterios de protección y capacidad de proveer a sus crías.

Su hipótesis sobre el acarreo de alimentos por los machos como un factor importante en la evolución de la locomoción bípeda implica la suposición de que la monogamia fue la condición primitiva de los homínidos, una idea que encaja bien con el escaso dimorfismo sexual aparente en la muestra de Aramis.

El mayor dimorfismo en *Australopithecus* es un resultado natural del modelo de aprovisionamiento. Con uniones de pareja, las hembras necesitaban seleccionar a los machos de los que más pudiese confiarse que sobrevivirían a las búsquedas de alimento. Así que las hembras seleccionarían a machos que fuesen grandes. Los machos, por otra parte, al proporcionar alimento lo hacían genéticamente para su prole, no para sus parejas (aun cuando sus parejas eran probablemente los cuidadores primarios de la prole), porque no estarían genéticamente emparentados con sus parejas, sólo con su prole.

«Los machos elegirían hembras de menor tamaño que no “compitiesen” por el alimento con su prole. El dimorfismo sexual en tamaño corporal CARECE muy a menudo de cualquier relación con la competición por las parejas. Los homínidos NO podrían haber vivido en “harenes”; esa estrategia deja sin pareja a muchos machos, que entonces buscan hembras activamente, lo que lleva a constantes conflictos entre los machos restantes (no ligados) y reduce las probabilidades de supervivencia de la prole.

Si los *Australopithecus* hubiesen tenido “harenes” los machos habrían tenido que pasar su tiempo en conflicto con otros machos, un sistema que no habría tenido ninguna ventaja reproductiva significativa. Pero los homínidos se extendieron geográficamente por gran parte del África oriental y central: tuvieron un gran éxito reproductivo. La progresiva reducción en tamaño y cambio de la forma de los caninos (especialmente los superiores) entre los Ardi tempranos y tardíos nos dice que no estaba ocurriendo esta clase de comportamiento (intenso conflicto entre machos).» [Owen Lovejoy]

Lovejoy fue tajante en su afirmación de que la monogamia y el involucramiento paterno sólo se dan en los primates. Esto pone en discusión que la naturaleza de la monogamia no es propia de la naturaleza animal, pero sí puede ser de la naturaleza del hombre producto de un proceso adaptativo y evolutivo. Esto por estar relacionado estrechamente con la necesidad de preservar la pareja, la supervivencia de la criatura, y de la propia especie.

Lovejoy, también postulaba que la gran diferencia en el cuidado de las crías entre las aves y los primates es que las aves pueden cargar a sus hijos con el pico, y los primates por su bipedestación, no lo pueden hacer y deben cargarlos en los brazos.

La característica adaptativa de cargar con los brazos a los críos contribuye al apego de la hembra, porque mientras los machos protegen la manada y buscan alimento, las mujeres son las que cargan a sus hijos.

Con ello, macho y hembra desarrollan roles diferenciados para asegurar la supervivencia. La importancia en los homínidos de la presencia de sus padres y sus madres en la crianza también tiene orígenes adaptativos. Esto porque los aprendizajes y la participación de la crianza hacia las criaturas, también presentan evidencias de mayor supervivencia.

La forma en que responden los hijos a los juegos es más favorable hacia los padres que hacia las madres. Desde los comienzos de la relación, los hijos consideran a sus padres más interesantes para jugar que a sus madres. Esta diferenciación previa a la socialización es posible que tenga relación con un aspecto evolutivo, que podría venir desde el neonato de mantener la relación con ambos padres, asignando un valor o rol a cada uno, para no perderlos.

La selección femenina y la ovulación oculta son esenciales en este modelo. Los Hominini contarían con una característica propia e inusual: la familia monogámica. La pérdida del dimorfismo sexual en el tamaño de los caninos sería una prueba de ello, toda vez que la unión monogámica no precisa ya de la competencia entre los machos adultos por el acceso a las hembras. *Ardipithecus ramidus* y *Australopithecus afarensis* serían monógamos.

En contra de estas teorías constatamos un alto dimorfismo (como el de los gorilas) en *Australopithecus afarensis*, que ya era completamente bípedo. En cuanto a los caninos, el dimorfismo es menor. Esto hace que sea difícil inferir el tipo de organización familiar dominante en esta especie que, en todo caso, no debió ser la monogamia.

Para Bernard Chapais no hay razón para pensar que las madres pidieron ayuda a los padres en la forma de machos que las aprovisionaban. Es más realista una transición gradual hacia la unión de parejas, dentro de un sistema polígamo, donde machos individuales permanecen ligados a un harén de varias hembras, tal como es el caso de los gorilas.

Hipótesis del simio acuático

Cuando se formuló la hipótesis del simio acuático, el punto de vista convencional y el mayoritario de la evolución humana, era que los primeros homínidos evolucionaron en las sabanas africanas. La teoría actual postula que los homínidos evolucionaron en la selva o en un ambiente semiselvático, presentando un origen terrestre sin influencias semiacuáticas en su evolución.

Fue Max Westenhofer, en *Der Eigenweg des Menschen* (1942) el primero en postular la hipótesis del simio acuático dada más tarde a conocer en 1960 por el biólogo marino sir Alister Hardy (1896-1985), cuando aún no existía toda la información recopilada actualmente sobre la evolución humana, que postula su origen selvático.

«Me parece probable que el hombre aprendió a permanecer de pie por primera vez en el agua y luego, como el equilibrio mejorado, se encontró

con que se hizo mejor equipado para ponerse de pie en la orilla, cuando salió, y de hecho también para correr.» [Alister Hardy]

La hipótesis del simio acuático propone los siguientes argumentos principales:

De los cientos de especies de primates, los humanos somos la única en la cual el pelo corporal no cubre la casi totalidad del cuerpo. Los únicos ambientes conocidos que dan lugar a mamíferos así "desnudos" son el acuático y el subterráneo. Otros mamíferos sin pelo corporal son, o totalmente subterráneos, o nadan, o vadean, o buscan el lodo y el agua con regularidad.

Dado que la evolución avanza sólo a pequeños pasos, para los partidarios de la hipótesis del simio acuático es difícil imaginar cómo el bipedismo pudo haber evolucionado en la sabana: la masa del tronco hace que este modo de locomoción sea inestable. El agua, en cambio, sostiene al cuerpo en tal posición.

Con la excepción de los humanos, los mamíferos terrestres carecen de control consciente y voluntario sobre la respiración. El control de los humanos sobre su aparato respiratorio es similar al de los mamíferos acuáticos que inhalan el aire que necesitan para zambullirse, para luego retornar a la superficie por más.

Los humanos tenemos diez veces más grasa corporal que la de otros animales terrestres de nuestro tamaño. Mientras que los mamíferos terrestres que hibernan poseen una capa de grasa estacional, los humanos, como los mamíferos acuáticos, retenemos nuestra grasa durante todo el año.

Esta hipótesis explicaría la razón de que nos movamos tan fácilmente en el agua –los bebés nada instintivamente–, mientras que nuestros más próximos parientes, los chimpancés, lo hacen torpemente, ahogándose al poco tiempo.

La "hipótesis del simio acuático", tal como fue formulada originalmente, no ha sido aceptado o considerado una teoría seria dentro de la comunidad científica antropológica.

Se han propuesto otras teorías que sugieren que vadear y la explotación de las fuentes de alimentos acuáticos puede haber ejercido presiones evolutivas en los ancestros humanos que promueven adaptaciones que posteriormente ayudaron bipedismo a tiempo completo.

Objeciones a la hipótesis del simio acuático: Ningún mamífero acuático es bípedo. Para erigirse en aguas poco profundas, es útil poseer la mitad inferior de las piernas sustancialmente más larga que la parte superior, como sucede comúnmente en las aves vadeadoras. Las piernas humanas no concuerdan con este patrón. Los escépticos critican la falta de evidencia fósil directa y la manera amateur en que es propuesta esta hipótesis en ciertos casos.

Los defensores de esta hipótesis critican la incapacidad de establecer una hipótesis terrestre alternativa que pueda rebatir las críticas que formula la hipótesis del simio acuático.

Hipótesis de la mutación genética

Aaron G. Filler, científico estadounidense experto en biología espinal, tras una larga investigación sobre la espina dorsal de más de 200 fósiles correspondientes a mamíferos que vivieron en un período de unos 250 millones de años, sostiene que el bipedismo surgió hace 21 millones de años, 15 millones antes de lo que se creía.

Aaron G. Filler cree haber encontrado la clave en el fósil de un simio hallado en los años 60 en Uganda, el *Morotopithecus bishopi*, que habría sido el primer mamífero en caminar erguido, debido a una mutación genética. Según Filler, este simio podría ser un antepasado común de chimpancés y humanos. El "defecto genético" que padecía este simio lo convirtió en el primer bípedo de una familia de cuadrúpedos.

«El bipedismo es común entre todos los simios, pero es el método de locomoción en tierra dominante entre los gibones, por ejemplo. También se ha sabido que los orangutanes lo practican. Hoy ya no es posible decir que mi teoría es imposible. La denomino el modelo *Humanian*, frente al troglodita, el de un ancestro que caminaba con los nudillos. Creo que el origen del bipedismo surgió en una sola generación por una mutación genética en el Mioceno.» [Aaron G. Filler]

Según Filler, si consideramos al *Australopithecus* humano, pese a que su cerebro se asemeje más al de un simio, y defendemos que nos separamos de los chimpancés hace unos 6 millones de años, si tuvimos un antepasado común bípedo también deberíamos llamarlo humano y no simio.

José María Bermúdez de Castro, director del Centro Nacional para la Investigación de la Evolución Humana, no está de acuerdo con la polémica teoría de Filler. «Si aquel simio de hace 21 millones de años fuera un ancestro humano, los chimpancés también serían bípedos.»

Aunque Bermúdez de Castro sí cree que el bipedismo pudo haber aparecido antes de lo que ahora sabemos con certeza. «Quizás surgió y luego desapareció porque en aquel momento, por el entorno y el clima, no generaba ventajas andar erguido. Sin embargo, hace unos seis millones de años, sí que puedo ser ventajoso andar sobre dos patas porque había menos bosques.» De hecho, el éxito del bipedismo como modo de locomoción se atribuye a la expansión de la sabana, puesto que evitaría el calor, permitía liberar las manos y significaba un ahorro de energía en momentos de escasez de alimentos.

Hipótesis del consumo de energía

Un estudio realizado con chimpancés a cargo de investigadores del *Proceedings of the National Academy of Sciences* ha demostrado que el consumo de energía jugó un importante papel en la transformación del

hombre en bípedo. Según este estudio, los bípedos utilizaban un cuarto de energía menos que los cuadrúpedos.

Modelos biomecánicos demostraron que dar pequeños pasos o tener una masa muscular más activa hace consumir más energía, por lo que los chimpancés con piernas más largas consumieron menos energía al caminar a dos patas.

Al comparar estos resultados con fósiles de humanoides, los antropólogos pudieron detectar ciertas adaptaciones ocurridas durante la evolución humana: un ligero aumento de la longitud de la ingle en los primeros humanoides. Este hecho demuestra que el ahorro de energía fue fundamental en la evolución del hombre hacia el bipedismo

MODIFICACIONES ANATÓMICAS QUE CONDUJERON A LA POSTURA ERECTA

La bipedestación requiere una completa reorganización del esqueleto. Al andar, el centro de gravedad describe una línea casi recta. Cuando más recta es la trayectoria del centro de gravedad, menos energía se necesita para la marcha.

«El estudio de los ardiritecos ha demostrado que ese antepasado común tenía una locomoción muy alejada a la de los chimpancés. Los ardiritecos eran excelentes trepadores, pero a la vez podían caminar erguidos como nosotros con la dificultad de que sus extremidades superiores eran tan largas como las inferiores.

Para caminar sobre las dos piernas se necesita una pelvis como la nuestra, con el hueso íleon (ala ilíaca) ancho y bajo, que ocupa la región trasera y lateral de nuestra cadera. En los mamíferos cuadrúpedos, el hueso íleon es largo y estrecho y ocupa únicamente la región trasera de la pelvis. En los seres humanos y en todos nuestros ancestros bípedos los tres músculos glúteos, menor, mediano y mayor, se insertan en un área muy extensa, lateral y trasera, lo que nos permite no sólo la capacidad de impulsarnos hacia delante, sino la de evitar caernos al levantar las piernas de manera alternativa al caminar o correr. Los músculos glúteos menor y mediano ocupan una posición lateral en la cadera y, junto al músculo tensor de la fascia lata, se ponen en tensión cuando extendemos hacia delante una de las piernas para caminar o correr y evitan que nos caigamos.» [José María Bermúdez de Castro]

Los Homininos, primates bípedos, habrían surgido hace unos 6 o 7 millones de años en África, cuando dicho continente se encontró afectado por una progresiva desecación que redujo las áreas de bosques y selvas. A partir de ello la primera teoría y más aceptada, es que como adaptación al bioma de sabana aparecieron primates capaces de caminar fácilmente de modo bípedo y mantenerse erguidos (East Side Story). Más aún, en un medio cálido y con fuerte radiación ultravioleta e infrarroja algunas de las mejores soluciones adaptativas son la marcha bípeda y la progresiva reducción de la capa pilosa, lo que evita el excesivo recalentamiento del cuerpo. Hace 150 000

años el norte de África volvió a sufrir una intensa desertización lo cual significó otra gran presión evolutiva como para que se fijaran los rasgos principales de la especie *Homo sapiens*.

Sin embargo, existen actualmente discrepancia respecto a la teoría de la aparición del bipedismo producto de la adaptación a la vida en la Sabana. La existencia de restos fósiles tales como los del género *Ardipithecus*, con una forma de los dedos de los pies y una estructura pélvica que sugieren que andaban erguidos, y el posterior descubrimiento de los restos fósiles de *Danuvius guggenmosi*, plantea un problema con esta teoría; y lleva a plantear la teoría de que el bipedismo podría haberse originado en los antepasados del ser humano mientras se movían aun sobre los árboles.

Para lograr la postura y la marcha erecta han tenido que aparecer importantes modificaciones:

Cráneo

Para permitir la bipedestación, el foramen magnum (u orificio occipital por el cual la médula espinal pasa del cráneo al raquis) se ha desplazado; mientras en los simios el foramen magnum se ubica en la parte posterior del cráneo, en el *Homo sapiens* (y en sus ancestros directos) el foramen magnum se ha "desplazado" casi hacia la base del mismo.

La bipedestación influyó decisivamente en el desarrollo de la mente humana. La zona del neocórtex (área de la corteza cerebral en la que tienen lugar las impresiones de los sentidos, excepto el olfato) que corresponde al pie tiene el mismo tamaño que la zona correspondiente a la cara, la correspondiente a la mano o el tronco. El pie puede enviar al cerebro y recibir tantos mensajes como la cara.

Columna vertebral

La columna vertebral bastante rectilínea en los simios, en el *Homo sapiens* y en sus ancestros bípedos ha adquirido curvaturas que permiten soportar mejor el peso de la parte superior del cuerpo. Tales curvaturas tienen un efecto "resorte". Por lo demás, la columna vertebral ha podido erguirse casi 90° a la altura de la pelvis; si se compara con un chimpancé se nota que, al carecer este primate de la curva lumbar, su cuerpo resulta empujado hacia adelante por el propio peso.

En el raquis humano (columna vertebral) el centro de gravedad se ha desplazado, de modo que el centro de gravedad de todo el cuerpo se sitúa encima del soporte que constituyen los pies; al tener el *Homo sapiens* una cabeza relativamente grande, el centro de gravedad corporal es bastante inestable. Las vértebras humanas son más circulares que las de los simios; esto les permite soportar mejor el peso vertical.

Pelvis

La pelvis se ha debido ensanchar, lo cual ha sido fundamental en la evolución de nuestra especie. Los huesos ilíacos de la región pelviana en los *Homo sapiens* (e inmediatos antecesores) "giran" hacia el interior de la

pelvis. Esto le permite soportar mejor el peso de los órganos al estar en posición erecta. Esta modificación implica una disminución importante en la velocidad posible de la carrera por parte de los humanos. La bipedestación implica una posición de la pelvis que hace que las crías nazcan "prematuros": en efecto, el parto humano es denominado ventral acodado ya que existe casi un ángulo recto entre la cavidad abdominal y la vagina que en el pubis de la mujer es casi frontal. Si en todos los otros mamíferos el llamado canal de parto es muy breve, en cambio en las hembras de Homo sapiens es muy prolongado y sinuoso. Esto dificulta los alumbramientos. Esto ha sido fundamental en la evolución de nuestra especie.

Piernas

También para la bipedestación ha habido otros cambios morfológicos muy importantes y evidentes, particularmente en los miembros y articulaciones. Los miembros inferiores se han robustecido, el fémur humano se inclina hacia adentro, de modo que le posibilita la marcha sin necesidad de girar casi todo el cuerpo; la articulación de la rodilla se ha vuelto casi omnidireccional (esto es, puede moverse en diversas direcciones), aunque en los monos -por ejemplo el chimpancé- existe una mayor flexibilidad de la articulación de la rodilla, lo que facilita un mejor desplazamiento por las copas de los árboles, es así que el humano a diferencia de sus parientes más próximos no marcha con las rodillas dobladas.

Pies

El pie humano tiene un doble papel: Funciona como una estructura móvil al andar y como una palanca rígida en reposo. Ha perdido su capacidad prensil como tenía en los póngidos, función que queda exclusivamente para las manos, libradas ya del trabajo de sustentación del cuerpo y facilitación de la locomoción. La posición bípeda acentúa la diferencia entre las manos y los pies y la interacción entre la mano y el cerebro, lo que contribuyó decisivamente a la evolución humana.

Según el hombre iba desarrollando más actividades con sus manos, más se desarrollaba el cerebro para adaptarse a la nueva situación; mientras más erguido andaba, más se desarrollaba su cerebelo (uno de los centros nerviosos constitutivos del encéfalo, que ocupa la parte posterior de la cavidad craneana).

Por otra parte, al quedar libres las manos de la función de sustentación, recayó todo el peso del cuerpo en el miembro inferior del cuerpo, incluso el peso propio del miembro superior.

En los humanos los pies se han alargado, particularmente en el talón, reduciéndose algo los dedos del pie y dejando de ser oponible el "pulgar" del pie (el dedo mayor), en líneas generales el pie ha perdido casi totalmente la capacidad de aprehensión.

Se sabe, en efecto, que el pie humano ha dejado de estar capacitado para aferrarse (cual si fuera una mano) a las ramas, pasando en cambio a tener una función importante en el soporte de todo el cuerpo.

El dedo mayor del pie tiene una función vital para lograr el equilibrio de los homínidos durante la marcha y la postura erecta; en efecto, el pulgar del pie de un chimpancé es transversal, lo que permite al simio aferrarse más fácilmente de las ramas, en cambio el "pulgar" del pie humano, al estar alineado, facilita el equilibrio y el impulso hacia adelante al marchar o correr. Los huesos de los miembros inferiores son relativamente rectilíneos en comparación con los de otros primates.

Las funciones del pie están relacionadas con el equilibrio, la marcha, la postura, la manera de desplazarse y la capacidad de enviar información sobre el suelo. La información transmitida por el pie al cerebro es vital para garantizar la seguridad e integridad física, pues los homínidos y los primeros humanos se desplazaban descalzos. La estabilidad del ser humano actual es varias veces mayor que la de sus antepasados. El pie humano contrasta con los pies de casi todos los animales morfológicamente semejantes.

Un estudio publicado en la revista «Nature» repasa en una zona que ha sido a menudo obviada: el arco trasversal (TA en inglés) del empeine, que se extiende de derecha a izquierda por la parte superior del pie. Los humanos tienen un TA pronunciado que les permite caminar y correr a dos patas de manera efectiva. Mientras que los pies de los monos verdes, macacos, chimpancés y gorilas son más planos que los pies humanos.

«Nuestros hallazgos sugieren que un TA similar al humano es anterior al género *Homo* en alrededor de 1,5 millones de años y fue un componente vital en la evolución de los humanos modernos.» [Mahesh Bandi]

En 1888, German Burmeister ya había escrito que «el pie del hombre es la parte más particular humana de su cuerpo». La importancia del estudio de la complejidad de la mano llevó a la creación de una nueva disciplina, la Paleopodiología: combinación de Arqueología, Antropología y Podología como un nuevo recurso para investigar todo lo relacionado con la evolución del pie humano. Este término fue acuñado por la Fundación Princeton Review de estudios superiores universitarios.

Manos

La posición del pulgar es lo más característico de la mano del *Homo sapiens*. La mano tiene en el córtex cerebral una zona exclusivamente destinada a su función. Esto permite la movilidad de presión del pulgar independientemente del resto de los dedos restantes de la mano. Mientras que los primates solamente pueden realizar la función de presión con el conjunto de la mano. La bipedestación no solo permitió la capacidad de caminar y de correr sin perder el equilibrio, sino que permitió además dejar libres las manos para cargar y acarrear los alimentos y las crías. La liberación de las manos contribuyó a desarrollar la inteligencia y la creatividad, lo que propició el origen la cultura y la civilización que condujo a las organizaciones sociales.

LIBERACIÓN DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

La postura bípeda dejó libres los miembros superiores que ya no tienen que cumplir la función de patas (excepto en los niños muy pequeños) ni la de braquiación, es decir, el desplazamiento de rama en rama con los brazos, aun cuando la actual especie humana, de la cintura hacia arriba mantenga una complexión de tipo arborícola.

Esta liberación de los miembros superiores fue, en su inicio, una adaptación óptima al bioma de sabana. Bioma es cada unidad ecológica en que se divide la biosfera atendiendo a un conjunto de factores climáticos y geológicos que determinan el tipo de vegetación y fauna.

Al marchar bípedamente y con los brazos libres, los ancestros del hombre podían recoger más fácilmente su comida; raíces, frutos, hojas, insectos, huevos, reptiles pequeños, roedores y carroña; en efecto, muchos indicios hacen suponer como probable que nuestros ancestros fueran en gran medida carroñeros y, dentro del carroñeo, practicaran la modalidad llamada cleptoparasitismo, esto es, robaban las presas recién cazadas por especies netamente carnívoras; para tal práctica, nuestros ancestros debían haber actuado en bandas, organizadamente.

Los miembros superiores, siempre en relación con otras especies, se han acortado. Estos miembros superiores al quedar liberados de funciones locomotoras, se han podido especializar en funciones netamente humanas.

El pulgar oponible es una característica heredada de los primates más antiguos, pero si en éstos la función principal ha sido la de aferrarse a las ramas y en segundo lugar aprehender las frutas o insectos que servían de alimento, en la línea evolutiva que desemboca en nuestra especie la motilidad de la mano, y en particular de los dedos de ésta, se ha hecho gradualmente más precisa y delicada lo que ha facilitado la elaboración de artefactos.

Aún no se tiene conocimiento preciso respecto al momento en que la línea evolutiva el hombre comenzó a crear artefactos. Es seguro que hace ya más de 2 millones de años *Homo habilis/Homo rudolfensis* realizaba toscos instrumentos que utilizaba asiduamente (en todo caso, los chimpancés, en estado silvestre, confeccionan "herramientas" de piedra, madera y hueso muy rudimentarias). El desarrollo de la capacidad de pronación en la articulación de la muñeca, es decir, el movimiento del antebrazo que hace girar la mano de fuera a dentro y poner la palma de la mano hacia abajo o adentro, también ha sido importantísimo para la capacidad de elaborar artefactos.

VISIÓN

El humano hereda de los prosimios la visión estereoscópica y pancromática (la capacidad de ver una amplia tonalidad de los colores del espectro visible). Los ojos en la parte delantera de la cabeza posibilitan la visión estereoscópica (en tres dimensiones), pero si esa característica surge en los

prosimios como una adaptación para moverse mejor durante la noche o en ambientes umbríos como los de las junglas, en *Homo sapiens* tal función cobra otro valor: facilita la mirada a lontananza, el otear horizontes, en este aspecto la visión es bastante más aguda en los humanos que en los otros primates y en los prosimios. Esto facilita el que *Homo sapiens* sea un ser altamente visual (por ejemplo, las comunicaciones mediante la mímica), y facilita asimismo la creación de imágenes.

ESPECIALIZACIÓN

Pese al conjunto de modificaciones morfológicas, desde el punto de vista de la anatomía comparada, hay algo que llama la atención: *Homo sapiens* es un animal relativamente poco especializado. En efecto, gran parte de las especies animales ha logrado algún tipo de especialización anatómica (por ejemplo, los artiodáctilos poseen pezuñas que les permiten correr en las llanuras despejadas), pero las especializaciones, cuando son una óptima adaptación a un determinado bioma, conllevan el riesgo de la desaparición de la especie especializada y asociada a tal bioma si el bioma se modifica.

La ausencia de tales especializaciones anatómicas ha facilitado a los humanos una adaptabilidad inusitada entre las demás especies de vertebrados para adecuarse a muy diversas condiciones ambientales.

Aunque parezca paradójico, *Homo sapiens* tiene características neoténicas (retraso en el desarrollo de las estructuras somáticas). En efecto, la estructura craneal de un *Homo sapiens* adulto se aproxima más a la de la cría de un chimpancé que a la de un chimpancé adulto: el rostro es achatado ("ortognato" o de "bajo índice facial") y es casi inexistente el torus supraorbitario (del latín *torus*, 'protuberancia', 'elevación curva'). En la humanidad actual apenas se encuentran vestigios de torus en las poblaciones llamadas australoides. De otro modo se puede decir que los arcos superciliares de *Homo sapiens* son "infantiles", delicados, el rostro aplanado o ligeramente prognato.

Homo sapiens es, por su anatomía, un animal muy vulnerable si se encuentra en condiciones naturales. Asociado al hecho por el que morfológicamente el ser humano tenga características que le aproximan a las de un chimpancé "niño", se encuentra el 'ortognatismo': los dientes de *Homo sapiens* son relativamente pequeños y poco especializados, las mandíbulas, por esto, se han abreviado y hecho más delicadas, falta además el diastema o espacio en donde encajan los colmillos.

La debilidad de las mandíbulas humanas las hace casi totalmente inútiles para la defensa a mordiscos ante un predador y, asimismo, son muy deficientes para poder consumir gran parte del alimento en su estado natural, lo que es uno de los muchos déficits corporales que llevan al humano a vivir en una sociedad organizada.