

# Claves de la evolución humana en el Pleistoceno

*Hace algo más de dos millones y medio de años se produjo una profunda crisis climática en el planeta, que propició cambios importantes en el curso de la evolución de los homínidos. La alteración de la trayectoria ontogenética de nuestros ancestros de finales del Plioceno fue clave en el proceso de hominización*

## CONCEPTOS BÁSICOS

- En los años ochenta del siglo pasado, se produjo un cambio radical en nuestro conocimiento de la biología de los primeros homínidos: se descubrió que maduraban como los grandes simios, en poco más de diez años, no como nosotros.
- En cambio, el "chico de Turkana", un *Homo ergaster* de hace millón y medio de años, parece haber tenido un modelo de maduración intermedio entre el de los simios antropomorfos y los humanos.
- A estas conclusiones se llega mediante el análisis del crecimiento del esmalte dental, que sigue una pauta muy regular. Ese mismo estudio ha permitido establecer que la especie *Homo antecessor* de la Gran Dolina de Atapuerca, de hace unos 800.000 años, se desarrollaba ya casi como los *Homo sapiens*.

## José María Bermúdez de Castro

En octubre de 1985, la revista *Nature* publicaba un artículo, firmado por Timothy Bromage y Christopher Dean, del Colegio Universitario de Londres, que cambió de manera radical nuestra perspectiva de la biología de los homínidos del Pliopleistoceno, que vivieron en África hace entre cinco y algo menos de dos millones de años. Los autores explicaban que, contrariamente a lo que se venía aceptando, australopitecos, parántropos e incluso los más antiguos representantes del género *Homo* compartían un crecimiento y desarrollo de duración similar al de los grandes simios antropomorfos. En otras palabras, aquellos antiguos miembros de nuestro linaje evolutivo llegaban a la madurez sexual y al estado adulto en poco más de diez años y no a los dieciocho, como sucede en la humanidad actual.

Hasta el trabajo de Bromage y Dean, existía una visión muy "humanizada" de los australopitecos. El estudio comparado del desarrollo de la dentición en fósiles de ciertos homínidos mediante técnicas radiográficas había sido determinante en ese enfoque. Pero sería también una investigación sobre el modelo

de crecimiento del esmalte de los dientes la que permitió abrir una vía diferente hacia el mejor conocimiento de la biología de nuestros antepasados.

### Dientes y desarrollo

Desde hace mucho, se sabe que el esmalte de los dientes crece de una manera regular y discontinua. Se dejan pruebas de esa discontinuidad en forma de marcas microscópicas, las "estrías transversales" y "estrías de Retzius", que se forman regularmente cada cierto tiempo. Contándolas se averigua el tiempo de formación de las coronas de esmalte dentario. Aunque sea de manera esquemática, importa detenerse en los fundamentos sobre los que Bromage y Dean se basaron para llegar a su rompedora conclusión.

Las estrías transversales representan la prueba del crecimiento diario (circadiano) del esmalte, que se detiene aproximadamente cada 24 horas. Queda la correspondiente marca en los prismas de esmalte, que crecen desde el límite interno de la dentina y el esmalte hacia la superficie externa de la cubierta de esmalte. Aproximadamente entre cada 6 y 11 días, con

un promedio de entre 8 y 9 días y sin que se conozcan bien las razones, se detiene el crecimiento de la cubierta de esmalte.

Cuando se reanuda el proceso, se dibuja una marca muy clara, el tipo de estría que Anders Retzius describió hace 170 años; delata con nitidez la forma de la cubierta de esmalte en cada momento de su crecimiento, hasta que todo el esmalte cubre por completo la parte superior del diente. Si podemos contar las estrías de Retzius o sus manifestaciones externas (*perikimata*) en la superficie del esmalte averiguaremos el tiempo que tardó en formarse la corona de un diente.

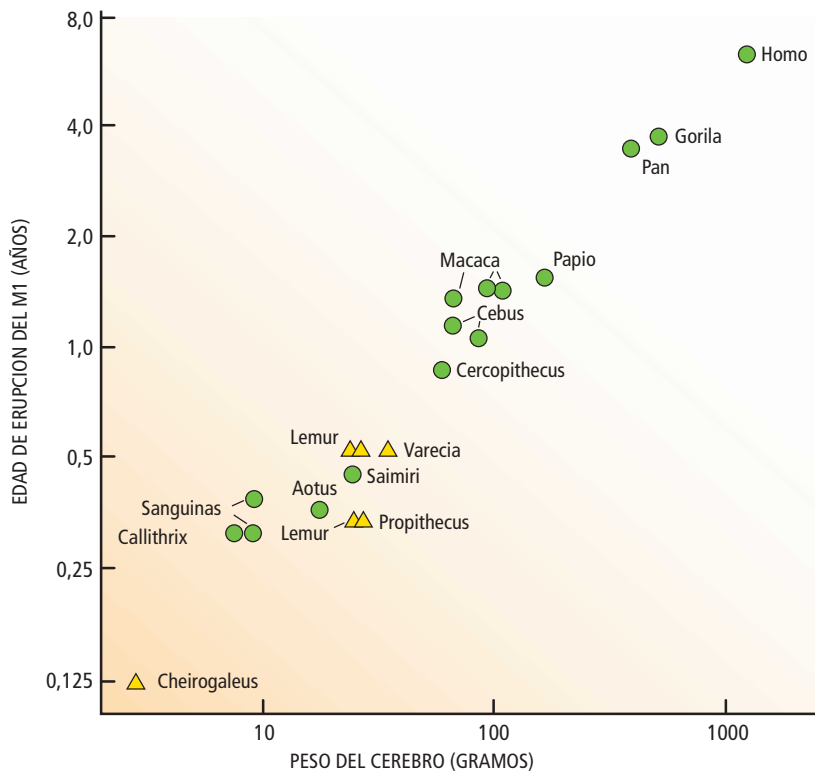
Ahora bien, sabemos que el desarrollo dental es un excelente marcador del crecimiento y maduración de las especies de vertebrados. Sabemos también que se halla integrado en el plan general de crecimiento y desarrollo de los sistemas esquelético y muscular y, sobre todo, en el crecimiento y desarrollo del cerebro. Por ese motivo, si averiguamos el tiempo de formación de los dientes, conoceremos el tiempo de crecimiento y desarrollo del organismo.

Bromage y Dean obtuvieron datos sorprendentes del tiempo de formación de la corona de los incisivos de especímenes atribuidos a las especies *Australopithecus afarensis* y *A. africanus* y a especies "primitivas" de *Homo* que vivieron entre hace 3,5 y algo más de 1,5 millones de años. Aquellos especímenes fósiles correspondían a individuos cuya edad al morir se había estimado con los patrones de desarrollo dental de las poblaciones humanas actuales. Los resultados mostraban que esos datos eran incorrectos y que los individuos habían fallecido, en realidad, a una edad más temprana.

Por ejemplo, se consideraba que el individuo conocido por el fósil SK 63, una mandíbula asignada a la especie *Paranthropus robustus* y procedente del yacimiento sudafricano de Sterkfontein, había muerto a la edad de seis o siete años, puesto que su primer molar permanente (la llamada muela de los seis años en *Homo sapiens*) y el incisivo central inferior habían completado su proceso de erupción poco antes de morir. Los datos aportados por el estudio de Bromage y Dean permitían concluir que aquel individuo había muerto cuando tenía poco más de tres años. Quizá lo más sorprendente del estudio de Bromage y Dean fue comprobar que la prolongación del desarrollo que caracteriza a la humanidad actual aún no se había producido en ciertos homínidos del Pleistoceno inferior, como KNM-ER 820, que algunos incluyen en la especie *Homo ergaster* (*Homo erectus* africano para otros autores).

Pero las conclusiones de estos investigadores tenían un mayor alcance que mejorar la estimación de edades de muerte de los





**2. RELACION ENTRE LA EDAD DE ERUPCION del primer molar inferior (M1) y el peso del cerebro en 21 especies de primates. El peso del cerebro permite predecir la edad de formación de los dientes. El gráfico está basado en la figura 2 de B. H. Smith (1991).**

individuos y ayudar a los estudios paleodemográficos de los homínidos del Plio-Pleistoceno. En el orden Primates existe una altísima correlación entre variables del proceso de dentición, como la edad de erupción del primer molar permanente o la edad a la que finaliza el proceso, y variables del cerebro, como el peso de este órgano al nacer y en el adulto. El cerebro es el verdadero “marcapasos” del crecimiento y desarrollo de los vertebrados, y su ontogenia guarda una correlación muy alta con variables del “modelo de historia biológica” de las especies, como el peso corporal en el recién nacido, el peso corporal en el adulto, el período de gestación, la edad del destete, el intervalo promedio entre nacimientos, la edad de la madurez sexual, la edad de la primera gestación y primer parto, y la longevidad; es decir, el desarrollo dental es una fuente indirecta muy segura para averiguar las características biológicas de una especie y de ahí la importancia de aquella primera publicación en *Nature*. Los australopitecos, los parántropos y los representantes más antiguos del género *Homo* tendrían un modelo de historia biológica mucho más próximo al de los chimpancés que al de nuestra especie.

### El modelo de desarrollo de los homínidos

El impacto de aquel primer artículo en *Nature* fue extraordinario. Sus conclusiones, y las de los artículos que Bromage y Dean publicaron en años posteriores, fueron aceptadas por la

mayoría de los investigadores. Algunos, como Holly Smith, de la Universidad de Michigan, confirmaron con otros métodos los resultados. Smith se centró en el estudio del patrón del desarrollo dental relativo de ejemplares fósiles; es decir, trató de averiguar si los tiempos relativos de crecimiento de la corona y raíz de cada diente con respecto a los demás dientes en las diferentes especies de homínidos se ajustaban mejor al patrón de las poblaciones modernas o al de los grandes simios antropomorfos.

Cuando un individuo joven de una especie determinada de vertebrado fallece, el desarrollo de sus dientes queda detenido en un estadio acorde con su edad y con el patrón de desarrollo dental propio de su especie. Si los restos fósiles de ese individuo llegan hasta nosotros, y entre los restos tenemos la fortuna de contar con el maxilar y la mandíbula y todos sus dientes, podremos comprobar el estado de desarrollo particular de cada diente y dibujar ese momento “congelado” de su proceso de dentición. La comparación de los estándares de nuestra especie con el de gorilas y chimpancés nos dirá si ese momento se ajusta mejor a uno u otro. La muestra examinada por Smith era muy amplia; comprendía ejemplares de diversas especies de *Australopithecus*, *Paranthropus* y *Homo*. Los resultados fueron muy claros y confirmaron las conclusiones de Bromage y Dean.

Entre los datos más interesantes aportados por esta investigadora estaban los obtenidos en el ejemplar de *Homo ergaster* KNM-WT 15000, el famoso “chico de Turkana”, uno de los fósiles más completos e interesantes del registro de homínidos. Este ejemplar se localizó a mediados de los ochenta del siglo pasado en un yacimiento próximo al lago Turkana y conserva buena parte del esqueleto craneal y poscraneal. Su antigüedad es de 1,5 millones de años y corresponde a un joven que, de acuerdo con los estándares de las poblaciones actuales, habría muerto cuando tenía unos 11 años.

El estudio de Smith reveló que su patrón de desarrollo dental relativo, detenido en el momento de la muerte, no se ajustaba ni al modelo de *Homo sapiens* ni al de los gorilas y chimpancés. Quizá, como explicaba en su trabajo, nos encontramos ante la prueba del cambio que se estaba produciendo en los homínidos hacia un modelo de crecimiento y desarrollo cada vez más próximo al de nuestra especie.

Así se multiplicó el interés por averiguar en qué momento de la evolución de los homínidos se alcanzó el modelo de crecimiento y desarrollo que hoy día es propio de nuestra especie. Pero se trataba no sólo de

conocer en qué momento del Pleistoceno se prolongó el tiempo de crecimiento hasta los dieciocho años, sino de saber cómo, cuándo y por qué aparecieron las peculiares características de nuestro desarrollo: la niñez y la adolescencia.

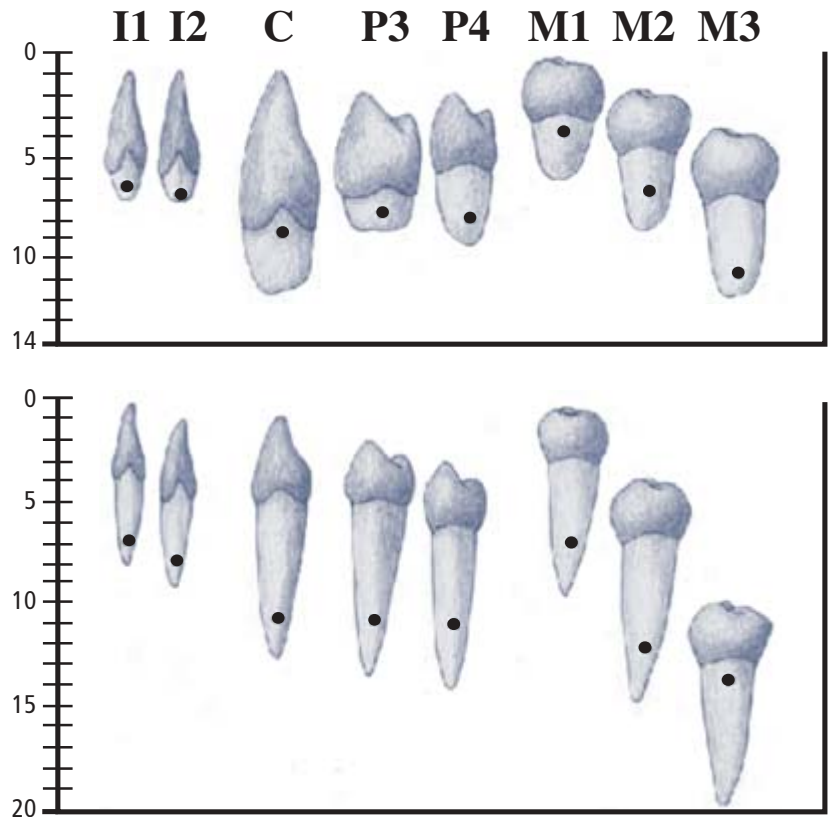
Barry Bogin, de la Universidad de Michigan, y Smith propusieron una hipótesis sobre el proceso de cambio del modelo de desarrollo de los homínidos en función del tamaño de su cerebro. La reducción de la infancia y de la fase juvenil, la aparición de la niñez y de la adolescencia estarían ligadas a un determinado volumen cerebral. Así, con un tamaño promedio de 1000 centímetros cúbicos, los homínidos tendrían una niñez muy bien definida y de duración similar a nuestra infancia; habría, además, aparecido ya la adolescencia. Obviamente, parece difícil refutar esta hipótesis, porque aquellas especies del Pleistoceno se extinguieron y sólo nos quedan sus huesos y dientes fósiles. Sin embargo, la propuesta de Bogin y Smith es muy coherente, dado nuestro conocimiento de la biología comparada de los primates.

### Infancia, niñez y adolescencia

Antes de continuar, hemos de detenernos para examinar brevemente las características fundamentales de la trayectoria ontogenética de nuestra especie. Tras los nueve meses de desarrollo fetal, los humanos iniciamos la vida extrauterina con un período infantil marcado por la lactancia y la dentición decidua (de leche). La infancia se prolonga hasta la erupción de los segundos molares de leche. Durante esta etapa, el alimento fundamental es la leche materna, al menos en condiciones naturales.

La infancia se caracteriza, entre otros aspectos, por un crecimiento muy rápido del cerebro, sobre todo durante el primer año, en el que la velocidad es similar a la de la etapa de gestación. La velocidad de crecimiento en altura disminuye de manera progresiva hasta llegar a la segunda etapa, que nosotros llamamos "niñez" y que algunos prefieren denominar "segunda infancia".

La niñez se define por el uso de los dientes de leche. Se extiende hasta los seis o siete años, cuando los primeros molares definitivos o permanentes completan su erupción y comienza la muda de los dientes de leche. La lactancia deja paso a una dieta (ya iniciada en la etapa anterior) acorde con un aparato digestivo todavía inmaduro, que debe ser rica y variada para atender a las notables demandas energéticas del cerebro en desarrollo. En efecto, durante la niñez el cerebro sigue creciendo a gran velocidad hasta alcanzar el tamaño definitivo



**3. COMPARACION DEL PATRON DE DESARROLLO DENTAL de los simios antropomorfos (en la parte superior) y de las poblaciones humanas actuales. La altura total de la imagen de cada diente representa el tiempo de formación de la corona y la raíz; el punto negro, el momento aproximado de la erupción del diente. La escala (en años) de ambos gráficos permite comparar dos patrones que difieren en su duración. Existen disparidades importantes en los tiempos absolutos de formación de las raíces y en los tiempos relativos de formación de unos dientes con respecto a otros, sobre todo entre los dientes anteriores (incisivos y caninos) y los posteriores (premolares y molares). Así, la comparación entre el canino y el segundo molar o entre los incisivos y el primer molar ilustran las diferencias entre los dos patrones.**

hacia los siete años. En ese momento, los niños tienen un desarrollo motor y sensorial que les capacita para explorar su entorno sin la protección continuada de sus cuidadores. Inician el ejercicio de sus habilidades básicas para atender a su propia supervivencia. La velocidad del crecimiento corporal, en cambio, continúa en curva descendente y exige la ingesta de una cantidad menor de proteínas.

El proceso de dentición permanente define la siguiente etapa de nuestro desarrollo. Los dientes de leche se mudan por los dientes definitivos, un proceso que continúa hasta los once o doce años, cuando comienza el proceso de erupción del segundo molar permanente. En esta fase, que llamamos juvenil, se produce la plena madurez del aparato digestivo y del sistema inmunitario. El cuerpo continúa creciendo con velocidad decreciente y los requerimientos energéticos del joven disminuyen de manera drástica, puesto que el cerebro ya alcanzó su pleno desarrollo.

El período juvenil en los humanos es muy corto y da paso a una adolescencia muy larga y caracterizada por cambios fisiológicos muy llamativos. El joven se convierte en adulto mediante rápidos cambios hormonales y resultados espectaculares. El estirón puberal, más intenso en los chicos, permite alcanzar en muy poco tiempo la estatura definitiva. Hacia los dieciocho años, coincidiendo con la erupción del tercer molar (la muela del juicio), los humanos culminamos nuestro desarrollo. De este modo, nos hemos diferenciado de los chimpancés, nuestros parientes vivos más próximos, que tienen un desarrollo más simple, con una infancia de unos cinco años de duración, a la que sigue un largo período juvenil, que termina hacia los 11 años con la madurez sexual y el inicio de la fase de adulto.

### Los homínidos de Atapuerca

Los restos de homínidos obtenidos en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, en Burgos, han aportado información de gran valor para esta línea de investigación. Los fósiles de *Homo antecessor* recuperados del nivel TD6 del yacimiento de la Gran Dolina tienen una antigüedad de entre 800.000 y 850.000 años, un momento muy interesante de nuestra evolución, a medio camino entre el inicio de la nueva “estrategia” de los homínidos y la humanidad actual. Además, la mayoría de los restos fósiles de la Gran Dolina pertenecieron a individuos inmaduros, que conservan dientes en desarrollo. Una buena oportunidad para averiguar si especies anteriores a *Homo sapiens* comparten con nosotros un mismo patrón de desarrollo y un modelo de historia biológica similar.

Los primeros resultados de la investigación fueron concluyentes. Los tres homínidos de la Gran Dolina estudiados presentaban un patrón

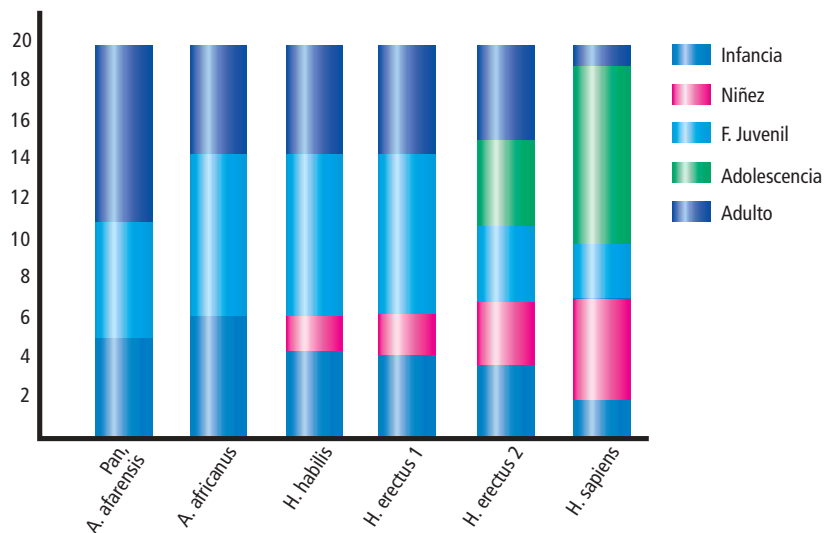
de desarrollo dental idéntico al de *H. sapiens*. Los momentos relativos de formación de la corona y raíz de sus dientes, así como de su erupción, eran similares a los de nuestra especie. Tan sólo destacaba una notable aceleración en el desarrollo del tercer molar, que no obstante aún entraba en el extremo de la variabilidad observada en las poblaciones actuales. Puesto que algunos datos indirectos indicaban que la especie *H. antecessor* había superado con holgura la cifra de 1000 centímetros cúbicos (cc) de capacidad craneal, concluimos, de acuerdo con las hipótesis de Bogin y Smith, que esta especie ya habría alcanzado un modelo de desarrollo esencialmente humano, con inclusión de las fases de niñez y adolescencia.

Aunque hasta el momento las investigaciones sobre el patrón de desarrollo dental relativo y sobre los tiempos absolutos de formación de los dientes habían dado resultados coincidentes, seguíamos interesados en afinar nuestras conclusiones y averiguar si *H. antecessor* llegaba al estado adulto hacia los dieciocho años de edad. Ciertamente, las investigaciones sobre los tiempos absolutos de desarrollo dental de Dean en ejemplares como Sangiran S7-37 (*H. erectus*) y el propio “chico de Turkana” indicaban que hace 1,5 millones de años los homínidos estaban lejos de alcanzar un período de desarrollo como el nuestro.

Recordemos que con los estándares de desarrollo dental de las poblaciones actuales, la edad de muerte del chico de Turkana se había estimado en unos once años. Las investigaciones de Dean sugerían, en cambio, que el individuo murió quizá con sólo ocho años. Es decir, la especie *H. ergaster* muy probablemente aún no habría desarrollado la etapa de adolescencia. De haber continuado con vida, aquel chico de las sabanas africanas no habría tenido un estirón puberal marcado y su estatura no habría llegado a los 185 centímetros, como se especuló hace unos años, cuando se consideraba que los individuos de esta especie tendrían un desarrollo similar al de *H. sapiens*.

Si los resultados del estudio del patrón de desarrollo dental relativo del chico de Turkana dejaban algunas dudas de interpretación, los resultados sobre los tiempos absolutos de desarrollo dental eran mucho más concluyentes. Así pues, ¿sucedería lo mismo con *H. antecessor*? Un estudio realizado por Fernando Ramírez Rozzi, investigador del CNRS francés, sobre los tiempos de desarrollo de incisivos y caninos de esta y otras especies fósiles, alcanzó resultados muy interesantes. Los tiempos obtenidos en los homínidos de la Gran Dolina eran significativamente inferiores a los de las poblaciones de *H. sapiens*

**4. MODELO HIPOTETICO propuesto por Barry Bogin y Holly Smith para la evolución de las diferentes etapas del desarrollo de los homínidos. De acuerdo con su hipótesis, la niñez pudo aparecer a finales del Plioceno en la especie *Homo habilis* y fue incrementando su duración durante el Pleistoceno en detrimento de la duración de la infancia. La adolescencia sería una fase de aparición hasta cierto punto reciente.**



del Paleolítico Superior y Mesolítico, pero similares a las de los homínidos hallados en el yacimiento de la Sima de los Huesos de la Sierra de Atapuerca, cuya antigüedad podría estar en torno a los 400.000 años (Pleistoceno Medio).

Sin embargo, las diferencias no son llamativas. Dan a entender que la duración total del desarrollo somático de *H. antecessor* y de las poblaciones europeas del Pleistoceno Medio quizás era tan sólo un par de años menor que en nuestra especie. Hace 800.000 años, *H. antecessor* probablemente ya tendría un patrón de desarrollo con una estructura similar a la de *H. sapiens*, aunque la duración de la niñez y la adolescencia probablemente era algo más corta.

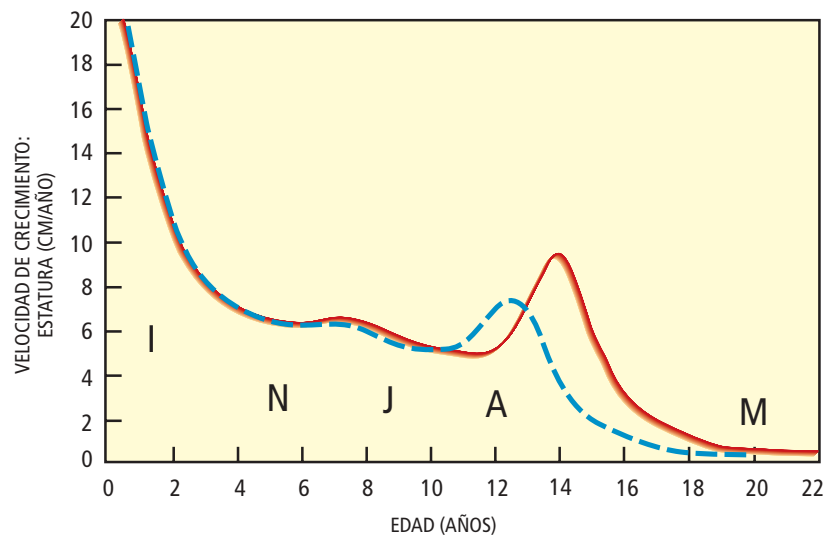
Quizás el resultado más sorprendente del trabajo de Ramírez Rozzi fue observar que los neandertales del Pleistoceno Superior habían derivado hacia tiempos más cortos de formación de los incisivos y caninos, una “rareza” más de esta población tan enigmática y tan interesante para la paleoantropología.

### El porqué del cambio

Ahora ya sabemos que hace algo más de dos millones de años nuestra trayectoria ontogenética se modificó. Como consecuencia de ello, los humanos actuales tardamos seis años más en alcanzar el estado adulto y hemos insertado dos etapas nuevas, niñez y adolescencia, que no estaban presentes en los australopitecos ni en *H. habilis*. Semejante desarrollo largo y complejo exigía un importante gasto de energía añadido. ¿A cambio de qué?

Hace 2,6 millones de años, el planeta experimentó un profundo cambio climático. Desde ese momento, se sucedieron alternancias de ciclos glaciales e interglaciales cada 41.000 años, coincidiendo con la mínima inclinación del eje de la Tierra. Se modificó de manera drástica el marco físico en el que hasta entonces se había producido la evolución de los homínidos. En las zonas tropicales y subtropicales de África se asistió a 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 y se especializaron en la ingesta de plantas propias de las sabanas, espacios abiertos. Otros quedaron ligados a zonas boscosas, probablemente no tan cerradas como las originales, y el espectro de su dieta tuvo que desplazarse hacia una mayor ingesta de productos de origen animal.

Conviene recordar que los chimpancés incluyen en su dieta cierta cantidad de proteínas y grasas de origen animal y que nuestro



**5. CURVA DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO** en centímetros/año en *Homo sapiens*. La línea discontinua corresponde al crecimiento de las mujeres y la línea continua a la de los varones. Nótese que la velocidad disminuye de manera brusca después del nacimiento y durante la infancia (I). La velocidad sigue decreciendo, aunque de manera muy suave, durante la niñez (N) y la etapa juvenil (J). Existe un aumento suave de la velocidad de crecimiento al final de la niñez, mientras que la adolescencia (A) se caracteriza por un fuerte incremento de la velocidad, el denominado estirón puberal, que es más intenso en los varones. La madurez plena desde todos los puntos de vista (M) se alcanza entre los 18 y los 20 años.

antepasado 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.

Ahora bien, desde el punto de vista ecológico, no es lo mismo ajustarse a una dieta casi exclusivamente vegetariana que tender 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, la adquisición de un cerebro algo mayor y una inteligencia operativa más eficaz resultó muy provechosa en el nuevo entorno.

Hace unos dos millones de años, los homínidos incrementaron su capacidad craneal de manera significativa con respecto a sus ancestros del Plioceno. El cráneo KNM-ER 1470, asignado a la especie *H. rudolfensis* y datado en 1,9 millones de años, alcanza un volumen de 752 cc, aunque otros posibles miembros de la especie no superaron los 600 cc. La especie *H. habilis* llegó a tener una capacidad de entre 500 (KNM-ER 1813) y 670 (OH 7 y OH 13) centímetros cúbicos, con un promedio estimado de unos 600 cc.

Si tomamos como referencia la especie *A. africanus*, cuyo promedio de capacidad encefálica está en torno a los 450 cc, obser-

### El autor

José María Bermúdez de Castro se licenció y doctoró en ciencias biológicas por la Universidad Complutense de Madrid. Ha sido profesor titular de paleontología en esta universidad y profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, adscrito al Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. En la actualidad dirige el Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana de Burgos. Desde 1991 codirige las excavaciones e investigaciones de los yacimientos arqueológicos y paleontológicos de la Sierra de Atapuerca en Burgos. Sus investigaciones se han centrado en el estudio de la biología de los homínidos fósiles.

varemos que el tamaño del cerebro aumentó en algo más del 30 por ciento durante el medio millón de años que transcurre entre la crisis climática del Plioceno y el final de dicho período. Puesto que el tamaño corporal de *H. habilis* parece que 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 período de tiempo?

Parte una primera hipótesis de una constatación: durante la gestación, el cerebro de nuestros niños crece a cierta velocidad, de manera que su tamaño está a punto de no poder superar sin dificultades el tránsito por el canal del parto. Los chimpancés no presentan tantos problemas obstétricos. Cabe suponer que tampoco los padecieron nuestros anteces-

tros del Plioceno, con una pelvis más ancha que la nuestra. En los homínidos de este período la gestación también habría durado nueve meses, pero los recién nacidos vendrían al mundo con un tamaño cerebral como el de los actuales chimpancés. En algunos individuos, la tasa de crecimiento cerebral durante la gestación podría, pues, ser ligeramente superior, sin excesivos riesgos para el niño y su madre durante el parto. Ese incremento de la tasa podría haberse prolongado cierto tiempo después del nacimiento, para conseguir así un adulto con un volumen cerebral notablemente mayor. Este hipotético rasgo biológico se habría extendido con relativa rapidez en las poblaciones de homínidos africanos de finales del Plioceno.

Una segunda hipótesis, complementaria de la primera, explicaría el aumento cerebral mediante un incremento en la duración de



**6. LOS RESTOS DEL HOMININO 3** (el llamado “Chico de la Gran Dolina”) del nivel TD6 del yacimiento Gran Dolina de la Sierra de Atapuerca pertenecen a un individuo inmaduro, que murió cuando tenía unos 11 años, según el estándar de desarrollo dental de las poblaciones actuales. Algunos de sus dientes, como el canino y el segundo premolar, estaban en pleno proceso de erupción. El segundo molar aún permanecía en su cripta, mientras que el tercer molar no había completado la formación de su corona. El desarrollo

de este último diente se hallaba acelerado con respecto a lo que es normal en las poblaciones actuales. El estudio del crecimiento del esmalte en *Homo antecessor* ha revelado que los dientes anteriores de esta especie se formaban con mayor rapidez que los de *Homo sapiens*. En eso nos fundamos para suponer que el Chico de la Gran Dolina tenía unos nueve años en el momento de su muerte, aunque su edad dental y fisiológica fuera equivalente a la de un adolescente actual de 11 años.

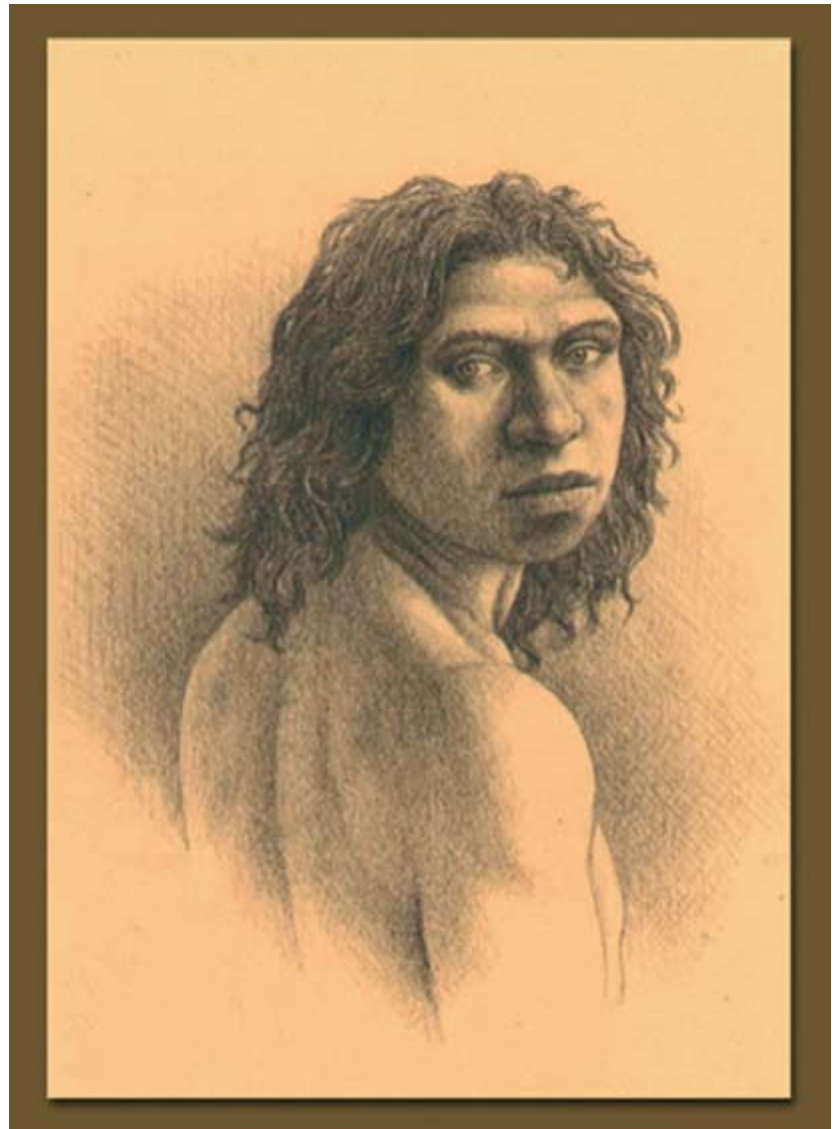
la infancia, período en el que como sabemos este órgano crece.

La primera hipótesis es muy verosímil, puesto que éste es precisamente el modelo de nuestra especie. Nuestra notable tasa de crecimiento cerebral durante la gestación se prolonga durante el primer año de vida extrauterina; cumplimos nuestro primer aniversario con un cerebro enorme con respecto al tamaño corporal. Desde luego, las posibilidades de incremento de la tasa de crecimiento cerebral durante la gestación tropezaron con la barrera infranqueable: los diámetros del canal del parto. El cerebro del recién nacido de aquellos homínidos no pudo alcanzar tamaños muy superiores a los 300 cc.

Con un modelo de crecimiento cerebral como el de los chimpancés, cuyo cerebro en recién nacidos representa el 40 por ciento del volumen del adulto, un homínido que naciera con un volumen cerebral de 300 cc alcanzaría en el adulto un volumen máximo de entre 800 y 850 cc. Y éste habría sido el límite de las posibilidades de crecimiento cerebral (en términos absolutos) de nuestro linaje, si no hubiéramos ensayado una estrategia complementaria.

El desarrollo de esa estrategia fue complejo. En primer lugar, el rápido crecimiento cerebral propio de la gestación puede prolongarse un año después del nacimiento, al igual que sucede en nuestra especie. Por otro lado, y como proponen Barry Bogin y Holly Smith, en los homínidos de finales del Plioceno se pudo alargar el período de la infancia, lo que traería consigo individuos con un cerebro mayor. Pero esta posibilidad también tropieza con unas barreras biológicas, quizá no tan obvias como las del canal del parto, aunque insuperables para las especies. La prolongación de la infancia implica una prolongación de la lactancia, toda vez que el concepto de infancia es indisociable del proceso de lactancia. Puesto que una lactancia intensiva inhibe la ovulación debido a la presencia de grandes cantidades de prolactina en la sangre, el intervalo entre nacimientos se habría incrementado peligrosamente en aquellos homínidos del Plioceno.

En la especie *Pongo pygmaeus*, los orangutanes, el intervalo promedio entre nacimientos puede superar incluso los ocho años. El período fértil de las hembras apenas permite una descendencia de cuatro hijos, por lo que la pérdida de una cría supone un grave quebranto para la fertilidad particular de una hembra y por ende para el éxito reproductor de la especie. Los orangutanes parecen estar al límite de su estrategia reproductora y cualquier presión en su hábitat, como la producida por los seres humanos, podría resultar letal.



Por tanto, prolongar la lactancia y el intervalo promedio entre nacimientos no parece una estrategia muy adecuada para los primates. ¿Qué estrategia se siguió, pues, para extender el período infantil y continuar con la expansión cerebral sin comprometer el éxito reproductor y demográfico de la especie? Una progresiva aparición de la niñez, es decir, una nueva etapa del desarrollo de los individuos que prorroga la infancia hasta los siete u ocho años en nuestra especie. En esa etapa novedosa los niños no precisan de la leche de sus madres y prosiguen en un crecimiento y desarrollo muy similares a los de la infancia.

Durante la niñez, el cerebro aumenta 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 acortaron el período de lactancia en favor de una niñez de mayor duración. No importó que la consecución y mantenimien-

**7. REPRODUCCION del “Chico de la Gran Dolina”, *Homo antecesor* (Sierra de Atapuerca, yacimiento de Gran Dolina, nivel TD6).**



**8. EL CEREBRO DE *HOMO SAPIENS*** tarda siete años de vida extrauterina en alcanzar su volumen definitivo, duplicando así el tiempo empleado por los chimpancés en el proceso. Sin embargo, nuestro cerebro adulto triplica el tamaño del cerebro de estos primates. Nacemos con un estado de desarrollo neuromotor notablemente más retrasado. Cuando cumplimos el primer año de vida extrauterina nuestro cerebro ya supera en volumen al del chimpancé adulto, pero aún somos incapaces de emplear con eficacia nuestra forma natural de desplazarnos (bipedismo). Es obvio que la trayectoria ontogenética de nuestro cerebro, incluido el tiempo y tasa de crecimiento y diferenciación, se ha modificado profundamente con respecto a la de los chimpancés, nuestros parientes vivos más próximos.

to de un cerebro mayor implicara un gasto energético muy alto para cada individuo y que los progenitores y todo el grupo en general hubieran de dedicar un esfuerzo notable en proteger y alimentar por más tiempo a las crías. La balanza se inclinó hacia una estrategia en la que la selección primó una inteligencia operativa, pese al gasto adicional que ello comportaba. Nuestra especie es heredera de esa estrategia. De su éxito habla la superpoblación, convertida hoy en amenaza planetaria.

### Desarrollo neuromotor

Pero la estrategia evolutiva de los homínidos del Pleistoceno no se halla exenta de paradojas. Ciñámonos al escaso grado de desarrollo neuromotor (la "altricialidad") con que nacen nuestros niños. Este rasgo añade nuevos problemas a los progenitores y a la sociedad. Los cuidados que debemos prodigar a nuestros hijos son enormes, antes de que ellos puedan siquiera comenzar a explorar por sí mismos el mundo que les rodea. Podemos imaginar a las madres del Pleistoceno protegiendo a sus crías, totalmente desvalidas, de posibles depredadores.

En algún momento de ese período, quizá cuando el cerebro ya no tuvo capacidad para crecer más en el seno materno, apareció en aquellas poblaciones un cambio genético que propició una ralentización de la tasa de maduración (o de desarrollo) del cerebro del recién nacido. De ese modo, el cerebro del neonato alcanzó un gran volumen, aunque una menor complejidad (menos conexiones neuronales). Tal ralentización, que interesó primero al período infantil y luego a la niñez también, se sumó a la capacidad del cerebro de continuar creciendo en volumen por un tiempo más prolongado. Este modelo, muy ingenioso, ha posibilitado que ciertas áreas cognitivas se desarrollen de forma extraordinaria o aparecieran otras nuevas dentro de un cerebro que ha triplicado el tamaño del de sus ancestros del Plioceno.

Probablemente, en los matices de este modelo reside la razón del éxito de nuestra especie con respecto a otros homínidos, como los neandertales, cuyas trayectorias ontogenéticas cerebrales particulares pudieron ser algo distintas, incluida una tasa de crecimiento mayor que permitía alcanzar fácilmente volúmenes de 1500 cc.

## Bibliografía complementaria

RE-EVALUATION OF THE AGE AT DEATH OF IMMATURE FOSSIL HOMINIDS. T. G. Bromage y M. C. Dean en *Nature*, vol. 317, págs. 525-527; 1985.

DENTAL DEVELOPMENT AND THE EVOLUTION OF LIFE HISTORY IN HOMINIDAE. B. H. Smith en *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 86, págs. 157-174; 1991.

EVOLUTION OF THE HUMAN LIFE CYCLE. B. Bogin y B. H. Smith en *American Journal of Human Biology*, vol. 8, págs. 703-716; 1996.

THE GROWTH OF HUMANITY. B. Bogin. John Wiley & Sons, Inc, Publication; Nueva York, 2001.

EL CHICO DE LA GRAN DOLINA. EN LOS ORIGENES DE LO HUMANO. J. M. Bermúdez de Castro. Crítica; Barcelona, 2002.

SURPRISINGLY RAPID GROWTH IN NEANDERTHALS. F. V. Ramírez Rozzi y J. M. Bermúdez de Castro en *Nature*, vol. 428, págs. 936-939; 2004.