

AVANCES EN EVOLUCIÓN HUMANA. IDEAS ESENCIALES Y NOVEDADES

Daniel Turbón

Catedrático Emérito (UB). Académico Numerario y Senador de la RAED. Doctor en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural (USC). Doctor en Filosofía y Letras (UB). Es autor de más de 250 publicaciones. Email: turbon@ub.edu.

RESUMEN

La investigación científica de la diversidad biológica humana, ha desvelado aspectos fundamentales de nuestro origen en el tiempo. La reorganización del cerebro, la aparición del habla humana, del crecimiento y desarrollo corporal debida al bipedismo y su incidencia en el canal del parto, la necesidad de utensilios y del fuego para hacer viables a crías vulnerables en ambientes diversos, la aparición de la *adolescencia* que ningún otro animal experimenta, son algunos de estos factores. Así se adentró el ser humano en un ambiente propio, la Cultura, con ayuda de la Ciencia y de la Tecnología. Las filogenias moleculares señalan que algunos grupos actuales se separaron del resto, al menos, hace 150,000 años, pero los factores antes señalados son muy anteriores. Notablemente desligado de los efectos hormonales sobre las emociones, el ser humano, social por necesidad, --contra el *Emilio* de J.J. Rousseau--, alcanzó la Reflexión, la Autoconciencia y la Ética, como ya señalara Aristóteles (*Ética Nicomáquea*). Desligado, pues, de tales bases biológicas, surgió lo humano capaz de elegir libremente lo que quiere cada individuo y lo que debe a la sociedad, de transgredir preceptos y sentir culpa. En otras palabras, despertaron como seres libres, esculpidos en roca biológica.

SUMMARY

Edición escrita ISSN: 2339-997X
Edición electrónica ISSN:2385-345X
Depósito legal: B-12510-2014

ADVANCES IN HUMAN EVOLUTION. ESSENTIAL IDEAS AND NEWS.

Scientific research on human biological diversity has revealed fundamental aspects of our origin in time. The reorganization of the brain, the appearance of human speech, growth and body development due to bipedalism and its incidence in the birth canal, the need for tools and fire to protect vulnerable offspring in diverse environments, the appearance of adolescence that no other animal experiences, are some of these factors. Thus, the human being entered his own environment, Culture, with the help of Science and Technology. Molecular phylogenies indicate that some current groups separated from the rest at least 150,000 years ago, but the factors mentioned above are much earlier. Remarkably detached from the hormonal effects on emotions, the human being, social by necessity, reached Reflection, Self-awareness and Ethics, as Aristotle already pointed out (*Nicomachean Ethics*). Thus, human beings arose capable of freely choosing what each individual wants and what they owe to society, capable of transgressing precepts and feeling guilty. In other words, they woke up as free beings, carved from biological rock.

Palabras clave: adaptación y adaptabilidad, encefalización, habla humana, ontogenia, autoconciencia.

SUMARIO

1. *La Humanidad actual se dispersó hace 150,000 años*
 2. *Hay más diferencias intelectuales individuales dentro de las poblaciones que entre las poblaciones*
 3. *Lo esencial de la evolución biológica humana*
 4. *El cerebro y el lenguaje*
 5. *Uso recurrente de instrumentos y del fuego para la supervivencia*
 6. *Encefalización y estrategia demográfica*
 7. *Parto humano y Ontogenia*
 8. *Avances en genómica de los Neandertales*
 9. *Ética y Altruismo*
 10. *Conclusiones*
- Publicaciones citadas*

1. La Humanidad actual se dispersó hace 150,000 años

Este artículo es una actualización de los aspectos fundamentales que el lector de hoy debe conocer sobre nuestros orígenes biológicos. Lo iniciamos con la reconstrucción del parentesco de las poblaciones humanas en el tiempo (filogenia) mediante marcadores de ADN, el material hereditario que se transmite de generación en generación. El análisis del ADN de una especie es actualmente la medida más utilizada para establecer la distancia genética entre poblaciones. Conociendo la diversidad y la tasa promedio de mutación, se puede calcular el tiempo en que divergieron (reloj molecular) las poblaciones estudiadas (Sally y Durbin 2012). Las especies difieren genéticamente por la interacción de la mutación, la deriva genética, la selección natural y la estructura de la población. Cuando las poblaciones quedan aisladas reproductivamente, por geografía u otros factores, tienden a diferenciarse con el tiempo. Los humanos indistinguibles anatómicamente de nosotros, aparecieron por primera vez en África oriental hace unos 200.000 años. Algunos grupos emigraron desde África, hace unos 150.000 años, para poblar Asia, Australia, Europa y, finalmente, el continente americano.

En el continente africano se encuentra la mayor complejidad de la diversidad humana actual. Los estudios de microsatélites de ADN nuclear concluyen que las poblaciones africanas San, los pigmeos Biaka y Mbuti, fueron los primeros en separarse del resto de humanos actuales, según el Human Genome Diversity Project (Sun et al. 2009, Schlebusch et al. 2012). Estos grupos son, pues, clave para la reconstrucción de los linajes humanos africanos prehistóricos. Actualmente se acepta (Bergström et al. 2020) que la separación entre cazadores-recolectores de la selva tropical de África central, los Mbuti y los Biaka, se dio hace 62 ka (miles de años); entre los Mbuti y los Yoruba de África Occidental hace 69 ka; entre los Yoruba y los San africanos del sur hace 126 ka; y entre los San y los pigmeos africanos Biaka y Mbuti hace 110 ka. Los No Africanos se diferenciaron de los africanos Yoruba hace 76 ka, de los Biaka hace 96 ka, de los Mbuti hace 123 ka, siendo la divergencia más antigua detectada la de los San, hace 162 miles de años.

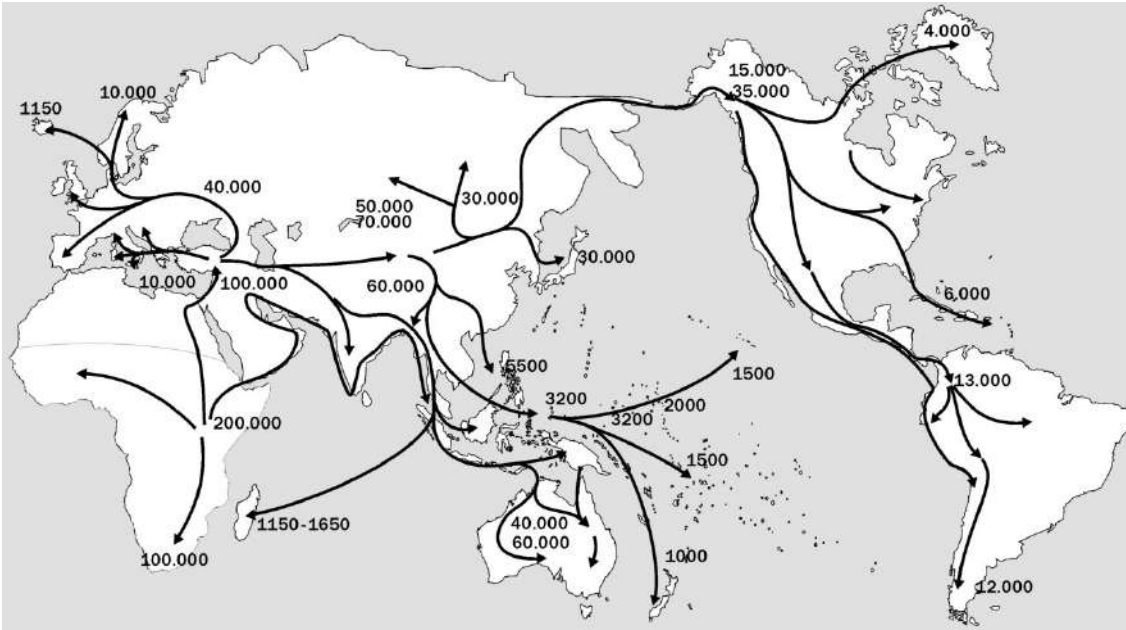


Figura 1. Rutas de migraciones humanas según los linajes maternos de ADN mitocondrial.

Desde entonces, las barreras geográficas separaron a la Humanidad en varios grupos principales, lo cual redujo en gran medida el intercambio de genes. Las barreras culturales influyeron menos en la diferenciación, siendo los factores restantes las expansiones y contracciones demográficas de las poblaciones. Se originaron, así, conjuntos complejos de diversidad genética que conocemos hoy.

Algunos de los polimorfismos geográficamente diferenciados fueron funcionales (Lanh y Ebenstein 2009), como diferencias en cuanto a la pigmentación, la adaptación dietética y resistencia a patógenos, al metabolismo, y el desarrollo físico. Mas, para la mayoría de los rasgos biológicos, la diferenciación genética entre grupos es probablemente insignificante en comparación con las variaciones intragrupalas. Por el contrario, en ciertos caracteres como la pigmentación y la intolerancia a la lactosa, hay diferencias intergrupales significativas en comparación con las varianzas intragrupalas.

2. Hay más diferencias intelectuales individuales dentro de las poblaciones que entre las poblaciones

Los humanos actuales presentan similares capacidades intelectuales, aunque expresadas en grado diverso. El origen y desarrollo de la poderosa mente humana es necesariamente anterior a la dispersión de las poblaciones antes comentada. El concepto del *hombre prehistórico* como un ser estúpido e ignorante, generado en el contexto de las sociedades esclavistas de hace tres siglos, al ritmo de los descubrimientos arqueológicos, ha sido hoy superado. Desde el siglo XVIII una visión actualizada del concepto aristotélico llamado La Gran Cadena del Ser situó, a los ojos de los europeos, a algunos pueblos y sociedades en un escalón inferior a otros humanos. El libro *Ancient Society*, del antropólogo americano Lewis H. Morgan (1877), desarrolló la teoría de que la Humanidad había evolucionado socialmente, aunque no uniformemente, en tres estadios del progreso humano, como escalones de una escalera: *Savagery*, *Barbarian*, *Civilization*, similares al progreso de una mentalidad infantil a la fase adulta. Esta idea influyó en muchos pensadores como K. Marx, F. Engels y fue citado, por ejemplo, por C.R. Darwin. Entrado el siglo XX, este punto de vista cambió gracias a los estudios de campo, por ejemplo, de B. Malinowski (1926) y, sobre todo, por los de C. Lévi-Strauss (1949) quien sostuvo que hay profundas diferencias entre el pensamiento de los niños y el pensamiento primitivo. Ciertamente, la entonces llamada *cultura primitiva*, aún en su menor nivel de desarrollo, es una cultura adulta, y totalmente incompatible con las manifestaciones infantiles que pueden encontrarse en una sociedad tecnológicamente más avanzada.

Sin embargo, el racismo científico proveniente del pensamiento eugenésico iniciado por Francis Galton (1822-1911), aceptó el argumento de Lewis H. Morgan (1877) para justificar la dominación y la desigualdad –concepto distinto al de *diversidad*--, la esclavitud y el colonialismo. El determinismo biológico pretendió que tanto las normas de conducta compartidas como las diferencias sociales y económicas de los pueblos (raza, clase social y sexo), derivan de ciertas diferencias heredadas innatas, y que, en este sentido, la sociedad constituye un reflejo fiel de la *biología*. Es decir, la conducta, tanto de los animales como del ser humano, habrían obedecido a la supervivencia de sus genes, que se expresarían en los complejos sistemas sociales adaptados a su más favorable proceso evolutivo. Esta *falacia naturalista*, basada en una exagerada interpretación del concepto *selección natural* ha sido desmentida, una vez más, esta vez por la Epigenética.

Los genes se expresan dentro de un ambiente, en particular el desarrollo prenatal, y están continuamente afectados por el ambiente a través de mecanismos como la

Epigenética, cuya definición consenso es: “*fenotipo establemente hereditario resultante de cambios en un cromosoma sin alteraciones en la secuencia de ADN*”. La Epigenética está descubriendo una nueva lectura del genoma (epigenoma), constatando, en los estudios de gemelos monocigóticos a lo largo de su vida, por qué teniendo el mismo ADN pueden tener enfermedades diferentes (Wong et al. 2010). Por *modificaciones epigenéticas* se generan por la alteración las histonas (proteínas) sobre las que se enrolla en ADN o bien afectando directamente el ADN mediante metilación (citosinas); pero tales modificaciones no afectan a la secuencia de nucleótidos; por eso no son modificaciones genéticas, sino que están “por encima”, que es lo que significa *epi* en griego.

La estructura y función del Genoma Humano se estudian como un modelo *dinámico* según el cual una región será más o menos favorable a la expresión génica de modo variable, dependiendo del tipo de secuencias que la forman y también de las modificaciones epigenéticas a ese nivel. Por tanto, el epigenoma varía mucho de una célula a la otra. Células que tienen un genoma similar expresan genes diferentes y realizan funciones también diferentes. Esta fue la vía mediante la que se diferenciaron las células de los órganos (pulmón, hígado, corazón), aunque el ADN de todas las células de nuestro cuerpo sea el mismo. Además, nuestras propias experiencias pueden marcar nuestro material genético de una forma hasta ahora desconocida, y estas marcas pueden ser transmitidas a generaciones futuras.

Por la experiencia científica acumulada, se sabe hoy que los supuestos, antes comentados, en cuanto a superioridad e inferioridad intelectual por razón de etnia, clase social y sexo, no tienen fundamento científico. Han transcurrido aproximadamente 2,500 años desde el cierre reproductor de las castas de la India. Aunque la moderna India tiene camino por recorrer para abolir las desigualdades de rango y de oportunidades, de todas las castas han surgido individuos con capacidades suficientes para adquirir una educación no tradicional y ocuparse en actividades no tradicionales. En el mismo sentido, los derrocamientos revolucionarios de las viejas élites, que fueron físicamente aniquiladas o forzadas a emigrar, han sido experimentos genéticos de menor alcance. Se predijo gratuitamente que tales decapitaciones intelectuales llevarían a la escasez de talentos. El ejemplo de Rusia ha mostrado que la predicción era errónea, pues las gentes de talento reclutadas de las antiguas clases inferiores, que no habían tenido la

oportunidad de manifestarse en manera alguna, han dado origen a una clase intelectual en absoluto inferior a la antigua (Dobzhansky 1962).

3. Lo esencial en la evolución biológica humana

¿Cómo explicar, entonces, el diferente rendimiento tecnológico y científico de los diferentes pueblos actuales? En primer lugar, comprendiendo el rol de los genes en la evolución humana. Es inútil buscar los genes causantes de los adornos corporales, el tabú del incesto, las cifras, o el concepto de alma. Tales genes no existen. Los genes transmiten patrones de desarrollo biológico, cuya realización está supeditada al medio ambiente. Mediante los genes humanos se ha logrado lo que otros genes no lograron: formar la base biológica de una cultura extra-somática, que resultó ser el método más poderoso de adaptación al medio ambiente que el de ninguna otra especie. El desarrollo cultural humano no se encuentra en la naturaleza biológica sino en la *inversión en el aprendizaje social*, dando como resultado una enorme acumulación en la información almacenada extra-somáticamente. De un cerebro más complejo ha surgido una organización social técnica y cultural más compleja, que, a su vez, ha permitido un mayor desarrollo del cerebro, etc. El cerebro está en constante evolución. El conocimiento pudo ser compartido y transmitido a otros miembros del grupo o sociedad, permitiendo el aprendizaje de los demás, para comunicar ideas, conceptos o abstracciones. Así fue posible hacer viables las crías, pues el conocimiento puede garantizar su supervivencia y permitir que alcancen la fase adulta.

El segundo factor de los diferentes logros o progreso tecnológicos se encuentra en la Historia de las Poblaciones. Al no estar la Cultura condicionada por los genes, los pueblos pueden empobrecerse por causas de guerras o catástrofes, y perder así su bagaje cultural. Las civilizaciones han tenido momentos de auge y de caída. En cuanto a las sociedades, cazadoras-recolectoras –en otro tiempo llamadas *salvajes*--, hay evidentes factores que limitan su desarrollo cultural por estar, a veces, adaptadas a un ambiente adverso que ejerce una presión de selección natural sobre el tamaño poblacional, limitado y fluctuante, y por dedicarse todo el día a la obtención de recursos para sobrevivir. Ello impide su potencial expansión demográfica, tecnológica, económica y cultural.

Hoy día, está fuera de duda que los Neandertales se hibridaron con los humanos modernos en algunas zonas, lo cual indica que no eran especies genéticamente distintas. En cuanto al psiquismo de este linaje humano, ahora extinguido, el aumento del número de yacimientos con buena evidencia de incendios, a lo largo del Pleistoceno tardío, muestra que los Neandertales europeos usaban el fuego de modo similar al documentado para los grupos del Paleolítico superior (Roebroeks y Vila 2011). Uno de los mejores indicadores de intelecto humano es el uso del fuego. Además, los primeros ornamentos personales conocidos provienen de la Edad de Piedra Media del sur de África, hace 75.000 años, y se asocian con humanos anatómicamente modernos. En Europa, estos elementos no están datados antes de 45.000 años, en contextos asociados con el Neandertal, siendo significativamente anteriores a la evidencia más temprana, arqueológica o paleontológica, de la inmigración de humanos modernos. Este surgimiento de la *modernidad conductual* fue desencadenado por procesos demográficos y sociales y no es un fenómeno hereditario de una especie. Un corolario de estas conclusiones es que la base genética y cognitiva correspondiente debe haber estado presente en el género Homo antes de la división evolutiva entre los linajes Neandertal y humano moderno (Zilhao 2007).

4. El cerebro y el lenguaje

Adaptación y adaptabilidad

El aumento del tamaño del cerebro que ocurrió en los primeros Homo fue un desafío para la supervivencia, hace unos 2 millones de años (Tobias 1999, Marino 1996)

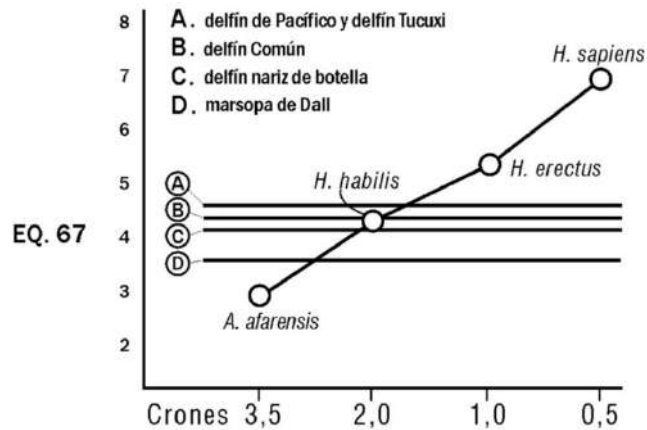


Figura 2. Valores del coeficiente EQ de Jerison en homínidos fósiles y actuales, desde el momento de su emergencia, comparados con los de cuatro delfínidos actuales y la marsopa. Hace un millón de años *Homo* alcanzó un nivel significativamente mayor que los delfines, y se convirtió progresivamente en el ser más encefalizado de la Naturaleza (según Marino 1996).

Fue posible porque convergieron una serie de factores como nunca había sucedido. Aquellos primeros humanos explotaron una economía cultural, transmitiendo los conocimientos necesarios para la supervivencia a sus jóvenes cada vez más dependientes, mediante el lenguaje articulado. Hubo un ciclo de retroalimentación porque, a medida que las crías se encefalizaban eran, también, más vulnerables, tardaban más en madurar y, si se las cuidaba hasta que alcanzaran la edad reproductiva, la situación se repetía sucesivamente. Finalmente, dado que no hubo extinción del linaje humano, ante la progresiva dependencia de crías tan indefensas como es el bebé humano, se concluye necesariamente que el mecanismo de retroalimentación fue exitoso.

¿Es una ventaja estar más encefalizado? La *adaptación* y la *adaptabilidad*, en evolución, son inversamente proporcionales: cuanto mejor adaptado esté un animal a su entorno, menor plasticidad tendrá para adaptarse a un nuevo ambiente en caso de que cambien las condiciones. En el caso del género *Homo*, el uso de la Cultura permitió a los seres humanos revertir esta relación al combinar adaptación con adaptabilidad, esto es, con una mayor flexibilidad evolutiva (Tobias 1997). No hay fuerza más poderosa en la naturaleza que la capacidad de promover la adaptación ampliando en gran medida la flexibilidad evolutiva de sus poseedores.

En resumen, el tránsito de la Evolución Biológica humana a la Evolución Cultural dotó al género *Homo* de una mayor capacidad de respuesta a los desafíos del entorno y

de una mayor flexibilidad, ya que la Cultura es un producto libre de influencia genética. La Cultura evoluciona con demasiada rapidez para ser sometida de alguna manera al efecto de la selección natural.

Reorganización cerebral y habla humana

Entre hace 4 o bien 3 millones de años se produjo un cambio de reorganización importante de un patrón simio a protohumano en las porciones parietal posterior, occipital anterior y temporal superior de la corteza cerebral. Ocurrió antes de la reorganización del lóbulo frontal (área de Broca) en *Homo habilis*, hace unos 1,8 millones de años. El cerebro humano no sólo se duplicó en cuanto a tamaño --de aproximadamente 750 cc. en *H. habilis* a 1400 cc. en el *H. sapiens* moderno—sino que experimentó una serie de reorganizaciones (Holloway 1995, 2009).

El proceso de encefalización en los humanos, ligado al desarrollo de las áreas del lenguaje por una reorganización neurológica, y posiblemente previa al aumento del cerebro, ha permitido, en el linaje humano, generar capacidades cognitivas y, en consecuencia, desarrollar lo que entendemos por Cultura. Esta cultura no está escrita en el genoma, pero sí puede ser transmitida y comunicada gracias al habla. La ventaja del lenguaje hablado es que el conocimiento es transmitido y compartido con otros miembros del grupo o sociedad y permite el aprendizaje de los demás, comunicando ideas, conceptos o abstracciones. Los humanos son capaces de adaptarse al medio, pero, a la vez, el lenguaje también les permite capacidad de adaptabilidad a las nuevas situaciones que se puedan plantear. Esta *adaptabilidad* no hubiera sido posible sin el lenguaje hablado que ha dado una importancia fundamental al uso de herramientas y su construcción y a la comunicación lingüística. Por tanto, el lenguaje articulado se ha convertido, desde nuestros primeros representantes de *Homo*, en una condición necesaria para nuestro desarrollo.

En el habla humana la dotación genética es condición necesaria pero no suficiente para expandir y hacer crecer la capacidad lingüística del individuo. Es *universal*, puesto que todos los recién nacidos humanos sin alteraciones la poseen ya desde el momento del nacimiento, o incluso antes. Es *específica* porque es exclusiva de la especie humana,

al menos en el sentido estricto. La sintaxis es un sistema computacional. Las lenguas por signos manifiestan igualmente esta característica.

Los niños aprenden a hablar muy pronto, de manera espontánea y sin esfuerzo aparente, teniendo en cuenta, además, que los estímulos recibidos son muy limitados, heterogéneos, incompletos, erróneos y contradictorios. De hecho, los padres no enseñan a hablar a sus hijos, sino que más bien les proporcionan estímulos y posibilidades de comunicación y de relación, además de evidencias para la fijación de parámetros. Pero los elementos de la Gramática Universal ya se encuentran programados en el individuo a nivel genético: nadie nos ha enseñado a trasladar elementos de la frase, sintaxis y conceptos abstractos.

En los años noventa del pasado siglo, se descubrió que un gen, llamado *Foxp2*, estaba relacionado con el lenguaje humano, pues su mutación producía determinados trastornos del lenguaje. En el año 2001 se estudiaron estos trastornos en un linaje de varias generaciones de una familia inglesa, denominada KE, cuyos miembros tenían dificultad en el habla común, la articulación de las palabras, y cometían errores gramaticales simples durante varias generaciones. El 50% de los miembros de la familia KE presentaba un trastorno severo relacionado con el lenguaje. Los miembros afectados no eran capaces de ejecutar coordinadamente los movimientos de la lengua y de los labios (dispraxia verbal) que son necesarios para hablar con claridad. Los afectados, sin ser sordos, eran incapaces de gesticular y de realizar los movimientos de la boca indispensables para pronunciar cualquier frase. Estos miembros de la familia también presentaban síntomas de dislexia y dificultades gramaticales que les impedían escribir correctamente (Fisher y Scharff 2009). El descubrimiento es prueba indiscutible de la base genética del habla humana, y se manifiesta, desde el desarrollo embrionario, en las regiones cerebrales relacionadas con el lenguaje. En los humanos *Foxp2* está situado en el cromosoma 7, y actúa sobre una amplia variedad de genes, ya desde la etapa de desarrollo del niño (Bolhuis et al. 2010).

La repercusión de *Foxp2* en los estudios evolutivos no es menor. En relación con los linajes humanos extinguidos, ya ha descartado que los Neandertales no pudieran hablar o tuvieran deficiencias en el habla, pues compartieron con humanos hoy vivos una forma del gen *Foxp2* (Trinkaus 2007).

Por otra parte, *Foxp2* no es únicamente humano. Existe en muchas y muy variadas especies, en las que regula cientos de genes, algunos de ellos relacionados con el control del desarrollo cerebral en embriones y de ciertas funciones en el estadio adulto (Wohlgemuth et al. 2014). En las aves este gen se expresa, en lo que respecta al cerebro, en las mismas áreas básicas que en la especie humana: núcleos basales, cerebelo, tálamo y córtex o regiones equivalentes (pallio). Todas las especies de pájaros tienen una versión similar de *Foxp2*. La proteína de algunas especies de aves tiene el 98% de similitud respecto a la nuestra, difiriendo sólo en 8 aminoácidos. Se ha propuesto que la capacidad de comunicación mediante el canto surgió tres veces de forma independiente en tres grupos de parientes lejanos de las aves (colibríes, loros, aves canoras) durante la evolución del linaje aviar. Asimismo, una pérdida paralela del aprendizaje vocal desde el último ancestro común en los 4 restantes grupos de aves se considera bastante improbable (Sibley y Ahlquist 1990). Si esta suposición es correcta, la evolución también podría haber dejado su huella en las secuencias de *Foxp2* de pájaros cantores, colibríes y loros, como fue el caso del gen *Foxp2* humano.

Finalmente, es demasiado simplista (y erróneo) creer que existe un solo gen que afecta al lenguaje. Al contrario, parece razonable pensar que los genes actúan de manera interrelacionada, y, así, la alteración de un gen encargado de aspectos más generales puede desactivar a otros genes más específicos. Y tampoco parece adecuado pensar en una correlación totalmente directa entre gen y características gramaticales.

5. Uso recurrente de instrumentos y del fuego para la supervivencia

¿Cómo es posible que los homínidos pudieran sobrevivir en la sabana abierta, hace dos millones de años, con crías cada vez más dependientes, sin que se extinguiera la especie? Y ¿cómo pudo expandirse por otros continentes en tan sólo cien mil años?

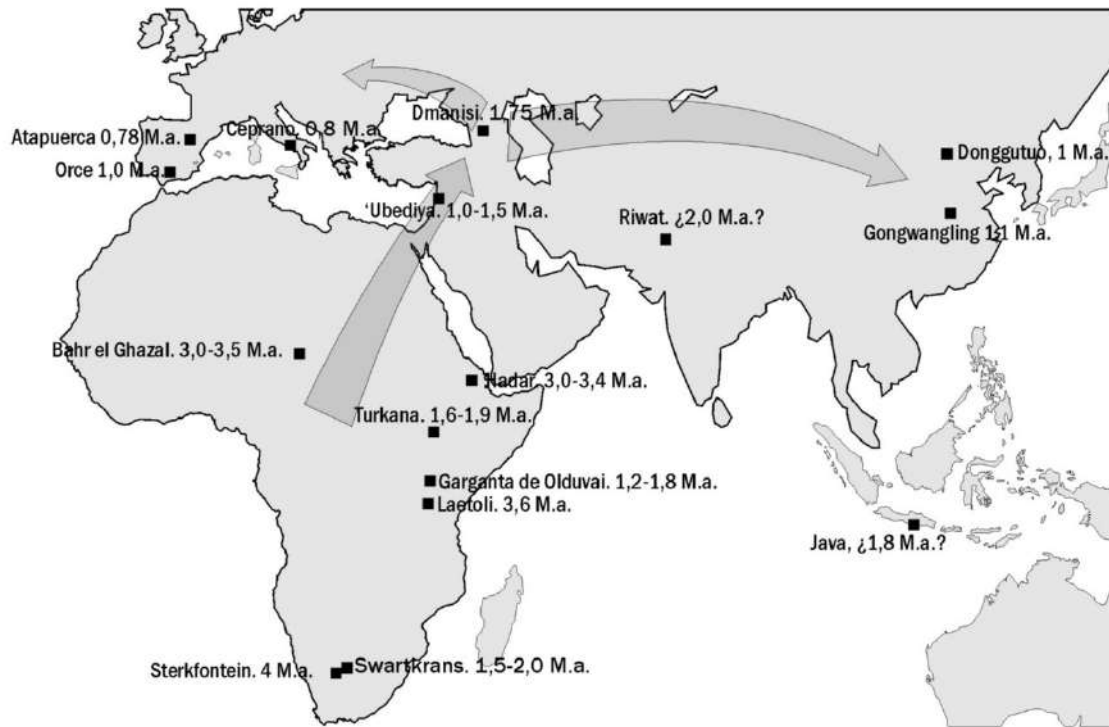


Figura 3. Vías migratorias de los homínidos en la primera expansión Desde África (1.8 millones de años).

No hay otra explicación que la modificación de la conducta y el alargamiento de nuestro desarrollo orgánico. De ambos se han conservado huellas biológicas en los humanos actuales: un programa genético que alarga nuestro Crecimiento y Desarrollo más que en ningún otro primate; y una reorganización cerebral que hace posible una sofisticada conducta psíquica (Tobias 1987). Con la aparición del género *Homo* y la llegada del *H. habilis*, la evolución de los homínidos alcanzó un nuevo nivel de organización (Figura 2) que no era comparable en grado o tipo con los otros, los llamados niveles inferiores de organización (Tobias 1991). El lenguaje confirió a los humanos los poderes para conquistar el medio ambiente y no sólo elaboraban herramientas y construían muros de piedra, sino que hablaban de lo que estaban haciendo. El lenguaje fue el medio de transmisión no sólo de información sobre cómo hacer herramientas, encontrar y rastrear animales, identificar plantas que se podían comer y cuáles no; sino también para transmitir ideas, creencias, códigos de conducta, rituales, costumbres e ideales (Tobias 1991: 844; 1998).

Interpretación actual de las industrias prehistóricas de piedra

Se han hallado industrias de piedra a lo largo del Gran Valle del Rift africano, fechadas en más de 2,6 millones de años. Núcleos de piedra, lascas que servían para cortar y hachas de piedra del yacimiento de Sterkfontein (Sudáfrica) fueron los primeros en ser descubiertos en asociación con restos de homínidos. Posteriormente se descubrieron en Olduvai Gorge (Tanzania), Koobi Fora (Kenia), en el valle del río Omo, y en Hadar (Etiopía). Los resultados de un experimento (Morgan et al. 2015) apoyan la hipótesis de que la dependencia humana en la fabricación de herramientas de piedra generó selección para la enseñanza y el lenguaje, mediante imitación / emulación, pudiendo haber contribuido a la estasis de 700.000 años del tecno-complejo Olduvayense. Este trabajo propone una evolución gradual del lenguaje, mediante comunicación simbólica simple, que precede a la modernidad conductual en cientos de miles de años (Ambrose 2001).

En el último millón de años, algunas tendencias de comportamiento que ya existían se fueron fortaleciendo progresivamente y aparecieron otras nuevas. La técnica *Levallois* apareció en África hace unos trescientos mil años. Se basa en una ingeniosa elaboración previa del proceso de trabajo de la piedra. Posteriormente se perfecciona y desaparece con los Neandertales, que llegaron a identificarse casi con ella en su *cultura musteriense*. En definitiva, el primer sapiens y el último erectus habrían llevado una vida similar a la de los pueblos cazadores-recolectores actuales, con solo dos diferencias básicas: los humanos actuales hemos acumulado más conocimientos por transmisión generacional, y resolvemos tecnológicamente lo que resolverían aquéllos con fuerza física a juzgar por su formidable estructura ósea. En esas sociedades humanas ya existían niveles comparables de capacidad cognitiva y comportamientos.

Se concluye que la base genética y cognoscitiva debe haber estado presente en el género *Homo* antes de la separación evolutiva entre los linajes Neandertal y de los humanos modernos (Zilhao 2007). ¿Cómo se llegó, entonces, al ya superado debate sobre si los Neandertales eran incapaces de tener un nivel de simbolismo como el de los humanos modernos? Parte de la explicación está en la inapropiada utilización de determinados conceptos como los siguientes (Zilhao 2006). 1) entender por *conducta moderna*, con su implicación biológica subyacente, lo que corresponde a *cultura moderna*. Los actuales pueblos cazadores recolectores pudieran ser considerados como especies

distintas porque no tienen un *comportamiento industrial*. La diferencia puede explicarse como distintas trayectorias en el tiempo, por aislamiento, no como emergencia de capacidades biológicas para el comportamiento industrial. 2) el uso del vocablo *moderno* entendido como *diferente* en sentido biológico. 3) proponer como *dispersiones biológicas* lo que, en realidad fueron o pudieron ser *dispersiones culturales*. 4) describir como *culturas prehistóricas* lo que quizá fueran solamente *tecno-complejos*.

Uso del fuego

La capacidad de controlar el fuego fue un punto de inflexión crucial en la evolución humana. Ningún animal puede hacerlo. Pero la pregunta de cuándo los homínidos desarrollaron por primera vez esta habilidad aún permanece. Un primate tropical como es el ser humano, y con crías dependientes, sin la utilización del fuego no puede sobrevivir ya no en un ambiente frío sino en la misma sabana africana. La Cueva Wonderwerk, en la provincia del Cabo Norte (Sudáfrica), proporciona evidencia inequívoca de un incendio en la cueva durante la ocupación Achelense inicial, aproximadamente hace un millón de años (Berna et al. 2012). Esta es la evidencia segura más antigua de fuego en un contexto arqueológico. Además, hay otras evidencias convincentes más antiguas en diversas localidades de Koobi Fora, en el lago Turkana (Kenia), datadas en 1,6 millones de años (Wolpoff 1999:507-508). En ese momento, es posible que el fuego se utilizara de forma intermitente en África, aunque su uso sistemático entonces parece muy improbable.

Ante el fuego, los primeros humanos debieron experimentar la misma fascinación que nosotros. Quizás uno de los primeros humanos se acercó a un fuego natural (cenizas volcánicas, incendio forestal, emanaciones de gas o afloramientos de petróleo) con miedo, pero con curiosidad. Él o ella fácilmente podría haber logrado sostener una ramita ardiendo y, tocando esa ramita con un arbusto o mata de hierba, podría haber multiplicado la llama. Uno puede imaginar la sensación de poder y asombro que esta persona habría experimentado. El calor del fuego se siente rápidamente, e incluso el *Homo erectus* sin experiencia debió haber imaginado su utilidad en una cueva fría e intentó llevar el fuego al interior.

Si el origen del uso del fuego es africano, es seguro que se promocionó fuera de África como adaptación a latitudes frías como Europa y China (Figura 3). Su utilidad básica

es la defensa contra el frío y contra los predadores durante la noche (todos los animales, sin excepción huyen del fuego). Secundariamente su uso repercutió de tres maneras: 1) *en la modificación del medio*. Como defensa contra el frío seguramente precedió al vestido como forma de mantener la temperatura corporal. Los aborígenes australianos, que duermen en desiertos a bajas temperaturas, no se abrigan, sino que se acercan al fuego, el cual transportan constantemente. Como defensa contra los predadores durante la noche es obligado mantener el fuego. Como iluminación supuso la independencia de la luz solar. Como forma de preparar instrumentos de madera (endurecimiento de puntas). 2) *En la morfología humana*. El ablandamiento de los alimentos permitió aumentar su variedad y la manera de ingerirlos. Disminuyó el tiempo de masticación e hizo posible la gracilización de los maxilares, la reducción del tamaño de los molares, y, también, la robustez de los músculos de la masticación. Secundariamente se redujeron los extremos del *torus supraorbitario*, la expansión del frontal y la reducción del grosor del parietal. 3) *En el comportamiento*. Es muy probable, aunque especulativo, la potenciación de la inhibición reflexiva, es decir, el control de la tendencia a responder a los estímulos inmediatamente, como hacen los animales. Manipular fuego exige atención y por fuerza influyó en la transformación cerebral. Su manipulación igualmente debió repercutir en un mayor esfuerzo comunicativo y, por tanto, en el habla. Su mantenimiento debió inducir una mayor complejidad social, al exigir actos anticíclicos para vigilarlo durante la noche ante los predadores, de lo que dependía la supervivencia del grupo. Más tarde, con *Homo sapiens*, su influencia llegaría más allá al aumentar el tiempo libre para tareas productivas, y la relación del fuego con la religión y el arte primitivos, que siempre aparecen en el fondo de las cuevas a las que no es posible acceder sin iluminación.

La capacidad de pensamiento simbólico que se deduce del uso de herramientas de piedra y el uso del fuego indica hasta qué punto la Humanidad prehistórica había entrado en la Cultura. Hallowell (1961) escribió:

"La base psicológica de la cultura radica no solo en la capacidad de aprendizaje de formas muy complejas, sino también en la capacidad de trascender lo aprendido, una potencialidad de innovación, creatividad, reorganización y cambio". (Traducción nuestra).

6. Encefalización y estrategia demográfica

La estrategia reproductora humana fue crucial para la supervivencia de una cría cada vez más dependiente. Una enorme inversión en el cuidado de la descendencia es distintiva del linaje humano, lo que resumiremos a continuación.

Los datos demográficos disponibles han revelado que el porcentaje de *A. africanus* que murió antes de alcanzar la madurez anatómica (35%) está muy por debajo de los valores porcentuales de *A. robustus* (60,5%), *H. habilis* (73%) y *H. erectus* (73 %) (Tobias 1999). Se concluye que *H. habilis* y *H. erectus*, ambos de cerebro grande, tuvieron un promedio de vida más corto que *A. africanus* de cerebro pequeño, lo que está relacionado con el cambio climático que tuvo lugar hace 2,5 millones de años.

En los cada vez más encefalizados primeros humanos, -- denominados *H. habilis* en la escala zoológica de Linneo--, se dio un aumento de la mortalidad de los jóvenes, posiblemente por depredación. Además, muchas enfermedades tropicales graves son endémicas en las áreas de evolución de los homínidos. Dado que una mortalidad tan alta solo puede conducir a la extinción y ésta no se produjo, se concluye que el espaciamiento de los nacimientos ya se había reducido en los primeros Homo. Es decir, la mortalidad aumentó, pero también nacían más crías, lo que condujo a la supervivencia de la especie en un entorno de alto riesgo. Ello no pasaría de ser mera especulación si no fuera porque, hace 1,9 millones de años, los humanos se expandieron geográficamente, desde África al Cáucaso (Dmanisi), y por la India hasta Insulindia, donde se han hallado yacimientos arqueológicos bien datados con restos humanos y cultura lítica (Figura 3). En suma, la reorganización cerebral de *H. habilis*, junto con el éxito demográfico antes descrito, ayuda a comprender la expansión geográfica documentada en el registro arqueológico hace 1.9 millones de años.

Estos cambios en la reproducción humana probablemente dependieron del sistema límbico, lo que fue descrito por Sir John Eccles (1989 y 1992), Premio Nobel de Medicina o Fisiología de 1963. La cohesión grupal, que necesariamente se dio para la supervivencia, hizo posible una disminución del estrés materno. Habría habido un nivel alto continuo de estrógenos en sangre debido a la producción hipotalámica del factor de liberación de la hormona estimulante del folículo (FSH), que provoca la secreción pituitaria de FSH, la cual activa la producción de estrógeno de los ovarios. Por otro lado, el índice de tamaño del *septum* aumentó de 2,09 para simios a 5,45 para Homo, y en la *amígdala*

lateral se dio un aumento que pasó de 3,05 en simios a 6,02 para Homo. En contraste, el índice de tamaño del núcleo involucrado en la rabia y la agresión, la *amígdala medial*, experimentó un aumento menor, de 1,30 en simios a 2,52 en Homo. Parecería que durante la evolución la *selección natural* había dado lugar a un código genético que conducía a un aumento ontogenético de los núcleos implicados en el placer y la simpatía en comparación con el núcleo implicado en la ira y la agresión. Además, en la evolución de los homínidos hubo un aumento considerable en los núcleos del sistema límbico que están involucrados en los sentimientos placenteros y el comportamiento amistoso. Las manifestaciones epigámicas también excitan la libido, especialmente mediante los sentidos visuales, táctiles y olfativos. De ahí que se reforzara el vínculo entre el hombre y la mujer que finalmente se refinó como sentimiento de amor (Eccles 1989 y 1992, pp. 100-107).

7. Parto humano y Ontogenia

El bebé humano es el menos desarrollado, al nacer, en comparación con las crías de otras especies de primates. Hace 1,5 millones de años, el tamaño de la pelvis limitaba el crecimiento del cerebro prenatal (Martin 1983). Dos cambios pueden haber permitido que continuara la encefalización de las crías de *H. habilis*: uno, el hecho de que los bebés humanos tengan un porcentaje menor del tamaño del cerebro adulto al nacer, lo que implica que deben ser cuidados (altricialidad secundaria); el otro, el nacimiento de crías inmaduras, respecto al resto de los animales ya se inició probablemente con esta especie fósil. No hay alternativa, pues la alteración de la forma de la pelvis o del proceso del parto repercutirían en la locomoción bípeda de la madre (Rosenberg y Trevathan 1995/96).

En la evolución de las generaciones pasadas, los patrones de crecimiento y desarrollo, en ambos sexos, variaron significativamente con la edad. La comparación del fémur humano con el de los simios superiores muestra que el ángulo de la diáfisis femoral respecto al cuello de este hueso disminuye mientras que aumentaron de tamaño ambos trocánteres (mayor y menor) por la fuerza que ejercen los músculos durante la locomoción bípeda. En consonancia con ello, se dio un aumento significativo de las dimensiones de las epífisis distales, principalmente en el cóndilo medial. La remodelación angular tanto del cuello como de las regiones bicondíleas del fémur masculino continúa hasta los 16 y

15 años, respectivamente. Los fémures femenino y masculino siguieron trayectorias de crecimiento divergentes. Los varones mostraron una mayor variabilidad en los ángulos cuello-diáfisis y bicondilares que las hembras, lo que, sin duda, no se debe a la eficacia del bipedismo sino al aumento de la anchura pélvica (Pujol *et al.* 2016)

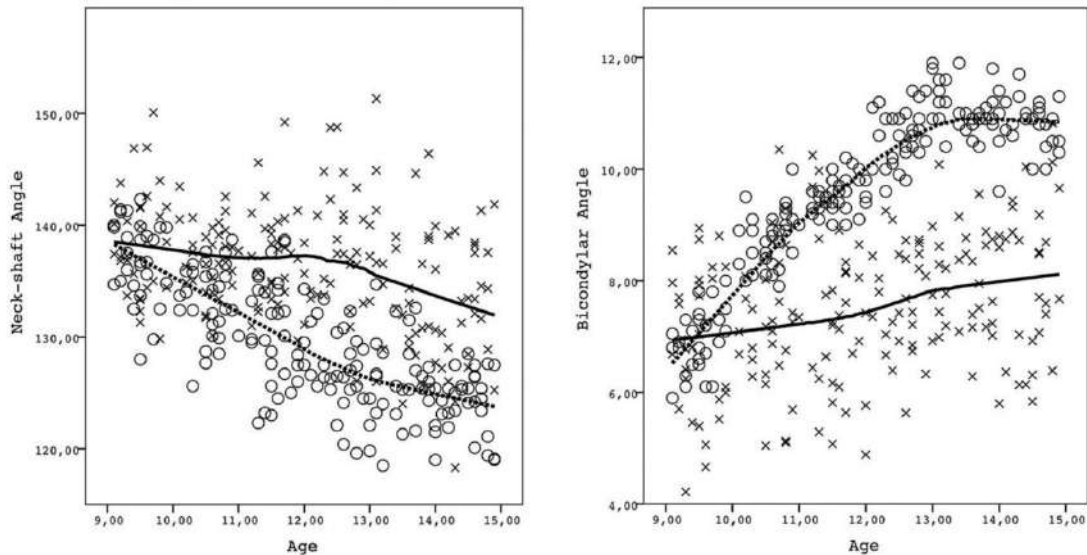


Figura 4. Izquierda: variación diferencial del ángulo cuello-diafisario del fémur en niños (X) y niñas (O) según la edad. Derecha: Variación diferencial del ángulo bicondíleo (extremidad distal del fémur) entre niños (X) y niñas (O) según la edad (Pujol *et al.* 2016).

Estos fenómenos responden a programas genéticos que se inscribieron en el genoma humano en los dos últimos millones de años, para una mayor eficacia ante la creciente encefalización del feto humano.

Sin embargo, debió darse un conflicto entre la eficacia locomotora y la reproductiva. Un parto eficaz es prioritario, ya que sin reproducción eficaz se extinguirá el linaje. El resultado fue una disminución del tamaño de la cabeza fetal y una notable y diferencial respecto a los simios de la expansión postnatal del encéfalo humano. Tobias (1997) propuso esta hipótesis obstétrica de la necesidad de una anticipación progresiva del parto, para asegurar que el cráneo fetal no fuera desproporcionado al tamaño del canal de parto. Se produjo, entonces, una disminución del tamaño de la cabeza fetal en términos relativos, respecto al que tendrá de adulto. Frente al 60% de un chimpancé neonato, la disminución ya era del 46% en *H. habilis*, hace dos millones de años; tendencia que continuó hasta el actual 26% (Tobias 1999, Turbón 2006). El tamaño de la cabeza al nacer en los especímenes fósiles se calcula mediante interpolación entre los tamaños de la cabeza, al nacer y en el adulto, de las especies actuales.

Respecto a la ontogenia, la gran mayoría de mamíferos pasan de la infancia a la edad adulta sin estadios intermedios, disminuyendo el ritmo de crecimiento durante el proceso. En cambio, en los mamíferos sociales –como leones, perros, lobos, elefantes y primates— se pospone la pubertad introduciendo un nuevo estadio, el juvenil, de características diferenciadas tanto a nivel de crecimiento como de comportamiento, respecto a las edades infantil y adulta. El estadio juvenil lo integran quienes dejan de ser dependientes de sus madres. Ya no son inermes, pero aún requieren la atención de los adultos. La aparición de un estadio y su duración en el ciclo responde a adaptaciones básicas relacionadas con la locomoción, la adquisición de alimentos y la reproducción.

Los humanos tenemos dos estadios más que el resto de primates y mamíferos: *la niñez y la adolescencia* (Bogin 1997, 2003). El Crecimiento y Desarrollo humanos comprenden cinco estadios: infantil, niñez, juventud, adolescencia, y edad adulta, cada uno de los cuales puede ser identificado desde un punto de vista biológico y conductual, y están relacionados con la tasa de crecimiento, la nutrición y el comportamiento sexual. Con *Homo sapiens* se llegó a la expansión actual de los estadios de niñez y adolescencia

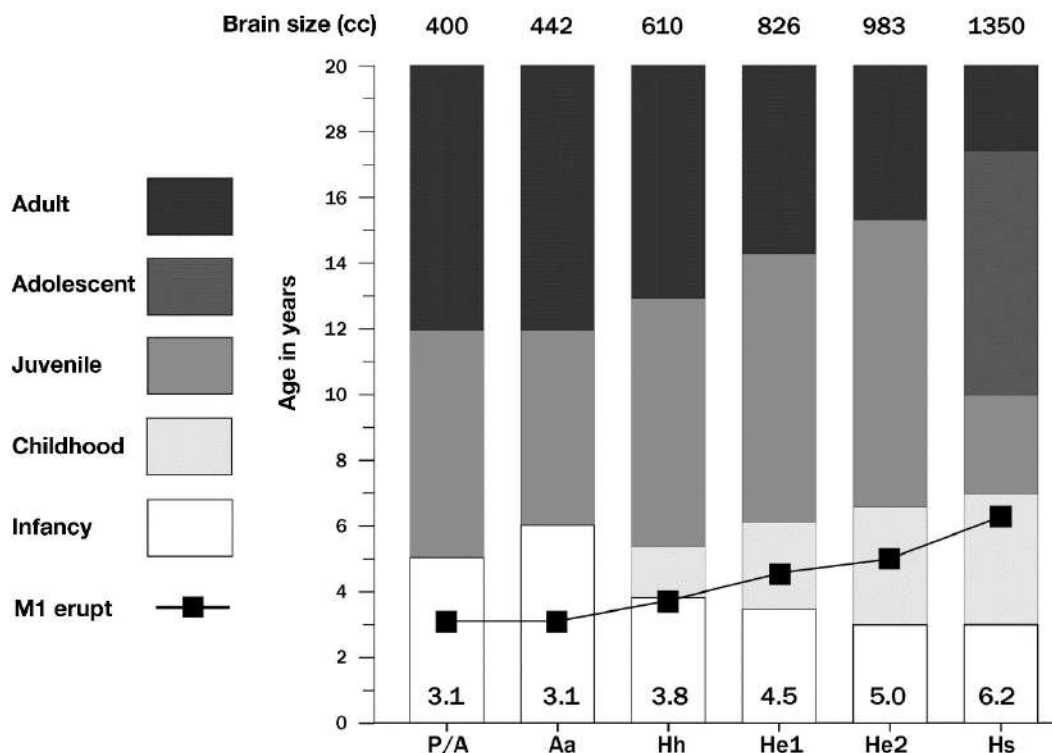


Figura 5. Estadios de Crecimiento y Desarrollo de los homínidos durante los primeros 20 años de vida. Los tamaños medios del cerebro figuran en la parte superior del histograma. Los valores medios de la edad de la erupción del primer molar permanente (M1) se representa, junto con un cuadrado negro, en la base de las columnas. La Nomenclatura

abreviada es: P / A Pan y *Australopithecus afarensis*; Aa, *Australopithecus africanus*; Hh, *Homo habilis*; He1, *Homo erectus* inicial; He2, *Homo erectus* final; Hs, *Homo sapiens* (según Bogin 1997).

8. Avances en genómica de los Neandertales

El avance tecnológico en amplificación y secuenciación de ADN han abierto nuevas perspectivas en Paleogenética, al permitir comparar y reconstruir linajes genéticos del ADN extraído de restos fósiles. En cierto modo es similar a la trazabilidad de parientes genéticos aplicada con éxito en Criminalística. Se compara el ADN de un desconocido, hallado en el escenario de un crimen, con los datos de bancos genéticos, en busca de potenciales sospechosos a través de sus parientes genéticos sí identificados y su localización geográfica.

Un reciente e importante estudio ha analizado genomas de 13 Neandertales y establecido sus relaciones familiares, incluidos los de una pareja de padre e hija (Skov *et al.* (2022). Los Neandertales ocuparon el oeste de Eurasia desde hace unos 430.000 años hasta hace 29.000. Los nuevos datos han proporcionado una visión general amplia de estas poblaciones hoy extinguidas, y la existencia de múltiples poblaciones de Neandertales distintas en el tiempo y en el espacio (Meyer *et al.* 2016)

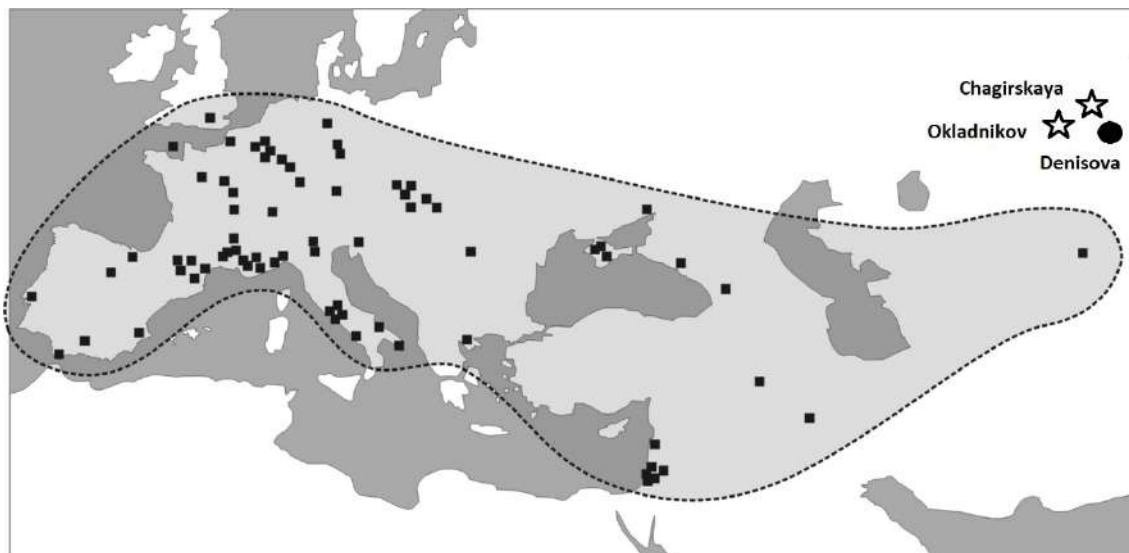


Figura 6. Dispersión geográfica de los Neandertales. Arriba, a la derecha, localización de los nuevos yacimientos con restos humanos de Neandertales y Denisovanos (Skov *et al.* 2022).

Aún se sabe poco sobre las relaciones genéticas y la organización social dentro y entre las comunidades neandertales en cualquier parte de Eurasia durante este intervalo de tiempo. Por *organización social* se entiende aquí el tamaño, la composición sexual y la cohesión espaciotemporal de una comunidad. Se entiende por *comunidad* un grupo de individuos que presumiblemente vivían juntos en el mismo lugar, reservando el término *población* para un conjunto de comunidades ampliamente conectadas en un área geográfica más amplia.

Los autores exploraron la organización social de los neandertales de los restos de 13 individuos recuperados en dos yacimientos ubicados cerca uno del otro en el sur de Siberia (Rusia), las cuevas de Chagyrskaya y Okladnikov, en la Rusia Siberiana (Figura 6).

Se utilizó la técnica de la “captura de hibridación” para obtener datos nucleares de todo el genoma, también secuencias mitocondriales, transmitidas solo por herencia materna, así como del cromosoma Y que sólo tienen los varones. Algunas personas de la cueva siberiana Chagyrskaya estaban estrechamente relacionadas, incluida una pareja de padre e hija y un par de parientes de segundo grado, lo que indica que, al menos, algunas de las personas vivieron cercanamente en el tiempo. Hasta un tercio de los genomas de estos individuos tenían segmentos largos de gran similitud (homocigosidad), lo que sugiere que los neandertales de Chagyrskaya formaban parte de una pequeña comunidad. Además, la diversidad del cromosoma Y es menor que la diversidad mitocondrial, un patrón que encontramos se explica mejor por la migración femenina entre comunidades.

Estudios previos sobre la organización social de los Neandertales han sugerido que probablemente vivían en pequeñas comunidades. Se concluye que el alto grado de *homocigosidad* (similitudes genéticas) hallado en todos los individuos es similar a lo que se observa en los gorilas de montaña, en consonancia con los Neandertales del Altai, que también vivieron en pequeñas comunidades. En base al tiempo de coalescencia promedio más corto para los cromosomas Y, que para el mtDNA, así como por las variantes de mtDNA compartidas entre los individuos Chagyrskaya y Okladnikov, los autores proponen, como se ha mencionado, que estos pequeños grupos neandertales estaban predominantemente unidas por la exogamia de mujeres.

9. Ética y Altruismo

El término *altruismo* fue introducido por el filósofo positivista Auguste Comte, a mediados del siglo XIX, para referirse a un tipo particular de comportamiento moral por el cual una persona intenta hacer el bien a los otros sin pensar en ninguna ventaja que pudiera derivarse. Los deterministas biológicos –la Sociobiología— han visto en ello un efecto de la *selección grupal*, es decir, unos individuos recibirían genes para sacrificarse por otros. Así, E. O. Wilson (1975, 1978) distingue entre el *altruismo extremo* el sacrificio de la madre por la cría, extremadamente emocional, y el *altruismo ordinario* que sería *egoísta*, es decir que espera una reciprocidad en el fondo. Eccles (1989) distingue entre *pseudoaltruismo* –el de los animales— del verdadero altruismo que se caracteriza para serlo por su *intencionalidad* –aunque en la ejecución pueda ser automática—y por su *planificación* en atención a los intereses de la otra u otras personas. De hecho, no hay un altruismo así en ningún animal, aunque sí en el pasado humano, como es el caso del *Homo erectus* al que perdió toda la dentadura en vida y presenta intensa reabsorción alveolar. Hallado en el yacimiento de Dmanisi, de hace 1.77 millones de años, este individuo fue necesariamente alimentado y cuidado. Tal conducta excede la que practican los primates no humanos. Otro ejemplo se da en los Neandertales, en los que hubo heridos con lesiones óseas de importancia que sobrevivieron a juzgar por las cicatrices óseas, lo que prueba que fueron cuidados.

Hoy cobra actualidad lo que Dobzhansky (1956) llamó *The biological basis of human freedom*. En los seres humanos hay conductas no adaptativas e incluso el suicidio, lo cual es un acto racional posibilitado por la evolución cerebral, que hace posible planificar y practicar conductas no asociadas a emociones. Es la base de la libertad humana.

Es útil observar la conducta altruista en los niños. Si bien el aprendizaje por imitación es fundamental para la acumulación de cultura, los chimpancés también aprenden observando un modelo y, sin embargo, no han acumulado la cultura. Los experimentos sugieren que los chimpancés están más inclinados a emulación –o aprender a obtener el resultado deseado–, en lugar de la imitación, la cual copia los medios precisos. Los niños imitan las acciones sin recompensa presentado por un modelo adulto, mientras que los chimpancés eliminan rápidamente las acciones que no conduzcan a la obtención de la recompensa. Otros estudios de aprendizaje social han

demostrado que lo señalado es una diferencia constante de los humanos en comparación con los chimpancés. En efecto, la tendencia humana al comportamiento altruista, la propensión a la imitación sin recompensa es muy rara en la Naturaleza. Por otra parte, los experimentos muestran que los niños imitan fácilmente los comportamientos altruistas de otros, lo que no ha sido observado en los otros primates. Los niños no sólo imitan los modelos de acciones, sino que, a la vez, incorporan la reacción emocional de que hacer las cosas de otra manera es malo.

El aprendizaje social humano incluye un excepcional centrarse en acciones en lugar de sólo en objetivos. En cambio, los chimpancés imitan los comportamientos que proporcionan recompensas inmediatas, pero son reacios a prever con posterioridad nuevos comportamientos que puedan proporcionar aún mayores recompensas.

Se ha propuesto que la cultura humana es conceptualmente distinta de las tradiciones de los animales debido a tres componentes universalmente presentes en todas las sociedades humanas: 1) técnicas socialmente aprendidas 2) reglamentos de conducta (convenciones, normas, leyes) socialmente aprendidas que operan a través de premios y castigos; 3) reforzamiento simbólico y emocional de un sistema de reglas específicas (ritual, la moral, la religión, la etnia). El segundo y tercer componentes mencionados no se han descrito en los animales. Estas capacidades cognitivas son decisivas para comprender la formidable y distintiva capacidad humana para la transmisión de la cultura mediante instrucción.

10. Conclusiones

El ser humano es una especie biológica única, dotada con una capacidad muy desarrollada para el pensamiento simbólico, el lenguaje semántico-fonético, y con un complejo cuerpo de tradiciones conocida como Cultura, una propiedad exclusiva del hombre (Holloway 1969).

Hay una Gran Brecha que separa al ser humano del resto de los seres vivos. Ningún animal ha alcanzado las propiedades exclusivas del hombre de Racionalidad y de la Ética, las cuales sólo emanan de la Libertad, y son impensables sin ésta. El uso intencional del fuego, que se remonta como mínimo a un millón de años, hace incuestionable que las tres características mencionadas ya existían entonces, y

probablemente antes cuando se excaven en el interior de las cavernas, pues la erosión ambiental ha hecho desaparecer la mayoría de los rastros de fuego en los hábitats de la humanidad antigua.

El ser humano de hace más de un millón de años transformaba materiales de todo tipo (piedras volcánicas, bambú) en objetos o utensilios con los que construyó barcas, chozas, empalizadas, palafitos; eso mismo ya indica capacidad de abstraer conceptos, en sentido filosófico. Por no hablar de la viabilidad de las crías, del amor maternal, de la cooperación grupal y, en consecuencia, de la inevitable aparición de la Ética como seres sociales que dependían críticamente unos de otros para la supervivencia.

Esa Gran Brecha es el vacío entre el poderoso pensamiento humano y el del resto de primates, incluido el chimpancé. Nos separan del resto de los animales: Independencia de los sentimientos (remodelación del sistema límbico), Autoconciencia: sentido del *Yo* y de *los demás*; Abstracción y Ética (valores morales); La Libertad; Simbolismo: conceptual (matemático o filosófico) y de los sentidos (el arte); Futuridad: planificación del futuro, sentido de la muerte; Alta capacidad para las combinaciones y permutaciones: matemática, gramática (sintáctica), lenguaje articulado; Sentido artístico y religiosidad, Sentido del humor y de la ironía.

Todo lo cual fue resumido por uno de los padres de la Genética de Poblaciones. Dobzhansky (1971: 58) escribió:

La revolución biológica se ha trascendido a sí misma en la evolución humana. Se ha alcanzado un nuevo nivel o dimensión. La luz del espíritu humano ha comenzado a brillar.

PUBLICACIONES CITADAS

Ambrose SH (2001) Palaeolithic Technology and Human Evolution. *Science* 291:1748-1753.

Bergström A, McCarthy SA, Hui R, et al. (2020) Insights into human genetic variation and population history from 929 diverse genomes. *Science* 367 eaay5012.

Berna F, et al. (2012) Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulian strata of Wonderwek Cave, Northern Cape province, South Africa. *PNAS* 109 (20) E1215-E1220; <https://doi.org/10.1073/pnas.1117620109>

Bolhuis JJ, Okanoya K, Scharff C (2010) Twitter evolution: converging mechanisms in birdsong and human speech. *Nature Reviews (Neuroscience)* 11:747-759.

Bogin B (1997) Evolutionary Hypotheses for Human Childhood. *Yearbook of Physical Anthropology* vol. 40: 63-89.

Bogin B (2003) The human patterns of growth and development in paleontological perspective. In: J. Thompson et al. (Eds.) *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*. Cambridge University Press.

Dobzhansky T (1956) *The biological basis of human freedom*. Columbia University Press.

Dobzhansky T (1962) *Mankind evolving. The evolution of Human Species*. Yale University Press. New Haven and London.

Dobzhansky T (1971) *The biology of the ultimate concern*. Fontana. London.

Eccles JC (1989) *Evolution of the Brain. Creation of the Self*. Routledge. New York.

Eccles JC (1992) *La evolución del cerebro: creación de la conciencia*. Ed. Labor. Barcelona.

Fisher SE, Scharff C (2009) FOXP2 as a molecular window into speech and language. *Trends in Genetics (review)* 25(4):166-177.

Hallowell AI (1961) The protocultural foundations of human adaptation. 236-255 págs. En SL Washburn (Ed.) *Social Life of early Man*. Werner Green Foundation. New York.

Holloway RL (1969) Culture: a human domain. *Current Anthropology* 10(4):395-412.

Holloway RL (1995) Toward a synthetic theory of human brain evolution. In: J.P. Changeux and J. Chavailleon (Eds.) *Origins of the Human Brain*. Oxford Clarendon Press, pp. 42-54.

Holloway RL (2009) Brain Fossils: Endocasts. In *Encyclopedia of Neuroscience*, ed. Larry R. Squire, volume 2, 353–361. Oxford: Oxford Academic Press.

Lanh BT y Ebenstein L (2009) Let's celebrate human genetic diversity. *Nature* 46:726-728.

Lévi-Strauss C (1949) *The Elementary Structures of Kinship*. Eyre & Spottiswoode. (1969 ed.) London.

Malinowsky B (1926) *Crime and costum in savage society*. Routledge & Kegan Paul (1966). London.

Marino L (1996) What Can Dophins Tell Us About Primate Evolution? *Evolutionary Anthropology* 5:81-85.

Martin RD (1983) *Human brain evolution in an ecological context*. Fifty-second James Arthur lecture on the evolution of the human brain. American Museum of Natural History.

Meyer, M. et al. (2016) Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins. *Nature* **531**, 504–507.

Morgan LH (1877) *Ancient Society*. MacMillan & Company. London.

Morgan TJH, Uomini NT, Rendell LE, et al. (2015) Experimental evidence for the co-evolution of hominin tool-making teaching and language. *Nature Communications* 6:6029 doi: 10.1038/ncomms7029.

Pujol A, Rissech C, Ventura J, Turbón D (2016). Ontogeny of the male femur: geometric morphometric analysis applied to a contemporary Spanish population. *American Journal of Physical Anthropology* 159:146-163.

Roebroeks W, Vila P (2011) On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *PNAS* 108(13):5209-5214.

Rosemberg K, Trevathan W (1995/96) Bipedalism and human birth: the obstetrical dilemma revisited. *Evolutionary Anthropology* 4(5):161-168.

Scally A, Durbin R (2012) Revising the human mutation rate: implications for understanding human evolution. *Nature Reviews* 13:744-752.

Schlebusch CM, Skoglund P, Sjodin P et al. (2012) Genomic variation in seven Khoe-San groups reveals adaptation and complex African history. *Science* 338(6105):374-379.

Sibley CG, Alquist, JE (1990) *Phylogeny and classification of birds: a study in molecular evolution*. New Haven, Connecticut: Yale University Press.

Skov L. et al (2022) Genetic insights into the social organization of Neandertals. *Nature* 610:519-525.

Sun JX, Mullikin JC, Patterson N, Reich DE (2009) Microsatellites are molecular clocks that support accurate inferences about History. *Molecular Biology and Evolution* 26(5):1017–1027.

Tobias PV (1987) The brain of *Homo habilis*: A new level of organization in cerebral evolution. *Journal of Human Evolution* 16:741-761.

Tobias PV (1991) *The Skulls, Endocasts and Teeth of Homo habilis*. Olduvai Gorge, vol IV. Cambridge University Press.

Tobias PV (1997) Evolution of the Brain Size, Morphological Restructuring and Longevity in Early Hominids. En S.U. Dani et al. (Eds.) *Principles of Neural Aging*, Elsevier, pp. 153-174.

Tobias PV (1998) Evidence for Early Beginnings of Spoken Language. En: 'The Origins of the Speech'. *Cambridge Archaeological Journal* 8(1):72-78.

Tobias PV (1999) Dating, demography, ecology and encephalization in relation to human evolution. *South African Journal of Science* 95:189-193.

Trinkaus E (2007) Human evolution: Neandertal gene speaks out. *Current Biology* 17(21): R917-R919.

Turbón D (2006) *La Evolución Humana*. Ariel. Barcelona.

Wilson EO (1975) *Sociobiology: The New Synthesis*. Harvard University Press.

Wilson EO (1978) *On Human Nature*. Harvard University Press.

Wohlgemuth S, Adam I, Scharff C (2014) Foxp2 in songbirds. *Current opinion in Neurobiology* 28:86-93.

Wolpoff M (1999) *Paleoanthropology*. Second Edition. McGraw Hill, New York.

Wong CC, Avshalom C, Williams B, Craig IW, Houts R, et al. (2010) A longitudinal study of epigenetic variation in twins. *Epigenetics* 5-6:516-526.

Zilhao J (2006) Neandertals and Modern mixed, and it matters. *Evolutionary Anthropology* 15:183-195.

Zilhao J (2007) The emergence of the ornaments and art: an archaeological perspective on the origins of "Behavioral Modernity". *Journal of Archaeological Research* 15:1-54.