



UNIVERSIDAD DE BURGOS

EVOLUCIÓN DEL CEREBRO Y LA MENTE EN EL GÉNERO HOMO

DISCURSO DEL DR. D. JOSÉ MARÍA BERMÚDEZ DE CASTRO RISUEÑO
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO DOCTOR HONORIS CAUSA,
POR LA UNIVERSIDAD DE BURGOS,

Universidad de Burgos. Burgos, 30 de abril de 2010

Majestad,
Rector de la Universidad de Burgos
Presidente de la Junta de Castilla y León
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades
Miembros de la Comunidad Universitaria
Familiares y Amigos
Señoras y Señores,

Agradecimiento

Ante todo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Su Majestad la Reina Sofía, por el inmenso honor de apoyarnos con su presencia en un día tan señalado para nosotros. Mi gratitud más sincera al Equipo Rectoral de la Universidad de Burgos, encabezado por su Rector Magnífico, el Profesor Alfonso Murillo, por este nombramiento, que me llena de honor, satisfacción y orgullo. También es justo agradecer a toda la sociedad burgalesa el apoyo institucional e individual recibido durante 30 años. Todo ese tiempo de trabajo continuado en el ámbito de la evolución humana me ligan a Burgos y desde ahora muy especialmente a su Universidad. No os quepa duda de que seguiré aportando mi esfuerzo y conocimientos para que esta ciudad se convierta definitivamente en referencia obligada para los estudiantes que deseen conseguir una formación profesional en el campo de la prehistoria y los orígenes de la humanidad.

Ese conocimiento está almacenado en la neuronas de nuestro cerebro, un órgano cuya profunda comprensión está lejos de ser alcanzada por la ciencia y cuyas capacidades cognitivas conforman una mente capaz de logros impensables. Sin duda, las diferencias más evidentes entre *Homo sapiens* y los chimpancés, con quienes compartimos un ancestro común, radican en el cerebro. Es por ello que quiero dedicar unos minutos a esbozar y sintetizar una parte de lo que sabemos de la evolución del cerebro y la mente en los últimos dos millones de años, cuando el género humano inició su camino evolutivo hacia el presente.

Evolución del cerebro y la mente en el género Homo.

Introducción

Nuestra especie, *Homo sapiens*, tiene un modelo de crecimiento y desarrollo que es único entre las especies de primates actuales. Como sucede en todos los mamíferos, el desarrollo de los primates comienza tras el parto con una etapa infantil de mayor o menor duración, en la que las crías están ligadas a sus madres por una lactancia intensiva. La fase juvenil que sigue a continuación es relativamente corta y conduce de manera progresiva y sin cambios llamativos hacia la madurez sexual y la definitiva etapa de adulto. En nuestra especie, la infancia es muy corta en relación a la duración total del desarrollo. Además, hemos introducido una nueva etapa, la niñez, que termina hacia los siete años y que, como veremos enseguida, ha sido clave para el éxito de la especie. La fase juvenil no marca el final de nuestro desarrollo, sino que también hemos introducido la tormentosa etapa de adolescencia, donde las hormonas revolucionan nuestro organismo y la neuronas del neocórtex cerebral se reorganizan para alcanzar (aunque no siempre) la plena madurez del adulto. En definitiva, hemos incrementado en algo más de seis años la duración total de nuestra trayectoria ontogenética, con respecto a nuestros parientes vivos más próximos, los simios antropoideos.

Desde hace 25 años, las investigaciones dedicadas a la biología de los homínidos y en particular sobre la histología dental, han demostrado que nuestro particular modelo de crecimiento y desarrollo comenzó a gestarse hace menos de dos millones de años. Todas las evidencias disponibles apuntan a que el modelo de *Homo sapiens* no se consiguió hasta finales del Pleistoceno o inicios del Pleistoceno medio, hace unos 800.000 años. Así pues, compartimos nuestro modelo de crecimiento y desarrollo con especies extinguidas, como *Homo antecessor*, *Homo heidelbergensis* y *Homo neandertalensis*, sin perjuicio de que existan diferencias de matiz entre ellas y nosotros.

En términos energéticos, el coste de nuestro desarrollo prolongado es mucho mayor que el de los homínidos plio-pleistocenos. En particular, nuestro cerebro es un órgano muy caro de mantener. Nada menos que el 20 por ciento de la energía de nuestro metabolismo basal se dedica a mantener la actividad cerebral. Así pues, debemos explicar los beneficios de un órgano tan costoso en el marco de la teoría evolutiva. Para ello, y en primer lugar, debemos entender el escenario físico en el que se produjo “el salto” de los homínidos del Plioceno hacia lo que algunos han denominado “procesos de hominización y humanización”.

Cambios climáticos y evolución humana

Las investigaciones en paleo-climatología de expertos como Peter Demenocal muestran evidencias de un profundo cambio climático ocurrido en todo el planeta hace 2,6 millones de años. A partir de ese momento, se sucedieron alternancias de ciclos glaciales e interglaciales cada 41.000 años de duración, coincidiendo con la mínima inclinación del eje de la Tierra. Ese cambio modificó de manera drástica el escenario físico en el que hasta entonces se había producido la evolución de los homínidos. En las zonas tropicales y subtropicales de África se produjo una progresiva regresión de los bosques en favor de las sabanas y el desierto. Algunos homínidos, como los parántropos, consiguieron adaptarse a la nueva situación especializándose en la ingesta de especies vegetales propias de espacios abiertos, tipo sabana. Otros quedaron ligados a zonas boscosas, probablemente no tan cerradas como las originales, y el espectro de su dieta se dirigió hacia un mayor consumo de productos de origen animal. Es interesante recordar que los chimpancés incluyen en su dieta una cierta cantidad de proteínas y grasas de origen animal y que nuestro antecesor común debió de tener una dieta similar. Por ese motivo, no cabe pensar en que la inclusión de una mayor cantidad de carne y grasa en la dieta supusiera un hecho fisiológico traumático para los homínidos de finales del Plioceno. Pero tampoco se nos debe escapar que, desde el punto de vista ecológico, no es lo mismo ser casi exclusivamente vegetarianos, que tener una dieta con tendencia al omnivorismo. La obtención de recursos menos predecibles requiere unas habilidades mentales, que no son necesarias cuando el alimento es estático y abundante en cualquier época del año. Por ese motivo, un cerebro algo mayor y una inteligencia operativa más eficaz debieron convertirse en rasgos biológicos de gran valor en el nuevo escenario del África oriental.

El tránsito Plio-Pleistoceno

Es un hecho bien probado por las evidencias del registro fósil que hace unos dos millones de años los miembros del género *Homo* incrementaron su capacidad craneal de manera significativa con respecto a sus antecesores del Plioceno, como la recién nombrada *Australopithecus sediba* o *Australopithecus africanus*. Si tomamos como referencia esta última especie, cuyo promedio de capacidad encefálica está en torno a los 450 c.c., podemos calcular fácilmente que el tamaño del cerebro de *Homo* aumentó en algo más del cuarenta por ciento durante el medio millón de años que transcurre entre la crisis climática del Plioceno y el final de dicho periodo. Dado que el tamaño corporal de *Homo habilis* no aumentó de manera proporcional al tamaño de su cerebro, se infiere que estos homínidos alcanzaron un mayor grado relativo de encefalización con respecto a sus predecesores. ¿Cómo se produjo un incremento tan significativo del cerebro en ese periodo de tiempo?

Una primera hipótesis para explicar el aumento del cerebro en los primeros representantes del género *Homo* estaría relacionada con el incremento en la duración de la infancia. Puesto que durante la infancia el cerebro de los primates alcanza entre el 90 y el 95 por ciento de su tamaño final cabría pensar que una mayor duración de este periodo en los

primeros *Homo* habría repercutido positivamente en un cerebro de mayor volumen. Esta hipótesis tropieza con la dificultad de explicar la adopción de una “estrategia evolutiva” que conlleva un compromiso demográfico peligroso. En efecto, durante la lactancia las madres producen prolactina, una hormona que favorece la producción de leche, pero que inhibe la ovulación y, en consecuencia, no facilita la posibilidad de tener nueva descendencia mientras la cría se alimenta de manera exclusiva de la leche de su madre. Una lactancia prolongada disminuye la duración del tiempo de fertilidad de las hembras, un hecho que se manifiesta en todos los simios antropoideos y particularmente en los orangutanes. Si el hábitat de una cierta especie de primate es muy estable y carece de riesgos, la “estrategia” de una infancia prolongada y una reducción del número de descendientes puede ser adecuada. Pero el nuevo hábitat abierto de los homínidos del Plio-Pleistoceno no parece el más apropiado para pensar en una estrategia similar a la que han desarrollado los simios antropoideos.

Como hipótesis alternativa, podemos sugerir una selección natural en favor de tasas más elevadas de crecimiento cerebral durante la gestación en aquellas poblaciones de finales del Plioceno. Este hecho no habría supuesto excesivos riesgos para el recién nacido y su madre durante el parto. Si el incremento de la tasa de crecimiento cerebral se hubiera prolongado unos meses después del nacimiento (como sucede en nuestra especie), se habría conseguido llegar al estado adulto con un volumen significativamente más elevado en términos estadísticos. Esta hipotética novedad adaptativa se habría extendido con relativa rapidez en las poblaciones de homínidos africanos de finales del Plioceno. Un hábitat de bosque más abierto o de sabana abierta, habría supuesto un nuevo escenario en el que la obtención de alimentos no sería tan predecible como en el bosque cerrado. Si el porcentaje de proteínas y grasas de origen animal se hubiese incrementado en la dieta (como realmente debió suceder), el aumento de capacidades y habilidades de la mente habría tenido unas ventajas indudables para conseguir estos alimentos.

Esta segunda hipótesis nos resulta más convincente, por el hecho de que este es precisamente nuestro modelo actual. Obviamente, en *H. sapiens* hemos llevado el modelo hasta sus límites extremos, como tendremos ocasión de comentar más adelante. De acuerdo con esta hipótesis el cerebro de los homínidos del Plio-Pleistoceno se habría incrementado mediante un proceso de heterocronía que los expertos denominan “tasa hiper-morfosis”.

No obstante, si aceptamos que la tasa de crecimiento del cerebro de los homínidos del Plio-Pleistoceno se incrementó durante la gestación, también debemos comprender que existe un límite a este proceso. Es muy probable, de acuerdo con las investigaciones de científicos como las de mi compañero Juan Luís Arsuaga (Arsuaga et al., 1999), que las dimensiones del canal del parto de todos los homínidos fueran relativamente mayores que las de *H. sapiens*. En otras palabras, tener un canal pélvico ancho habría sido la condición primitiva de los homínidos, mientras que tan sólo nosotros mostraríamos la condición derivada de un canal pélvico reducido. A pesar de ello, los problemas obstétricos para un parto holgado habrían aparecido en los homínidos del Pleistoceno Inferior, si la tasa de crecimiento cerebral hubiera sobrepasado unos límites determinados. Para Robert Martin (1983), estos límites se alcanzaron cuando los adultos llegaron a tener una capacidad

craneal de unos 850 c.c. Si los neonatos de estos homínidos hubieran nacido con el 40 por ciento del tamaño total de su cerebro (la cifra que caracteriza a chimpancés y probablemente también a los australopitecos) el volumen de este órgano al nacimiento habría sido de unos 340 c.c.; es decir, casi se habría alcanzado el promedio y aún superado el límite inferior del rango de los valores actuales.

A partir de un cierto momento, en el Pleistoceno Inferior, y tal vez en diferentes especies (si se reconocen a *H. erectus* y *H. ergaster* como especies distintas), el incremento del volumen cerebral hubo de producirse necesariamente una vez finalizada la etapa de gestación. Ya hemos comentado que esta "estrategia" es característica de *H. sapiens* y la hemos heredado de nuestros antecesores del Pleistoceno. Para ser más precisos, nuestra elevada tasa de crecimiento cerebral durante la gestación se mantiene durante el primer año de vida postnatal.

Pero el proceso de tasa hiper-morfosis no explica por sí sólo el incremento del volumen del cerebro de los homínidos del Pleistoceno. Pensamos que la infancia (y por ende la lactancia obligada) no pudieron prolongarse en demasía; sin embargo, nuestra etapa juvenil no comienza hasta los siete u ocho años. ¿Qué sucede desde que finaliza nuestra infancia a los dos o tres años hasta que se inicia la fase juvenil?, ¿cómo se podría extender el periodo infantil y continuar con la expansión cerebral sin comprometer el éxito reproductor y demográfico de la especie?

De acuerdo con Barry Bogin (1991; 1997) la respuesta podría haber consistido en la progresiva aparición de la niñez, una nueva etapa del desarrollo que prorroga la infancia hasta los siete u ocho años en nuestra especie, en la que los niños ya no precisan de la leche de sus madres, pero cuyas características en crecimiento y desarrollo siguen siendo muy similares a las de la infancia. Durante la niñez el cerebro sigue creciendo a buen ritmo hasta alcanzar casi el cien por cien de su volumen hacia el final de esta etapa de desarrollo. Esta "estrategia evolutiva" tuvo tanto éxito para los homínidos, que incluso llegaron a disminuir el periodo de lactancia en favor de una niñez de mayor duración. No importó que la consecución y mantenimiento de un cerebro mayor implicara un gran gasto energético para cada individuo y que los progenitores, y todo el grupo en general, tuvieran que invertir un gran esfuerzo en proteger y alimentar durante más tiempo a las crías. La balanza se inclinó hacia una estrategia en la que tener una inteligencia operativa y unas habilidades cognitivas más desarrolladas estaba selectivamente favorecida, a pesar del gasto adicional que ello podía comportar. Nuestra especie es heredera de esa estrategia socio-biológica y el resultado más llamativo ha sido el enorme crecimiento demográfico de las poblaciones humanas.

Los mamíferos hemos adquirido una nueva parte del cerebro denominada neocórtex, que se superpone a capas y regiones cerebrales propias de otros vertebrados. En primates y otros mamíferos el neocórtex ha conseguido un gran desarrollo, que alcanza su máximo en *Homo sapiens*. La naturaleza humana se explica pues en el gran desarrollo del neocórtex. En nuestra especie, esta zona de la corteza cerebral podría definirse como un "cerebro racional", en el que residen capacidades y habilidades mentales apenas esbozadas en otros simios antropoides. En particular, ciertas áreas del lóbulo frontal tienen un protagonismo

especial en nuestra complejidad cerebral. En ellas residen capacidades fundamentales como las de planificación, iniciativa, anticipación de los acontecimientos, mantenimiento de las ideas en la mente, motivación, capacidad de atención, capacidad de enjuiciar, control de las emociones, así como la capacidad de concentración en el trabajo. El área frontopolar, cuyo volumen es seis veces superior al de los chimpancés, tiene una verdadera función ejecutiva y está conectada con el resto de cerebro para recibir la información que llega a diferentes áreas y tomar decisiones coordinadas.

El cerebro "sapiens"

Un aspecto paradójico de la estrategia evolutiva de *H. sapiens* es el escaso grado de desarrollo neuromotriz con el que nacen nuestros niños en la actualidad. En términos técnicos hablamos de la altricialidad de nuestros recién nacidos. Este rasgo añade si cabe aún más problemas a los progenitores y cuidadores de los grupos humanos. La protección y el cuidado que debemos prodigar a nuestros hijos es costosa en extremo. Sólo caben especulaciones sobre el momento en el que la altricialidad de los neonatos se fue fijando en el genoma de los homínidos. En algún momento del Pleistoceno, quizás cuando el cerebro ya no tuvo capacidad para crecer más en el seno materno, se produjo un cambio genético que propició una ralentización en la tasa de maduración (o de desarrollo) del cerebro del recién nacido. De ese modo, el cerebro del neonato vino a tener un gran volumen pero una menor complejidad de la red neuronal. Idealmente, esta mayor o menor complejidad se podría medir por el número de conexiones que forman la red neuronal. Sabemos que ese número es incalculable con la tecnología actual, y que durante cada día del desarrollo de un individuo infantil se producen varios miles de conexiones. Aunque la red neuronal se modifica a lo largo de toda la vida de un individuo, especialmente durante la adolescencia, todas nuestras capacidades cognitivas aparecen y progresan durante el desarrollo.

La ralentización en el desarrollo cerebral acabó por interesar a todo el periodo infantil y también a la niñez y se sumó a la capacidad del cerebro para continuar creciendo en volumen cada vez por un tiempo más prolongado. Este modelo es una novedad evolutiva de los homínidos y ha posibilitado que ciertas áreas cognitivas alcanzaran un gran desarrollo o que aparecieran otras nuevas en un cerebro que ha multiplicado por cuatro el tamaño del cerebro con respecto a nuestros antecesores del Plioceno. El retraso en la maduración del cerebro encaja bien en el proceso de neotenia, un modelo bien conocido y estudiado desde hace más de un siglo y modelizado y por científicos de la talla de Stephen Jay Gould en los años 1970 (Gould, 1977). Los dos procesos mencionados, tasa hipermorfosis y neotenia, no son mutuamente excluyentes, pero tampoco están necesariamente ligados. Los cambios genéticos que propiciaron el primer proceso se extendieron en las poblaciones de homínidos cuando las condiciones ambientales eran propicias, mientras que la neotenia debió de suceder en un momento posterior y de manera independiente.

Resulta difícil aceptar una altricialidad manifiesta en homínidos del Pleistoceno Inferior o del Pleistoceno Medio. Esa maduración retardada habría supuesto un hándicap muy importante en el éxito de las especies, aún cuando su grado de socialización hubiera permitido el cuidado intensivo de la prole por parte de todo el grupo. En ocasiones se ha

explicado la altricialidad como consecuencia del nacimiento prematuro de nuestros hijos; es decir, que la gestación de *Homo sapiens* debería de durar casi tres años, para que nuestros hijos llegaran al mundo en el mismo estado de desarrollo neuromotriz que los chimpancés. En mi opinión, la gestación de nueve meses es un rasgo del desarrollo que compartimos con todos los simios antropoideos y que es independiente de la altricialidad. La madurez ralentizada del cerebro sería un rasgo evolutivo novedoso (apomórfico) quizá propio de nuestra especie.

Conclusión

En definitiva, los homínidos del Plio-Pleistoceno iniciaron una trayectoria ontogenética novedosa en el orden Primates, impulsada por cambios ambientales de gran alcance. La variabilidad genética de aquellos homínidos tuvo la suficiente riqueza para responder a los cambios y permitió el florecimiento de un nuevo grupo de homínidos, que hemos clasificado en el género *Homo*. La particular trayectoria ontogenética del desarrollo del cerebro pudo sufrir varios cambios, que tal vez podríamos rastrear en los diferentes nodos de divergencia de la filogenia de *Homo*. Es probable que el proceso de neotenia cerebral no tenga raíces demasiado profundas en el Pleistoceno. En otras palabras, cabe hipotetizar que este proceso haya sido clave en la aparición y evolución de nuestra propia especie. Tan sólo los avances en los proyectos del estudio del genoma de nuestra especie y de los chimpancés podrán responder a esta cuestión en un futuro, esperemos no demasiado lejano.

Como ejemplo del progreso en las capacidades cognitivas de *H. sapiens*, cabe mencionar el simbolismo. Este carácter de la mente pudo estar esbozado en ciertos homínidos del Pleistoceno. En el simbolismo de *Homo sapiens* reside nuestra gran capacidad de abstracción y autoconsciencia. Esta capacidad mental, unida a la visualización de la representación de un símbolo, es capaz de combinarse con los centros cerebrales que se incluyen en el sistema límbico para traer a la memoria sensaciones de placer, odio, respeto, jerarquía, emoción, pertenencia a un grupo, etc. Junto a esto, las capacidades creativas e innovadoras de nuestra especie han sido los motores de nuestra historia evolutiva desde hace millones de años.

Muchas gracias por su atención.

Bibliografía citada

- Arsuaga J.L., Lorenzo C., Carretero J.M., Gracia A., Martínez I., García N., Bermúdez de Castro J.M., Carbonell E. 1999. A complete human pelvis from the Middle Pleistocene of Spain. *Nature* 399: 255-258.
- Bogin B. 1991. Patterns of Human Growth. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bogin B. 1997. Evolutionary hypotheses for human childhood. *Yearbook of Physical Anthropology* 40: 63-89.
- Deménil P. 1995. Plio-Pleistocene African climate. *Science* 270: 53-59.
- Gould S.J. 1977. Ontogeny and Phylogeny. Harvard University Press. Cambridge.
- Martin R.D. 1983. Human brain evolution in an ecological context. Fifty-Second James Arthur Lecture on the Evolution of the Human Brain, 1982. American Museum of Natural History. New York.