

DARWIN & DE LA ESPADA DOS VIDAS PARALELAS

LOS CAMINOS DE LA EVOLUCIÓN

DARWIN CON NOSOTROS

Ciclo de Conferencias

www.cienciayagua.com



EDITAN

Ayuntamiento de Murcia
Concejalía de Cultura y
Programas Europeos
Museo de la Ciencia y el Agua

Región de Murcia
Consejería de Agricultura y Agua
Dirección General de Patrimonio
Natural y Biodiversidad

Con la colaboración de:

Fundación Española de Ciencia y
Tecnología (FECYT)
Ministerio de Ciencia e Innovación.
Gobierno de España

Fundación Séneca
Agencia Regional de Ciencia y
Tecnología. Región de Murcia.

PUBLICACIÓN

Concejalía de Cultura y
Programas Europeos
Fátima Barnuevo Ruiz

Director General de Patrimonio
Natural y Biodiversidad
Pablo Fernández Abellán

Diseño
Contraplano S.A.

Maquetación
Biovisual

Coordinación de la publicación:
Maribel Parra Lledó

Coordinación de textos:
Rosario M^a Porras Sánchez
M^a Begoña Toranzo Martín

Textos:

Michael Walker
Francisco Torrellá Mateu
Gregorio Romero Sánchez
Rafael Andrés Alemán Berenguer
José Antonio Lozano Teruel
Leoncio López-Ocón Cabrera

ISBN:
Depósito legal

DARWIN & DE LA ESPADA DOS VIDAS PARALELAS

1	EVOLUCIÓN HUMANA Michael Walker	4
2	LA EVOLUCIÓN EN EL MUNDO MICROBIANO: DE LAS IDEAS DE DARWIN A UNA VISIÓN ACTUAL Francisco Torrella Mateu	23
3	DARWIN, LOS FÓSILES Y LA EXTINCIÓN DE LAS ESPECIES Gregorio Romero Sánchez	54
4	DARWINISMO Y DISEÑO INTELIGENTE Rafael Andrés Alemañ Berenguer	54
5	DARWIN, EL GRAN ICONO BIOLÓGICO José Antonio Lozano Teruel	54
6	LAS ETAPAS DEL PROCESO DE CONOCIMIENTO DEL VIAJERO NATURALISTA E HISTORIADOR AMERICANISTA MARCOS JIMÉNEZ DE LA ESPADA Leoncio López-Ocón Cabrera	54

A nadie le cabe duda alguna de la importancia que tuvo el siglo XIX para el mundo. Fue un siglo de cambios, grandes descubrimientos, revoluciones y teorías en todos los ámbitos, incluyendo a la ciencia. Grandes científicos brillaron en este siglo, entre los que se encuentran Charles Robert Darwin y Marcos Jiménez de la Espada, grandes aventureros, que marcaron un antes y un después en las ciencias naturales.

La historia, vida y labor científica de ambas figuras abren la exposición que acoge el Museo de la Ciencia y el Agua, organizada por el Ayuntamiento de Murcia con la colaboración de la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad y la Fundación Séneca, exposición que cuenta con un doble objetivo, por un lado dar a conocer las trayectorias de ambos personajes y la relevancia de sus estudios, y por otro ahondar en la teoría del naturalista inglés que revolucionó las Ciencias, en el marco del año en el que se conmemora el bicentenario del nacimiento de Darwin y el 150 aniversario de su publicación más destacada 'El origen de las especies'.

La Ciencia evoluciona, los científicos trabajan sobre las bases establecidas por sus colegas antecesores y, además, muchos investigadores han profundizado en los trabajos de estos dos naturalistas. La publicación que ahora presentamos, que es fruto del curso "La evolución" enmarcado en el ciclo de actividades "Darwin con nosotros", hace un gran recorrido por las vidas y labores científicas de estos personajes que no dejan indiferente a nadie y por la evolución que se produce en la naturaleza a distintos niveles.

Los artículos que aquí se recogen vienen a completar las ponencias ofrecidas por distintos investigadores en el curso anteriormente referido. José Antonio Lozano Teruel, catedrático de la Facultad de Medicina de Murcia; José Sebastián García Carrión, catedrático de Evolución Vegetal de la Universidad de Murcia; Rafael Andrés Alemañ Berenguer, vicepresidente de la Agrupación Astronómica de Alicante; Gregorio Romero Sánchez, paleontólogo y profesor asociado de la Universidad de Murcia; Leoncio López-Ocón Cabrera, investigador del CSIC y experto en la figura de Jiménez de la Espada; Francisco Torrella Mateu, profesor titular de Genética y Microbiología de la Universidad de Murcia; Michael Walker, director de los yacimientos de la Sima de las Palomas y la Cueva Negra de la Encarnación; así como José M^º Caballero Fernández-Rufete y Gregorio Romero Sánchez, que dirigieron la salida de campo que se hizo como parte práctica del curso.

Quiero aprovechar este espacio para agradecer sinceramente la aportación que todos ellos han realizado y el esfuerzo al que nuevamente se suma el Ayuntamiento de Murcia por divulgar la ciencia y fomentar el conocimiento y el reconocimiento de aquellas personalidades que marcaron un antes y un después en la vida del hombre.

Fátima Barnuevo Ruiz
Concejala de Cultura y Programas Europeos



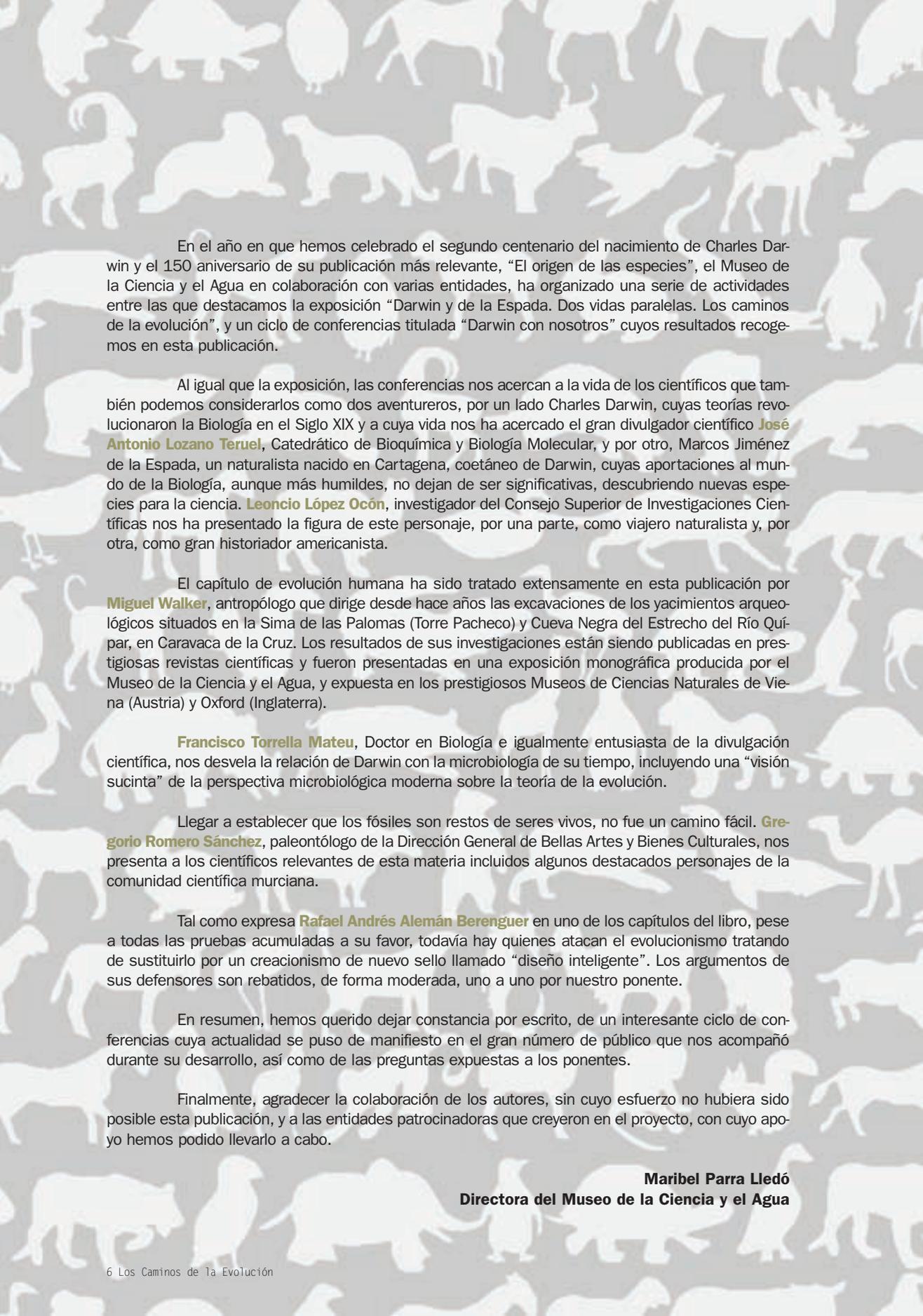
El avance de la ciencia ha sido muy significativo desde el siglo XIX hasta nuestros días, pero sin duda, hace 200 años nació un naturalista que cambiaría el rumbo de las ciencias para siempre: Charles Darwin. Este año se conmemora el 150 aniversario de su obra más conocida El origen de las especies.

La Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad se ha querido sumar a este aniversario y a la celebración de 2009 como Año de Darwin, colaborando con el Museo de la Ciencia y el Agua en la exposición “Darwin y Jiménez de la Espada. Dos vidas paralelas. Los caminos de la evolución”, que ha culminado con el taller “Darwin con nosotros” en el seno del cual se ha realizado esta publicación.

Es admirable como ambos naturalistas emprendieron sus aventuras a bordo de un barco alrededor del mundo, y cómo su dedicación, meticulosidad y razonamiento científico ha dado frutos tan importantes para la Biología, en el caso de Darwin su ya conocida teoría de la evolución por selección natural, pero no menos importantes los hallazgos de nuestro coteráneo, el cartagenero Jiménez de la Espada, sus estudios y sus aportaciones de conocimiento a las ciencias, con la descripción de nuevas especies y el engrosamiento de las arcas museísticas españolas.

Consciente de que el conocimiento en el ámbito científico repercute en la concienciación y, en último término, en la conservación de la naturaleza, máxima de la Dirección General a la que represento, me siento muy orgulloso de poder colaborar con este tipo de iniciativas de divulgación, esperando que los artículos mostrados en esta revista sean del interés de todos.

Pablo Fernández Abellán
Director General de Patrimonio Natural
y Biodiversidad



En el año en que hemos celebrado el segundo centenario del nacimiento de Charles Darwin y el 150 aniversario de su publicación más relevante, “El origen de las especies”, el Museo de la Ciencia y el Agua en colaboración con varias entidades, ha organizado una serie de actividades entre las que destacamos la exposición “Darwin y de la Espada. Dos vidas paralelas. Los caminos de la evolución”, y un ciclo de conferencias titulada “Darwin con nosotros” cuyos resultados recogemos en esta publicación.

Al igual que la exposición, las conferencias nos acercan a la vida de los científicos que también podemos considerarlos como dos aventureros, por un lado Charles Darwin, cuyas teorías revolucionaron la Biología en el Siglo XIX y a cuya vida nos ha acercado el gran divulgador científico **José Antonio Lozano Teruel**, Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular, y por otro, Marcos Jiménez de la Espada, un naturalista nacido en Cartagena, coetáneo de Darwin, cuyas aportaciones al mundo de la Biología, aunque más humildes, no dejan de ser significativas, descubriendo nuevas especies para la ciencia. **Leoncio López Ocón**, investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas nos ha presentado la figura de este personaje, por una parte, como viajero naturalista y, por otra, como gran historiador americanista.

El capítulo de evolución humana ha sido tratado extensamente en esta publicación por **Miguel Walker**, antropólogo que dirige desde hace años las excavaciones de los yacimientos arqueológicos situados en la Sima de las Palomas (Torre Pacheco) y Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar, en Caravaca de la Cruz. Los resultados de sus investigaciones están siendo publicadas en prestigiosas revistas científicas y fueron presentadas en una exposición monográfica producida por el Museo de la Ciencia y el Agua, y expuesta en los prestigiosos Museos de Ciencias Naturales de Viena (Austria) y Oxford (Inglaterra).

Francisco Torrella Mateu, Doctor en Biología e igualmente entusiasta de la divulgación científica, nos desvela la relación de Darwin con la microbiología de su tiempo, incluyendo una “visión sucinta” de la perspectiva microbiológica moderna sobre la teoría de la evolución.

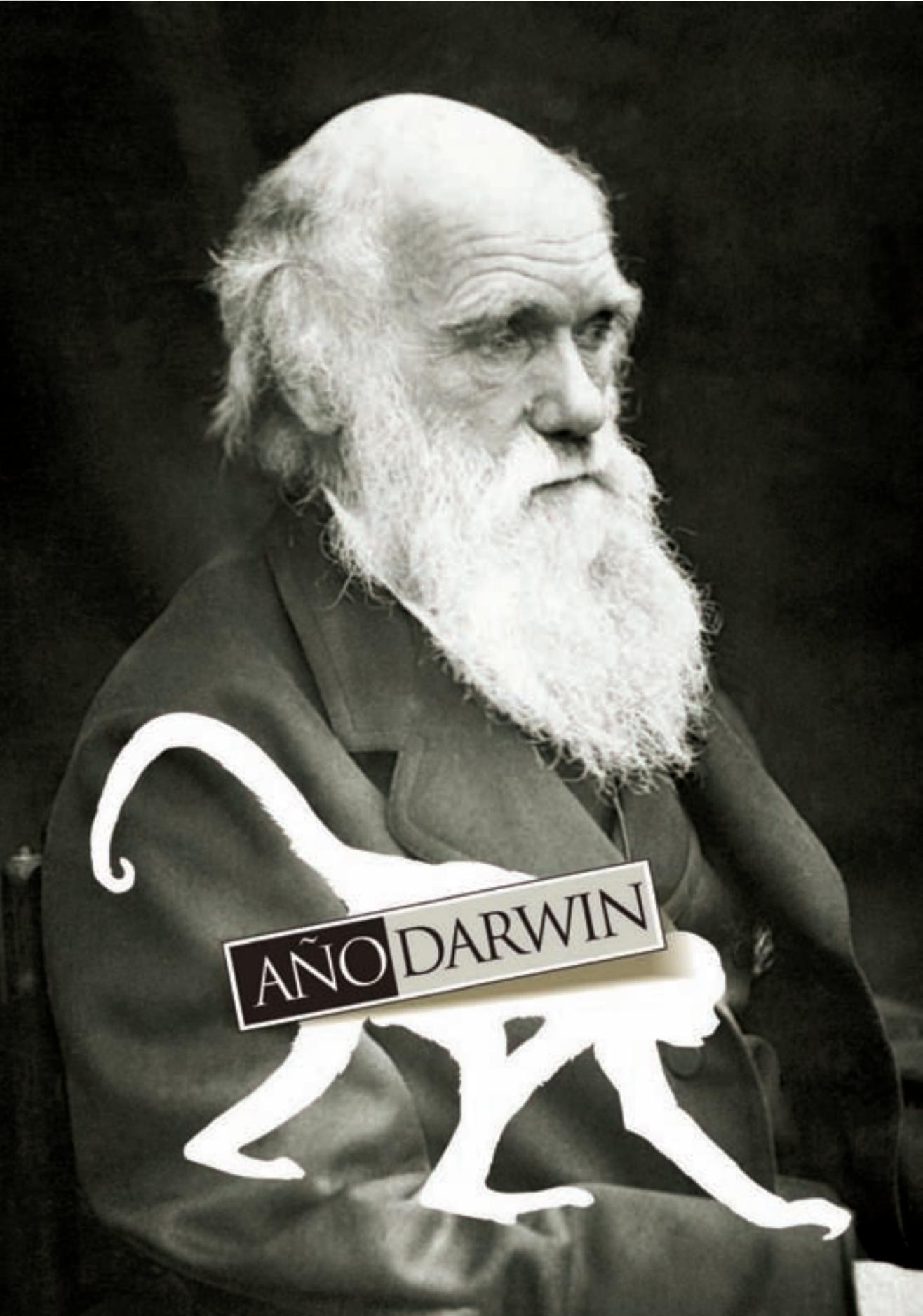
Llegar a establecer que los fósiles son restos de seres vivos, no fue un camino fácil. **Gregorio Romero Sánchez**, paleontólogo de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales, nos presenta a los científicos relevantes de esta materia incluidos algunos destacados personajes de la comunidad científica murciana.

Tal como expresa **Rafael Andrés Alemán Berenguer** en uno de los capítulos del libro, pese a todas las pruebas acumuladas a su favor, todavía hay quienes atacan el evolucionismo tratando de sustituirlo por un creacionismo de nuevo sello llamado “diseño inteligente”. Los argumentos de sus defensores son rebatidos, de forma moderada, uno a uno por nuestro ponente.

En resumen, hemos querido dejar constancia por escrito, de un interesante ciclo de conferencias cuya actualidad se puso de manifiesto en el gran número de público que nos acompañó durante su desarrollo, así como de las preguntas expuestas a los ponentes.

Finalmente, agradecer la colaboración de los autores, sin cuyo esfuerzo no hubiera sido posible esta publicación, y a las entidades patrocinadoras que creyeron en el proyecto, con cuyo apoyo hemos podido llevarlo a cabo.

Maribel Parra Lledó
Directora del Museo de la Ciencia y el Agua



AÑO DARWIN

Reproducción del Cráneo H5 de la Sima de los Huesos (Burgos, Atapuerca). Se asigna a la especie *Homo heidelbergensis*.



Reproducción de *Australopithecus africanus*

EVOLUCIÓN HUMANA

Michael Walker
 Área de Antropología Física
 Departamento de Zoología y Antropología Física
 Facultad de Biología
 Universidad de Murcia

Por qué la Evolución Humana es de interés singular en la Biología de los mamíferos

Hay dos aspectos, importantes y peculiares, que separan la Biología del Hombre de la de los demás mamíferos. En primer lugar está la singularidad del estirón de la talla adolescente en nuestro ciclo de crecimiento, después del intermedio del crecimiento lento del niño que sigue al destete. En cambio, el esqueleto de los simios antropomorfos, monos y prosimios, amén de otros mamíferos, crece de manera más o menos uniforme hasta alcanzar la madurez. El ciclo del crecimiento humano está determinado por nuestros genes y, además, también lo está la diferencia entre el ciclo de los chicos y el de las chicas. Por otra parte, el dimorfismo sexual que separa los esqueletos de machos y hembras nítidamente en muchos antropoideos no es tan significativo en nuestra especie actual. Todas estas consideraciones implican una trayectoria evolutiva considerable e independiente en *Homo*. ¿Cómo evolucionaba esta singularidad de nuestra Biología? ¿Cuándo? ¿Qué significa?

En segundo lugar está la capacidad de nuestra especie, *Homo sapiens*, de sobrevivir, repro-

ducir con éxito y abundar demográficamente en entornos extraordinariamente dispares. Sin embargo, nuestra dispersión biogeográfica sobre África, Asia, Europa, Oceanía y América no ha conducido a la evolución de nuevas especies conformadas por la selección natural (dado que en la mayoría de los organismos multicelulares los factores ecológicos locales inciden en la aparición de adaptaciones biológicas y la evolución de especies nuevas descendidas por modificación y separadas genéticamente entre sí). *Homo sapiens* es una especie “panmítica”, es decir, las comunidades geográficamente muy dispersas y separadas en el mundo han mantenido entre sí un vaivén o flujo génico suficiente para seguir siendo de la misma especie biológica. ¿Cómo evolucionaba esta singularidad de nuestra Biogeografía? ¿Cuándo? ¿Qué significa?

¿Qué relación existe entre estos dos aspectos insólitos? ¿Cómo, dónde y cuándo podría haber sido desarrollada una posible relación entre ellos?

El estudio de la Evolución Humana es fundamental para arrojar luz sobre estas preguntas. Sin embargo, este estudio no puede limitarse al de los fósiles estáticos a través de la Paleontología Humana y de los Primates (Paleoprimatolo-

gía). Charles Darwin enseñó que la evolución es un proceso dinámico que implica el descenso con modificación. La investigación de aspectos biológicos de diferentes comunidades humanas realizada por la Antropología Física y Biológica es fundamental para explicar la dinámica biológica necesaria para entender las trayectorias del proceso evolutivo.

Esta dinámica implica consideraciones proporcionadas por diversas disciplinas biológicas. Tres de ellas merecen mención especial. En primer lugar está la Genética de Poblaciones, especialmente las humanas, tanto relacionada con el estudio de aquellos rasgos “*polimórficos*” (es decir: pueden tomar formas variadas) heredados por la genética mendeliana que afectan al cuerpo (por ejemplo, los grupos sanguíneos, la variante de la hemoglobina de la anemia de los

glóbulos rojos falciformes, el cabello del pelirrojo, la intolerancia a la lactosa, etcétera), como con el análisis evolutivo proporcionado por la investigación de la Genética Molecular (por ejemplo, sobre diferencias bioquímicas e inmunológicas, y especialmente sobre las variantes -“*haplotipos*”- de nucleótidos en secuencias genéticas del ADN que aparecen sin relación con la selección natural).

En segundo lugar está la comparación de los procesos, tanto morfológicos como fisiológicos, que conforman los ciclos del crecimiento de comunidades humanas diferentes e incluso de especies diferentes de los Primates u otros mamíferos. Inciden en estos procesos aspectos endocrinos, que a veces son específicos a una especie sola, y la nutrición o la aportación variable de las fuentes bioenergéticas adecuadas



durante el desarrollo, desde el feto hasta la edad del cumplimiento de la madurez.

En tercer lugar está la comparación etológica -o sea, del comportamiento- con los Primates actuales, especialmente los grandes simios antropomorfos (orangután, gorila, chimpancé), de la que pueden ser desprendidas inferencias verosímiles acerca de la evolución del cerebro humano, la cognición humana y las consecuencias bioenergéticas, sociales y tecnológicas, de la trayectoria evolutiva peculiar que ha llevado al Hombre para cambiar lentamente desde sus antepasados que comían fruta, hacia un ser depredador omnívoro y cazador e incluso pescador, y finalmente, controlador de la reproducción de plantas y animales y consumidor de los recursos bioenergéticos, proporcionados por la elaboración de la producción de cereales, frutas, tubérculos, aves y huevos, carnes y derivados lácteos, etcétera, además del empleo de animales para la carga y la locomoción y de productos de origen animal y vegetal para cubrir o proteger el cuerpo humano, y el desarrollo de la oportuna infraestructura tecnológica y social (“cultural”).

Como graduado que soy en Arqueología Prehistórica por la Universidad de Oxford sé bien que ni esta materia, ni mucho menos la Antropología Sociocultural y Etnología, son capaces de explicar la parte *inicial* de la trayectoria de los cambios indicados en el párrafo anterior: sólo pueden describirlos.

Como graduado que soy en Fisiología Animal y también en Medicina por el mismo centro, sé bien que las Ciencias de la Vida son capaces de explicar la parte *más reciente* de la trayectoria. Pero, ¿Cómo fue la transformación? ¿Qué proce-

sos fueron implicados? Dicho de otra manera, la trayectoria evolutiva humana implica que ha sido conformada por un vuelco significativo desde un “antes” hacia un “después”, durante la época geológica del Pleistoceno: es decir, desde la evolución de las diversas especies más antiguas de los homínidos, mediatizada por la selección natural que está en la base de todo proceso **interespecífico macroevolutivo** del origen de nuevas especies (o proceso de la “*especiación*”), hacia la evolución de *una sola especie* actual mediante mecanismos que, además del anterior, empezaban a conformarse también por otros procesos (con base genética) **microevolutivos e intraespecíficos** que han conformado nuestra actual especie *panmítica*, caracterizada por la variabilidad polimórfica. Para entender el concepto del polimorfismo basta con decir que hay personas de ojos grises, azules, verdes o negros, de pelo negro, rubio o rojo, o con erupción de la muela del juicio a los trece o veintitrés años (o nunca).

En la Universidad de Murcia el Área de Conocimiento de la Antropología Física en la Facultad de Biología imparte asignaturas en el Grado de Biología, tanto de introducción a esta amplia gama de los diferentes aspectos que conforman la Antropología Biológica y Física, como del análisis de la Evolución Humana y la consideración de argumentos en torno a diferentes modelos, teorías e hipótesis que han sido propuestos sobre la relación de los diversos aspectos que he comentado arriba con las trayectorias más probables para interpretar, de manera científica, el proceso pretérito de nuestra evolución. Aquí sólo puedo hacer un esbozo de algunos

aspectos que llaman la atención del científico con insistencia. Pienso que éstos que he elegido -otras autoridades quizás harían una selección distinta- pueden servir para indicar mi fascinación científica por la Evolución Humana.

La Evolución de los Primates y Humana inicial

Aunque ha sido demostrado que la postura bípeda y el hábito locomotor de andar a zancadas hicieron acto de presencia en el registro fósil de la estirpe de los homínidos mucho antes del aumento de la masa cerebral de ellos, con respecto a la del chimpancé cuadrúpedo, existen indicios de que el ciclo del crecimiento (o ciclo “ontogenético”) en *Homo* hace un millón y medio de años implicaba un mayor crecimiento de la talla durante la niñez con respecto a nosotros, especialmente de los huesos largos de piernas y brazos, con un resultado aparentemente parecido a la talla del Hombre moderno, pese a que el proceso anatómico-fisiológico de la ontogénesis fue distinto. Dicho de otra manera, el crecimiento esquelético fue más rápido, como es el caso también en los grandes simios antropomorfos actuales. Sin embargo, el tamaño del cerebro humano de entonces, desprendido por la medición del volumen craneal, nunca alcanzaba al valor del Hombre moderno, aunque hace un millón y medio de años era dos veces mayor que el volumen del cráneo de un chimpancé (el nuestro es al menos tres veces mayor). No obstante se sabe, eso sí, que el aumento del tamaño del cerebro hacia el valor adulto trascurre durante el desarrollo del feto y la infancia con una tasa que

es superior en el Hombre actual que en los grandes simios antropomorfos; en éstos es superior a los demás Primates; y en los Primates en general superior a los demás mamíferos. Así pues, hay una tendencia “*alométrica*” (como si fuera de evolución “desproporcionada”) del desarrollo del cerebro con respecto a los demás aspectos del cuerpo. Para entenderlo de forma sencilla, en las ratas el aparato reproductor está listo y funcionando antes de que el cerebro haya alcanzado el tamaño máximo correspondiente al animal de esqueleto maduro, mientras que en el Hombre es al revés -todos nuestros jóvenes onceañeros tienen la masa cerebral del valor adulto pero pocos pueden conseguir apareamientos a pesar del esfuerzo promiscuo-. Evidentemente, la evolución no implica incrementos lineales. Quizás podemos conjeturar que un buen cerebro permite que un solo hijo pueda llegar a ser padre o madre en el futuro, mientras que un cerebro de conejo sólo permite que un montón de sus crías acabe en la paellera.

Los Primates conforman el orden de mamíferos que se separa de los demás por la gran proporción de su vida ocupada por el crecimiento fetal, la dependencia infantil y el desarrollo juvenil, respecto al ciclo vital de los demás mamíferos. Son animales que pueden sostenerse en muchas posiciones con sólo un pie o una mano tocando algo firme (a diferencia de caballos, ratas y perros). En vez de garras, amplias yemas apoyadas en las uñas caracterizan los extremos de los dedos de la mano y del pie en los Primates vivientes (a pesar de que algunas especies retienen una garra en un dedo con la que limpian el pelaje). La particularidad de las

CLASIFICACIÓN

En el reino Animal la clase de los **mamíferos (Mammalia)** es conformada por los vertebrados con mamas, o sea, los que dan leche a las crías, a diferencia de aves, reptiles, anfibios y peces. Esto es el caso incluso de aquellos mamíferos que ponen huevos (los monotremos).

Mammalia

Mamíferos vivos

Prototheria: **Monotremata**

Theria:

Metatheria: **Marsupialia**

Eutheria: **Insectívora, Primates, Chiroptera, Dermoptera** (no son lemures -todos los lemures son Primates- a pesar de su nombre vulgar de "lemur volador"), **Macroscelidae** ("musaraña" elefante), **Rodentia, Lagomorpha, Hyracoidea, Carnívora, Proboscidea, Artiodactyla, Perissodactyla, Pholidota** (pangolín), **Tubulidentata** (aardvark), **Edentata** (armadillo), **Sirenia** (manatí), **Mysticeti** (ballenas), **Odontoceti** (delfines), **Scandentia** ("musarañas" de los árboles)

Mamíferos extintos

Prototheria

Eutheria: **Triconodonta, Docodonta, Multituberculata**

Theria

Trituberculata: **Symmetrodonta, Pantotheria**

Eutheria: **Tillodontia, Taeniodontia, Creodontia, Archaeoceti, Condylartha, Pyrotheria, Pantodontia, Dinocerata, Desmostylla, Embrithopoda, Notoungulata, Litopterna, Astrapotheria**

La variación en la designación de los niveles taxonómicos asignados a taxones de mamíferos por diferentes autores refleja los criterios tomados para investigar hipótesis o modelos diferentes. O sea, los criterios corresponden a planteamientos metodológicos o teóricos diferentes, por lo que la definición de niveles taxonómicos puede variar de un autor a otro, especialmente niveles como infraorden, suprafamilia, subespecie. Sin embargo los niveles fundamentales son la especie, el género, la familia, el orden, la clase, el reino, el filo.

Solamente los nombres genéricos y específicos *en Latín* son escritos en cursivo (por ejemplo *Homo sapiens*) o si escribimos a mano los subrayamos (por ejemplo *Homo sapiens*) pero no se escriben así los nombres en Latín de familias y órdenes o sus subdivisiones de subórdenes o suprafamilias, que se escriben con inicial en mayúscula (por ejemplo, Primates, Prosimii, Anthrooidea, Ceboidea, Hominoidea, etcétera). Sin embargo, cuando se trata de nombres vulgares -o sea en el vernáculo, por ejemplo, prosimios, antropoides, antropoideos, homínidos, gorila- hay quienes prefieren usar siempre la letra inicial en mayúscula y quienes prefieren escribirlos con inicial en minúscula (a excepción de el Hombre, para evitar, así, confusión con referencias a personas individuales). A menudo conviene emplear el sistema de nomenclatura en Latín -por ejemplo, Primates- para evitar la confusión que nombres vulgares producen con frecuencia.

yemas de los dedos de los Primates ha conducido a su evolución en órganos táctiles de gran precisión sensorial, además de facilitar operaciones manuales y pedales tanto con gran precisión

como con gran fuerza agarradora. Estos aspectos morfológicos, junto con la cola que aporta estabilidad y los ojos que miran hacia delante para permitir la visión estereoscópica (que suele

ser también en color), demuestran la adaptación del cuerpo de los Primates a la vida arbórea. Los prosimios menores saltan entre las ramas agarrándose a éstas mientras comen frutas e insectos y suelen ser omnívoros. Los más grandes y los monos trepan sobre las ramas donde recogen la fruta y la expansión de las superficies de las piezas dentarias molares de los monos refleja la masticación de la dieta mayoritariamente vegetal, aunque también comen insectos, huevos y pequeños animales como lagartijas.

Los Primates retienen la distinción en la dentición permanente entre incisivos, caninos, premolares y molares (no hay premolares en la dentición decidua temporal). Los Primates vivientes ofrecen una reducción del número de piezas dentarias respecto a los

mamíferos del Mesozoico. Cada cuadrante de la boca (los lados izquierdos y derechos, superiores e inferiores) ha retenido el canino (C) pero ha perdido un incisivo (I), un molar (M) y un premolar (P), para conformar, así, la distribución siguiente en un cuadrante superior o inferior: 2I 1C 3P 3M. Hay especies de prosimios y monos que tienen números menores. Entre los Primates vivientes, los monos de África y Asia y los homínidos tienen la distribución de 2I 1C 2P 3M. Al ser los elementos más duros del esqueleto, los dientes pueden ser preservados en sedimentos geológicos donde no quedan huesos. La morfología de los dientes peculiares de diferentes taxones de mamíferos facilita información de la alimen-



tación y dieta (por ejemplo, los carnívoros muestran molares cortantes parecidos a los premolares, mientras que los herbívoros muestran premolares aplanados parecidos a los molares). Los dientes son especialmente importantes para la identificación paleontológica e interpretación evolutiva de los taxones de mamíferos. Los Primates se encuentran entre algunos órdenes de mamíferos actuales cuyas trayectorias evolutivas están entre las más largas de los mamíferos según la lectura del registro fósil. Los prosimios (junto con los extintos Plesiadapiformes) comparten aspectos morfológicos con los Dermoptera, Chiroptera y Scandentia, y algunas autoridades piensan que todos podrían ser agrupados en un supraorden designado Archonta; también están cerca los Insectivora, según la consideración de la morfología dentaria. Diversos estudios de la Genética Molecular de los taxo-

nes vivientes apoyan la relación entre estos órdenes según los análisis comparativos inmunológicos, de macromoléculas y proteínas y del ADN mitocondrial.

Los Primates más antiguos hacen acto de presencia en el registro fósil al comienzo del Terciario, hace 65 millones de años, cuando el Cretácico dio paso al Paleoceno. A esta antigüedad corresponden los fragmentos fósiles hallados en los EE.UU. asignados a *Purgatorius* que tuvo la distribución dentaria muy primitiva de 3I 1C 4P 3M; la morfología de las piezas diferentes implica que este fósil estuvo cerca del origen de los Primates. Hace 50 millones de años, en el Eoceno, hubo prosimios fósiles en Asia oriental y América septentrional que estaban unidas en el Norte; luego los taxones americanos se extinguieron pero los taxones asiáticos fueron los precursores de los prosimios actuales de Asia y África y el

DIVISIONES DE PRIMATES

Hay científicos que prefieren separar los Primates en dos grandes grupos: Prosimii y Anthroipoidea. Prosimii (prosimios) actuales son Lemuriformes y Lorisiformes (lemures, loris, gálago) y Tarsiiformes (tarsero); Anthroipoidea actuales son Ceboidea (monos americanos), Cercopithecoidea (monos de África y Asia) y Hominoidea (gibones, orangután, gorila, chimpancé, Hombre). Otros científicos razonan que la división fundamental debería ser entre aquellos Primates “estrepisirrinios” que comparten con los demás órdenes de mamíferos la división central del labio superior de la boca (Lemuriformes y Lorisiformes), y los Primates “haplorrinios” que -como nosotros- muestran la continuidad del labio superior: son los antropoideos y hominoideos, además de los diminutos tarseros (sin embargo, diversos zoólogos consideran que los tarseros no deberían ser separados de los demás prosimios porque comparten demasiados aspectos fisiológicos y etológicos con Lemuriformes y Lorisiformes). Comparaciones de los cromosomas y la Genética Molecular entre los diferentes taxones vivientes sostienen la situación de los tarseros entre los demás prosimios y los antropoideos; dentro de los antropoideos los monos americanos (“platirrinios” -de rostro plano-) se separan de los monos africano-asiáticos que a la vez se separan de los hominoideos (siendo ambos “catarrinos” -de rostro prognato-).

diminuto fósil *Eosimias* de China pudo ser el precursor de los tarseros actuales.

Aunque antes de hace 40 millones de años hacen acto de presencia en el Sureste de Asia hallazgos de fragmentos de Primates con dientes parecidos a los de los antropoideos, algo después, hacia 30 millones de años, en el Oligoceno, fósiles de Primates bastante completos excavados en Egipto demuestran la evolución de los antepasados de los monos (tanto africano-asiáticos como de América del Sur). Sin embargo, en África y Eurasia los protagonistas de la Paleoprimatología en la época siguiente del Mioceno no son los monos sino los simios antropomorfos u hominoideos, que ya no tienen la cola y algunas de sus piezas dentarias molares ofrecen un aspecto morfológico distinto al de los monos. Entre hace 20 y 15 millones de años hubo diversas especies de hominoideos (algunas pertenecen al muy conocido género *Proconsul*, pero hubo otros géneros) en África oriental ecuatorial, y hacia 10 millones de años hubo otras, especialmente en Europa, del género *Dryopithecus* (hubo otros géneros), y en Asia meridional e incluso China del género *Sivapithecus* -un precursor del orangután *Pongo* con verosimilitud- (también hubo otros géneros). Los precursores de los gibones (o hilobátidos) son más difíciles para reconocer en el registro fósil pero probablemente salieron de África hacia Asia suroccidental entre hace 20 y 15 millones de años. El aumento, durante el Mioceno avanzado, de la secación de la región entre el Mediterráneo y la India, y la desaparición de la selva subtropical europea por el descenso de la temperatu-

ra, condujeron a la desaparición de los simios antropomorfos europeos y la actual separación geográfica entre los africanos y asiáticos. Desgraciadamente el registro paleontológico arroja escasa luz sobre la trayectoria evolutiva en el Mioceno avanzado (entre hace 9 y 5 millones de años) de los actuales hominoideos africanos: gorila, chimpancé y Hombre. De este período hay fósiles del Mediterráneo oriental de simios antropomorfos (*Graecopithecus*, *Ouranopithecus*, *Ankarapithecus*) que algunas autoridades consideran como posibles antepasados de hominoideos que podrían haber llegado a África. Otras autoridades estiman que los precursores fósiles de los hominoideos africanos actuales estuvieron ya en África (*Kenyapithecus*, *Samburupithecus*, *Orrorin*), descendidos de taxones africanos anteriores del Mioceno. Desgraciadamente la Genética Molecular no puede indagar sobre el problema.

Existen indicios a partir de la anatomía del fémur de que *Orrorin*, que procede de sedimentos en Kenia depositados entre hace 9,5 y 6 millones años, podía caminar de manera bípeda pero hay autoridades que lo dudan. Consideraciones del cráneo de *Sahelanthropus*, encontrado en Chad en sedimentos depositados hace 6 o 7 millones de años, también permiten la posibilidad de inferir la postura erguida pero hay autoridades que la rechazan. Quizás la bipedestación frecuente caracterizase *Ardipithecus* hacia 4,4 millones de años (una especie del Plioceno con abundantes fósiles encontrados en Etiopía y Kenia entre hace 5,5 y 4,4 millones de años), pero tampoco está claro que esta fuera la

postura habitual a pesar de que numerosos huesos fósiles de la extremidad posterior -finalmente publicados en 2009 después de diecisiete años de análisis riguroso- sugieren que pudo acometerla, pero con los pies planos y el dedo gordo separado de los demás dedos. Hoy en día la “singularidad” de la bipedestación en la evolución de los homínidos ha dejado de obsesionar a los paleoantropólogos como lo hizo hace medio siglo, y ha dejado de ocupar el primer plano en la investigación científica actual de las raíces del género *Homo* hace diez años. Una inferencia verosímil podría ser que, paradójicamente, en el Mioceno reciente y Plioceno los precursores comunes de los homínidos y paninos actuales se parecían tanto o más a los primeros que los segundos, aunque la mayoría fueron más pequeños respecto a nosotros o los gorilas -su talla adulta apenas alcanzaba 1,20 metros o su peso los 50 kilos- Por otra parte, los grandes simios antropomorfos actuales (orangután, gorila y chimpancé) son cuadrúpedos que se apoyan sobre los nudillos de las manos y apenas pueden caminar erguidos -más bien anadean torpemente- por veinte o treinta pasos (también con los pies planos y el dedo gordo más corto y muy desviado respecto a los demás dedos), para en seguida volver a avanzar de manera cuadrúpeda. Conviene añadir que los resultados de estudios a través de la Genética Molecular señalan que probablemente las trayectorias evolutivas del chimpancé y del Hombre estaban en vías de separación hace 6 millones de años y que quizás hubo hibridación entre los dos linajes durante dos millones de años después. Es interesante remarcar que los cromosomas de las dos

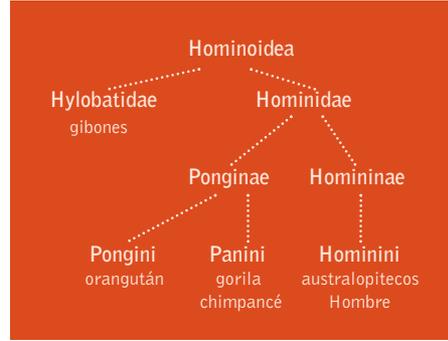
especies se parecen mucho a pesar de que el cromosoma número 2 humano parece corresponder a dos cromosomas del chimpancé fusionados.

Tradicionalmente la superfamilia (“-oidea”) Hominoidea (los hominoideos) ha sido separada en tres familias (“-idae”): Hilobatidae (los hilobátidos: gíbones y siamang), Pongidae (los póngidos: orangután, gorila, chimpancé) y Hominidae (los homínidos: australopitecos y *Homo*). Sin embargo hoy en día la Genética Molecular y la Paleontología (en clave de Paleobiogeografía) sugieren la oportunidad de una separación que limita la familia de los póngidos vivos al orangután (*Pongo*) y coloca el gorila, el chimpancé y el Hombre en la familia Hominidae (los homínidos) separada en dos subfamilias (“-inae”): Paninae (los paninos: chimpancé, *Pan*, y gorila, *Gorilla*) y Homininae (los homínidos: los australopitecos y *Homo*).

Otras autoridades opinan que la anatomía comparativa aconseja la retención de una clasificación sistemática que recoge la diferencia entre los bípedos habituales (australopitecos y *Homo*) y los grandes simios antropomorfos cuadrúpedos (orangután, gorila, chimpancé), que podría ser representada por la intercalación del nivel de la tribu (“-ini”) entre los niveles taxonómicos de la subfamilia y del género.

Ambas clasificaciones implican que los antepasados fósiles humanos deben llamarse homínidos ahora, puesto que emplean la palabra homínido para incluir especies cuadrúpedas, más separadas del linaje humano.

Hace 4 millones de años la bipedestación pudo ser habitual (o el bipedismo), como se des-



prende de un tibia encontrada en sedimentos del Plioceno de la orilla del Lago Turkana y los mismos sedimentos han proporcionado fragmentos de las maxilas y de la mandíbula con piezas dentarias: todos han sido asignados al precursor del Hombre designado *Australopithecus anamensis* (algunas autoridades se han preguntado sobre la oportunidad de recuperar un nombre caído en desuso y llamarlo *Praeanthropus anamensis*).

¿Cómo sabemos que *anamensis* era un hominino y no un panino? Pues como en el Hom-

bre, los caninos son relativamente pequeños en comparación con las demás piezas dentarias (pese a que éstas son grandes respecto a las nuestras actuales), a diferencia de la situación en el chimpancé o gorila, en los que los caninos son grandes con respecto a los demás dientes. Probablemente la alimentación fuera sobre la base de frutas y hojas succulentas y elementos menores de origen animal (huevos, larvas, insectos, lagartijas, etcétera). También como en el Hombre, la estructura de los huesos de la



- Reconstrucciones de homininos
- 1 *Australopithecus afarensis*
- 2 *Homo habilis*
- 3 *Homo erectus*
- 4 *Homo heidelbergensis*
- 5 *Homo neanderthalensis*
- 6 *Homo sapiens*

Wikipedia Commons con modificaciones

rodilla indica que el peso del cuerpo fue transmitido de las caderas hacia los lados internos (mediales) de la rodilla, a diferencia de la situación en los cuadrúpedos (por ejemplo, chimpancé, mono, caballo, gato) en los que el peso del cuerpo es transmitido de los cinturones escapular y pélvico hacia los lados externos (laterales) de los grandes huesos de las extremidades, como refleja la diferencia en la estructura de la rodilla, por ejemplo. No obstante, es probable que este homínido bípedo tuviera un cerebro de tamaño todavía pequeño, parecido al del chimpancé. Sin duda la bipedestación hace acto de presencia en la trayectoria evolutiva del Hombre mucho antes de la ampliación de la masa cerebral. El contexto de los hallazgos de *anamensis* no ha proporcionado utensilios de piedra.

Entre hace 4 y 3,5 millones de años se conocen más evidencias de los homínidos del Plioceno en África; entre ellas están las huellas o improntas del pie en tobos fosilizadas, realizadas por bípedos que caminaban a zancadas como nosotros (en vez de anadear como hacen los chimpancés): éstas demuestran la distribución del peso del cuerpo sobre los pies de manera parecida a la del Hombre (bípedo), muy diferente de la forma en las huellas de los grandes simios antropomorfos cuadrúpedos. También de este período son los hallazgos de otros huesos de las extremidades de homínidos, evidentemente bípedos, encontrados desde África oriental ecuatorial hasta Sudáfrica, donde huesos de la pierna y del pie reafirman la bipedestación habitual. Conviene añadir que

CRONOLOGÍA

Cronología relativa:

Comparación estratigráfica en el espacio y el tiempo, horizontal y verticalmente; comparación de las especies diferentes de otros animales, plantas y pólenes encontrados en los estratos y comparación de sus propiedades paleomagnéticas y físico-químicas (por ejemplo, contenido del flúor en huesos). La comparación puede limitarse a los estratos en un solo yacimiento o hacerse extensa a un grupo de yacimientos cercanos (por ejemplo, en la Sierra de Atapuerca), o incluso a estratos con separación geográfica considerable que ofrecen aspectos de comparabilidad científica (por ejemplo, paleomagnéticos, isotópicos, paleoclimatológicos, paleontológicos, arqueológicos, etcétera).

Cronología absoluta:

Para el Terciario en general, el Pleistoceno incluido: argón-argón y potasio-argón (requiere lavas volcánicas).

Para los últimos 750.000 años: uranio-torio-protactinio; activación neutrónica, luminiscencia óptica del sedimento; resonancia del "spin" electrónico; racemización de aminoácidos.

Para los últimos 40.000 años o menos: radiocarbono (requiere restos orgánicos); termoluminiscencia (requiere piedras muy quemadas o cerámica).

Al 29 de junio de 2009 por acuerdo internacional de geólogos se ha fijado, definitivamente, la transición del **Plioceno al Pleistoceno** en 2.6 millones de años (hasta ahora muchos antropólogos han preferido la fecha de 1.8). Hasta ahora el Pleistoceno Antiguo (Inferior) estaba entre hace 1.8 y 0.8 millones de años. Ahora el tiempo entre 2.6 y 1.8 se designa geológicamente como el "calabriense", que quizás acabará en "Pleistoceno Inicial" o "Pleistoceno Basal" pero aún no se sabe. Hasta entonces sigo considerando el Pleistoceno Antiguo (o Inferior) como el millón de años entre hace 1.8 y 0.8

a diferencia de los homínidos, los demás homínidos actuales tienen la extremidad anterior relativamente larga respecto a la posterior, mientras que en el Hombre actual la extremidad superior (brazo) es mucho más corta que la inferior (pierna) -aunque esta diferenciación era algo menos hace 3.5 millones de años-. La amplia dispersión geográfica demuestra la gran movilidad de los homínidos del Plioceno que está en contraste con la restringida biogeografía actual de los chimpancés y gorilas de África ecuatorial.

Entre hace 3,8 y 2,9 millones de años están muchos restos de Etiopía que permiten la reconstrucción de casi todo el esqueleto del bípedo *Australopithecus afarensis*. Dos aspectos especialmente llaman la atención. Primero, la talla no sobrepasó un metro y medio y el peso fue menos de cincuenta kilos. Segundo, aunque la parte del cráneo que contenía el cerebro sea equiparable en tamaño con la de un chimpancé, la dentición de esta especie la separa nítidamente de los paninos por las dimensiones reducidas de los caninos y el comienzo de la trayectoria evolutiva del ensanche del primer premolar que luego se parecerá cada vez más al segundo en *Homo*. Sin embargo, los molares y premolares siguen siendo muy grandes (o “*megadónticos*”) y también la mandíbula es grande (igual a los demás homínidos, la mandíbula no tiene mentón o barbilla). No aparecen implementos de piedra en este período y los grandes dientes implican una dieta de alimentos crudos que hubo que masticar con fuerza. Incluso los chimpancés y gorilas actuales tienen molares algo menos

grandes en relación con el tamaño del cuerpo, quizás porque comen mayoritariamente frutas o tallos de bambú, de alto contenido calórico pero de distribución limitada, tanto geográfica como estacionalmente. Es probable que los australopitecos se aprovecharan de una gama más amplia de recursos bioenergéticos, algunos quizás no tan fáciles de reducir en la boca.

Los australopitecos tuvieron éxito porque en el período entre hace 3 y 2 millones de años hubo diversas especies y dos subgéneros; incluso algunas autoridades los consideran como dos géneros, *Australopithecus*, y *Paranthropus* y si realmente fue así se podría recalificar *Australopithecus afarensis* como *Praeanthropus afarensis*, que pudo ser el precursor común de aquellos. Basta con decir que tanto en África oriental como Sudáfrica existen numerosos restos fósiles de ambos grupos, llámense como dos géneros *Australopithecus* y *Paranthropus* o colóquense todos en el género *Australopithecus*, con *Paranthropus* como subgénero de éste, *Australopithecus (Paranthropus)*.

Australopithecus africanus fue descrito en Sudáfrica ya en 1924 cuando su morfología fue reconocida como más cerca del Hombre que del chimpancé. Además de ser bípedo habitual, *A. africanus* se destaca por el arco dentario, cuya forma parabólica se asemeja más al nuestro que a la forma más bien rectangular de los chimpancés y gorilas. Las dimensiones relativas de las piezas dentarias se parecen más a las proporciones humanas que a las de los paninos, a pesar del tamaño relativamente grande de los molares. Los cani-

nos pequeños permiten el movimiento giratorio de los maxilares superior e inferior en la masticación, que es impedido en los paninos por sus largos caninos. Es verosímil que *A. africanus* comiese alimentos duros (quizás insectos y huevos) además de blandos (por ejemplo, frutas) que reclamaran el proceso triturador ejecutado por los molares y premolares (aunque sus superficies oclusales son demasiado planas para efectuar la reducción fácil de la carne cruda). El hecho de que el estado de desgaste de los tres molares indica poca separación cronológica entre su erupción hace pensar que alcanzaba la madurez esquelética bastante antes que nosotros (cuando sobre los veinte años aparece la muela del juicio la superficie del primer molar que había salido a los 5 ó 6 añitos está bien desgastada).

La talla y el peso de los adultos se parecen a los de *A. afarensis* pero el volumen del cráneo (que refleja el tamaño cerebral) es algo superior, sobre los 400 a 450 centímetros cúbicos. No obstante, el tamaño relativamente

grande (respecto a nosotros) de la mandíbula, incidía en la ampliación sobre el cráneo del área de inserción de los músculos de masticación a través de extrusiones óseas en forma de crestas y aristas; éstas se dan en *A. afarensis* y en los paninos, especialmente los machos, e incluso en otros órdenes de mamíferos (perros, cerdos, etcétera) pero no en el Hombre moderno en el que el dimorfismo esquelético sexual se destaca menos que los caracteres sexuales secundarios (o “epigámicos”) de los tejidos blandos (por ejemplo, el pecho femenino y la barba masculina). Otro rasgo óseo de los australopitecos es la presencia de una extrusión ósea en forma de barra continua sobre las órbitas (el “*torus* supraorbitario”), que probablemente contrarresta la tensión que los grandes músculos de masticación ejercían sobre el cráneo. Aunque los australopitecos fueron bípedos habituales, la estructura anatómica de la articulación femorocoxal implica que gastaban relativamente más energía que nosotros cuando camina-

GÉNEROS EN DESUSO

Hoy en día se suele rechazar los nombres genéricos extravagantes como “*Zinjanthropus boisei*” que algunos antropólogos hace 50 años usaban para *Australopithecus (Paranthropus) boisei* (que es el muy robusto o “hiperrobusto” cráneo fósil de Olduvai en Tanzania); “*Paraustralopithecus aethiopicus*” (véase abajo); y “*Pithecanthropus erectus*” para *Homo erectus*, amén de “*Sinanthropus*” para *H. erectus pekinensis*. No obstante, un cráneo encontrado en sedimentos de hace 3.5 millones de años en Kenia, reconstruido de muchos fragmentos, ha sido bautizado *Kenyanthropus platyops*, que hace referencia al aplanamiento transversal del rostro; posiblemente podría indicar la gama de variabilidad existente en los homínidos del Plioceno y tal vez *platyops* acabará con una paleoespecie más de “*Praeanthropus*”. Hace más de veinte años los fósiles del susodicho “*Ramapithecus*” fueron identificados como sólo restos de *Sivapithecus*.

ban o hacían “footing”, por lo que se habrían cansado antes que nosotros quizás. Otros fósiles que han sido comparados con *A. africanus* son *A. garhi* de Etiopía y *A. bahrelghazali* de Chad: la dispersión geográfica supera con creces la de los chimpancés y gorilas e indica la gran movilidad de los bípedos. Se podrían considerar todas esas especies como conformando el grupo de “australopitecos gráciles” y muchas autoridades los consideran cerca de la raíz del género *Homo*.

Por otra parte están las especies de los australopitecos “robustos” de *Paranthropus* o *Australopithecus (Paranthropus)* que son contemporáneas con las anteriores. Muchas autoridades opinan que ambos grupos fueron descendidos de *A. afarensis* aunque otras arguyen (con bastante fundamento) a favor de la evolución separada de los “robustos” de África

oriental y Sudáfrica. Sea como fuere, está claro que estos bípedos habituales ostentan valores de talla y peso superiores a los “gráciles”, aunque la masa cerebral apenas superaba los 500 centímetros cúbicos. Por otra parte, los cráneos ofrecen crestas y aristas de consideración. El fósil más antiguo podría ser uno encontrado en sedimentos fechados hace 2,5 millones años cerca del Lago Turkana (que atraviesa la frontera entre Kenia y Etiopía), aunque su capacidad craneal (equivalente a la masa cerebral) no alcanzaba los 400 centímetros cúbicos; su descubridor -el distinguido científico Alan Walker- no ha querido ponerle un nombre científico pero hay paleoantropólogos que lo llaman “*Australopithecus (Paranthropus) aethiopicus*”. Un rasgo que caracteriza los “robustos” y los separa de los “gráciles” es la diferencia entre las piezas dentarias



► *Australopithecus africanus*.
Moide de American Museum of
Natural History

anteriores (incisivos y caninos), que son pequeñas, y las posteriores (premolares y molares), que son muy grandes. En cambio, los australopitecos “gráciles” muestran una proporcionalidad entre el tamaño de las piezas anteriores y posteriores más parecida a la nuestra actual, a pesar de que sus piezas fueron relativamente más grandes en relación con el tamaño del cuerpo.

Hay diversas teorías sobre el significado de la singularidad dentaria de los “robustos” y también sobre la evolución de éstos, y comparaciones del esmalte con el microscópico electrónico de barrido (o “escáner”) implican que la formación de las piezas adultas se lograba en una edad más joven que en nosotros e incluso en *A. africanus*. En Sudáfrica la especie es *Australopithecus (Paranthropus) robustus* y aparece en un contexto algo posterior al de *A. africanus* (con la posibilidad de que en un yacimiento hay fósiles intermedios entre las dos paleoespecies), mientras que en África oriental ecuatorial alrededor de hace 2 millo-

nes años aparece la forma robusta muy grande de *Australopithecus (Paranthropus) boisei* que fue excavado en la garganta de Olduvai en 1959. El problema del origen de esta especie depende tanto de su relación evolutiva con el cráneo fósil del Lago Turkana de hace 2,5 millones de años que algunos autores de libros recientes aclaman sin tapujos con la designación “*Australopithecus (Paranthropus) aethiopicus*” -pero se aparta de ellos el ilustre paleoantropólogo y anatomista Alan Walker que descubrió el cráneo, que sólo sugirió la designación como una mera posibilidad entre otras-, como de la relación evolutiva de “*A.(P.) aethiopicus*” con *A. afarensis* de Etiopía entre hace 3,5 y 3 millones de años.

La evolución antigua del género Homo

Entre 2,6 y 2,5 millones años, no sólo aparece la separación en África entre los australopitecos “gráciles” y “robustos”, sino también

“AETHIOPICUS” Y LOS AUSTRALOPITECOS ROBUSTOS

Hace 50 años, fragmentos craneanos y mandibulares muy robustos de homínidos hallados en sedimentos de hace 2,8 millones de años al Sur de Etiopía, donde el río Omo sale del Lago Turkana, fueron llamados “*Paraustralopithecus aethiopicus*”. Luego otros similares encontrados en el Norte de Etiopía, después de ser llamados así en principio, fueron homologados con otros restos de la especie “*aethiopicus*” de hace 3.5 a 3 millones de años que hoy en día se suele denominar *Australopithecus afarensis* pero la prioridad del uso de la especie “*aethiopicus*” me conduce a hablar de “*A. afarensis-aethiopicus*”: quizás una solución amena y racional sería llamarla *Praeanthropus afarensis* y considerarla tanto descendida de *Praeanthropus anamensis* como precursora de los *Australopithecus*, tanto “gráciles” como “robustos”, en África oriental (aunque si también fuera la precursora de ambas formas de Sudáfrica quedaría por resolverse el problema de la relación evolutiva entre las dos allí).

hacen acto de presencia en África oriental los primeros implementos de piedra que indudablemente fueron tallados artificialmente. También hoy en día se reconoce este período como el de la transición de la época del Plioceno a la del Pleistoceno. Muchos nuevos taxones de animales irrumpen en el escenario ecológico de África subsahariana. Entre ellas está *Homo* en 2,33 millones de años en África oriental. ¿Fue *Homo* el tallador de los primeros utensilios de piedra? ¿Fue *Homo* un nuevo género descendido de *Australopithecus* justo en el período cuando aquel también daba lugar a formas “robustas” y “gráciles” dentro de *Australopithecus*? ¿Desarrollaron ellos la capacidad de tallar la piedra antes de que apareciera *Homo*? ¿Cómo podemos interpretar todo esto?

Fragmentos craneanos hallados en Etiopía en sedimentos fechados en 2.33 millones de años ponen de relieve la presencia de un homínido con la forma del cráneo relativamente más parecido a la nuestra en comparación con la de los australopitecos y con una marcada reducción de las piezas dentarias que contrasta con ellos. Esta reducción dimensional en relación con el tamaño del cuerpo se hace notar aún más en los restos africanos asignados a *Homo habilis* excavados especialmente en África oriental (por ejemplo, el Lago Turkana y la garganta de Olduvai u Oldoway) en sedimentos fechados entre 2,1 y 1,6 millones de años. Fueron coetáneos con australopitecos, incluso con el *A.(P.) boisei* “hiperrobusto” que había sido encontrado en un depósito con utensilios de piedra en Olduvai en 1959. Sin embargo, en 1964 el *H. habilis* de Olduvai fue

presentado como el “hombre habilidoso”, responsable de los utensilios, y además de los huesos del pie de un bípedo habitual aparecieron los huesos de la mano que sugirieron que *H. habilis* pudo manipular objetos con habilidad.

Por otra parte, los utensilios de piedra más antiguos no son los de Olduvai, sino de Gona, en Etiopía, entre hace 2,6 y 2,5 millones de años, y el homínido más cerca en el espacio y el tiempo es el *A. garhi*. Es verosímil que los homínidos manejaran piedras y otros materiales mucho antes. Sin embargo, sólo en esas fechas es posible decir que lo hicieron sin lugar a dudas. ¿Por qué? Porque existe un criterio inapelable de la intervención incontrovertible en la modificación de las piedras y este criterio hace acto de presencia por primera vez en dichas fechas. Se trata de la presencia de huellas concoideas producidas por fracturas artificiales en piedras de petrografía de alto contenido silíceo, que a menudo proceden de rocas volcánicas. Tales huellas no se producen en cantos de una cascada del río, ni por fracturas térmicas (por ejemplo, causadas por la gelifración), ni tampoco mediante fracturas causadas por temperaturas elevadas. Su producción precisa un golpe fuerte, mediatizado por una piedra percutor de gran dureza, sobre una piedra de contenido silíceo justamente donde ésta ofrezca un ángulo no superior a noventa grados entre dos áreas de la superficie. Tanto la selección de la pieza por su *petrografía* y *forma*, como la aplicación con consciencia del golpe con otra piedra de *mayor dureza*, son indispensables para producir el

fenómeno de la fractura concoidea. Esta puede dejar señales inconfundibles del punto donde fue aplicado el golpe, y las lascas extraídas por él ofrecen otras tantas. Hay una bibliografía muy extensa sobre estos aspectos de la talla paleolítica y muchos experimentos en laboratorios han reproducido las observaciones con exactitud. Las piezas artificiales más antiguas de África oriental son cantos tallados para proporcionarles un filo cortante. En diversos yacimientos del período (desde Etiopía hasta Tanzania, Olduvai entre ellos) han sido encontrados abundantes huesos de animales con marcas de corte efectuadas por tales piedras, cuyo perfil en forma de V fina, reconocible con la lupa del laboratorio, se separa del perfil en forma de U de la marca en un hueso que ha sido roído por los dientes de un carnívoro; el microscopio electrónico de barrido (o “escáner”) separa las formas sin dejar lugar a duda. Aunque algunas autoridades consideran que los australopitecos eran carroñeros, la distribución de las marcas en esqueletos de herbívoros se separa de la de las marcas roídas por carroñeros y carnívoros, por lo que se puede inferir que los homínidos responsables eran cazadores. Los grandes simios antropomorfos son incapaces de apreciar las características geométricas de una piedra necesarias para que los golpes produzcan fracturas concoideas, por mucha paciencia que sus entrenadores humanos tengan en ensayos de enseñarles cómo hacerlos correctamente. ¿Fueron capaces los australopitecos o sólo *Homo habilis*?

La respuesta es complicada ya que algunas

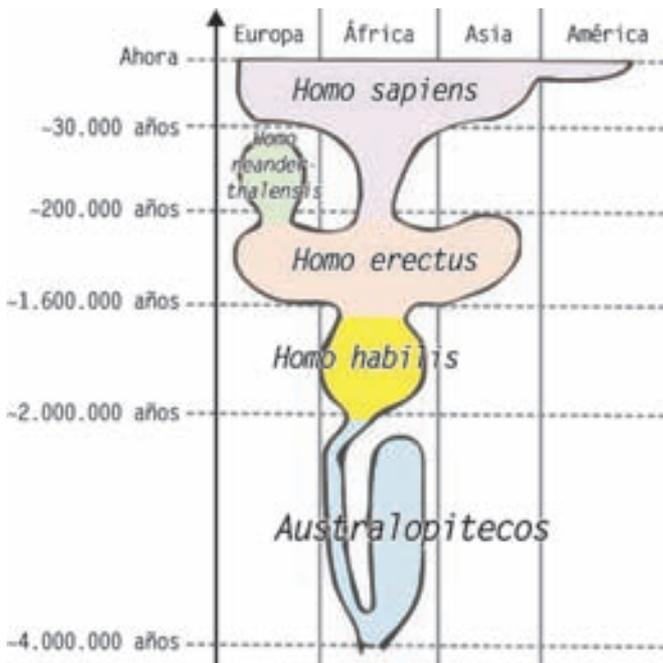
autoridades eminentes insisten sobre la base de la Anatomía Comparativa que *Homo habilis* es una designación precisa y exacta mientras que otras arguyen sobre la base de aspectos de su anatomía que la designación en 1964 fue prematura y que podría ser prudente considerarlo con cautela como *Australopithecus habilis*. Una vez más, el problema tiene que ver en parte con cuáles son exactamente los fósiles que deberían conformar la especie de *habilis*. Mientras que algunas autoridades consideran que *habilis* es una sola paleoespecie que rinde cuentas de una gama muy amplia de los restos óseos, otras prefieren asignarlos a dos paleoespecies distintas, cada una con una gama de variabilidad restringida (*H. habilis* de dimensiones menores y *H. “rudolfensis”* de dimensiones mayores). El concepto de la gama amplia engloba restos asignables a *H. habilis*, encontrados desde Etiopía hasta Sudáfrica, con cráneos de volumen desde 500 hasta 725 centímetros cúbicos, y esqueletos de talla desde menos de 1,5 metros hasta quizás 1,7 metros.

Muy pocos cráneos de los grandes simios antropomorfos e incluso de los australopitecos tienen un volumen muy superior a los 500 centímetros cúbicos. La expansión del volumen del cráneo debió reflejar la expansión de la masa cerebral hacia un valor cerca de la mitad del humano nuestro, por lo que se justifica la asignación de los fósiles a nuestro género *Homo*. En contraste con la estrecha gama de variación del tamaño cerebral de los grandes simios antropomorfos, la amplia gama de variación en *habilis* (500 a 725 centímetros cúbicos) podría vislumbrar la amplia

gama que muestran después *Homo erectus*, *H. heidelbergensis*, *H. neanderthalensis* y *H. sapiens*, probablemente como consecuencia de la relajación de la presión de la selección natural sobre la conformación anatómica del cuerpo; dicho de otra manera, a pesar de que el cerebro es un tejido que requiere la aportación de mucha energía con el consiguiente coste nutritivo, pudo haber ventajas selectivas para la supervivencia de un grupo con individuos con cerebros mayores a pesar de la carga bioenergética implicada en su alimentación, especialmente durante el período de la niñez. Con respecto a los “megadónticos” australopitecos, las piezas dentarias permanentes de *habilis* son algo más pequeñas en relación con el tamaño del cuerpo (aunque la reducción

relativa todavía estuvo lejos de la que se lograría en *Homo sapiens* actual). La investigación con el microscopio electrónico de barrido (o “escáner”) sugiere la posibilidad de que el desarrollo de las piezas dentarias permanentes posteriores pudo ser algo más lento que en los australopitecos (en nosotros es muy lento, como bien saben chicos en espera de la erupción de la muela del juicio).

Sin embargo, paleoantropólogos y anatomistas de enorme prestigio científico a nivel mundial (por ejemplo, Phillip Tobias, Alan Walker, Bernard Wood, Ian Tattersall) discrepan sobre la situación evolutiva (“filogenética”) de *habilis* e incluso sobre cómo clasificar los restos fósiles. Tobias defiende el concepto de la gama amplia de la composición de una paleo-



► Trayectoria evolutiva de los homínidos (escala vertical en años)

especie polimórfica, o sea, *Homo habilis*. Tanto Wood como Tattersall prefieren descomponerla en dos paleoespecies, *habilis* y *rudolfensis*. Esta última se caracterizaría por tener el cerebro más grande y la talla mayor con respecto a las dimensiones más frecuentes en *habilis*, por lo que estos autores reservan *habilis* “en sentido estricto” para los restos de tamaño menor que Wood estima tan cerca de *Australopithecus* como *Homo*.

El aspecto biogeográfico empieza ahora a tener especial relieve. Restos fósiles de tres individuos encontrados fuera de África, en un sedimento depositado hace 1,8 millones de años en Dmanisi en la república caucásica de Georgia (de allí el nombre “*Homo georgicus*” propuesto por algunos antropólogos) -excavados junto con utensilios paleolíticos parecidos a aquellos de África oriental comentados arriba-, ofrecen aspectos del cráneo y del esqueleto comparables con *habilis* -aunque la talla corta se parece a la de *A. africanus* y *H. habi-*

lis “sensu stricto” y el cráneo más grande apenas alcanza 700 centímetros cúbicos-, y también con nuevas formas que en África oriental empiezan a hacer acto de presencia en el registro fósil en fecha similar, que corresponden al *Homo erectus* primordial africano (que algunas autoridades llaman *H. “ergaster”*). Hace 1,6 millones de años *Homo erectus* ya está en lo que actualmente es la isla de Java en Indonesia (quizás hubiese una conexión por tierra con la península malaya). Los fósiles de Dmanisi son los homínidos más antiguos descubiertos fuera de África aunque los de Java no están muy detrás. La extensión hasta el Cáucaso de la Biogeografía de los homínidos, que habrían atravesado el “corredor levantino” en dirección Norte, no sorprende puesto que ya hace tres millones de años su distribución africana se extendía desde Sudáfrica hasta el Lago Chad y el Mar Rojo. La supervivencia con reproducción de comunidades en latitudes superiores como del Cáucaso implica la nutri-

¿QUÉ ES “RUDOLFENSIS”?

La palabra “*rudolfensis*” recoge un nombre antiguo de “Lago Rudolf” que ahora se llama **Lago Turkana**, de cuya orilla -en sedimentos fluviolacustres con fecha de 1.8-1.6 millones años- proceden muchos fragmentos que conforman un cráneo con volumen de 725 centímetros cúbicos (algunas publicaciones antiguas dan valores de 750 e incluso 775 que son inexactos) cuyo rostro con aplanamiento transversal ha inducido a Tattersall a preguntarse sobre la posibilidad de su evolución de *Kenyanthropus platyops* por lo que ha sugerido la oportunidad de llamarlo *Kenyanthropus rudolfensis*, pero para muchos paleoantropólogos la noción parece demasiado extravagante ya que se tratan de dos fósiles muy separados en el tiempo, cada uno reconstruido de una multitud de fragmentos pequeños -por lo que el considerarlos “sui generis” no está exento de dudas.

ción obligada con alimentos de procedencia animal, probablemente conseguidos por la caza, especialmente durante el invierno cuando escasean otras fuentes bioenergéticas de alto valor calórico como frutas.

A diferencia de los simios antropomorfos que habían abandonado Europa antes del final del Mioceno, y de los otros simios antropomorfos que habían abandonado el Himalaya occidental y China para refugiarse en el Sureste asiático, evidentemente los homínidos no encontraban dificultades insuperables para efectuar su dispersión hacia Europa y Asia en el Pleistoceno Antiguo. Los encontramos en China hace cerca de un millón de años e incluso en España algo antes. La morfología esquelética, especialmente del cráneo, no es uniforme u homogéneo. Por otra parte, sólo a partir de 1,65 millones de años ofrecen un esqueleto de talla parecida a la nuestra, como demuestra el esqueleto bien completo de un niño de quizás doce años excavado en Nariokotome en la orilla del Lago Turkana en un sedimento de antigüedad ligeramente inferior a 1,65 millones de años. El cráneo del chaval tiene un volumen de casi 900 centímetros cúbicos; la cara y mandíbula son robustas y sobre las órbitas hay una fuerte extrusión ósea en forma de barra que se llama un “*torus supraorbitario*”.

¿Cuántos años tenía cuando murió? Comparada con un joven moderno su edad biológica correspondería a 11 años según el estado de su dentición, 13 años según el grado de desarrollo de sus huesos largos, y 15 años según su talla de 1,60 metros. Se infiere que,

a diferencia de la baja tasa del crecimiento de los niños de hoy, hace 1,65 millones de años la tasa era superior; es verosímil que durante la niñez la hormona del crecimiento entonces aportaba el estímulo principal al alargamiento de los huesos largos, mientras que ahora el estímulo mayor es proporcionado durante el estirón adolescente en el chico por la testosterona (en chicas por el estradiol) *después* de la niñez. Quizás la tasa del crecimiento prepupal fue superior a la de nuestros niños modernos, y que se parecía más a la del chimpancé que ha cumplido el 88% del desarrollo esquelético cuando llega la pubertad, a diferencia de tan sólo el 81% en niños modernos. Si 1,60 metros representaban el 88% de la talla adulta, esta podría haber alcanzado 1,80 metros si el chaval no hubiese muerto a los once años de edad. Sus piernas largas le habrían dotado con la capacidad de caminar con zancadas sobre distancias largas y hacer “*footing*” sin cansar. También la forma de la caja torácica, más amplia y cilíndrica que en los australopitecos, habría mejorado la oxigenación de la sangre durante el ejercicio físico.

Por otra parte, el registro paleoantropológico es complejo y desconcertante para el período entre hace 2 y 1.5 millones de años. Cráneos adultos parecidos al del chaval de Nariokotome han sido encontrados en sedimentos más antiguos cerca del Lago Turkana. El cráneo tiene un volumen de 800 a 900 centímetros cúbicos (mayor que los cráneos de Dmanisi) y puede ser asignado fácilmente al *Homo erectus* originario (u *H. “ergaster”*). Por otra parte algunos de sus rasgos se parecen más a éstos y al pequeño “*habi-*

lis” que al más grande “*rudolfensis*” pero todos coexistían -incluso perduraban los australopitecos robustos-. La complejidad no acaba allí. *H. erectus* está ampliamente presente en Asia oriental hasta un período avanzado del Pleistoceno, quizás hasta hace 250.000 años o menos. Muy recientemente algunos investigadores del equipo científico de Atapuerca han reconocido aspectos de comparación entre la dentición de los cráneos y mandíbulas fósiles de latitudes eurasiáticas desde España (*H. “antecessor”* de la Gran Dolina de Atapuerca incluido) hasta China. Tal vez hubo una dispersión humana desde África en fecha muy antigua, quizás a través de Dmanisi, que se extendía hacia los extremos Oeste y Este de Eurasia. Sin embargo, algunos prefieren la hipótesis de la llegada a Europa desde África del *H. erectus* primordial (“*ergaster*”) en fechas anteriores a la evolución en África de éste hacia la forma reconocida como *H. erectus* en Java o China. Algunos libros de divulgación científica popular ofrecen una interpretación evolutiva sobre la base de la aparición en África de diversas paleoespecies de homínidos, de las cuales hubo dispersiones sucesivas hacia Eurasia.

Hay paleoantropólogos que ahora se atreven de considerar la posibilidad de que “*habilis*” pudiese salir de África hace 1,8 millones de años y en algún lugar de Eurasia (por ejemplo, Dmanisi) comenzase la evolución hacia *H. erectus* del que formas ligeramente distintas evolucionasen en relación con trayectorias espaciotemporales separadas hacia Asia oriental, África oriental y Europa occidental. Varios artículos en revistas científicas tratan de esta posibilidad que todavía no ha sido recogida en los libros. Conviene añá-

dir que unos análisis de la Genética Molecular del ADN del genoma nuclear realizados por Francisco Ayala sugieren aumentos de la demografía humana hacia 1,7 millones de años y otra vez algo después de hace un millón, y otros análisis sobre el ADN mitocondrial por Alan Templeton sugieren un aumento demográfico hace 800.000 años, bien en África o incluso Asia. Hay eminentes paleoantropólogos como Bernard Wood que se han preguntado sobre la posibilidad de que *H. erectus* asiático contribuyera al registro fósil de África oriental, ya que en Olduvai aparecen cráneos en sedimentos de hace 1,2 millones de años que se parecen más a la variante asiática de Java que a los *erectus* iniciales (o “*ergaster*”) de África oriental. También conviene mencionar que hace treinta años Robin Dennell, un distinguido estudioso del Paleolítico, publicó una industria paleolítica parecida a la más antigua africana que excavó en Riwat en el norte de Pakistán en sedimentos cuya antigüedad es ligeramente superior a los 2 millones de años (desgraciadamente no fueron encontrados restos humanos).

Por otra parte, después de hace 1,4 millones de años se aprecia en el registro del pasado en África, e Israel ligeramente después, la presencia de nuevas formas de utensilios paleolíticos (pero las anteriores no desaparecen), elaborados mediante la reducción (por extracción de lascas) de dos caras opuestas (“bifacial” o “achelense”) más o menos en forma bien de una almendra enorme -las puntiagudas “hachas de mano”- o con el filo transversal -los “hendedores”-. Esto implica la evolución de la capacidad cognitiva y tecnológica en *Homo*. Evidentemente el aumento de la masa cerebral facilitaba las complejas aso-

ciaciones neuronales necesarias para las nuevas operaciones de la talla de la piedra, como ponen de relieve investigaciones recientes, realizadas mediante la tomografía de la emisión de positrones que indica la actividad de diferentes áreas del cerebro cuando personas dentro del “escáner” en una clínica tallan piedras parecidas a los utensilios más antiguos de hace 2,5 millones de años y “hachas de mano” bifaciales como las de hace 1,5.

La conjetura de la posibilidad de “vaivenes” de homínidos entre África y Eurasia entre hace 2 y 1 millones de años implica el vuelco conceptual de las nociones científicas de la sabiduría recibida. Éstas suponían tres aspectos teóricos que

ahora están en tela de juicio. Primero, la evolución humana a través de un proceso teórico de la aparición de nuevas especies de homínidos por bifurcaciones sucesivas (de “cladogénesis”) tan rápidas y absolutas como para impedir la “hibridación” entre sí. Segundo, la premisa teórica de que dicho proceso sucedía por la selección natural del origen de nuevas especies, que implica el predominio de la presión de factores medioambientales que determinarían la morfología y conducta que separarían las nuevas especies rápidamente. Tercero, la demografía tan reducida de todas las paleoespecies implicadas como para hacer improbable que haya un flujo génico entre ellas. Tal modelo se deshace si la cladogénesis



Reconstrucción de *H. neanderthalensis* ◀
Museo de Historia Natural de Viena,
por Elizabeth Daynès

produjera sólo subespecies móviles, de demografía abundante, en las que, además del flujo génico, la conducta ejerciera tanta influencia como aquella ejercida por la selección natural bajo la presión meramente medioambiental. Esto pone en primer plano la cuestión de cuándo (y dónde y cómo) el comportamiento inconfundiblemente **humano** se separó del de los precursores homínidos. A menudo se ha aseverado que esto sólo apareció con *H. sapiens* africano entre hace 150.000 y 50.000 años y que la evolución anterior de los homínidos no se diferenciaba de la de los demás simios antropomorfos. La interpretación evolutiva será muy distinta si la separación etológica y paleoneurológica había comenzado hace un millón de años. La resolución de las diversas hipótesis sobre la Paleodemografía de los homínidos es fundamental para la consideración del asunto. Aquí la Genética Molecular podrá aportar información importante.

El supuesto problema, por el que se preocupan algunas autoridades, sobre la presencia de *Homo heidelbergensis* tanto en África como Eurasia, como precursor tanto de *H. sapiens* en África como *H. neanderthalensis* en Eurasia occidental, deja de serlo tanto si su origen correspondiera a comunidades humanas antiguas con flujo génico entre sí. El nombre *H. heidelbergensis* para designar una paleoespecie intercontinental molesta tanto a los adeptos de la interpretación “anagenética” (véase abajo) de la evolución humana de los últimos dos millones de años, caracterizada por el flujo génico, como a los adeptos de la teoría del origen, hace doscientos mil años en África, de *Homo sapiens* que luego sustituyera a todas y cada una de las demás for-

mas humanas pretéritas (por ejemplo, el Hombre de *Neanderthal* en Europa hace 35.000 años), con las que se conjetura que *H. sapiens* jamás podía mantener una exitosa continuidad reproductora con prole fértil, viable y abundante. Estas últimas palabras caracterizan la versión “fuerte”, pero hay versiones más “suaves” de la teoría del origen africano del *H. sapiens* moderno que no renuncian a la posibilidad de hibridación casual o incluso la asimilación biológica de comunidades pretéritas del género *Homo* cuyo acervo genético no ha dejado huellas genéticas debido a la enorme abundancia de la descendencia africana. Esto nos recuerda que una “expansión” demográfica puede tener dos interpretaciones: es decir, una expansión en abundancia y una dispersión geográfica -los dos aspectos no necesariamente deben suceder a la vez-. Volviendo a la consideración de *H. heidelbergensis*, una presencia demográfica significativa de homínidos en Eurasia hace al menos un millón de años, con la posibilidad de que ésta repercutiese en África, ofrece una solución amena al supuesto problema que abrió este párrafo.

Mecanismos y problemas de la evolución humana

Opiniones contrastadas sobre el tamaño y la dimensión demográfica de las comunidades de *Homo* más antiguas inciden en interpretaciones muy diferentes de los procesos biológicos responsables para la evolución en el género que ha concluido con la presencia universal de una especie sola, la nuestra: *Homo*

sapiens. Por un lado está la interpretación -muy popular- que equipara la evolución en *Homo* (y lógicamente en los australopitecos también) con la de la mayoría de los organismos complejos, y que la imagina por la metáfora de un “arbusto” cuyos millares de “ramas” representan procesos evolutivos dinámicos (que se separan entre sí mientras transcurre el tiempo) donde solamente en los extremos de todas y cada una hay una “flor” que representa una especie conformada por la selección natural y biológicamente separada de las demás, que están en los extremos de otras sendas ramitas -tanto especies fósiles como vivientes-. Esta imagen atractiva fue hecha popular por Stephen Jay Gould, célebre catedrático de Zoología de Harvard ahora fallecido, paleontólogo y autor tanto de trabajos científicos eruditos como numerosos libros, bonitos, elegantes y muy recomendables, de divulgación científica sobre la evolución de plantas y animales.

No hay nada que objetar en general con esta admirable visión darwiniana. Pero, ¿es apropiada como interpretación exclusiva para entender y explicar la evolución en el género *Homo*? Dicho de otra manera, la movilidad y quizás la dimensión demográfica de las paleoespecies de *Homo*, además de la capacidad cognitiva y tecnológica que facilitaban la supervivencia y reproducción exitosa en entornos muy alejados de aquellos ecuatoriales donde la selección natural debió conformar el origen de las especies de los homínidos más antiguos de manera darwiniana, sugieren la verosimilitud de que paleoespecies de *Homo* lograban un grado de autonomía ante la presión de

la selección natural. Esto implica la posibilidad de su evolución reticular (o “anagenética”), como si fuera una “celosía” espaciotemporal, entre comunidades que mantenían el flujo génico entre sí y nunca llegaban a ser especies biológicas con incompatibilidad reproductora. Esta visión de la “celosía” espaciotemporal se opone diametralmente a la del “arbusto”.

La mayoría de los antropólogos rechazan aquella versión más “fuerte” de la evolución humana como una “celosía espaciotemporal” que pretende que algunas comunidades humanas, autóctonas o indígenas, que actualmente habitan regiones continentales muy separadas, retienen aspectos debido a la contribución a su acervo genético aportada por antepasados regionales hace cientos de miles de años (la susodicha “teoría multirregional” de la evolución del Hombre actual). Sencillamente, las investigaciones genéticas sobre el ADN (sea mitocondrial, del cromosoma Y o los demás cromosomas) pone de relieve la actual homogeneidad fundamental de *Homo sapiens* en consecuencia de la dispersión geográfica, o mejor dicho las dispersiones acometidas durante los últimos cincuenta mil años por nuestros antepasados comunes en el continente africano, que fue donde abundaban de forma aplastante. Sin embargo, algo queda del modelo de “celosía espaciotemporal” en la interpretación de la evolución del Hombre moderno que considera teóricamente posible que los nuevos llegados asimilasen comunidades menores, con raíces profundas en el Pleistoceno, en vez de ejecutar su eliminación.

EVOLUCIÓN Y ESPECIES

La estimación de los aspectos de diferenciación morfológica, como adecuados para separar especies vivientes, y también muestras fósiles suficientemente como para considerarlas representantes de especies pretéritas distintas con verosimilitud, de manera *exclusiva* y *excluyente*, está en la base del análisis *interespecifico* "cladístico" (palabra con origen en el verbo griego "*kleido*" que quiere decir cortar o separar). Si se detecta que una conjeturada identidad entre dos muestras (o más) ni está total ni completa, entonces se infiere que la selección natural ha intervenido en una especie para conformar la *macro*evolución de dos nuevas. Por otra parte, si las muestras procediesen de dos comunidades de una sola especie polimórfica, ¿podríamos considerar las diferencias como el producto de la *micro*evolución? Dicho de otra manera, si tenemos observaciones que podrían implicar una reducción de la presión de la selección natural, ¿podríamos inferir un aumento *intraespecifico* de procesos *micro*evolutivos?

Pero ¿Qué es "una especie"? Hay que tener MUY claro que son separables aquellos discursos científicos en la Biología de las Aves y los Mamíferos, que se remiten a *cinco* conceptos *diferentes* de "especie" y las palabras NO SON EQUIVALENTES:

- (a) El concepto dinámico de la especie *biológica* (bioespecie);
- (b) El concepto morfológico de la estática especie *fenética* es recogido en las nociones de morfoespecie, paleoespecie o cronoespecie -algunos casos (quizás *H. "neanderthalensis"*) podrían corresponder a niveles *intraespecificos* de una bioespecie (véase abajo);
- (c) El concepto *filogenético* de especies autodefinidas como aquellas "unidades taxonómicas operativas" separables según la metodología del análisis cladístico, que pretende resolver los problemas y contradicciones ontológicas de los dos anteriores aunque sobre una base epistemológica controvertida;
- (d) El concepto *ecológico* de la especie, más típico de otras disciplinas de la Biología (por ejemplo, la Botánica o la Zoología de Invertebrados);
- (e) El concepto *etológico* o conductual de la especie como aquella población en la que la pareja se reconoce mutuamente.

Los componentes que son objeto de cada discurso no son necesariamente ni los mismos, ni intercambiables, como tampoco lo son, lógicamente, los discursos y conceptos. Para complacar el asunto, por otro lado, cuando situamos dichos discursos en un plano *horizontal* (por ejemplo, espacial) los separan, *verticalmente* (por ejemplo, en el tiempo), otros discursos de igual importancia científica.

TIPOS ESPACIOTEMORALES DE PROCESOS DE ESPECIACIÓN

1. Anagenética o reticular
2. Cladogenética por bifurcación sucesiva

TASAS DE PROCESOS DE ESPECIACIÓN

1. Continua, gradual y acumulativa, darwiniana
2. Discontinua, por equilibrios interrumpidos ("*punctuated equilibria*")

TIPOS ESPACIALES DE PROCESOS DE ESPECIACIÓN

1. Simpátrida
2. Alopátrida
3. Parapátrida
4. Estasispátrida

NIVELES INFRAESPECÍFICOS O INTRAESPECÍFICOS

1. Poblaciones clinales de una especie politípica: por ejemplo, diferencias de pelaje de la cebra común entre Etiopía y Sudáfrica.

2. Subespecies de una especie: poblaciones interfértiles contiguas que en su hábitat natural no suelen reproducirse entre sí aunque se solapan (probablemente cebra común y quaga eran subespecies en Sudáfrica si no eran especies separadas).

3. Especies anulares: especies bio-demográficas interfértiles en zonas de solapamiento de sus hábitats naturales: por ejemplo, las "especies" de las gaviotas del género *Larus* reconocidas por la Ornitología según diferencias morfológicas, que habitan todas las regiones septentrionales de América, Groenlandia y Eurasia.

4. Semiespecies: Se separa de la subespecie y suele estar en los extremos demográficos de una especie (no siempre están así -hay casos de semiespecies que se solapan geográficamente-), aunque no haya gran separación genética entre ellas. A veces se les asignan nombres específicos distintos, especialmente cuando cada una ocupa un extremo alopatrido de una demografía continua sin la segregación de subespecies, siendo híbridos interespecíficos los demos intermedios aunque sin hibridación interespecífica donde las dos especies se solapan simpátricamente -situación ésta que se da en las aves mejicanas del *Pipilo erythrophthalmus* y *P. ocai*, los toui de ojo rojo y de collar, y quizás los papiones africanos, con demografía solapada, del *P. anubis* y *P. hamadryas* separados por rasgos marcados. Algunos científicos estiman las semiespecies como casos de evolución específica inacabada. No está claro si el análisis cladístico debería admitir semiespecies como entidades taxonómicas operativas aunque la marcada diferencia entre especies contiguas interfértiles podría tener relevancia para la interpretación biológica de restos fósiles separados en especies monofiléticas por esta metodología.

5. Especies congénicas gemelas: son casi inseparables, por ejemplo, el *Cassidix major* y *C. mexicana*, dos especies de cornejas norteamericanas de idéntico parecido pero separadas ya que las hembras sólo responden al macho de la misma especie de ella pese al solapamiento demográfico (en Tejas), y se considera que la evolución específica es completa. Aquí hay una lectura cautelara para el manejo con exceso de confianza del análisis cladístico en la Paleontología. Las especies gemelas ofrecen un grado muy superior de separación genética respecto a las semiespecies o subespecies.

Todos los niveles indicados arriba están debajo del nivel de las especies biológicas congénicas monofiléticas, separadas por diferencias marcadas, que son el objetivo principal del análisis cladístico o filogenético.

John Relethford es una autoridad de la Antropología Genética que explica con admirable lucidez cómo la "asimilación" pudo suceder. Volveré al asunto adelante. Basta con decir aquí que un muy exiguo flujo génico (intercambio de genes) entre comunidades puede ser suficiente para mantener la integridad de una especie biológica (bioespecie) polimórfica. La consideración es importante porque nos

recuerda que ni las denominadas paleoespecies corresponden necesariamente a especies biológicas pretéritas, ni las morfoespecies vivientes corresponden siempre a especies biológicas (bioespecies).

A menudo se llama "**macro**evolutivo" al proceso (de "especiación") del origen de nuevas especies por la selección natural, y "**micro**evolutivo" a los procesos genéticos res-

pensables de la variación interna que caracteriza diferentes comunidades de una especie diferentemente (por ejemplo, diferentes frecuencias para grupos sanguíneos determinados). La selección natural tiende a mantener la variabilidad genética de una especie (para luego poder “servirse” de ésta en la conformación de futuras especies nuevas), y el flujo génico entre las diferentes comunidades de una especie también tiende a mantener la heterogeneidad genética de ella, mientras que la deriva genética que a menudo las separa conduce a la reducción de la variabilidad genética en cada una de ellas, pero de manera tan aleatoria que no favorece su evolución hacia especies nuevas (por lo que la evolución de nuevas especies no parece estar asociada con el desarrollo de subespecies geográficamente separadas, como demostró otro eminente catedrático de Harvard, Edward O. Wilson, que ideó el concepto de la “Sociobiología” con gran repercusión en la rama de la Biología que es la Etología).

Algunas consideraciones ofrecidas en las carátulas (“boxes”) nos llevan directamente a la problemática de la verosimilitud de inferencias genéticas que implican la formación de diferentes especies de los homínidos durante el Pleistoceno. El meollo del asunto se reduciría al antagonismo entre el flujo génico y la deriva genética en la Genética de Poblaciones Humanas si hubiera acuerdo común sobre la dimensión paleodemográfica y el papel jugado por la selección natural; pero ya que no lo hay, se abre la manzana de la discordia. Quiero romper una lanza a favor de una noción teóri-

ca de Richard Potts, profesor de la George Washington University e investigador de la Smithsonian Institution de Washington, gran estudioso del Pleistoceno antiguo en África oriental. Potts ha publicado en revistas internacionales de prestigio científico el concepto teórico de la “selección para la variabilidad” en los homínidos (australopitecos y *Homo*), que implica la evolución en los homínidos de una capacidad de adaptación versátil con variabilidad, quizás con una permeabilidad de reproducción entre paleoespecies que favorecería la supervivencia. Según Potts las oscilaciones paleoclimatológicas y paleoambientales en África Oriental en torno a los hace dos millones de años favorecerían el flujo génico entre homínidos en pro de la variabilidad y adaptación versátil (véase Richard Potts, “Variability selection in hominid evolution”, *Evolutionary Anthropology* 7, pág. 81 - 96, 1998, y “Environmental hypotheses of hominid evolution” *Yearbook of Physical Anthropology* 41, pág. 93 a 136, 1998).

Dicho de manera sencilla, Potts arguye que las oscilaciones medioambientales rápidas facilitaron cambios rápidos en los homínidos que no necesariamente los separaron en especies diferentes de manera irreversible sino favorecieron adaptaciones oportunas y la aparición de formas que se aprovechaban de ellas oportunísticamente gracias a la ampliación de la gama de variabilidad. Propone que la selección natural favoreciese semejante variabilidad. Muy en particular, propone que a pesar de las mayores ventajas adaptativas que pudiera ofrecer bien un sesgo del acervo gené-

TRES METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS DE CLASIFICACIÓN Y SUS CONSECUENCIAS

1. Por *diferencias* entre especies: el análisis “**cladístico**” *interespecífico*, también llamado análisis “filogenético”; desarrollado hace medio siglo por Willi Hennig, célebre paleontólogo de insectos, para facilitar la separación de grupos de insectos monofiléticos de otros parafiléticos y relacionarlos con restos fósiles. Lo critica Fred Szalay, paleoprimatólogo, que considera que las “especies filogenéticas” que resultan dependen, en forma circular, de enunciados que son más apriorísticos que contrastables con la de la especie biológica, o bioespecie, como comunidad reproductora, continua pero excluyente -otra cosa sin embargo, es si el concepto de la especie biológica como población excluyente de reproducción viable puede ser traducido al registro paleontológico de las morfoespecies fósiles que son las paleoespecies o cronoespecies, sin presunciones de cierto reduccionismo simplista, facilón y, a fin de cuentas, autojustificante-. El análisis cladístico suele ser representado por un “cladograma”, que no ofrece una dimensión temporal pero solamente ordena las especies según el grado de disparidad o similitud, alineadas horizontalmente en relación con una sola línea diagonal (de la izquierda abajo a la derecha arriba) por ramas más cortas para las especies monofiléticas con mayor similitud y ramas más largas por las más distintas polifiléticas con las anteriores. Entre los problemas del análisis cladístico está la incertidumbre sobre la representación de tres taxones monofiléticos cuando los datos sean insuficientes para indicar nítidamente el orden de su relación filogenética: hete aquí dos ejemplos, gorila-chimpancé-Hombre actuales y hace dos millones y medio de años *Australopithecus-Australopithecus* (*Paranthropus*)-*Homo*.

2. Por el juicio científico de la experiencia del morfólogo sobre el contraste entre aspectos diferentes y la comparación de aspectos parecidos, apoyada por datos sobre aspectos cronológicos y biogeográficos: el análisis “**fenético-filético**” tradicional. Criticado por ser subjetivo. La representación típica, sobre una escala cronológica, es como un “cactus” de hojas evolutivamente separadas que crecen con el tiempo y luego menguan o de las que brotan nuevas hojas.

3. Mediante el análisis efectuado por la “**taxonomía numérica**”: puede ser univariante, bivariante, pero especialmente referido a la Estadística Multivariante sobre la base de la Álgebra Matricial; suele representarse por un “**dendrograma**” que no tiene una dimensión temporal porque sólo recoge el grado de similitud o disparidad de la(s) estructura(s) “oculta(s)” de la configuración de los datos numéricos, que incluyen tanto aspectos compartidos como diferenciadores. El célebre genético Luca Cavalli-Sforza ha demostrado la utilidad y el poder de la metodología en la reconstrucción de la historia y geografía de los genes humanos sobre la base de diferencias en frecuencias genéticas en comunidades distintas. El eminente paleoantropólogo Bill Howells de Harvard lo ha empleado sobre medidas craneométricas en comunidades humanas indígenas de los cinco continentes. La metodología ha sido criticada por los adeptos al análisis cladístico que alegan que por útil que sea cuando se estudian comunidades de una especie biológica, su empleo cuando las muestras podrían proceder de paleoespecies quizás separadas biológicamente tiende a homologarlas por la incorporación en la base de datos de aspectos compartidos. Ellos aseveran que basta que dos fósiles ofrezcan diferencias esqueléticas de magnitud parecida a la que puede haber entre dos bioespecies vivientes como para asignar los fósiles a paleoespecies diferentes; sin embargo las diferencias entre semiespecies a menudo no son menores y conviene recor-

dar que diversas semiespecies, especies anulares e incluso subespecies vivientes se designan por nombres específicos distintos (como morfoespecies) a pesar de que se sabe perfectamente que no son especies biológicas (bioespecies).

Con frecuencia hay confusión entre las metodologías debido a la forma de representación gráfica de los resultados “cladísticos” que no siempre se ofrece por una diagonal con ramas verticales, ya que algunos autores añaden la dimensión temporal sobre la que superponen un esquema de cladogénesis conformado por bifurcaciones de conjeturadas especies monofiléticas ordenadas sucesivamente. Más grave, sin embargo, son aquellos cladogramas, desprendidos de la comparación de personas de procedencia variada a través de diferencias en los haplotipos del ADN mitocondrial, que pueden sugerir separaciones significativas entre las comunidades muestreadas pero que no ofrecen (la mayoría) representaciones alternativas, según la construcción de un cladograma “con raíz” (por referencia a una especie externa, a menudo el chimpancé, de la que se separan primero todas las demás ramas) o “sin raíz” (que se limita a la misma especie muestreada cuando la primera separación está entre los dos grupos que rinden cuentas de los mayores números de sustituciones nucleotídicas registrados): aunque el cladograma *sin raíz* parece a una estrella y es fácilmente reconocido, el cladograma *con raíz* tiene una forma que a primera vista se confunde fácilmente con un dendrograma de la taxonomía numérica. Las dos formas pueden producir representaciones muy distintos de las supuestas relaciones.

Desde 1995 los análisis de los cladogramas *sin raíz* se han mostrado extraordinariamente útiles para la reconstrucción de la palaeodemografía en *Homo sapiens* prehistórico, y de las expansiones demográficas pretéritas de los diferentes componentes humanos que han conformado nuestra actual especie universal, y dos aplicaciones de los cladogramas sin raíz son muy importantes. Primero, el análisis comparativo de las discordancias entre las distribuciones de haplotipos (variantes) de secuencias nucleotídicas del ADN mitocondrial en diferentes comunidades humanas ha servido para computar el tiempo transcurrido desde la fundación de una comunidad por un grupo humano pequeño, según el aumento posterior de su variabilidad haplotípica (reducida inicialmente a causa del “efecto fundacional” de la deriva genética). Segundo, la consideración de los haplotipos de las secuencias referidas a cladogramas sin raíz ha permitido inferencias científicas sobre los tamaños verosímiles de diferentes poblaciones prehistóricas de nuestra especie, según la comparación de las secuencias con mayor representación en una comunidad y el tiempo necesario para la evolución de algunas de aquellas hacia variantes descendidas diferentes. Estos avances han eclipsado el empeño -muy de moda entre 1980 y 1990- de manejar cladogramas *con raíz* en ensayos de caracterizar los “últimos antepasados” que distintos grupos podrían tener en común (sean grupos humanos o especies) y determinar la cronología de la separación de grupos descendidos. Entre los diversos problemas que inciden en tales ensayos está la gran influencia sobre la topología de un cladograma que pudo tener la extinción de grupos -incluso especies- ya no disponibles para ser muestreados. No obstante, usados con prudencia, y con la presentación de cladogramas alternativos según la lógica de los planteamientos y posibilitados por la Informática, los cladogramas ofrecen aspectos de interés, siempre y cuando las agrupaciones identificadas ni se consideren necesariamente fijas ni biológicamente aisladas. Conviene insistir que los resultados de los análisis tanto cladísticos como de la taxonomía numérica pueden variar cuando se cambian las variables o los casos (sean individuos o grupos).

Otro aspecto a tener en cuenta es que las expansiones en abundancia de poblaciones prehistóricas dificultan nuestro conocimiento de la situación anterior -cuando no la imposibilitan- porque han barrido la evidencia de ésta. A nivel mundial no hay duda de que hubo una

expansión de la dimensión demográfica de la abundancia total de nuestros antepasados hacia aproximadamente cincuenta mil años. Pocas autoridades cuestionan que el esqueleto de *Homo sapiens* tiene una antigüedad en el registro fósil africano de al menos 150.000 años y probablemente 300.000. Tampoco cuestionan que el esqueleto del Hombre de *Neanderthal* tiene una antigüedad en el registro fósil euroasiático de entre 135.000 y 35.000 años y con verosimilitud que restos de sus antepasados hacen acto en presencia el registro fósil desde hace 300.000. Por otra parte, la relaciones filogenéticas entre ambos quedan oscuras más allá en el tiempo. Un problema fundamental de la consideración del ADN humano actual para arrojar luz sobre la evolución humana antes de hace 50.000 años depende en parte de si las expansiones de la demografía humana anterior fueron de un antepasado común a dos especies del género *Homo* o sólo de una especie biológica ya separada de otras paleoespecies del género *Homo*. Dicho de otra manera el cómputo de la paleodemografía de los orígenes nuestros no puede separarse de la consideración que tenemos de la inclusividad o exclusividad paleoespecífica hace medio millón de años. Hace veinte años se conjeturaba sobre la verosimilitud de que el último barrido genético del ADN mitocondrial fuera un "cuello de botella" que pudiera corresponder a la fundación de nuestra actual especie (la conjetura de "Eva" africana mitocondrial) pero hoy en día parece que hubo varias cuellos de botella, especialmente entre hace 200.000 y 50.000 años en África, en relación con la segregación espaciotemporal de los precursores de *H. sapiens*, todos probablemente compatibles a través del genoma nuclear en cuánto a la reproducción sexual entre sí. Otro problema distinto es la relación entre ellos y el Hombre de *Neanderthal* porque investigaciones tanto sobre el genoma mitocondrial como nuclear de éste implican la verosimilitud de la separación hace más de 500.000 años entre los precursores de dos poblaciones, bien las especies *H. neanderthalensis* y *H. sapiens* o subespecies *H. sapiens neanderthalensis* y *H. sapiens sapiens*.

Recomiendo a los profesores de Biología: Alan Templeton "The 'Eve' hypothesis: a genetic critique and reanalysis", *American Anthropologist* vol. 95 (1), pág. 51 a 72, 1993; "Testing the Out-of-Africa replacement hypothesis with mitochondrial DNA data" pág. 329 a 360 en G.A. Clark y C. M. Willermet, eds., *Conceptual issues in modern human origins research*, Nueva York, Aldine-de Gruyter, 1997; "Human races: a genetic and evolutionary perspective", *American Anthropologist* vol. 100 (3), pág. 632 a 650, 1998; "Out of Africa again and again," *Nature* vol. 416, pág. 45 a 51, 2002.

tico para favorecer la supervivencia y la morfología adecuada en un entorno más húmedo con abundancia de frutas u otro sesgo que favoreciera la supervivencia y la morfología adecuada en un entorno más seco con esparcimiento de recursos bioenergéticos variados, quizás cabe la posibilidad de que hubiese otra configuración que, pese a implicar un coste relativamente desventajoso, favoreciera la *versatilidad* que posibilitara respuestas meramente *suficientes* para permitir la supervivencia en un entorno u otro.

Semejante “*selección para la variabilidad*” implica la existencia de un colchón, o “*búfer*”, que pudo ser la colaboración del grupo social, el manejo de utensilios para mejorar el aprovechamiento de los posibles recursos bioenergéticos (amén del fuego para cocinarlos) o incluso el aumento de la gama de la variabilidad de la masa cerebral. La noción recoge el viejo concepto genético-geográfico, elaborado con rigor matemático por Sewall Wright hace setenta años, de la posibilidad genético-geográfica de una “superficie adaptativa” ondulante para una especie biológica (bioespecie) debido a ligeras variaciones que separan grupos de apareamiento (o “*demos*”) con sesgos genéticos inestables o en vías de estabilización local. La noción también recuerda la consideración, propuesta hace treinta años por Kent Flannery, ilustre investigador de la Arqueología Prehistórica sobre los orígenes del Neolítico en Medio Oriente y México después del último período glacial, de que bastaba la *suficiencia* de una estrategia en relación con los recursos bioenergéticos, adecuada

para permitir la supervivencia humana en años tanto buenos como malos, por lo que no es necesario considerar el desarrollo de un cambio estratégico como “óptima” o “máxima” (para Flannery el Neolítico tuvo su origen en una estrategia versátil que dirigía la atención del Hombre a plantas silvestres luego cultivadas y animales silvestres luego domesticados que eran marginales para la alimentación de los cazadores y recolectores, por lo que ellos tardaban en abandonar la caza y recolección tradicionales).

No obstante, la “*selección para la variabilidad*” de Potts pone en tela de juicio cualquier supuesto de que las morfoespecies de los homínidos que designamos como paleoespecies (e incluso paleogéneros) entre hace 2,5 y 1,5 millones de años fueron bioespecies separadas por barreras impermeables de reproducción.

Nuestra única especie *Homo sapiens* se encuentra actualmente en biotopos tan diversos que sin embargo han conducido a la evolución por la selección natural de una proliferación de especies en otros géneros de mamíferos, amén de familias. La “*panmixis*” de nuestra especie única, a escala mundial, puede interpretarse de dos formas distintas. Por un lado, hay quienes aseveran que tal anomalía en la Zoología de los mamíferos sólo puede explicarse por una presunción de excepcionalidad: es decir, la cultura y tecnología humana, favorecidas por el lenguaje, cuya evolución implica un cambio genético que producía una conducta, sin parangón en los mamíferos, en un linaje solo -inicialmente de reducida dimen-

sión demográfica- del género *Homo* en el Pleistoceno. Por otro lado, los contrincantes replican que semejante aseveración ni es la única interpretación posible del registro paleoantropológico y del Paleolítico, ni tampoco es la explicación teórica más sencilla, y por consiguiente, no es la hipótesis de trabajo más económica -incluso desde la perspectiva de consideraciones teóricas-.

Para complicar las cosas, tanto unos como otros invocan el papel jugado por la selección natural, como importante o incluso determinante. Para los primeros, la selección natural produjo una especie, nueva y única, *Homo sapiens*, dentro de una gama de paleoespecies de *Homo* cuya mayoría se extinguió por no poder mantener la competencia reproductora (por ejemplo, *H. neanderthalensis*). Para los otros, la selección natural pudo conformar diferentes poblaciones, tanto en direcciones divergentes como convergentes, de una paleoespecie de morfología más amplia, capaces de responder, con flexibilidad, de manera diferenciada a la presión de la selección natural según el entorno. Según este segundo modelo, es fundamental la estadística que Sewall Wright -uno de los dos fundadores más ilustres de la ciencia de la Genética de Poblaciones en la década de los treinta del siglo XX (el otro fue el inglés Sir Ronald Fisher)- definió como F_{ST} para indicar la diferenciación presente entre todas las poblaciones de una especie. F_{ST} estima el valor medio de la distancia genética de cada una respecto al valor medio para todas y refleja tanto los procesos que pueden reducir las diferencias genéticas entre pobla-

ciones-procesos como mutación y flujo génico-, como los que pueden aumentarlas -como el proceso de la deriva genética-.

Para entender correctamente el significado de esta estadística, es necesario desglosar la demografía de una especie biológica entre la dimensión *censada* (de todos los individuos de la especie, desde neonatos hasta ancianos), la dimensión *reproductora* (de los individuos de edad reproductora) y la dimensión *efectiva* que es sencillamente el número de individuos responsable del acervo genético de generaciones posteriores -por ejemplo, la nuestra-. En el excelente libro *Genetics and the search for modern human origins*, el antropólogo de la Genética que es John Relethford, explica cómo el valor de la estadística F_{ST} podría haber tenido un valor superior al nuestro actual en nuestros antepasados del Pleistoceno. Relethford considera que los seres humanos tenemos la característica de una dimensión efectiva baja a pesar de una dimensión censada muy grande: que tiene la consecuencia preocupante de que los datos genéticos desprendidos de estudios sobre los seres humanos actuales no permiten conclusiones definitivas sobre la dimensión demográfica pretérita -o sea, no se puede descartar, teóricamente, una contribución genética en el pasado de poblaciones de diferentes regiones continentales del mundo además de la africana, aunque esta fuera la que más hubiese aportado-.

Uno de los aspectos teóricos más importantes de la teoría matemática de la Genética de Poblaciones desarrollada por Sewall Wright, comentado por Relethford en su libro, es que

la “extinción y recolonización de poblaciones locales podrían jugar un papel en la expansión demográfica del Pleistoceno tardío ... (quizás) causada en parte por un descenso en la tasa de extinción de poblaciones locales. Si estas tasas se bajaran debido a mejoras en las adaptaciones culturales ... entonces la dimensión efectiva de la especie aumentaría sin la necesidad de aumento de la dimensión censada de la especie. Esta idea considera la extinción y recolonización local como produciendo un efecto amortiguador en la dimensión efectiva de la especie. Cuando este efecto sea reducido, la dimensión efectiva de la especie aumenta hasta aproximarse a la dimensión demográfica reproductora. El mismo efecto podría resultar de una reducción en F_{ST} , quizás en relación con el aumento de la emigración entre poblaciones, el cual podría reflejar factores cambiantes del entorno o adaptaciones culturales. Aunque muchos arqueólogos no dudan que hubo un aumento de la dimensión censada, es posible también que el aumento de la dimensión efectiva de la especie estaba relacionada en parte a cambios en la extinción y diferenciación demográfica. Según este modelo, la expansión de la dimensión demográfica efectiva en el Pleistoceno reciente es reflejo de (1) un aumento de la dimensión censada, (2) una reducción de la tasa de extinción y recolonización local y (3) una reducción de la tasa de la diferenciación demográfica (con reducción en F_{ST}). Este modelo debería ser investigado con esmero en el futuro a través de análisis genéticos y arqueológicos” (pág. 175 a 176, traducción:

M. J. Walker). Aunque esta consideración se refiere al Pleistoceno Superior, el mecanismo genético pudo hacer acto de presencia en cualquier otro período anterior durante el Cuaternario e incidir en el “mosaicismo” (véase abajo) que tanto caracteriza *H. heidelbergensis* en los continentes en ambos lados del Mar Mediterráneo.

John Relethford acepta que *Homo sapiens* apareció en África y que su dispersión a los demás continentes ocurrió en el Pleistoceno Reciente (o Superior) porque reconoce la evidencia contundente de que nuestro legado genético -sea del ADN mitocondrial o cromosómico- indica tanto las huellas de una expansión demográfica, como la mayor homogeneidad extraafricana respecto a la africana. Por otra parte, Relethford razona no sólo que nos faltan datos como para permitirnos descartar toda posibilidad de que los nuevos inmigrantes en Eurasia pudiesen aparearse con indígenas (por ejemplo, el Hombre de *Neanderthal* pese a que cualquier contribución suya debió ser tan reducida como para no haber dejado rastro en nuestro acervo genético actual), sino también, y más importante, que el gran tamaño y tasa de la expansión demográfica de nuestros antepasados de *Homo sapiens* (hace más o menos 50.000 años, durante el Pleistoceno Reciente o Superior) es precisamente lo que hace imposible usar métodos de la Genética Humana para indagar sobre la dimensión y dispersión -amén de fluctuaciones pretéritas en ambas- de los propios antepasados de la dimensión demográfica efectiva que estuvo en la base de esa última expansión antes de su comienzo.

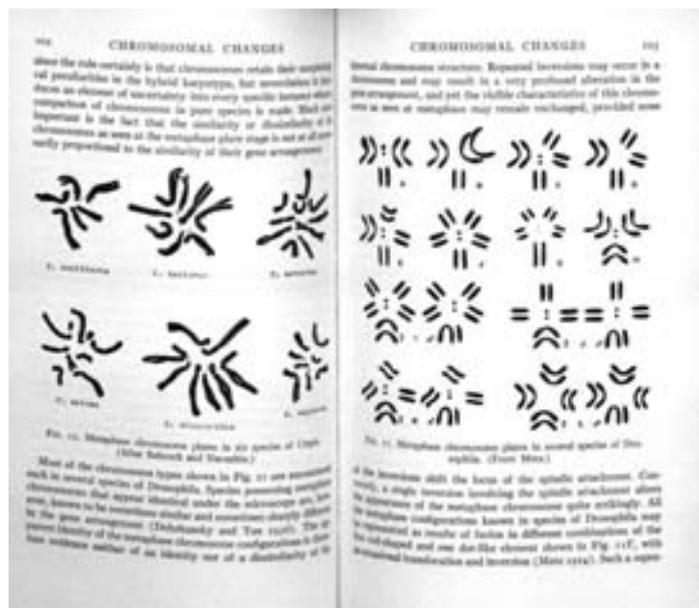
¿Por qué? La respuesta es fácil cuando se reflexiona sobre el orden en descenso del tamaño de la población censada, la población reproductora y la población efectiva, para cualquier especie de mamíferos. ¿Qué significa? También la respuesta es fácil, ya que la segregación demográfica (lógicamente implícita en dicho orden) implica también la posibilidad de sesgos en variantes genéticas dentro de las dimensiones espacial y temporal de una especie.

Darwin insistió en que la evolución de una especie demuestra “*descendencia con modificación*” -o sea, refleja la herencia acumulada del cambio por modificación en una población, posibilitado por la variación existente en aquella-. La visión revolucionaria de Darwin tiene un

alcance tan grande que desmiente esa caricatura que se mofaba de su teoría alegando que era meramente la tautología de que “los supervivientes han sobrevivido”, porque la síntesis moderna entre la Genética y el Darwinismo demuestra que, y cómo, “*las diferencias entre los supervivientes han sobrevivido diferencialmente*”.

La coevolución, en canales compartidos, de caracteres fenotípicos coadaptados, cuyos genes se surten con independencia, puede ser el reflejo de la manera asociativa que facilita las respuestas al entorno por parte del organismo. Quizás sea la consecuencia de retroalimentación positiva o negativa, entre las respuestas etológicas de una comunidad de organismos y la plasticidad de sus fenotipos, espe-

Theodosius Dobzhansky. ◀
Genetics and the origin of species.
 New York: Columbia Univ. Press, 1937



cialmente durante el desarrollo y crecimiento de los individuos: ambos casos implican la evolución diferencial en función de la dependencia de la densidad o frecuencia, tanto de comunidades como los individuos que las constituyan; además, los canales de retroalimentación pueden ser divergentes si las respuestas producen la evolución diferenciada correspondiente de los respectivos entornos en los cuales inciden dichas comunidades o los individuos de las mismas. Esto permite la reconciliación con la actividad de la selección natural sobre el fenotipo completo, concebido como un “*sistema biológico construido por las interacciones sucesivas del genotipo del individuo con los entornos en los cuales su desarrollo ocurre*” (Theodosius Dobzhansky, *Genetics and the origin of species*, 1970) -la implicación aquí es que puede haber genotipos muy heterogéneos a pesar de una apariencia homogénea de fenotipos silvestres-.

Un caso muy ilustrativo fue documentado por el ilustre estudioso de la Genética de Poblaciones, el catedrático E. B. Ford de Oxford, que de joven realizó, junto con su padre, una serie de observaciones pertinentes de la mariposa de la especie *Euphydryas (Melitea) aurinia*, localizada en una pequeña zona del campo noroccidental inglés entre 1881 y 1936 (véase E. B. Ford, *Understanding genetics*. Nueva York, Pica Press, 1979). La abundancia cayó en picado sobre 1897 hasta que la especie llegara a ser muy infrecuente en 1912 y durante siete años apenas se encontraba aunque tenían la misma forma de antes; se puede considerar el suceso como si fuera

“un cuello de botella”, demográfico y genético. Entre 1920 y 1924 volvió a ser muy abundante pero con la oferta de una amplísima gama de variabilidad morfológica, incluso con formas maladaptadas -hasta las hubo con alas arrugadas o tan asimétricas que casi no podían volar-. Después el *demos* se estabilizó, su número sufrió cierta disminución y su forma volvió a ser uniforme con muy escasos individuos diferentes aunque ya *no era la misma* de los años anteriores al 1920. Esto demuestra que muchos genes seleccionados eran favorables (probablemente alelos codominantes para los caracteres polimórficos evolucionados, bien directamente, o al nivel de la organización ontogenética, que causaban efectos multifactoriales acumulados), y que el proceso evolutivo de “*mosaicismo*” iba mucho más allá de la mera eliminación de nocivos genes recesivos. O sea, hubo evolución morfológica, facilitada por la abundancia temporal de mayor heterogeneidad cuya causa debió ser la relajación de la presión selectiva.

¿Pudo suceder semejante proceso en la evolución humana? De todos modos, el efecto observado por Ford es del signo opuesto al mecanismo del “*equilibrios interrumpidos*” (o “*punctuated equilibria*” en inglés) preconizado por el lamentado científico Stephen Jay Gould, el célebre zoólogo de la Universidad de Harvard. El concepto implica la conformación equilibrada del homogéneo morfotipo específico *después* del suceso inicial del origen de una especie. Para Ford, fue la selección rigurosa que redujo la abundancia, la que eliminaba las formas maladaptadas y conformaba el morfoti-

po homogéneo. Es importante separar el efecto de las observaciones de sus discípulos (por ejemplo, Kettlewell) sobre el “polimorfismo equilibrado” del susodicho “melanismo industrial” en las polillas *Biston betularia* y *B. carbonaria*, o de los caracoles de *Cepaea (Helix) nemoralis*, donde el polimorfismo de la especie politépica puede ofrecer tanto “efectos areales” -de variabilidad geográfica- como la selección natural darwiniana por depredación selectiva, que no incidió en el importante caso documentado por Ford.

Sin embargo, el caso de *Euphydryas aurinia* nos devuelve al aspecto de los cambios geno- y fenotípicos que la misma especie sola puede experimentar en el curso de su propia trayectoria evolutiva, sin separación en nuevas especies. Semejante “mosaicismo” evolutivo, propugnado por diversos paleoantropólogos en la evolución del género *Homo*, por ejemplo en *Homo heidelbergensis* (véase abajo) o quizás

en *Homo erectus/ergaster*, podría encontrar cabida dentro de la trayectoria evolutiva de una especie politépica: máxime si se admite la verosimilitud de que en entornos diferenciados se formaran poblaciones clinales, subespecies, una especie anular o incluso semiespecies. El “mosaicismo” invoca la noción metafórica de que diferentes poblaciones pueden conformar la morfología heterogénea de una especie, como si fuera compuesta de elementos variados como si conformaran un *mosaico romano* que depicta una escena coherente a través elementos pequeños, e incluso partes mayores, diferentes entre sí, que se unen para completar la escena. También es posible que la selección natural incidiera en algún entorno particular para favorecer genotipos particulares, incluso si el entorno en cuestión fuera recolonizado por poblaciones de una especie con gamas diferentes para variantes genéticas, después de la extinción en el de otra

PUNCTUATED EVOLUTION: Bibliografía básica

El concepto de la evolución por “equilibrios interrumpidos” (“*punctuated equilibria*” en inglés) propugnado por Stephen Jay Gould propone la verosimilitud, desprendida del registro paleontológico, de la tasa discontinua -no uniforme- de la evolución de las especies, e implica períodos estables, cuando la selección natural sostiene el fenotipo de una morfoespecie en equilibrio con el entorno natural, interrumpidos por otros de genotipo específico inestable que pueden dar lugar a bioespecies nuevas (véanse: N. Eldredge y S. J. Gould, “Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism”, pág. 82 a 115 en T. J. M. Schopf, ed., *Models in paleobiology*, San Francisco, W. H. Freeman-Cooper, 1972, y “Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered”, *Paleobiology* vol. 3, pág. 115 a 151, 1977; y “Punctuated equilibrium comes of age”, *Nature* vol. 366, pág. 223 a 227, 1993). Sin embargo, el concepto es compatible matemáticamente con la teoría darwiniana del origen de especies por la selección natural (véanse C. M. Newman, J. E. Cohen y C. Kipnis, “Neo-Darwinian evolution and punctuated equilibrium”, *Nature* vol. 315, pág. 400 a 401, 1985).

población anterior de la especie; cualquier parecido entre poblaciones separadas en el tiempo en dicho entorno no necesariamente tendría que implicar descendencia directa entre sí -pero tampoco es necesario que haya parecido genotípico alguno entre sí para que la población anterior y la que la sustituyó deben considerarse como especies diferentes.

Aquí vemos dónde y cómo puede haber interpretaciones contrastadas sobre la evolución humana en el Pleistoceno. Con naturalidad los adeptos de la metáfora de la “celosía” consideran el “mosaicismo” de la especie como parte de su propia configuración biológica, a la vez de que admiten la verosimilitud de la incidencia de la selección natural. Por el otro lado, los adeptos a esquemas cladogenéticos de sustituciones espaciotemporales por la evolución de especies nuevas alegan que la selección natural habrá transformado en especies diferentes cualquier conjunto con distintivos genotípicos del esqueleto respecto a otro conjunto, sea en el espacio o el tiempo.

Lo que separan estos dos extremos es su consideración dispar de la dimensión demográfica. La Genética Humana sólo nos informa que debió cifrarse en 10.000 individuos la dimensión demográfica efectiva que estuvo en la base de la última expansión hace aproximadamente 50.000 años. No sabemos ni la dimensión reproductora ni la censada para *Homo sapiens* entonces. Tampoco sabemos nada para cualquier período anterior, sea entre hace 130.000 y 50.000 años o desde hace un millón o incluso dos. Diferentes autores barajan cifras muy diferentes, desde una población

censada que podría haber llegado a 5 millones en África, Europa y Asia, hasta apenas cien mil. Las cifras más bajas suponen una relación entre dimensión efectiva y censada que tiene un orden de magnitud de diez ($10 \times 10.000 = 100.000$). Las cifras más elevadas la suponen en 500 ($500 \times 10.000 = 5.000.000$).

Dicho de otra manera, la proporción de la población censada representada por la efectiva podría ser tan elevada como el 0,1 (el 10%) o tan reducida como el 0,002 (el 0,2%): entre los mamíferos hay taxones que ofrecen valores tan altos en algunos casos como tan bajos en otros. Algunos prehistoriadores favorecen una elevada población humana en el Pleistoceno Medio (véase Fekri A. Hassan, *Demographic archaeology*, Nueva York, Academic Press, 1981). No obstante, siempre hay quienes contestarían que esta podría corresponder a varias especies (por ejemplo, *H. ergaster*, *H. erectus*, *H. heidelbergensis*, etcétera) y no a una sola (*H. sapiens*). Otro problema es que pudo haber varios períodos de aumento y expansión demográfica y otros de reducción brusca. John Relethford comenta algunos de estos aspectos y concluye que nuestra ignorancia desaconseja tomar posturas extremas y excluyentes, tales como aseveran algunos adeptos a esquemas cladogenéticos de sustituciones espaciotemporales por la evolución de diferentes paleoespecies del género *Homo*, a la vez de que insiste en que esa misma ignorancia no permite el recurso a la Genética Humana para apoyar la conjetura multirregional de una especie politípica en evolución con “mosaicismo”, con estructura espaciotempo-

ral de “celosía”, sin fisuras, desde hace dos millones de años.

Los adeptos a interpretaciones sobre la base del análisis filogenético de la evolución cladogenética del género *Homo* durante el Pleistoceno aseveran que las dimensiones censada y reproductora de poblaciones muy separadas debieron ser tan bajas como para reducir el efecto del flujo génico con respecto a la deriva genética, favoreciendo, así, el aislamiento y la especiación alopátrida. Esta interpretación desestima la diferencia entre el empleo de utensilios paleolíticos y el empleo de objetos por los grandes simios antropomorfos, con la consideración de la lentitud del desarrollo de la tecnología paleolítica a lo largo del Paleolítico antiguo -con la inferencia de que aún no habían aparecido las aptitudes humanas de la cognición y comunicación-.

Por el contrario, los adeptos a interpretaciones sobre la base del análisis fenético de la evolución anagenética del género *Homo* durante el Pleistoceno aseveran que las dimensiones censada y reproductora de poblaciones muy separadas debieron ser suficientes como para permitir que el flujo génico tenía, generalmente, efectos por encima de los que favorecieran la deriva genética, tan extrema como para desembocar en especies alopátridas, sino favorecer la evolución simpátrida (o quizás parapátrida) desde el océano Atlántico al Pacífico. Esta interpretación considera que la dispersión humana hacia Asia y Europa desde hace más de un millón de años (tan diferente a la restricción

geográfica y ecológica de los grandes simios antropomorfos) y la presencia de utensilios paleolíticos cuya producción implica el empleo de un implemento para preparar otro de forma o incluso materia prima diferentes (tan diferente a la tecnología de los grandes simios antropomorfos) indican el comienzo de las aptitudes humanas de la cognición y comunicación.

Dicho de otra manera, hete aquí no uno, sino dos, elementos teóricos en la base de los argumentos de unos y otros: por un lado, la consideración científica de la Genética sobre los efectos del flujo génico (para mantener la variabilidad del genoma) y de la deriva genética (que reduce la variabilidad del genoma), y por otro lado, la consideración etológica o neurobiológica sobre el significado del registro arqueológico del Paleolítico.

Sin entrar con profundidad aquí en consideraciones de la Evolución Humana desprendidas de la Genética Molecular humana actual (especialmente del ADN mitocondrial), conviene mencionar que conforman un contraste importante algunas consideraciones de la clásica Genética de Poblaciones: muy en particular del análisis genético de matrices de emigración. Desde esta perspectiva, la dimensión historicoevolutiva de trayectorias demograficogenéticas incluye la posibilidad del flujo y reflujo génicos en redes dinámicas, que producirían efectos desiguales cuando la demografía no sea uniforme. Por ejemplo, si la población africana subsahariana habría sido tres veces superior a la del resto del mundo hace cien mil años -o inclu-

so, si durante un tiempo la población africana subsahariana hubiese disfrutado de una *tasa de aumento demográfico tres veces superior* a la de poblaciones fuera de África se puede rendir cuentas, así, de las observadas distancias genéticas entre las poblaciones actuales de África subsahariana por un lado, y Eurasia con Oceanía por otro (como han demostrado los eminentes genéticos Henry Harpending y John Relethford): sin necesidad alguna de inferir una trayectoria evolutiva de *Homo sapiens* más larga en África, cronológicamente, que en Eurasia y Oceanía occidental (tal como la interpretan algunos científicos célebres de la Genética Molecular). Para poblaciones actuales africanas, europeas, asiático-orientales y de Australia y Melanesia, Relethford contrastó la línea de regresión de su diferente variación craneométrica intragrupal sobre las distancias alélicas del centroide de la distribución de los autovalores para numerosos sistemas alélicos en el hiperespacio (a través de técnicas de la Estadística Multivariante de la Taxonomía Numérica, equiparables con los métodos de las componentes principales y los coordenados principales), tanto cuando la tasa demográfica africana se tome como superior a las demás, como cuando se tome como similar: en el primer supuesto la línea se ajusta a las observaciones sin necesidad de conjeturar la variación africana excepcional inferida del segundo por la separación africana de la línea de regresión teórica.

Esto es menos complicado que parece ser a primera vista. Quiere decir que desde

el comienzo del Pleistoceno Superior los genes (autosómicos, obviamente) han producido más heterogeneidad craneológica en África que fuera de ella, dentro de nuestra misma especie moderna, universal y panmictica, que es *Homo sapiens*. Y muy especialmente, dicha heterogeneidad resulta ser excesiva si la evolución humana hubiese avanzado sobre la base de poblaciones de similar tamaño y tasa de reproducción que se hubieran separado sucesivamente en el tiempo y el espacio antes de quedarse alejadas y *completamente aisladas entre sí*. Esto sería el modelo cladogenético por excelencia (es decir, el modelo que conjetura la especiación desde hace dos millones de años de paleoespecies de *Homo* sucesivamente, alejadas y aisladas en el espacio y el tiempo).

Para el caso del Pleistoceno Reciente (o Superior, o sea entre hace 130.000 y 10.000 años), Relethford demostró cómo, teóricamente, no es el único modelo teórico, ya que *otro* modelo teórico existe que lo aventaja porque es capaz, además, de interpretar la heterogeneidad africana: este modelo considera una red continua conformada por flujo y reflujo génico *desigual*, debido a una diferencia entre las tasas de reproducción demográfica (mayor en África, menor fuera de ella). Lejos de reafirmar la conjetura de que el aislamiento y la separación geográfica tienden por sí solos a aumentar la heterogeneidad (que hubiera sido el caso si la deriva genética se hubiese predominado), tamaño aumento parece haber sido conformado por ellos más cuando la tasa del incre-

mento demográfico había sido mayor que aquella en las regiones de continentes muy lejos -y no cabe duda de que el flujo génico en nuestra especie moderna se ha mantenido en todo el mundo!-. Relethford nos impresiona, con elegancia algebraica, cuando a continuación demuestra cómo, teóricamente, una tasa exigua del flujo génico en tales circunstancias bastaría para proporcionar un dendrograma de forma idéntica a la del cladograma del modelo alternativo (cladístico). Aún así, incluso con respecto al *H. sapiens* del Pleistoceno Reciente (o Superior) Relethford muestra una actitud muy prudente cuando dice que es verosímil conjeturar que hubo tanto una dispersión p más desde África, como flujo génico entre África, Eurasia y quizás Australia y Melanesia, y que en todo caso el origen evolutivo de *H. sapiens* tuvo lugar en África.

Aquí llegamos al meollo del asunto con respecto a la evolución humana en el Pleistoceno: aunque inferencias cladísticas (sean desprendidas de la Paleontología Humana o de la “Neontología” de la Genética Molecular) aporten cladogramas “filogenéticos” para comunidades autóctonas separadas -o incluso supuestas paleoespecies-, quizás no obstante puede ofrecer el mismo parecido un dendrograma desprendido de una matriz de emigración entre comunidades separadas de una sola especie, elaborada sobre la base de las diferencias en sus frecuencias genéticas para un rasgo físico (por ejemplo, un grupo sanguíneo) atribuibles al flujo génico desigual entre esas comunidades.

Para el Pleistoceno es obviamente tanto imposible el computar tales diferencias, como lo

es idear una metodología capaz de permitirnos realizar ensayos científicos de falseación o refutación de las propuestas cladísticas; conviene remarcar que aquellas inferidas de la “Neontología” suelen remitirse al genoma mitocondrial (y muy en particular a los intrones de su ADN), que suponen una dificultad añadida ya que los rasgos anatómicos del registro de la Paleontología Humana no dependen del genoma mitocondrial ni mucho menos de los intrones de éste. Esta dificultad epistemológica de la Filosofía de la Ciencia está en la base de la imposibilidad científica de poder descartar la permeabilidad de fronteras reproductoras entre poblaciones de *Homo* separadas en el espacio y el tiempo desde hace quizás un millón de años como absolutamente inverosímil por infrecuente que fuese el flujo génico.

¿Cabe la posibilidad de que hubo una gama tan amplia de la variabilidad genética de una especie (por ejemplo, *H. heidelbergensis* o incluso *H. erectus*) que estuviese en la base de la nuestra (*H. sapiens*), como para poder englobar en un extremo a los antepasados responsables de la población efectiva de nuestra especie actual, dentro de una más extensa demografía censada de tal palaeoespecie que mayoritariamente se hubiera distado bastante del parecido físico del *H. sapiens* a pesar de no haber perdido la continuidad genética mientras que existía el flujo génico mínimamente necesario para mantenerla?

El argumento ofrecido con frecuencia en contra de dicha posibilidad es que la segregación alopátrida parece haber establecido nuevas gamas de variabilidad genética de especies afi-

nes separadas en otros grupos de animales, de manera exclusiva y excluyente, debido al poder ejercido por la selección natural en la base de las adaptaciones fenotípicas y genotípicas en entornos diferentes. De ahí el empeño de quienes desean aplicar este argumento a la evolución humana

en declarar que el escaso nivel tecnológico del registro del Paleolítico desde hace dos millones de años, implica capacidades cognitivas y de comunicación tan elementales como para no haber permitido mantener redes del flujo genético sobre grandes distancias intercontinenta-

¿QUÉ ES "FLORESIENSIS"?

Se trata de unos restos humanos, hallados en una cueva de la isla de Flores (Indonesia) en un depósito fechado en apenas veinte mil años, con volumen craneano parecido a los australopitecos y otras diferencias esqueléticas respecto al Hombre moderno. Según algunas autoridades podría ser descendido de un homínido parecido a "*H. georgicus*", aislado durante dos millones de años, cuyo enanismo fue conformado por un proceso evolutivo de endemismo en la isla. Según otras corresponden a *H. sapiens* moderno, afectado por una anomalía patológica excepcional caracterizada por enanismo y microcefalia, como resultado de una mutación genética insólita. Los utensilios paleolíticos excavados en la cueva se parecen más a los de *H. sapiens* del Pleistoceno Reciente final en otras regiones del mundo, por lo que "*floresiensis*" tenía capacidad suficiente al menos para usarlos si fueron dejados en visitas por *H. sapiens*, o sino, para haberlos elaborado.



les. Sin embargo, tampoco la segregación de algunas paleoespecies de *Homo* en lugares aislados (el susodicho *H. "floresiensis"* de la isla de Flores en Indonesia: véase en la página anterior) implica necesariamente que semejante proceso de especiación alopátrida se imponía de manera universal en nuestro género.

Hoy en día se vive con menor intensidad la fuerte confrontación entre los adeptos acérrimos de la conjetura multirregional y los adeptos a ultranza de la conjetura de la sustitución por el *H. sapiens* en el Pleistoceno Reciente (o Superior) de cualquier otra forma de *Homo* que se había evolucionado. Más bien las batallas campales entre unos y otros de los últimos 20 años del siglo XX han dado paso a escaramuzas en el terreno intermedio. Aquí John Relethford no esconde sus

reservas pese a que no descarta la posibilidad de que los procesos de especiación se quedaron inacabados. Por otra parte, el distinguido paleoantropólogo Chris Stringer tampoco esconde sus reservas pese a que favorece la desaparición de paleoespecies de *Homo* en la medida de que *H. sapiens* las sustituía.

Chris Stringer, distinguido catedrático de la Universidad de Londres que dirige el Departamento de Paleontología del Museo de Historia Natural de Londres, ha publicado una reflexión extensa con el título "Modern human origins: progress and prospects" (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London series B* vol. 357, pág. 563 a 579, 2002). El célebre paleoantropólogo londinense hace distinción en el campo derecho entre



Mariano López, Antonio López, Jon Ortega y Michael Walker

la extrema teoría “*multirregional*” de una “celosía” espaciotemporal de la evolución humana interconectada en todo el mundo desde hace dos millones de años (propugnada por Franz Weidenreich hace sesenta años y resucitada por Milford Wolpoff y Alan Thorne) por un lado, y la propuesta suavizada de “*asimilación*” durante al menos el último millón de años (por ejemplo, del tipo no descartado por John Relethford). En el campo izquierdo, Stringer distingue entre la teoría extrema de la “*sustitución completa*” por *H. sapiens* africano de cualquier otra forma de *Homo* que había aparecido en el mundo, y la conjetura suavizada de que la sustitución pudo ser acompañada por “*hibridación*” aunque dicha palabra insinúa procesos desarrollados de especiación en *Homo*.

Chris Stringer había elaborado esta última posibilidad con el prestigioso paleoantropólogo Günter Bräuer de la Universidad de Hamburgo en diversas publicaciones, sobre la consideración meticulosa del registro paleoantropológico africano especialmente. Indicios de la moderación de la postura de Stringer incluyen su aceptación de *H. erectus* desde el Plio-Pleistoceno africano como forma de extensión afroasiática (en vez de la separación entre *ergaster* y *erectus*), el “*mosaicismo*” y la distribución extensa de *H. heidelbergensis* (con presencia en Europa, África y quizás Dali en China), y sus reservas con respecto a supuestas formas intermedias como *H. “antecesor”* en la trayectoria evolutiva de *H. sapiens* (favorecida por Juan Luis Arsuaga y Jose M^a. Bermúdez de Castro de

Madrid) o como *H. “helmei”* en la trayectoria evolutiva del *H. neanderthalensis* (favorecido por Marta Mirazón Lahr y Robert Foley de la Universidad de Cambridge). Stringer y Bräuer consideran que *H. heidelbergensis* se separó en la evolución de *H. neanderthalensis* en Europa y *H. sapiens* en África. El paleoantropólogo estadounidense Philip Rightmire (autor de un libro sobre *Homo erectus*) tiene una opinión muy parecida y también comenta la posibilidad de que *H. heidelbergensis* podría incluir al cráneo chino de Dali.

Otra manera de llevar el juego al centro del campo ha sido desarrollada por el célebre paleoantropólogo Erik Trinkaus de la Washington University de San Luis y sus seguidores que se han preocupado por la comparación de la Anatomía Funcional en *Homo*. Demuestran cómo la masa del cuerpo humano en el Pleistoceno aumentó e incluso superó valores modernos. Por otra parte, sólo desde hace un millón de años ha sido notable el aumento de la encefalización pero aún así ésta tiene valores inferiores al moderno -incluso en el *Neanderthal*-. Los aumentos pudieron estar en relación con la vida de cazadores y recolectores en latitudes superiores donde los valores son mayores. Sin atribuir los conjuntos a paleoespecies definidas, los investigadores perciben tres grupos a través de las transformaciones logarítmicas de la masa corporal (kilos) y volumen craneal (centímetros cúbicos): (1) *Homo* entre hace un millón y medio un medio millón de años; (2) formas modernas desde

Qafzeh y Skhul hace cien mil años en Israel hasta hoy, (3) formas arcaicas de *Homo* desde hace medio millón de años hasta el Hombre de *Neanderthal* incluso. Los investigadores no podían determinar si el tercer grupo sea “transicional” entre los dos primeros o represente una trayectoria divergente del primero con respecto al segundo. Este enfoque estima que es mejor soslayar las cuestiones de evolución *filogenética* hasta que no se definan mejor los parámetros fundamentales de la evolución *ontogenética* de la Anatomía Funcional en *Homo*.

Sin duda, un aspecto problemático -admitido por paleoantropólogos de diversas tendencias- es la imposibilidad de identificar fósiles que son indiscutiblemente del Hombre moderno (*H. sapiens*) o indiscutiblemente del *Neanderthal*, antes de medio millón de años hasta 130.000). Diversos ensayos para aplicar métodos de la Taxonomía Numérica a los fósiles, especialmente cráneos, ponen de relieve la separación entre los del Hombre moderno de los últimos 35.000 años en todo el mundo y los del *Neanderthal* de Europa y Asia occidental entre hace 135.000 y 35.000 años). El asunto se complica porque casi todos los análisis elaborados a través de la Estadística Multivariante hallan que muchos cráneos arcaicos *no neandertaleses* entre hace 100.000 y 600.000 años se asocian antes con restos de *Neanderthal* que del Hombre moderno: desde Bodo d'Ar (Etiopía), Petralona (Grecia) o Steinheim (Alemania) hasta Kabwe (Zambia), Dalí (China), Ngandong (Java, Indonesia), Hathnora (la

India), o incluso Skhul (Israel). ¿Se debe a una gradación, en parte cronológica, ya que estos arcaicos parecen ser más antiguos que los cráneos neandertaleses completos (con cara y calvaria), siendo anteriores ambos grupos a cráneos modernos de los últimos 35.000 años?

Las raíces del *Homo sapiens* y sus antepasados

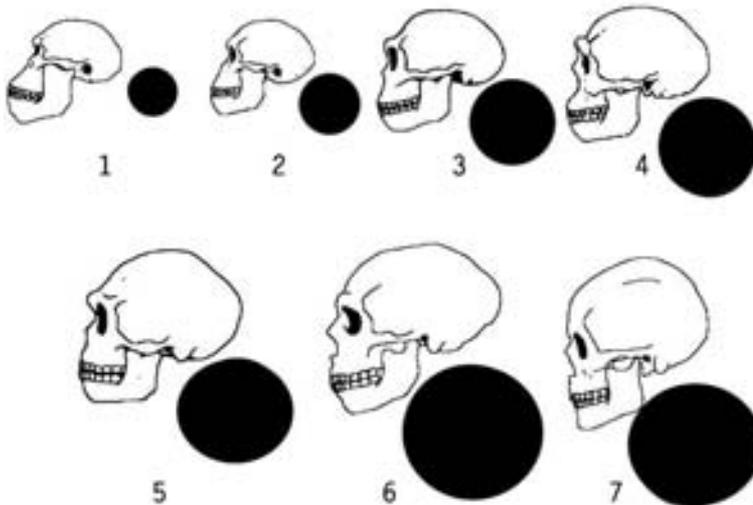
Acaban de ser introducidos nombres de lugares con restos humanos fósiles que necesitan explicación. Hay que perfilar la trayectoria evolutiva de los homínidos desde hace un millón y medio de años. En China e Indonesia hay numerosos cráneos y otros fósiles humanos que conformaron la base de la designación *Homo erectus* cuya particularidad fue reconocida hace más de un siglo. La talla adulta se parece a la nuestra pero el volumen del cráneo es menor, siendo sobre 950 a 1.050 centímetros cúbicos. Además, el cráneo ofrece la tabla ósea mucho más gruesa que la moderna y la mandíbula no tiene el mentón o la barbilla. El rostro ofrece un “*torus supraorbitario*”, o sea una barra ósea ancha y continua, detrás de la cual existe una constricción postorbitaria entre el rostro y el neurocráneo (que contiene el cerebro), como en los homínidos africanos. Semejante separación (“*disyunción neurocranial*”) entre el neurocráneo y el esplanocráneo (esqueleto de la cara o rostral) en *Homo erectus* caracteriza todos los mamíferos salvo el Hombre de *Neanderthal* y nosotros. Nosotros tenemos el rostro retranqueado y

hundido bajo la parte anterior (frontal) del neurocráneo y realmente se da la misma situación en el Hombre de *Neanderthal* aunque la proyección rostral y la bóveda relativamente más larga y más baja que la nuestra actual provocan una impresión contraria, a simple vista, si no se tiene en cuenta que la dimensión del neurocráneo (capacidad craneal) del Hombre de *Neanderthal* suele ser superior al nuestro.

¿Qué significa la evolución de la configuración de la anatomía craneal y cuándo y dónde sucedió? ¿Qué factores pudieron incidir en la evolución de un aspecto tan excepcional? Sólo nosotros tenemos el mentón o la barbilla de la mandíbula. ¿Cuándo y dónde aparece en el registro fósil? Conviene añadir que nuestro volumen craneano de 1.350 a 1.400 centímetros cúbicos demuestra un aumento

considerable. ¿Qué indica sobre la relación entre procesos macro- y microevolutivos en la evolución humana? ¿Pudo incidir la selección para la variabilidad? ¿Qué relación hubo entre la evolución de la masa cerebral y la evolución cognitiva y tecnológica en los homínidos antiguos del Paleolítico antiguo entre hace un millón y medio millón de años? ¿Qué diferencias hay entre África, Asia y Europa?

¡Posiblemente menos que muchos libros suelen decir! Especialmente si hace un millón de años -o antes- hubo movimiento humano no sólo desde África hacia Eurasia *sino al revés*. Lo importante es lo que empieza a caracterizar los restos esqueléticos humanos después de hace un millón de años: particularmente cráneos adultos con volumen no inferior de los 1.100 centímetros cúbicos.



▼
 Cráneos con tamaño cerebral (círculos negros). 1 *Australopithecus africanus* (volumen cerebral 450 cc); 2 *Homo habilis*; 3 *Homo "ergaster"*; 4 *Homo erectus*; 5 *Homo heidelbergensis*; 6 *Homo neanderthalensis*; 7 *Homo sapiens* (volumen cerebral 1350 cc)

Suelen ser designados *Homo heidelbergensis* en África y Eurasia occidental. Algunos ofrecen un volumen muy grande, como los 1.300 centímetros cúbicos del cráneo de Bodo d'Ar en Etiopía que tiene al menos 650.000 y probablemente 850.000 años de antigüedad. El aspecto de este cráneo es parecido al de la cueva de Petralona (Grecia) y la reconstrucción craneal de fragmentos de la Caune de l'Arago en las estribaciones del Pirineo catalán francés donde hay también mandíbulas y otros huesos del esqueleto -estos dos yacimientos probablemente tienen entre 600.000 y 300.000 años de antigüedad-. La designación *Homo heidelbergensis* recoge el hallazgo de una gran mandíbula (sin barbilla) cerca de Heidelberg a principios del siglo XX.

Sin embargo, la Sierra de Atapuerca en Burgos ha proporcionado el número más grande de restos (más de tres mil fragmentos) de treinta individuos de la Sima de los Huesos donde hay fechas isotópicas que sugieren 600.000 años pero algunas autoridades prefieren una antigüedad menor. Sea como fuere, los restos son de importancia excepcional y ofrecen una gama de variabilidad interesante: entre los cráneos hay una calvaria de volumen moderno -casi 1.400 centímetros cúbicos- pero otros cráneos ofrecen un volumen entre 1.100 y 1.300. Uno de ellos tiene un rostro que podría ser precursor del Hombre de *Neanderthal* aunque el neurocráneo pequeño se separa del neandertal. Basta con decir que los esqueletos neandertalenses característicos sólo pertenecen al período entre hace 135.000 y 35.000 años, se limitan geográfica-

mente a Eurasia occidental, los cráneos a menudo ofrecen un amplio volumen craneano (1.400, 1.500 e incluso 1.600 centímetros cúbicos), un rostro con la parte donde está la nariz "sobresalida" hacia delante (en comparación con nosotros), un "torus supraorbitario" pero separado sobre cada órbita, las mandíbulas no tienen la barbilla o el mentón, y los huesos largos son más macizos y algo más cortos que los nuestros. Otros cráneos y huesos europeos de *H. heidelbergensis* entre hace 500.000 y 200.000 años preconizan los neandertales (cráneos de Steinheim en Alemania y Swanscombe en Inglaterra y la tibia de Boxgrove en Inglaterra) pero otros se separan morfológicamente en otra dirección distinta por su parecido a *H. erectus* (las calvarias de Ceprano en Italia de entre hace 800.000 y 600.000 años y Bilzingsleben en Alemania de entre hace 400.000 y 200.000).

Tanto Europa en general como la Sima de los Huesos de Atapuerca en particular demuestran con verosimilitud el "mosaicismo" evolutivo comentado arriba. No obstante, conviene resaltar los siguientes aspectos:

(a) En África *H. heidelbergensis* evolucionó en *H. sapiens* (no hay restos africanos del Hombre de *Neanderthal*); algunas autoridades consideran el cráneo de Ceprano como posible candidato "intermedio" -espaciotemporal- entre *H. erectus* africano y *H. heidelbergensis* (según algunos análisis cladísticos y de la Taxonomía Numérica): la cuestión distinta es si la dirección fue del Sur al Norte o del Norte al Sur.

(b) En Asia oriental hay abundantes restos humanos desde hace 1,6 millones de años en Java y hace un millón en China; suelen ser designados *H. erectus* con las siguientes reservas: en China el conjunto más numeroso, de las cuevas de Zhoukoudian (Chukutién) cerca de Beijing (Pékin) de entre hace al menos 600.000 y 200.000 años tiene restos con rasgos en común con *heidelbergensis* (especialmente la reducción de la “disyunción neuro-rostral” con respecto al *erectus* clásico), y podría ser atribuido a una paleosubespecie *H. erectus pekinensis*; el cráneo de Dali puede clasificarse como *H. heidelbergensis* y puede tener una antigüedad de 200.000 años o quizás menos; por otra parte, en Java el aumento del volumen neurocraneano en *H. erectus* acaba en *H. erectus soloensis* (hacia 1.150 centímetros cúbicos) que algunas investigaciones geocronológicas asignan a menos de cincuenta mil años (un problema particular de Indonesia, sin embargo, es el “puzzle” del enano que algunos bautizan *H. floresiensis*). Los cráneos fósiles de China y Java muestran la tendencia mundial del aumento del volumen craneano -o sea, de la masa cerebral contenida- entre hace un millón y cincuenta mil años.

(c) Un aspecto de gran interés en la Península es la situación filogenética y taxonómica de los restos humanos de entre 1,3 y 1 millón de años de la Sima del Elefante en Atapuerca, de Venta Micena y Barranco León en Orce, y de la Cueva Victoria del Llano del Beal de Cartagena, y entre 900.000 y 780.000 años de la Gran Dolina de Atapuerca de *H. “antecessor”* (nombre criticado por diversas autoridades

extranjeras, entre las que está el ilustre paleoantropólogo Philip Rightmire, conocido autor de un libro sobre *Homo erectus*) y de la Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar en Caravaca. Al menos demuestran que el Hombre llegaba al Suroeste de Europa en época muy antigua. Hace 1,1 millones de años hay restos craneanos humanos encontrados cerca del Mar Rojo en Eritrea que preconizan la evolución posterior del *H. heidelbergensis*.

Los hitos llamativos más comentados de la trayectoria evolutiva de *Homo* antiguo en períodos remotos en el Pleistoceno son el dominio del fuego, el lenguaje y la elaboración de una gama cada vez más amplia de utensilios de materiales imperecederos, tanto de piedra (paleolíticos) como de madera y hueso. Hay biólogos como Richard Wrangham, catedrático de Harvard, que razonan que el empleo del fuego en la cocina fue fundamental para la supervivencia y expansión de *Homo* en entornos muy diversos. Es verosímil que el fuego fue dominado hace 1,5 millones de años pero desgraciadamente el registro de los yacimientos paleolíticos es ambiguo porque estos no proporcionan datos indiscutibles hasta hace apenas medio millón de años.

El origen del lenguaje es igualmente oscuro. Hoy en día los paleoantropólogos aceptamos que *H. heidelbergensis* (y también el Hombre de *Neanderthal*) tenía un esqueleto compatible con la anatomía faríngea y laringea adecuada para la fonación suficiente para acometer un lenguaje vocal no especialmente diferente del nuestro -a diferencia de los chimpancé y probablemente los australopitecos-. Por otra

parte, la conformación cerebral indicada por la anatomía interna de los cráneos fósiles de *heidelbergensis* no aporta información incontrovertible sobre la capacidad neuronal del cerebro para acometer el lenguaje. Hay hipótesis sobre la verosimilitud de la evolución del lenguaje que implican el aumento del tamaño del grupo humano fundamental, en quizás 150 individuos de todas las edades. También hay estudios anatómicos que sugieren la posibilidad de que *H. habilis* tenía una configuración cerebral posiblemente compatible con el lenguaje aunque algunas autoridades critican la inferencia y desde luego la posibilidad anatómica no necesariamente implica el logro de la comunicación lingüística. Tampoco arrojan demasiada luz sobre el origen del lenguaje algunas investigaciones sobre anomalías genéticas, extraordinariamente excepcionales, en el cromosoma 7 humano que dificultan el lenguaje debido a mutaciones en genes del complejo “FOXP2” (FOX es la abreviatura de “forkhead box”, el conjunto de numerosos genes necesarios para la morfogénesis del individuo) ya que afectan procesos cognitivos más amplios que la habilidad lingüística sola; por otra parte dichas investigaciones genéticas implican una tasa de evolución que ha sido más rápida en el linaje humano que en el del chimpancé. Otras investigaciones genéticas sugieren un posible papel jugado por las cromosomas X y Y, particularmente los genes llamados “protocadherin XY” que participan en la morfogénesis del sistema nervioso, variantes de los cuales podrían haber experimentado una dispersión rápida en el linaje humano. El grupo de genes del cromosoma 1 humano llamado “microcefalina” (también

“APSM”) es implicado en el tamaño cerebral, y un haplotipo (el “D”) bastante extendido en Europa pero no en África sugiere la posibilidad de la introgresión en el Hombre moderno en Eurasia occidental hace tan sólo 37.000 años: ¿Cómo sucedió? ¿Pudo ser a través de la hibridación con el Hombre de *Neanderthal*, de gran capacidad craneana? Sea como fuere, el haplotipo debió ser ventajoso porque si no habría desvanecido por la selección natural. Es verosímil que la evolución de este conjunto dio lugar a diversos haplotipos (algunos extintos cuando las poblaciones desaparecieron) que incidieron en el aumento universal del tamaño cerebral en *H. erectus* y *H. heidelbergensis*.

Con respecto a los hominoideos y australopitecos, la tabla interna de los cráneos de *H. erectus* (notablemente las formas tardías *H. erectus pekinensis* y *H. erectus soloensis*) y muy especialmente *H. heidelbergensis*, *H. neanderthalensis* y *H. sapiens* refleja el aumento progresivo de las regiones cerebrales correspondientes a los lóbulos parietal y temporal (especialmente donde éstos se juntan en la zona parieto-temporal) y frontal (especialmente la parte rostral o prefrontal), mientras que la región occipitotemporal es relativamente menor. Basta con decir que la reproducción de los cerebros a través de endomoldes craneanos implica el desarrollo de la presencia en la corteza (el córtex) frontal del lado izquierdo del área que lleva el nombre del célebre médico francés Paul Broca del siglo XIX que relacionó lesiones aquí con impedimentos lingüísticos; esta área no se ve en el chimpancé. Tampoco los científicos se ponen de acuerdo si es visible en los australopitecos e incluso *habi-*

lis. De todas formas, la presencia del área en *Homo* antiguo no implica que necesariamente hablaba. Conviene añadir que el área de Broca, siempre en el lado izquierdo, no tiene nada que ver con la mayor frecuencia en el Hombre del empleo de la mano derecha sobre la izquierda.

A diferencia del mudo registro fósil tozudo, el registro paleolítico ofrece información interesante sobre la trayectoria evolutiva de la capacidad cognitiva en *Homo* en el último millón de años. Desde hace 900.000 años *H. heidelbergensis* europeo estaba dotado tanto con la capacidad para ejecutar manualidades complejas, como la aptitud cognitiva para poder imaginar y considerar caminos alternativos de conductas encadenadas e irreversibles una vez emprendidas ¡y para elegir entre ellos con libre albedrío!. Semejante flexibilidad conductual fue fundamental para la supervivencia en latitudes europeas para una especie que se había adaptado por la selección natural a sobrevivir en el entorno ecuatorial africano. En Murcia, el depósito de la Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar de Caravaca tiene una antigüedad de entre 900.000 y 800.000 años según la investigación paleomagnética geofísica (G. R. Scott y L. Gibert, 2009, "The oldest hand-axes in Europe," *Nature* 461, pág. 82 a 85). La Bioestratigrafía de roedores es coherente con semejante antigüedad. La gran singularidad del conjunto lítico es la sorprendente diversidad tipológica de los utensilios identificados para un yacimiento de casi un millón de años. Esta diversidad además refleja dos maneras diferentes de realizar la talla de la piedra. Por un lado, la presencia de un "hacha de mano", elaborado sobre un canto de caliza, está

entre los ejemplos más antiguos fuera de África. Las "hachas de mano" tienen el aspecto de una gran almendra con filo periférico y fueron producidos por la reducción de ambas caras ("bifacial") de un canto u otra piedra de forma similar. El artesano puede imaginar o concebir la forma final en relación con la forma de la piedra elegida para la reducción. Las "hachas de mano" se llaman también "achelenses" -en referencia a un yacimiento francés (Saint-Acheul)- aunque aparecieron por primera vez en África hace 1.400.000 años y luego se conocen en Israel entre hace 1.200.000 y 900.000 años. Experimentos en África con cadáveres de elefantes demuestran la eficacia de las "hachas de mano" para descuartizarlos. Hasta el hallazgo de la Cueva Negra, su presencia en Europa no ha sido reconocida antes de hace 600.000 años.

La talla paleolítica fue practicada en el yacimiento caravaqueño, según demuestran las abundantes esquirlas diminutas a menudo de tamaño de apenas 2 mm, y los numerosos nódulos de las materias primas, mayoritariamente de sílex y caliza, de los que fueron extraídas lascas. Algunas ofrecen el retoque abrupto que fue ejecutado para fortalecer el filo, que se suele designar "musteriense" o al menos "musteroide" -en referencia a otro yacimiento francés (Le Moustier)-. Las formas de las piezas elaboradas en el yacimiento preconizan las formas "musterienses" que son frecuentes después de hace 250.000 años (denticuladas, raederas, raspadores, "babosas", puntas triangulares, perforadoras y un buril). Se consideran como utensilios aptos para tareas como la reducción o preparación de lanzas y jalones de madera o

de pieles, carne y huesos de animales, etcétera. Algunas de las lascas fueron extraídas por la compleja técnica “levalloisense” -otra vez en referencia a un yacimiento francés (Levallois)- que de ninguna manera permite al tallador concebir la forma de la lasca por observación directa de la piedra antes de comenzar su reducción, que elige especialmente cuando le ofrece el aspecto de asimetría ovoide, como si fuera un gran huevo de gallina o una piña. La preparación previa de la piedra por repetidas extracciones se realiza primero, para luego facilitar la extracción por un golpe centrípeto de una lasca de forma particular, bien triangular, oval o casi rectangular, dejando como resto abandonado la base circular del “huevo” en la que está la huella cóncava correspondiente a la lasca extraída (dicho

resto se llama un “núcleo discoideo”). Esta lasca no corresponde a la forma del “huevo”; más bien estaba “escondida” en él, inimaginable desde la observación de la forma de este, como la yema dentro del huevo. Hasta los hallazgos de la Cueva Negra, semejantes lascas elaboradas en las formas mencionadas y los núcleos discoideos correspondientes no han sido reconocidas hasta hace unos 300.000 años (tanto el yacimiento francés de Orgnac como la formación Kapthurin en África oriental). El catedrático Tom Wynn, eminente estudioso de la talla paleolítica, considera que la talla “levalloisense” reclamaba el máximo esfuerzo cognitivo de los talladores, incluso mayor que aquel necesario para la talla “laminar” del Paleolítico Superior europeo.

Yacimiento arqueológico de Cueva Negra. Caravaca de la Cruz (Murcia)



Mariano López, Antonio López, Jon Ortega y Michael Walker

El conjunto paleolítico “achelense-levantino-musteroide” de la Cueva Negra demuestra que hace 900.000-800.000 años el *Homo heidelbergensis* europeo estaba dotado tanto con la capacidad para ejecutar manualidades complejas, como con la aptitud cognitiva para poder imaginar y considerar caminos alternativos de conductas encadenadas e irreversibles una vez emprendidas ¡y para elegir entre ellos con libre albedrío!. Semejante flexibilidad conductual fue fundamental para la supervivencia en latitudes europeas para una especie que se había adaptado por la selección natural a sobrevivir en el entorno ecuatorial africano (M. J. Walker, 2009, “Chapter 7. Long-term memory and Middle Pleistocene ‘Mysterians’,” pág. 75 a 84 en S. A. de Beaune, F. L. Coolidge y T. Wynn, eds, *Cognitive archaeology and human evolution*, Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press, ISBN 0521746116; M. J. Walker, T. Rodríguez Estrella, J. S. Carrión García, M. A. Mancheño Jiménez, J-L. Schwenninger, M. López Martínez, A. López Jiménez, M. San Nicolás del Toro, M. D.Hills y T. Walkling, 2006, “Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar (Murcia, Southeast Spain): An Acheulian and Levallois-Mousteroid assemblage of Palaeolithic artifacts excavated in a Middle Pleistocene faunal context with hominin skeletal remains,” *Eurasian Prehistory* 4 (1-2): 3-43, Cambridge, Mass., EE.UU., Harvard University, Peabody Museum, American School of Prehistoric Research, ISSN 1730-8518, ISBN 8391641597). Otros yacimientos europeos, algunos de al menos medio millón de años, han proporcionado conjuntos

paleolíticos de utensilios menores caracterizados por lascas que pueden tener el filo retocado, que algunas autoridades han calificado como “musteroide”, “protomusteriense” o “premusteriense” (High Lodge en Inglaterra y Caune de l’Arago en Francia, entre otros). También desde hace veinte años diversos arqueólogos del Paleolítico en Francia e Inglaterra (Alain Truffreau; Clive Gamble) han criticado como desfasada la noción de que en Europa había un “Paleolítico antiguo” de utensilios grandes, caracterizado por “hachas de mano” y grandes lascas irregulares (“clactonienses”), seguido por un “Paleolítico medio” caracterizado por lascas menores retocadas (“musteroide”, “protomusteriense”, “premusteriense” y “musteriense”), y han indicado el solapamiento entre ambos. La Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar demuestra que la noción debe ser abandonada.

El alcance de estas consideraciones científicas incide en la cuestión de la evolución de la cognición humana. A menudo los psicolingüistas, y algunos arqueólogos y antropólogos también, la plantean desde la perspectiva del origen de la sintaxis y la fluidez lingüística. Muchas veces correlacionan éstas con la expansión de *Homo sapiens* en el Pleistoceno Reciente (o Superior) y conjeturan el desarrollo evolutivo de la relación entre la memoria activa, “de trabajo” y a muy corto plazo, y nuestra larga memoria “de procedimientos” aprendidos (por ejemplo, cómo pedalear una bicicleta sin caer). Por otra parte, el ilustre neurocientífico Dr. Joaquín Fuster, nacido en Barcelona y catedrático en los EE.UU.,

ofrece rigurosos argumentos neurofisiológicos y neuroanatómicos para considerar la rapidez de nuestras respuestas táctiles (o “hápticas”), exactas y precisas, y la rapidez del aprendizaje de manipulaciones por imitación, como resultado de la activación repetida de circuitos neuronales que implican zonas de la corteza cerebral en los lóbulos frontales y parietales (J. M. Fuster, 1997, *The prefrontal cortex: anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobes*, Nueva York, Raven Press ISBN 0397518499; J. M. Fuster, 1999 [1995]. *Memory in the cerebral cortex, An empirical approach to neural networks in human and nonhuman Primates*, Cambridge, Massachusetts y Londres, The MIT Press, “A Bradford Book”, ISBN 0262061716 y 0262561247). Son las zonas que aumentaron su volumen desde la evolución de *Homo* de los australopitecos hace dos millones de años. A diferencia del lenguaje, la

memoria de procedimientos táctiles y manipulativos alternativos nos ha dejado un legado precioso en el registro paleolítico, como demuestra la Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar hace casi un millón de años.

La evolución cerebral comentada arriba ha incidido en la expansión considerable de las zonas de la corteza cerebral (el córtex cerebral) que son la parietotemporal y prefrontal (que están bien separadas de las principales áreas “primarias” para la recepción sensorial aferente y la respuesta motora eferente -respectivamente en las partes anterior parietal y posterior frontal-, amén de la corteza visual occipital posterior). Se trata de zonas de menor extensión relativa en las especies no humanas. Hace cincuenta años fueron designadas meramente como “de asociación” neuronal. Sin embargo los últimos veinte años han demostrado su enorme importancia, gracias

Cueva Negra. ◀
 Arriba: hacha de mano achelense.
 Abajo: núcleos discoideos levaloisense



Mariano López, Antonio López, Jon Ortega y Michael Walker

a las nuevas metodologías aplicadas a monos de laboratorio -tanto neurofisiológicas intracelulares como de experimentación psicofísica-, y a través de las imágenes dinámicas del cerebro humano, facilitadas por el “escáner”. El Hombre y los simios en general usan los dedos tanto como órgano sensorial táctil como órgano motor. La investigación moderna pone de relieve la importancia de neuronas de la corteza cerebral en las zonas parietal, parietotemporal e incluso prefrontal para relacionar la información sensorial recibida y facilitar la modificación de la respuesta digital con precisión y exactitud, y especialmente con rapidez inmediata -e incluso la memoria de relaciones previas que permite la preparación anticipada de la respuesta-. La detección de errores y su corrección casi instantánea forman parte de la función neuronal de las zonas parietotemporal y prefrontal.

Hay dos aspectos de gran significado aquí. En primer lugar circuitos neuronales, especialmente prefrontales, son implicados en la filtración de estímulos y priorización de posibles respuestas, para dirigir oportunamente la atención y respuesta apropiada. Algunas autoridades consideran que las zonas prefrontales son fundamentales para que el individuo sea consciente de sus reacciones en el entorno, tanto realizadas como futuras. En segundo lugar, en ambas zonas hay neuronas, de tipo “espejo”, que responden de manera “canónica” a los movimientos efectuados con objetos por otro individuo, que algunas autoridades han asignado a un “sistema de neuronas de la memoria”. Por ejemplo, responden tanto en el mono como en el Hombre cuando miran a otro manejando una taza o cualquier objeto. Aquí hay diferencias entre los monos y el Hombre; por ejemplo, parece ser que sólo los seres humanos tenemos neuronas



Cueva Negra. ◀
 Lascas con
 retoque abrupto
 musteroide



Mariano López, Antonio López, Jon Ortega y Michael Walker

que responden cuando vemos el *mimo* realizado por otro de un movimiento en *ausencia* del objeto. Además, cuando un mono maneja un utensilio algunas neuronas responden como si aquel fuera una extensión de su brazo pero dejan de responder si lo abandona y sólo lo mira.

Sin adentrar en el complejo discurso científico basta con sugerir que el aprendizaje manual -tan necesario para la complicada talla paleolítica realizada por *H. heidelbergensis* hace casi un millón de años- implica que tenía una capacidad del almacenamiento de la memoria de procedimiento que fue fruto del aprendizaje a través de la imitación por mimetismo, con precisión y exactitud, de las manipulaciones efectuadas por otro individuo. Conviene añadir que los chimpancés nunca lo logran; suelen intentar conseguir la emulación del final de la cadena rápidamente en vez de seguir la cadena con atención paso por paso; a diferencia de nuestros niños les cuesta

mucho aprender que el aplazamiento de la gratificación puede ser beneficioso a medio plazo -prefieren la gratificación inmediata o a corto plazo-. Otras diferencias se refieren a la rapidez con la que nuestros niños antes de los dieciocho meses (antes de que pueden hablar) aprecian la “combinatoriedad” alternativa de objetos (por ejemplo, ordenar, según forma o color, 3 cubos, 3 bolas y 3 pirámides, cada grupo de color blanco, negro y rojo). El chimpancé apenas la aprecia a los cinco años de edad, cuando nuestros niños dominan el lenguaje. Nuestros niños aprenden rápidamente que algunas cadenas de conducta, una vez emprendidas, no admiten cambios -si juegan a fútbol saben que no pueden cambiar las reglas para jugarlo como si fuera tenis-: esto se llama la cognición de “segundo orden”. Tampoco lo entienden los chimpancés. Sin embargo, en la Cueva Negra del Estrecho del Río Quípar el *H.*

Sima de las Palomas del Cabezogordo (Torre Pacheco, Murcia) ◀



Esqueleto SP-96 en la excavación de la Sima de las Palomas (Torre Pacheco, Murcia) ▲

Mariano López, Antonio López, Jon Ortega y Michael Walker



Mariano López, Antonio López, Jon Ortega y Michael Walker

heidelbergensis evidentemente reconocía que la cadena conductual que condujo a la reducción de una piedra para hacer un “hacha de mano” no iba a conducir a su reducción para la extracción de una lasca “levaloisense”. La complejidad diferente de las dos técnicas aparte, la posibilidad de elegir entre cadenas distintas de conducta demuestra la similitud del *H. heidelbergensis* de hace casi un millón de años con *H. sapiens*.

Desde hace casi un siglo se ha reconocido la diferencia esquelética entre el Hombre de *Neanderthal* de Eurasia occidental y los restos humanos de África donde fragmentos craneales descubiertos en Kenia cerca del Lago Turkana en sedimentos con casi tres cientos mil años de antigüedad ofrecen aspectos que la Taxonomía Numérica asigna a la forma más parecida a la moderna que del *Neanderthal* y el cráneo más completo de Kabwe (Zambia) que tiene al menos dos cientos y tal vez cuatro cientos mil años ha recibido similar consideración metodológica desde hace ocho décadas. Desde Sudáfrica hasta Marruecos hay cráneos y otros restos humanos, todos anteriores a cien mil años, que preconizan la anatomía esquelética del Hombre moderno pero con ligeras diferencias estadísticas. Los cráneos de Herto (Etiopía), uno especialmente completo, hallados en un contexto fechado en ciento cincuenta mil años de utensilios paleolíticos (hachas de mano y lascas). Los esqueletos completos del Hombre moderno proceden de Qafzeh y Skhul (Israel) en depósitos fechados entre hace 120.000 y 90.000 años. La mandíbula ya tiene el mentón o la barbilla.

Los huesos largos demuestran la longitud moderna de la pantorrilla -fue más corta en el Hombre de *Neanderthal* que (al igual que *H. heidelbergensis* y *H. erectus*) también tenía huesos más densos y pesados que estos antepasados del Hombre moderno- (el Hombre de *Neanderthal* pudo tener la talla de 1,7 metros pero algunos individuos tenían menos: por ejemplo, los esqueletos de la Sima de las Palomas del Cabezo Gordo en Torre Pacheco muestran una talla cerca de 1,5 solamente). No obstante, los utensilios paleolíticos “musterienses” de Qafzeh y Skhul son lascas retocadas similares a las que suelen acompañar el Hombre de *Neanderthal* en Eurasia occidental. También algunos análisis de la Taxonomía Numérica de los cráneos detectan algunas ligeras diferencias de Qafzeh y Skhul respecto al Hombre actual.

Conviene hacer dos apreciaciones. En primer lugar, los datos genéticos del Hombre actual implican el Noreste de África como una región fundamental en la dispersión antigua de *Homo sapiens* probablemente entre 150.000 y 50.000 años, y que con verosimilitud hubo al menos dos dispersiones intercontinentales significativas: la primera a través de Asia meridional hacia Nueva Guinea y Australia donde el Hombre moderno llegó hace 50.000 años; la segunda más septentrional con destinos tan separados como Europa y América. En segundo lugar, a pesar de diversas inferencias y conjeturas que sugieren que la movilidad y reproducción exitosa de los cazadores y recolectores en entornos nuevos, tanto diferentes como separados, fueran facilitadas por el desarrollo

cognitivo, tecnológico y de la comunicación verbal en *Homo sapiens* antes de hace cincuenta mil años, el registro prehistórico no está tan claro. Donde algunos ven un vaso medio lleno, otros lo ven medio vacío. A partir de hace quince mil años (o como mucho veinticinco en algunas regiones sólo), todavía no hacen acto de presencia *universal* en el registro paleolítico las tecnologías que aligeraban las tareas de la caza mayor (lanzadores de jalones, lanzas y arpones) o facilitaban la caza menor y la pesca y la recolección de plantas silvestres (redes, cestas, hachas, arco y flechas, cuchillos de sílex, hachas y azuelas de piedra pulimentada, piedras de moler), ni la decoración de objetos (pinturas, esculturas) o del cuerpo mismo (con objetos de adorno, ropa confeccionada). Dónde y cuándo aparecen, no lo hacen siempre en el mismo orden. La primera evidencia clara del arco y las flechas es en el arte rupestre levantino español, hace tan sólo siete u ocho mil años. Por otra parte, se supone que hace cincuenta mil los primeros colonizadores de Nueva Guinea y Australia hicieron piraguas o balsas para poder haber cruzado el mar abierto relacionado con las muy profundas zanjas oceánicas al oeste del archipiélago de Indonesia (responsables de la célebre “línea de Wallace” que separa la fauna indomalaya de la australiano-nuevaguineana: Alfred Russel Wallace fue coinventor con Charles Darwin de la teoría del origen de las especies por la selección natural). Por otra parte, la tecnología paleolítica de la extracción de largas astillas o “láminas” de piedra (en la jerga arqueológica una “lámina” tiene relación longitud:anchura

de al menos 1,5:1 respecto a la plataforma de extracción que recibió el golpe, mientras que si es menos y tiene plataforma propia de extracción se designa una “lasca”), y para la reducción posterior para elaborar utensilios diversos la lámina paleolítica es desconocida en el registro prehistórico de Australia, aunque la elaboración de azuelas y hachas de piedra pulimentada aparece allí hace veinte mil años, mientras que en Medio Oriente y Europa es desconocida hasta hace diez. Por otra parte “hachas de mano” -similares a los implementos bifaciales “achelenses”- han sido encontradas en algunas regiones de Australia, evidentemente preparadas por el Hombre moderno indígena hace no muchos milenios.

Las investigaciones de la Genética Molecular (ADN mitocondrial; cromosoma Y) indican la enorme movilidad de nuestra actual especie desde hace cincuenta mil años y especialmente en los últimos veinte mil; ésta ha aumentado la heterogeneidad por el flujo génico, incluso entre las comunidades supuestamente aisladas geográficamente (por ejemplo, los indígenas australianos). Sin embargo algunos de los cráneos más robustos del Hombre moderno prehistórico correspondieron a indígenas australianos varoniles y muestran prominentes arcos “supraciliares” óseos (casi tan grandes que los “*torus* supraorbitarios” separados de formas humanas pretéritas), y las bóvedas craneanas alargadas pueden contener volúmenes relativamente pequeños especialmente en cráneos femeninos (algunos análisis de la Taxonomía Numérica implican una posible relación ontogenética entre cráneos alargados de

dimensión menor y la tendencia en varones a la robustez de rasgos como los arcos “supraciliares”). Diversos análisis de los cráneos de las comunidades autóctonas prehistóricas del Pleistoceno Reciente en los cinco continentes indican una gama de variabilidad anatómica que es similar en cada uno pero más amplia que la que caracteriza los cráneos de las poblaciones indígenas en cada uno en los últimos milenios durante el Holoceno (o sea, el período postglacial). Es verosímil que el aumento rápido en la demografía prehistórica en todos y cada uno de los continentes produjese sesgos morfológicos internos debido a desequilibrios temporales de los flujos génicos intercontinentales hasta hace tres o cuatro mil años -consideraciones de la Genética Molecular sugieren que el flujo génico ha sido intenso y universal desde hace tres mil años-. Más difícil de entender es la causa de la tendencia, a nivel mundial, hacia el acortamiento de la bóveda del cráneo en relación con su anchura, especialmente durante los últimos mil años, que parece un período demasiado corto para atribuir el efecto a la facilitación del parto en la mujer grávida.

¿Qué sabemos de la evolución humana reciente de los últimos milenios -digamos cinco- en el Hombre moderno? En casi todo el mundo el esqueleto muestra una tendencia hacia el aumento de formas gráciles y de dientes de menor tamaño, que muchas autoridades relacionan con el cultivo de cereales y la domesticación de animales (pero también deben incidir otros factores ya que entre las poblaciones con los dientes mayores están

tanto los indígenas australianos -que son cazadores y recolectores- como melanesios nuevaguineanos que han practicado el cultivo y la domesticación de animales desde hace siete mil años). A grandes rasgos hay diferencias de las proporciones entre las dimensiones corporales entre poblaciones autóctonas continentales, e incluso diferencias craneométricas detectadas por la Taxonomía Numérica con la Estadística Multivariante. La misma metodología separa diversas poblaciones en función de las frecuencias genéticas para marcadores clásicos (como los grupos sanguíneos). Algunos sesgos de frecuencias genéticas han sido interpretados como la repercusión mediatizada por la selección natural en relación con prácticas asociadas con el cultivo o la domesticación del ganado lácteo. Sin embargo, en general los procesos *microevolutivos* parecen más significativos que los procesos *macroevolutivos*. Por otra parte, el efecto de la aportación bioenergética, diferentemente en distintas comunidades autóctonas, en las diferentes fases del crecimiento del niño y adolescente puede incidir en algunas diferencias de las proporciones corporales (pero quizás no en todas) y en la reducción en la edad del estirón adolescente y la menarquia (véanse los libros de J. M. Tanner y B. Bogin). Desgraciadamente no cabe espacio aquí para ofrecer el muy rico panorama científico sobre el estado de la investigación biológica de la actual diversidad humana que es el objeto de estudio de la Antropología Biológica y Física •

Epílogo

Dos años antes de publicar el *El origen de las especies* (1859), Charles Darwin escribió a Alfred Russel Wallace en 1857: “Me preguntas si voy a tratar del ‘Hombre’; pienso evitar el tema totalmente, tan enredado que está con prejuicios, aunque admito sin tapujos que es el problema más elevado y más interesante para el estudioso de la naturaleza” (“You ask whether I shall discuss ‘man’; I think I shall avoid the whole subject, as so surrounded with prejudices, though I freely admit that it is the highest and most interesting problem for the naturalist”). Darwin finalmente decidió a dedicar un libro entero al asunto, *El descenso del Hombre* (*The Descent of Man*) (1871).

Algunos libros para una biblioteca práctica para un instituto de enseñanzas secundarias

.....
 (Algunos libros de ediciones agotadas se venden de ocasión en internet anunciados por librerías dedicadas a libros de segunda mano)

AGUIRRE, Emiliano, 2008. *Homo hispánico*. Madrid, Espasa. ISBN 9788467028232

AGUIRRE, Emiliano, ed., 1998. *Atapuerca y la evolución humana*. Madrid, Fundación Ramón Areces. ISBN 840042834.

AGUIRRE, Emiliano, ed., 1988. *Paleontología humana*. Barcelona, Prensa Científica, “Libros de Investigación y Ciencia”, ISBN 8475930360. .

AGUSTÍ, Jordi y LORDKIPANIDZE, David, 2005. *La evolución de los primeros pobladores del Cáucaso*. Barcelona, RBA Libros, “National Geographic Adventure Press”. ISBN 8482983520.

Anónimo (varios autores, sin editor), 2000. *Los orígenes de la humanidad*. Barcelona, Prensa Científica, Investigación y Ciencia, “Temas 19”, (primer trimestre 2000).

Anónimo, (varios autores, sin editor), 2009. *La sierra de Atapuerca. Un viaje a nuestros orígenes*. Madrid, Everest. ISBN 8444101927.

Anónimo (varios autores), 2003. *Los primeros europeos. Tesoros de la sierra de Atapuerca*. Valladolid, Junta de Castilla y León. ISBN 8497181433.

ARSUAGA, Juan Luis, 1999. *El collar del neandertal*. Madrid, Editorial Temas de Hoy. ISBN 8478807934.

ARSUAGA, Juan Luis y MARTÍNEZ, Ignacio, 1998. *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Madrid, Editorial Temas de Hoy. ISBN 8478809090.

ARSUAGA, Juan Luis y MARTÍNEZ, Ignacio, 2004. *Atapuerca y la evolución humana*. Barcelona, Fundación Caixa Catalunya. ISBN 8489860568.

BERMÚDEZ DE CASTRO, José María, 2002. *El chico de la Gran Dolina: En los orígenes de lo humano*. Barcelona, Crítica, “Drakontos”. ISBN 848432317X.

BERMÚDEZ DE CASTRO, José María, ARSUAGA, Juan Luis, CARBONELL, Eudald y RODRÍGUEZ, Jesús, eds., 1999. *Atapuerca, Nuestros antepasados*. Valladolid y Madrid: Junta de Castilla y León, Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León, y Museo Nacional de Ciencias Naturales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. ISBN 8460593355.

BERTRAMPETIT, Jaume, ed., 1993. *Orígenes del hombre moderno*. Barcelona, Prensa Científica, “Libros de Investigación y Ciencia”. ISBN 8475930530.

BOGIN, Barry, 2001. *The growth of humanity*. Nueva York y Chichester, John Wiley & Sons, Wiley-Liss, “Foundations of Human Biology”. ISBN

0471354481.

BOGIN, Barry, 1999. *Patterns of human growth*. (2ª edición) Cambridge, Cambridge University Press, "Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology 23". ISBN 0521564387.

BOYD, Robert y SILK, Joan B., 2001. *Cómo evolucionaron los humanos*. Barcelona, Ariel, "Ariel Ciencia". ISBN 8434480328. Traducción española del catedrático de Antropología de la Universidad Pompeu Fabre Jaume Bertrampetit. Viene con CD-Rom.

BURENTHULT, Goran E., 1994. *El amanecer de la humanidad. Los primeros humanos*. Madrid, Debate, Círculo de Lectores. ISBN 8474448298.

CAMPILLO, Domènec, 2002. *El cráneo infantil de Orce: el homínido más antiguo de Eurasia*. Barcelona, Ediciones Bellaterra, "Antropología, Arqueología, Prehistoria". ISBN 8472901939 y 8472901933.

CARBONELL, Eudald, ed., 2005. *Homínidos: las primeras ocupaciones de los continentes*. Barcelona, Ariel. ISBN 84344467895.

CARBONELL, Eudald, BERMÚDEZ DE CASTRO, José María, ARSUAGA, Juan Luis y RODRÍGUEZ, Xosé Pedro, 1998. *Los primeros pobladores de Europa: últimos descubrimientos y debate actual*. Burgos, Caja de Burgos y Diario de Burgos, Aldecoa. ISBN 8470095730.

CARBONELL, Eudald, ROSAS, Antonio y DIEZ, J. C., 1999. *Atapuerca: ocupaciones humanas y paleoecología del yacimiento de Galería*. Zamora, Junta de Castilla y León, "Memorias. Arqueología en Castilla y León 7". ISBN 8478468768.

CAVALLI-SFORZA, Luigi Luca, 2009. *¿Quiénes somos?: Historia de la diversidad humana*. (2ª edición) Barcelona, Crítica, "Drakontos". ISBN 8498920024.

CAVALLI-SFORZA, Luigi Luca, 1997. *Genes, pueblos y lenguas*. Barcelona, Crítica. ISBN 8484320847.

CAVALLI-SFORZA, Luigi Luca, MENOZZI, Paolo y PIAZZA, Alberto, 1994. *The history and geography of human genes*. Princeton NJ, Princeton University Press. ISBN 0691087504.

CELA CONDE, Camilo José y AYALA, Francisco J., 2001. *Senderos de la evolución humana*. Madrid, Alianza. ISBN 842066782X.

CERVERA, J., ARSUAGA, Juan Luis., BERMÚDEZ DE CASTRO, José María y CARBONELL, Eudald, 1998. *Atapuerca. Un millón de años de historia*. Madrid, Plot Ediciones y Editorial Complutense. ISBN 8486702453.

CONSTABLE, George, 1993. *El Hombre de Neanderthal (1)*. Barcelona, Ediciones Folio, Time-Life, "Orígenes del Hombre, Tomo 7". ISBN 8475834469.

COPPENS, Yves y PICQ, Pascual, 2004. *Los orígenes de la humanidad: lo propio del Hombre*. (Tomos 1 y 2). Madrid, Espasa, "Forum". ISBN 8467016116.

DE LUMLEY, Henry, 2000. *El primer hombre*. Cátedra. ISBN 8437618456.

EDEY, Maitland Armstrong, 1993. *El eslabón perdido*. Barcelona, Ediciones Folio, Time-Life, "Orígenes del Hombre, Tomo 1". ISBN 8475833675.

GAMBLE, Clive S., 2001. *Las sociedades paleolíticas de Europa*. Barcelona, Ariel, "Prehistoria". ISBN 8434466376.

GIBERT, José, 2004. *El Hombre de Orce. Los homínidos que llegaron del Sur*. Barcelona, Ediciones Bellaterra. ISBN 8493337854.

GIBERT, José, SÁNCHEZ, Florentina, GIBERT, Luis y RIBOT, Francesc, eds., 1999. *The hominids and their environment during the Lower and Middle Pleistocene of Eurasia, Proceedings of the International Conference of Human Palaeontology, Orce 1995/Los homínidos y su entorno en el Pleistoceno inferior y medio de Eurasia, Actas del Congreso Internacional de Paleontología Humana, Orce 1995*. Orce, Ayuntamiento de Orce, Museo de Prehistoria y Paleontología "J.Gibert". ISBN 8484169383.

GIBERT, José, CAMPILLO, Domènec, GARCÍA-OLIVARES, Enrique, MALGOSA, Assumpció, MARTÍNEZ, Bienvenido, PALMQVIST, Paul, SÁNCHEZ, Florentina y WALKER, Michael John, eds., 1992. *Presencia humana de Granada y Murcia, Proyecto*

Cueva Victoria-Orce (1988-1992). Orce, Ayuntamiento de Orce, Museo de Prehistoria y Paleontología "J.Gibert". ISBN 8460444090.

JOBLING, M.A., HURLES, M.E. y TYLER-SMITH, C., 2004. *Human evolutionary genetics. Origins, peoples & disease*. Nueva York y Abingdon, Taylor & Francis, "Garland Science". ISBN 0815341857.

JOHANSON, Donald y EDEY, Maitland Armstrong, 1982. *El primer antepasado del Hombre. Lucy: el esqueleto del homínido más antiguo conocido hasta hoy*. Barcelona, Planeta. ISBN 8432047295.

JOHANSON, Donald y EDGAR, Blake, 1996. *From Lucy to language*. Nueva York, Simon & Schuster, "A Peter N. Nevramont Book". ISBN 9780684810232. Es un libro excelente con muchas grandes láminas en color de los principales fósiles de los Hominini, de fácil manejo aunque el breve texto que acompaña las láminas sea en inglés.

LEAKEY, Richard y LEWIN, Roger, 1995. *Nuestros orígenes: en busca de lo que nos hace humanos*. Barcelona, Crítica. ISBN 8474239990, 8474236398, 8474239997.

LEWIN, Roger, 1993. *El origen de los humanos modernos*. Barcelona, Prensa Científica, "Biblioteca Scientific American".

LEWIN, Roger, 1994. *Evolución humana*. Barcelona, Salvat "Ciencia". ISBN 8434558548.

LEWONTIN, Richard, 1994. *La diversidad humana*. Barcelona, Prensa Científica, "Biblioteca Scientific American". ISBN 8475930039.

OPPENHEIMER, Stephen, 2004. *Los senderos del Edén. Orígenes y evolución de la especie humana*.

Barcelona, Crítica. ISBN 8484328015.

PARKER, Steven, 2006. *La evolución humana*. Madrid, Edilupa. ISBN 849652922.

REBATO, Esther, SUSANNE, Charles y CHIARELLI, Brunetto, 2005. *Para comprender la Antropología Biológica. Evolución y Biología Humana*. Pamplona, Verbo Divino. ISBN 8481696660.

RELETHFORD, John H., 2001. *Genetics and the search for modern human origin*. Nueva York, Wiley-Liss. ISBN 0471384135.

SCHULTZ, Adolf, 1979. *Los Primates*. Barcelona, Destino, "Historia Natural". ISBN 8423307166.

STRINGER, Chris y GAMBLE, Clive, 1996. *En busca de los neandertales*. Barcelona, Crítica, "Arqueología". ISBN 8474237033.

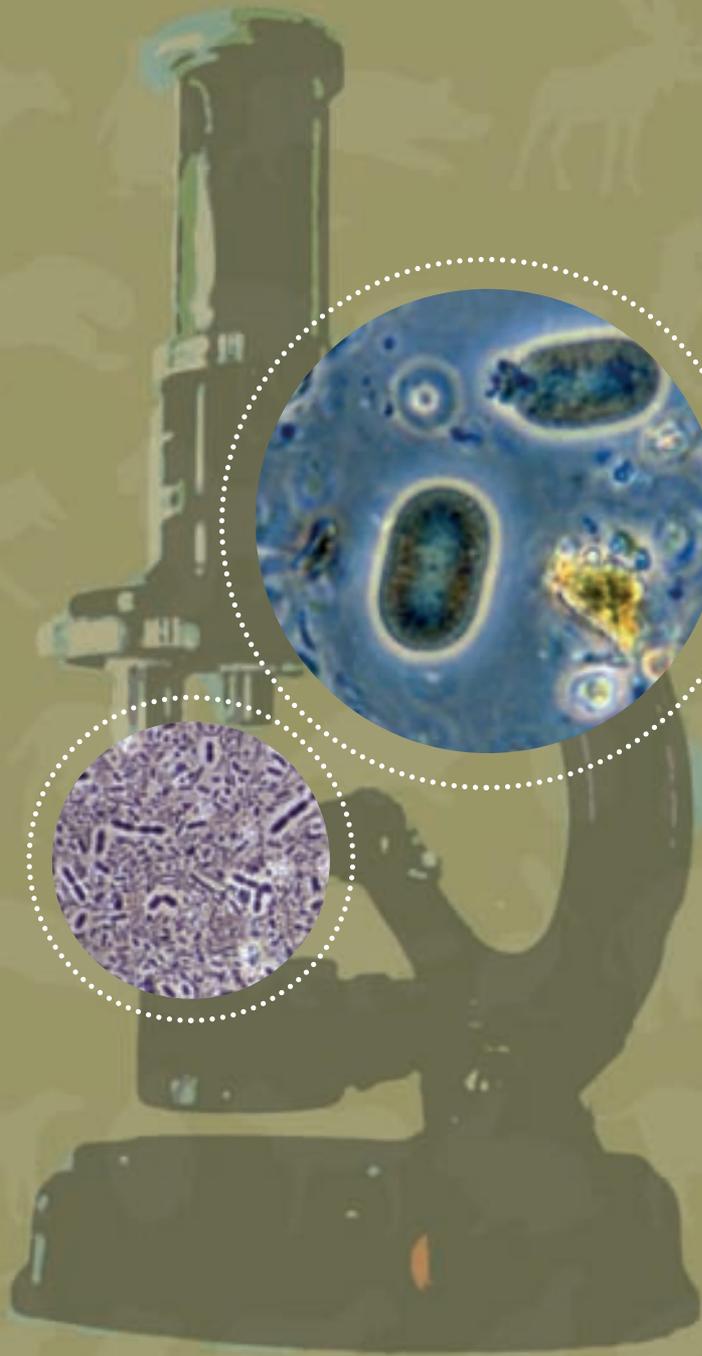
SYKES, Brian, 2002. *Las siete hijas de Eva*. Barcelona, Random House-Mondadori "Debate". ISBN 8483064766.

TANNER, John M., 1986. *El hombre antes del hombre.: el crecimiento físico desde la concepción hasta la madurez*. México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, "Fondo de Cultura Económica". ISBN 968162081X.

TATTERSALL, Ian, 1999. *Hacia el ser humano. La singularidad del hombre y la evolución*. Barcelona, Ediciones Península. ISBN 8483071622.

WEINER, John S., 1980. *El Hombre: orígenes y evolución*. Barcelona, Destino, "Historia Natural". ISBN 842331040X.

WELLS, Spencer, 2002. *El viaje del Hombre. Una odisea genética*. México, Océano de México. ISBN 9789707773202.



LA EVOLUCIÓN EN EL MUNDO MICROBIANO: DE LAS IDEAS DE DARWIN A UNA VISIÓN ACTUAL

Francisco Torrella Mateu

Curso: La Evolución (Ciclo Darwin con nosotros)

Museo de la Ciencia y el Agua - Murcia

Depto. Genética y Microbiología

Universidad de Murcia

Resumen

El presente artículo reúne lo esencial de la conferencia impartida por el autor en el Museo de la Ciencia de Murcia (1-XI-2009), dentro del Ciclo “La Evolución”, sobre la relación de Darwin con la microbiología de su tiempo. En él se trata el contexto histórico-científico de Darwin durante el siglo XIX, los contactos del autor con microbiólogos, detalles de su interés por los microorganismos, así como la respuesta que recibió el darwinismo por parte de la microbiología. El artículo incluye una visión sucinta de la perspectiva microbiológica moderna sobre la teoría de la evolución, las contribuciones a la misma de la microbiología, así como algunos hechos controvertidos que han situado a los microorganismos en el centro de recientes controversias entre evolucionistas y seguidores del creacionismo-diseño inteligente.

Introducción

A pesar de que podría pensarse lo contrario, Charles R. Darwin supo de microorganismos y se interesó por ellos. No obstante, durante muchos años esta faceta de los intereses científicos de Darwin ha permanecido oculta más allá de algunos especialistas en la obra darwiniana. Ello se debe a que en las obras

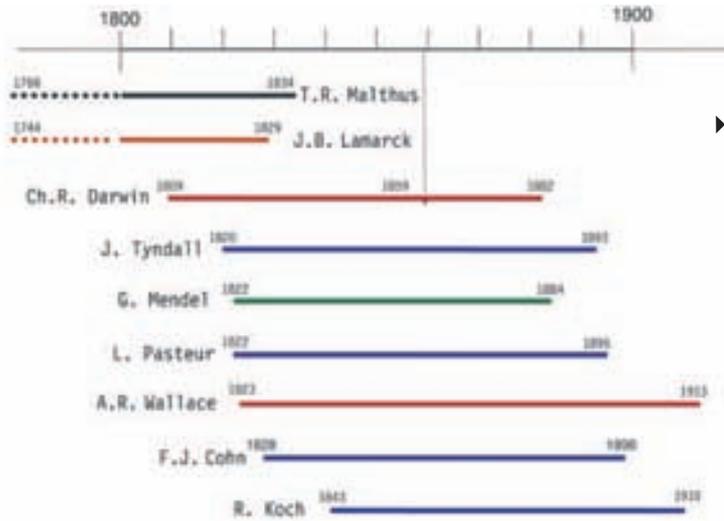
principales del autor, las referencias al mundo de los seres vivos microscópicos son muy escasas. A raíz del doscientos aniversario del nacimiento de Darwin y de los 150 años pasados desde la primera edición de *“Sobre el origen de las especies por selección natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida”* (1859), una serie de investigadores han puesto de manifiesto que la relación directa de Darwin con la microbiología no fue escasa. El estudio minucioso de la obra de Darwin, ha revelado que se interesó por el mundo microbiano, por los avances de la microbiología durante la segunda mitad del siglo XIX, e incluso intervino directamente en experimentos con microorganismos. Los hallazgos han sido consecuencia del estudio detallado de la correspondencia del autor de *“El origen de las especies”* -título de la sexta edición de la obra en 1872-, con científicos y profesionales de su tiempo. El interés de Darwin por los “animálculos”, “monera”, “infusorios” y otros nombres aplicados a los microorganismos a lo largo del siglo XIX hasta que el cirujano francés Charles Sédillot propuso llamarlos “microbios” en 1878, abarcó desde las algas microscópicas, al hongo causante del mildiu de la patata, y desde los microbios del estómago humano hasta los que, estando en suspensión en el aire, contaminaban los caldos nutritivos y daban pie a los argumentos de los defensores de la generación espontánea de la

vida. Los trabajos de Louis Pasteur y otros pioneros de la época de oro de la microbiología no fueron desconocidos por Darwin ya que ilustres científicos –entre ellos el taxónomo alemán Ferdinand Cohn-, se encargaron de llamar su atención sobre ellos. Se sabe que en 1878, cuatro años antes de su muerte, Darwin se congratulaba con los descubrimientos de Robert Koch sobre la etiología microbiana del carbunco. La postura que adoptaron los estudiosos de la microbiología del siglo XIX y principios del XX respecto de la teoría de la evolución mediante selección natural fue diversa, favorable a ella en unos pocos casos, pero en general distante o incluso incrédula como herramienta para explicar los cambios y naturaleza observados en el mundo microbiano. El reencuentro de la teoría de la evolución y la microbiología se produjo de forma paulatina a partir del primer tercio del siglo XX, cuando tomó cuerpo conceptual lo que hoy en día se conoce como neodarwinismo o moderna síntesis evolutiva. En esta época, las leyes de G. Mendel acerca de la herencia de los caracteres, el concepto de gen, así como el estudio matemático de la dinámica génica en las poblaciones ya se habían incorporado al mundo de la ciencia. Es en la década de los años cuarenta cuando la genética microbiana va tomando cuerpo científico, seguida poco después de la genética molecular microbiana que ha alcanzado cotas de desarrollo espectaculares en nuestros días. En este contexto, los trabajos de M. Delbrück y de S. Luria en 1945, constituyeron un espaldarazo definitivo al darwinismo. En la actualidad, los descubrimientos sobre los mecanismos que generan variabilidad genética en los microorganismos, así como las diferentes estrategias de intercambio de información genética entre ellos constituyen elementos esencia-

les para explicar los cambios heredables en los microbios y la respuesta de los mismos a la criba de la selección natural en el mundo de los seres vivos microscópicos. En este artículo se ofrece una visión histórica de las relaciones entre la microbiología y el propio Darwin, así como un resumen de aspectos de interés que tienen que ver con la relación entre la teoría de la evolución darwiniana y la naturaleza de los microorganismos.

Darwin y la microbiología en un contexto histórico

La vida de Darwin se encuadra de lleno en el siglo XIX (1809-1882), coincidiendo su recorrido vital (Fig.1) con el de ilustres figuras de la ciencia de su tiempo que, o bien influyeron en su pensamiento evolucionista de forma directa, o bien fue el mismo Darwin quien mostró interés por su obra científica, como ocurrió respecto de algunos microbiólogos. En el primer caso se encuentran T. R. Malthus, que a través de su visión sobre el crecimiento de las poblaciones (crecimiento en progresión geométrica) y la limitación que lo restringe, el agotamiento de los recursos (aumento en progresión aritmética), contribuyó a una visión de competencia por los recursos naturales por parte de los seres vivos que convivían en un lugar concreto. J. B. Lamarck en el año del nacimiento de Darwin, publicó su “*Filosofía Zoológica*” que presentó como alternativa a la inmutabilidad de las especies (“fijismo”), su concepto de cambio gradual adaptativo de los seres vivos. La idea del cambio en el sustrato geológico, con probables consecuencias para explicar la aparición y desaparición de especies de animales y plantas, fue una aportación de Charles Lyell que influyó y protegió a Darwin. En el caso de los microbiólogos (ver más



► Fig. 1. Cronograma biográfico: científicos contemporáneos de Darwin

arriba), la relación más directa de Darwin fue con dos de ellos, el inglés John Tyndall y el alemán Ferdinand Cohn. Por lo que respecta a dos de las grandes figuras de la historia de la microbiología, Louis Pasteur y Robert Koch, el conocimiento que Darwin tuvo de su obra fue a través de terceras personas. Esto no ocurrió en el caso de los trabajos de Gregor Mendel que a pesar de haber sido realizados en vida de Darwin, no fueron conocidos por éste. Por último, la relación del galés Alfred Russel Wallace con Darwin derivó de la concordancia de ideas sobre el mecanismo de la evolución y la supervivencia de las variedades más favorecidas frente a la selección natural. Lo anterior llevó a la comunicación oficial de la teoría de la evolución como debida a ambos científicos, en una sesión de la Sociedad Lineana de Londres en 1858, un año antes de la aparición de la primera edición de *“On the origin of species”* de Ch. Darwin en 1859.

Se ha dicho que la segunda mitad del siglo XIX fue la era de Darwin y de Pasteur, centrando en estos dos grandes hombres de ciencia, el interés por esta época gloriosa del avance de las ciencias de la vida. Como se ha indicado en la introducción, en vida de Darwin y también muchos años después de su muerte acaecida en 1882, no se conocían los descubrimientos en genética de Gregor Mendel, no se había perfilado el

concepto de gen, tampoco se había desarrollado la genética de poblaciones, ni las bases moleculares de la genética moderna. En este contexto, las controversias generadas por la explicación evolutiva de la diversidad y cambios de los seres vivos, tuvieron lugar en ausencia de estas fundamentales bases discursivas.

La lectura de la correspondencia de Darwin pone de manifiesto el alto valor que nuestro autor confería al microscopio, un instrumento fundamental, entonces y ahora, para el estudio de los microorganismos. No obstante, Darwin insiste en la necesidad del uso del microscopio simple (en las versiones más perfeccionadas de la época) debido a su utilidad para el estudio de las características invisibles de la anatomía de animales y plantas. Lo anterior queda reflejado en una carta de 1863 a I. A. Henry en donde alaba el uso de la lupa, exceptuando (sic) el caso del estudio de los infusorios. Hacia el final de su vida profesional, Darwin utilizó los microscopios compuestos que, provistos ya de lentes acromáticas, permitían discernir con definición suficiente variedad de microorganismos.

A pesar de los avances espectaculares de la microbiología a finales del XIX y principios del XX, con los avances en microscopía y técnicas de manipulación microbiana, todavía no se tenía un conocimiento suficiente de la naturaleza de los microorganismos en

general, ni de sus formas de reproducción, lo que dificultaba la utilización de los microbios como material de trabajo para obtener datos útiles en un contexto de búsqueda de pruebas que afianzaran la teoría de la evolución de Darwin y Wallace. Todo ello determinó que, salvo notables excepciones, el interés de muchos microbiólogos por la teoría de la evolución fuera escaso. De hecho, cuando Louis Pasteur demostró la falsedad del origen espontáneo de la vida, aún la de organización más sencilla como era la microbiana, una parte importante de los microbiólogos tomaron posturas contrarias a la teoría de la evolución. Para muchos, la interpretación evolutiva del origen y los cambios de los seres vivos permitía establecer hipótesis plausibles sobre el origen primigenio de la vida a partir de la materia inerte. Con la demostración pasteuriana de la falsedad del origen espontáneo de la vida, la teoría de la evolución quedó desprestigiada por cuanto no servía como explicación del origen de lo viviente.

Estos y otros argumentos tales como el de la misma existencia de los microorganismos –seres simples y primitivos que existían en el presente sin haber evolucionado hacia formas más complejas–, enfriaron el interés por las explicaciones evolucionistas de las diferencias y cambios observados en los seres vivos microbianos. No obstante, el mismo Darwin y otros científicos replicaron a la mayor parte de estas críticas con argumentaciones lógicas y convincentes, indicando por una parte y con gran clarividencia, que las condiciones de la tierra primigenia no tenían por qué haber sido las mismas que las actuales, y por otra, señalando que las formas de vida microscópica se habían adaptado con éxito a sus específicos y simples ambientes naturales. Hace ya muchos años que se conoce que los microorganismos no son seres vivien-

tes tan simples como se pensaba, ni las adaptaciones a sus ambientes tan sencillas. Las formas de vida microscópica que pueblan el planeta Tierra son diminutas maravillas vivas provistas de una complejidad tan sorprendente y admirable que recientemente incluso han dado pie a interpretaciones afines a ideas creacionistas y de diseño inteligente. (Ver más adelante).

El material de la evolución en el mundo vivo microscópico: Paisajes microbianos y su biodiversidad

En este apartado se ofrece al lector ejemplos de biodiversidad microbiana en ambientes naturales. Con estas imágenes se muestra cuál es en realidad el material de la evolución y la selección natural en el invisible mundo de los microorganismos que colonizan multitud de hábitats terrestres. El apartado podría titularse “El mundo microscópico que Darwin no pudo ver ni, quizás, soñar”. Se han escogido a propósito paisajes microbianos de lugares conocidos por las personas que siguieron el curso “La Evolución - Darwin con nosotros” del Museo de la Ciencia y el Agua de Murcia. Se trata de unas comunidades microbianas domi-

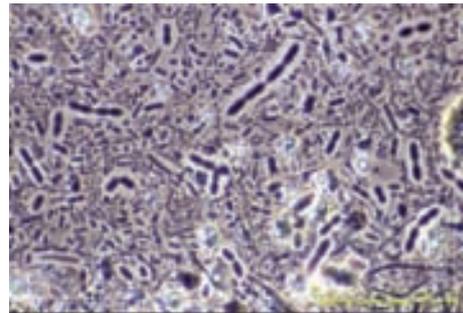


Fig .2. Comunidad microbiana del intestino terminal (recto) de un humano, vista con microscopía óptica de contraste de fase y objetivo de inmersión 100x. © F. Torrella.

nadas fundamentalmente por procariotas (bacterias y arqueas). En la Fig.2 se muestra la microbiota del tracto final del tubo digestivo, el recto, de un humano. Las Figs. 3, 5 y 6, muestran imágenes de comunidades microbianas de ambientes propios del litoral mediterráneo del Sudeste español: tapetes microbianos (biofilms complejos) en balsas de evaporación del agua de mar en las salinas (Figs. 3 y 5), una comunidad microbiana planctónica de aguas salobres (Fig. 6) y un ejemplo de microorganismos en aguas ácidas de las minas (Fig.6).

No siempre las concentraciones de microorganismos en los medios naturales son tan elevadas como en los casos ilustrados, pero esta circunstancia no es rara cuando se dan las condiciones favorables en el espacio o en el tiempo. En estas situaciones de gran concentración, es evidente la mayor probabilidad de interacciones microbianas de todo tipo: antibiosis, sinergismos, competencia por nutrientes, etc., factores esenciales en el marco de la selección natural. Por otra parte, en sus ambientes, los microorganismos están sujetos a la presión de depredación por animales microscópicos microbiovorónicos (protozoos, crustáceos, rotíferos, etc.).

En la Fig.3 se muestra un ambiente general de salinas y detalles de microhábitats dentro de los compactos tapetes microbianos que colonizan los fondos de las balsas de evaporación del agua. Se observan cianobacterias capsuladas del género *Aphanothece*, rodeados de una compleja comunidad de bacterias heterotrofas, así como una ameba depredadora de bacterias dentro del mucílago del biofilm. De hecho, este tipo de protozoos de cuerpo deformable, los rizópodos, están perfectamente adaptados a penetrar este tipo de microhábitat y recuerdan el papel que desempeñan las células

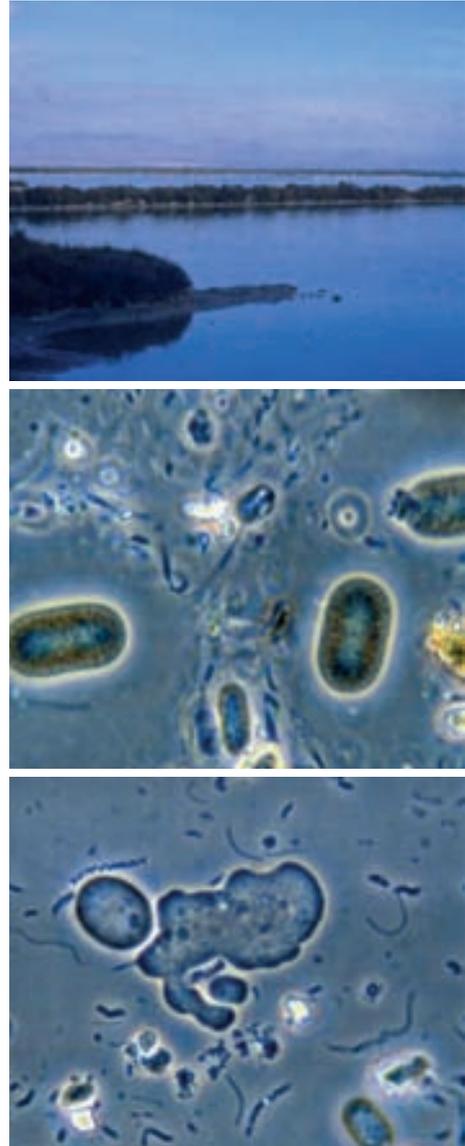


Fig. 3. Paisaje de salinas en la costa de Alicante y microorganismos (bacterias y una ameba) del interior de los mucílago de los tapetes microbianos. Las imágenes microscópicas son de contraste de fase con Obj. 100x. © F. Torrella.

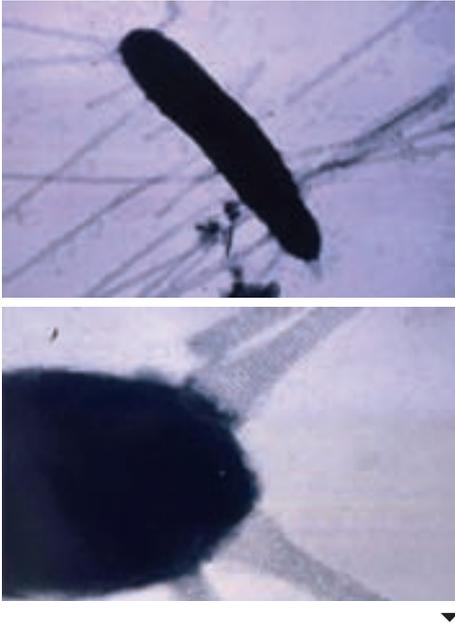


Fig. 4. Morfología general de una bacteria de las aguas (0,5 μm de ancho) con espinas proteicas de base cónica (arriba) y detalle de las mismas (abajo). Tinción positiva con acetato de uranilo y observación con microscopio electrónico. © F. Torrella.

fagocíticas del sistema inmune celular de los animales.

La supervivencia de los microorganismos depende de los mecanismos de defensa y de sus específicas adaptaciones a los hábitats microbianos (microhábitats), de forma análoga a lo que ocurre en el caso de los seres vivos macroscópicos.

Por ejemplo, una adaptación a la resistencia a la depredación por protozoos en las bacterias planctónicas, es la capacidad de síntesis de “espinas proteicas” por parte de ciertas bacterias que ocupan el hábitat de aguas libres en los medios acuáticos. La Fig. 4 muestra un ejemplo de tales defensas en una bacteria del plancton de una charca de aguas dulces en la que, cuando se tomó la muestra, había una gran

cantidad de diminutos flagelados consumidores de bacterias. Las espinas microbianas constituyen una analogía evidente con las espinas de algunas microalgas planctónicas, ciertos frutos de vegetales y las púas de algunos animales (ciertos peces, erizos, etc.). En todos los casos se trata de defensas frente a la depredación. Todos estos detalles morfológicos y muchos otros que poseen las “formas de vida inferior”, como también se llamaba a los infusorios en tiempos de Darwin, eran desconocidos para él y el resto de investigadores del XIX y principios del XX pues, entre otros avances de la microscopía, el contraste de fase y la microscopía electrónica no existían.

La Fig. 5 muestra otro ejemplo de hábitat microbiano de gran biodiversidad, la superficie de un tapete microbiano que se desarrolla en balsas de agua hipersalina del litoral, en cuya superficie se deslizan cianobacterias filamentosas fotosintéticas (*Spirulina subsalsa*, *Phormidium sp.*) sobre masas de mucilago pobladas por variedad de procariotas, entre ellos la cianobacteria cocal (*Aphanothece halophytica*), bacterias fotosintéticas del azufre y muchos heterotrofos. En estos ambientes se da una notable estratificación de comunidades microbianas. Las cianobacterias fotosintéticas ocupan las capas superficiales, las bacterias fotosintéticas rojas del azufre se sitúan debajo de las anteriores y las bacterias reductoras de sulfato -que originan los barros negros por precipitación de sulfuro de hierro-, en el fondo. No obstante, la descripción anterior es una simplificación de la realidad, que por otra parte se caracteriza por la presencia de una inmensa biodiversidad microbiana cuyos individuos aprovechan nichos ecológicos muy diversos en el sistema. Sólo una parte muy reducida de las estirpes que ocupan estos hábitats de salinas, así como muchos otros, han podido ser cultivada y descrita a

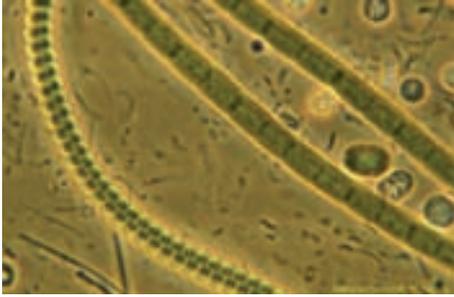


Fig. 5. Microorganismos deslizantes (cianobacterias) en la superficie de un tapete microbiano de aguas hipersalinas con gran diversidad microbiana. Contraste de fase con Obj.100x. © F. Torrella.

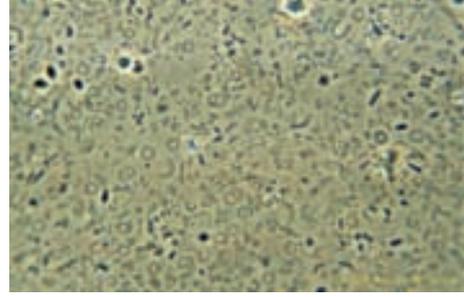


Fig. 6. Densa comunidad de bacterias planctónicas en una charca de una zona de saladares inundable. Contraste de fase. Obj. 100x. © F. Torrella.

satisfacción de la taxonomía microbiana. La inmensa mayoría son organismos son de función y estrategias de vida desconocidas.

Las elevadas concentraciones microbianas que a veces se dan en los microhábitats naturales facilitan el contacto entre las células, así como la infección vírica, lo que es importante como factor facilitador de transferencia génica entre organismos, un fenómeno que está en la base de la variabilidad microbiana. (Ver más adelante “mecanismos de variabilidad microbiana”). En la Fig.6 se muestra un claro ejemplo de lo anterior, en el caso de una proliferación masiva de bacterias planctónicas en una charca litoral cerca del mar Mediterráneo, fruto de una explosión poblacional previa de fitoplancton en el mismo ambiente.

Contactos directos de Darwin con la microbiología de su tiempo

Como se indicó anteriormente al tratar la obra de Darwin en su contexto histórico, para encontrar relaciones directas del autor con la microbiología, es necesario consultar su abundante correspondencia con científicos de su época actualmente disponible en la web (“The complete Works of Charles Darwin Online”). A continuación, por orden cronológico y en forma resu-

mida, se relacionan una serie de datos históricos que los autores interesados en el tema han ido descubriendo.

Durante el viaje del HMS Beagle, Darwin se interesó por la vida microscópica –fundamentalmente microalgas-, presentes en el “polvo rojo” que en ocasiones se depositaba en la cubierta del barco, gracias a los fuertes vientos que lo transportan entre continentes y sobre el océano. Para un estudio más completo, Darwin envió muestras a Ch. G. Ehrenberg que describió muchas especies de microalgas, principalmente diatomeas. Estas observaciones de Darwin tienen hoy un especial interés en el contexto de los trabajos sobre biogeografía y distribución microbianas.

A causa de sus dolencias estomacales que, a partir del regreso de su viaje en el Beagle, Darwin tuvo que sobrellevar toda su vida, en 1860 envió muestras de su vómito a Sir John Goodsir, profesor de anatomía y cirugía en la universidad de Edimburgo, con la esperanza de que este último diera con el diagnóstico de su dolencia. Goodsir había descubierto una bacteria presente en los fluidos estomacales de las personas afectas de úlcera y otras patologías gástricas. Durante un tiempo, este microorganismo, originalmente conocido como “*Sarcina goodsir*” (1842) y actualmente como *S. ventriculi*, se sospe-

chaba que era la causa de las disfunciones estomacales. Para decepción de Darwin, Goodsir no encontró tal bacteria en sus jugos gástricos.

Movido por su curiosidad sobre la vida microscópica y sus propiedades, Darwin llegó a participar directamente en un estudio de John Tyndall acerca de la presencia de propágulos microbianos en el aire (“panspermia clásica”). Para ello recibió en 1875 tubos cerrados conteniendo caldo nutritivo estéril, para que una vez abiertos, se pudiera comprobar si se contaminaban y había crecimiento microbiano. Los tubos enviados por Tyndall a varias personas, efectivamente se contaminaron. Con ello este autor pudo corroborar la presencia de formas de dispersión microbianas en el aire de lugares muy diversos.

En los últimos años de su vida, Darwin se interesó e incluso apoyó económicamente (1876-1882) el trabajo del comerciante J. Torbitt de Belfast para la obtención de variedades de patateras resistentes al hongo parásito *Phytophthora infestans*, una de las causas de las sucesivas y terribles hambrunas de la Irlanda del XIX.

En 1877, Darwin recibió de F. Cohn detalles sobre las investigaciones de R. Koch acerca del origen microbiano de las enfermedades, especialmente la etiología del carbunco producido por *Bacillus anthracis*. Estas investigaciones fueron altamente valoradas por Darwin como una de las contribuciones más importantes para el progreso de la humanidad.

En 1878 Darwin, que seguía los trabajos de Lord J. Lister sobre las técnicas de asepsia y antisepsia quirúrgicas, le sugirió que el ácido benzoico sería menos agresivo que el fenol en las técnicas de desinfección. Aunque Darwin no trabajó directamente en el tema, demostró seguir los progresos

en la lucha contra las infecciones. Así mismo, a partir de 1860, se interesó por los trabajos de L. Pasteur sobre la importancia de los cuales le llamó la atención Henry Holland, especialista en microalgas de agua dulce y médico de la Reina Victoria.

En los últimos años de la década de 1870, Darwin se interesó por los experimentos sobre adaptación microbiana a elevadas temperaturas del Rev. W. H. Dallinger que colaborando con J. Drisdale, demostró la paulatina adaptación de las bacterias a temperaturas cada vez más altas en respuesta a incrementos discretos de este parámetro ambiental. Asimismo y en esta misma época, Darwin se interesó por las adaptaciones bacterianas al frío. Incluso un año más tarde de su muerte, en 1881, Darwin escribió al sueco Holmgren interesándose en la preparación de vacunas.

Todos estos datos históricos ponen de manifiesto que el interés de Ch. R. Darwin por los microorganismos fue una constante a lo largo de toda su vida. Si no usó los seres vivos microscópicos como material de trabajo para sustanciar su teoría de la evolución, probablemente fue debido a que las técnicas de la época no permitían la exactitud descriptiva que el rigor científico exigía, lo que por otra parte sí podía conseguir usando como material de trabajo animales y plantas macroscópicos.

La respuesta de la microbiología del XIX y primer tercio del XX a la teoría de la evolución

En el apartado anterior sobre “Darwin y la microbiología en un contexto histórico”, ya se ha hecho mención del escaso interés de los microbiólogos por

el evolucionismo. Frente a un Darwin que se interesó toda su vida por la microbiología y sus progresos, la generalidad de los microbiólogos del XIX y principios del XX se interesaron poco o nada por la evolución, ya que muchos de ellos no veían en la misma un valor explicativo en el contexto del mundo microbiano.

En un reciente trabajo, Maureen A. O'Malley (ver Bibliografía) resume la respuesta que dieron al darwinismo los microbiólogos del XIX, contemporáneos de Darwin, así como los de principios del siglo XX, en los términos siguientes:

Rechazo: Fundamentado sobre todo en la evidencia pasteuriana de la falsedad de la generación espontánea de la vida, frente a las posibilidades explicativas que ofrecía la teoría de la evolución. Entre los muchos científicos que pensaban así destaca el gran naturalista alemán Christian G. Ehrenberg, así como el taxónomo microbiano Ferdinand Cohn en los últimos años de su vida.

Aceptación o aparente aceptación: En el primer caso se encuentra la figura del gran microbiólogo holandés Martinus W. Beijerinck (1851-1931) y el mismo F. Cohn en los años de 1860, antes de que se alejara del darwinismo a causa de la demostración por Pasteur de la falsedad del origen espontáneo de la vida. Cohn se alejó también del evolucionismo, porque esta teoría podía ser usada como mecanismo explicativo del “transformismo de las especies”, algo que este taxónomo microbiano combatía con convencimiento.

Indiferencia: Esa fue una postura muy generalizada, en gran parte derivada del desconocimiento de la genética microbiana, entre otras muchas lagunas del conocimiento de los microorganismos a caballo entre el siglo XIX y XX. Robert Koch y Louis Pasteur pueden incluirse en este grupo.

Aceptación transitoria de la clase médica del

XIX: Ante la evidencia de la variedad de agentes causantes de enfermedades infecciosas, se pensó que la teoría de la evolución podría explicar supuestos cambios en los microorganismos responsables, sin necesidad de tener que acudir a la generación espontánea. No obstante, el progreso en las técnicas de diagnóstico y de manipulación de los microorganismos al identificar especies con características propias que se transmitían a la descendencia, determinó el abandono de esta línea de pensamiento.

El reencuentro del evolucionismo y la microbiología

.....

A partir de la segunda mitad del siglo XX la interpretación evolutiva de los cambios que experimentan las especies microbianas es ampliamente aceptada por los microbiólogos. Los avances en el conocimiento de la naturaleza de los microorganismos: genética, ultraestructura, metabolismo y fisiología, descubrimiento de los virus bacterianos o bacteriófagos, etc., conformaron el sustrato adecuado sobre el que aplicar y experimentar el paradigma evolutivo en su versión de síntesis neodarwinista. En la actualidad, los avances en metagenómica (caracterización por secuenciación de los genomas de todos los organismos de un determinado ambiente), el interés por la microbiogeoquímica (papel de los microorganismos en el origen y cambio de las características pasadas y presentes del planeta) y los nuevos conocimientos sobre los mecanismos de la dinámica génica microbiana, han determinado que no sólo sean los microbiólogos los que contemplen el modelo evolutivo como algo habitual para interpretar el mundo microbiano, sino que, a su vez, los estudiosos del evolucionismo han diri-

gido su interés hacia los microorganismos.

Paradójicamente y a pesar de la indiferencia original e incluso, en algún caso, discrepancia de algunos microbiólogos respecto de la teoría de la evolución, los microorganismos estaban llamados a jugar un importante papel para fundamentar científicamente algunos principios básicos de la evolución a partir del primer tercio del siglo XX. Para ello fue necesario avanzar en el conocimiento de su biología y constatar que algunas de sus características los convertían en excelentes objetos de experimentación en el campo de la evolución: pequeño tamaño, rápida multiplicación, adaptabilidad metabólica y fisiológica, capacidad de dispersión y facilidad para el intercambio de información genética, entre otras. El “retorno generalizado de los microbiólogos” al marco explicativo evolucionista -por cierto nunca abandonado por algunos de ellos-, fue paulatino y culminó su primera etapa con los experimentos de fluctuación genética de M. Delbrück y S. Luria que en 1943 estudiaron la dinámica de la aparición de resistencia de poblaciones bacterianas de *Escherichia coli* a sus virus específicos (bacteriófagos), en concreto el colifago T1. Estos autores demostraron que la resistencia a los virus aparecía de forma aleatoria antes de que los factores de selección -en este caso la infección viral-, actuaran sobre la población. Este descubrimiento, que en parte fue decisivo para que a los autores les fuera concedido el premio Nóbel en 1969, fue confirmado por otros que también utilizaron microorganismos como herramienta de trabajo. Es el caso de Milislav Demerec que en 1945, con el estudio del desarrollo de resistencia bacteriana (*Staphylococcus aureus*) a la penicilina, demostró que la aparición de bacterias resistentes al antibiótico era anterior a la exposición al antimicrobiano. Estos experimentos reforzaron extraordinariamente uno de los

aspectos centrales de la teoría de la evolución que la diferencia claramente del lamarckismo: el hecho de que la selección natural actúa sobre una variabilidad genética que se origina y es anterior al proceso selectivo en sí.

En la actualidad, los científicos que cultivan la ciencia microbiológica apuestan mayoritariamente por la versión moderna de la teoría de la evolución, como paradigma explicativo de la naturaleza y cambios de las formas de vida microbianas. Detalles tales como la revista más prestigiosa de taxonomía bacteriana que incorpora en el mismo título la palabra evolución dan fe de ello: “*International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*” (IUSEM). Por otra parte, La Sociedad Americana de Microbiología -la mayor sociedad científica del mundo de una especialidad concreta-, que es el órgano que publica la revista, se ha definido claramente a favor del evolucionismo, haciendo pública una declaración expresa a favor de la evolución en el contexto de la controversia creacionismo-diseño inteligente frente a evolución. (Véase esta declaración en el Anexo al final de este artículo).

Los mecanismos de la variabilidad genética en los microorganismos

Con anterioridad a los experimentos de genética microbiana mencionados en el párrafo anterior, la teoría de la evolución darwiniana se había visto perfilada y enriquecida paulatinamente por los nuevos descubrimientos que condujeron a la formulación del neo-darwinismo clásico y, posteriormente, a la síntesis evolutiva moderna. El descubrimiento de las unidades discretas de la herencia (genes), que arranca en las observaciones de Gregor Mendel con los guisantes

(1866), seguidas de importantes contribuciones de investigadores de la genética vegetal (Hugo de Vries) y animal (Thomas H. Morgan), y pasa por el desarrollo de la genética de poblaciones a principios del siglo XX, fue decisivo en este contexto. Los trabajos de Mendel fueron desconocidos para la gran mayoría de científicos de su tiempo, incluido Darwin y los grandes pioneros de la microbiología.

En la actualidad, la síntesis evolutiva está en constante ajuste por incorporación de nuevos descubrimientos en múltiples campos de las ciencias biológicas y se enriquece constantemente con los hallazgos realizados en el mundo microbiano, tanto los relativos a la biodiversidad y las relaciones filogenéticas de los seres vivos, como por el mejor conocimiento de los mecanismos que explican la extraordinaria dinámica génica subyacente a la generación de varia-

bilidad, adaptación y cambio en el mundo microbiano. De forma resumida y por lo que respecta a los microorganismos procarionticos (bacterias y arqueas), se relaciona a continuación un listado de características celulares y mecanismos de variabilidad genética que explican la extraordinaria plasticidad genética de los microbios y su sorprendente adaptabilidad a nuevas condiciones ambientales. El descubrimiento de estos mecanismos, fundamentalmente a partir de la década de los años sesenta del siglo pasado, ha ido mucho más allá de la mutación puntual y la recombinación de genes, llegando a la realidad actual en la que se han obtenido evidencias de que la transmisión de características génicas en los microorganismos, no sólo se da en la línea parental (transmisión vertical), sino de forma horizontal entre cepas distintas de una misma especie y entre especies diferentes.

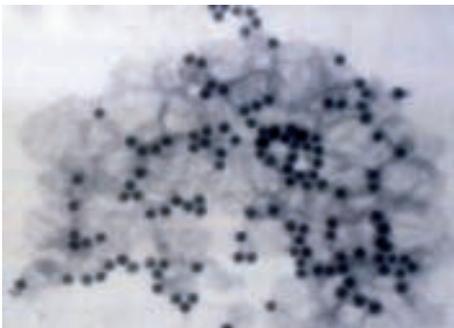
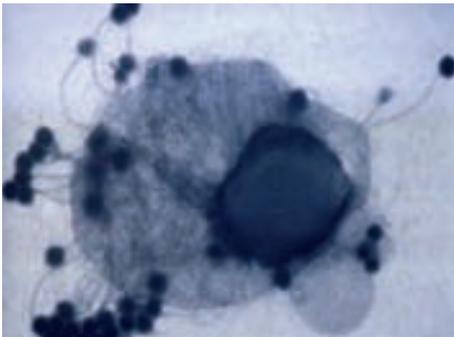


Fig. 7. Imágenes de virus de bacterias en lagunas de agua dulce y ejemplo de su detección en el laboratorio. Arriba izquierda: bacteria acuática superinfectada y lisada por fagos. Arriba derecha: calvas víricas (zonas de lisis) producidas en un césped microbiano de color rojo en una caja de Petri. Abajo: material particulado natural de las aguas recubierto de virus. Las imágenes de B/N son tinciones positivas observadas con el microscopio electrónico.

© F. Torrella.

Los virus de procariotas -bacterias y arqueas-, como los que se muestran en la Fig. 7, son extraordinariamente abundantes en la naturaleza y desempeñan un papel fundamental no sólo como controladores de las poblaciones de los microorganismos que parasitan, sino también como elementos esenciales de transferencia genética horizontal en las comunidades microbianas. Como ejemplo paradigmático de la sorprendente y variada información genética que encierran las partículas víricas, cabe destacar los recientes descubrimientos de Lindell y colaboradores, entre otros trabajos, de bacteriófagos marinos que llevan genes de clorofilas en su DNA. Puesto que los virus no fotosintetizan y carecen de metabolismo, la presencia de estos genes debe ser consecuencia de su incorporación a partir de las células que han infectado. En el caso de los virus bacterianos marinos, los microorganismos hospedadores pertenecen a grupos de cianobacterias y de proclorófitos. Es obvio que a través de diversos mecanismos de intercambio e información genética de los virus (transducción, lisogenia), los genes de unas estirpes microbianas pueden ser transferidos a otras. La revisión de Rohwer y Thurber (ver bibliografía) ofrece una buena perspectiva sobre los estudios actuales del viroma (metagenoma vírico) marino.

Relación de mecanismos responsables de variabilidad génica en los procariotas.

- Mutaciones puntuales y recombinación.
- Diversidad de elementos génicos de replicación autónoma (plásmidos).
- Duplicaciones génicas o de genomas enteros.
- Deleciones de genes y de fragmentos génicos.
- Virus atenuados y lisogenia.
- Transposones.
- Secuencias de inserción.

- Integrones y cassetes génicos.
- Islas de patogenicidad y otras.
- Transferencia horizontal de genes.

El lector interesado puede consultar obras actuales de microbiología o genética general para más detalles acerca de los conceptos de la lista.

Aunque en la actualidad se desconoce hasta qué extremo pueden darse casos de transferencia génica horizontal entre distintas especies de los llamados seres vivos superiores, lo cierto es que en el caso de los microorganismos procarióticos cada vez se encuentran más pruebas de que la transferencia entre estirpes distintas no es un hecho raro. La realidad de esta dinámica génica, tanto en la actualidad como en épocas pretéritas cuando los procariotas dominaban la tierra, es un importante hecho a considerar en el contexto de la evolución microbiana.

Los microorganismos en el contexto evolutivo como fuente de complejas estructuras microscópicas: creacionismo frente a evolución

Los microorganismos son una fuente de admirables y sofisticadas características cuyo origen ha sido interpretado de manera distinta a como se hace a través de la selección natural.

El creacionismo y la versión del mismo más elaborada, el diseño inteligente acompañado del concepto de complejidad irreducible, constituyen el núcleo de tales alternativas explicativas. Hace unos pocos años, y en plena controversia entre teoría de la evolución y creacionismo, la Sociedad Americana de Microbiología, entre otras instituciones y foros de opinión, hizo pública una declaración en defensa de las interpretaciones evolucionistas y

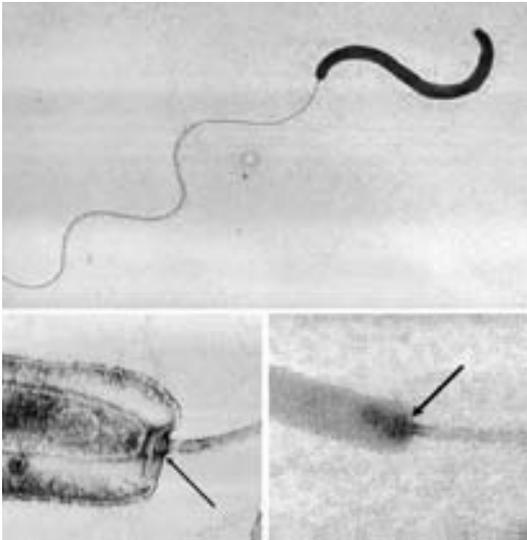


Fig. 8. Ejemplo de flagelación polar en un espirilo marino (arriba) y detalles del rotor flagelar (flechas) bajo microscopía electrónica. Tinción con acetato de uranilo. Diámetro celular aprox. $0,2 \mu\text{m}$ y del filamento flagelar aprox. 15 nm . © F.Torrella.

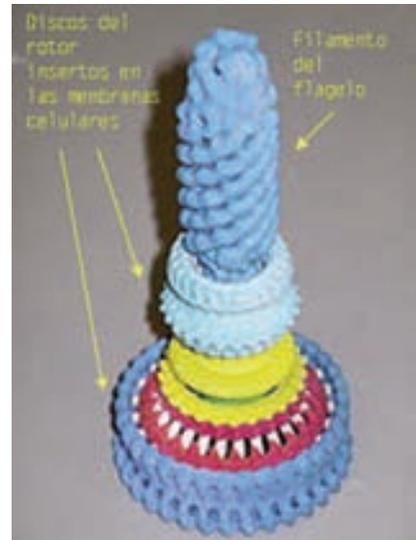


Fig. 9. Modelo de la estructura molecular del cuerpo basal (rotor) de un flagelo bacteriano. De Wikipedia Commons, modificado. <http://en.wikipedia.org>

los métodos de las ciencias experimentales, que se ofrece al lector interesado como anexo a este artículo (Ver Anexo I).

Los ejemplos de complejidad en el campo microbiológico son numerosos y se encuentran tanto en los admirables detalles de la ultraestructura microscópica de las células, como en la compleja coordinación y control de muchas de las reacciones bioquímicas de biosíntesis responsables de la construcción y supervivencia de los microorganismos. En realidad, los ejemplos de complejidad en la célula microbiana son tanto más abundantes cuanto más se sabe acerca de la constitución y el funcionamiento de la misma a nivel ultraestructural y molecular. Un ejemplo de lo anterior, que hace algunos años destacó sobre otros y se utilizó a favor del diseño inteligente, es el flagelo bacteriano. La Fig. 8 muestra un flagelo y su implantación polar en un delgado espirilo marino de las aguas del Mediterráneo (*Oceanospirillum* sp.).

El flagelo de los procariontes es una sofisticada “nanomáquina biológica” compuesta por un filamento espiral proteico rígido, que gira a gran velocidad propulsado por un rotor basal (“motor molecular”) en contacto con las membranas celulares (ver detalles al microscopio en la Fig. 8 y un modelo molecular en la Fig. 9). Los flagelos de las bacterias, las impulsan con notable efectividad en el medio acuoso, el cual, frente a las células en movimiento, ofrece una resistencia altísima (viscosidad relativa) debido al diminuto tamaño del microorganismo, una partícula de muy bajo número de Reynolds. Un símil adecuado al caso y que ayuda a comprender la dificultad del movimiento microbiano en el seno del agua, es el esfuerzo que debería hacer un nadador para avanzar en una piscina de miel.

Ante estructuras microscópicas como la descrita, es explicable que uno se pregunte cómo han podido llegar a ser tal como son mediante un proceso evolutivo gradual. Es comprensible que una persona desco-

nocedora de los detalles y posibilidades de los mecanismos microevolutivos, concluya que el origen del flagelo es debido a que alguien lo ha diseñado a propósito y de una vez. Es tal la sofisticación de las partes del flagelo y tan maravilloso su ensamblaje, que en primera aproximación es difícil pensar que la máquina molecular pueda funcionar sin tan siquiera una de sus partes constituyentes. Sin esta parte, la máquina dejaría de funcionar. Nos encontraríamos pues ante un caso claro de complejidad irreducible. En este tipo de razonamientos, entre otros, se apoyan las personas que defienden la alternativa del diseño inteligente frente al evolucionismo como causa del origen de lo complejo.

Situados en la tesis anterior, no está de más recordar que la organización y el funcionamiento de la vida, a nivel de sus bases moleculares, descansa originalmente en un proceso dinámico aleatorio de prueba y error que tiene lugar en el seno de medios acuosos gracias a la energía térmica a la que se debe el frenético movimiento molecular. La agitación térmica confiere a las moléculas movimientos velocísimos a nivel submicroscópico, en el reducido espacio intracelular, que determinan innumerables y frecuentísimos encuentros, unos exitosos y otros fallidos. Sobre esta base estocástica de la dinámica molecular “se construye y mantiene la vida” en el seno del agua. ¿Puede haber mayor “complejidad dinámica” que la que, por otra parte, está en la base de la vida biológica? A estos niveles, es de suma importancia la forma seleccionada de las moléculas (enzimas) que catalizan e intervienen en el juego azaroso vital. Y sobre todos estos procesos estocásticos, se construye y se desarrolla los seres vivos perfectamente organizados...

El hecho de que los neo-creacionistas (seguidores del diseño inteligente) tomaran como ejemplo y ariete

discursivo el flagelo bacteriano, ha dado lugar a una muy activa investigación microbiológico-básica sobre los posibles orígenes, diversidad y funcionamiento de este orgánulo procariontario. Fruto de estas investigaciones, que ni mucho menos han terminado, se han descubierto hechos que ofrecen alternativas a las explicaciones de diseño inteligente sobre el origen del flagelo. Entre ellas sobresalen las siguientes (el lector puede obtener mayor información sobre este tema en las referencias bibliográficas):

- Se ha dicho que el flagelo es una estructura caracterizada por su complejidad irreducible y que la ausencia de una sola de sus partes impide su función. Este argumento apunta a la imposibilidad del origen gradual del flagelo. Es decir: O el orgánulo “aparece” completamente formado o no podría existir. Ante lo anterior, la ciencia microbiológica ha encontrado evidencias de que el flagelo funciona como tal aún faltándole alguna o algunas de las proteínas constituyentes del sistema flagelar. Se ha demostrado que la carencia funcional es compensada por mutaciones en otros componentes flagelares.
- Ante la dificultad de entender cómo pudo originarse “paso a paso” una estructura tan compleja como el flagelo, la investigación ha empezado a encontrar “eslabones intermedios” de un posible camino evolutivo al flagelo plenamente constituido. Así la bacteria parásita intracelular de pulgones *Buchnera aphidicola* posee los genes del gancho y el cuerpo basal del flagelo pero no los del filamento flagelar. De momento se desconoce la función alternativa que desempeñan estas “partes de flagelo” en esta bacteria.
- Se han descubierto, en diversos procariontes, genes de secuencia muy similar a los flagelares y

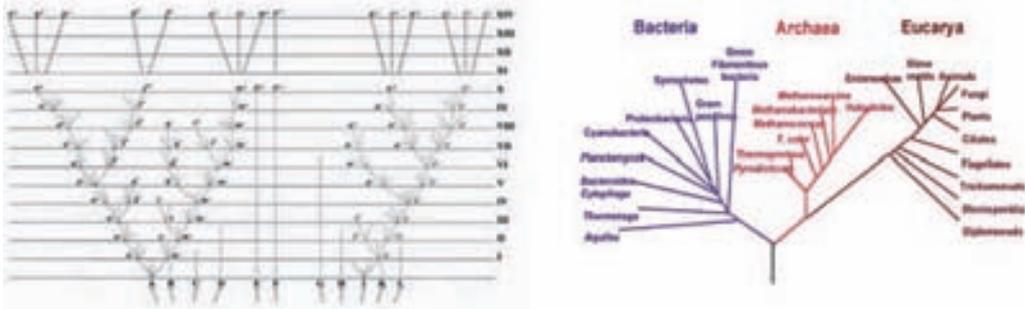


Fig. 10. Comparación de dos árboles filogenéticos que modelizan las relaciones de parentesco entre seres vivos. Izquierda: Esquema de Darwin en *On the Origin of Species* que explica la génesis de variedades a partir de un antecesor común. Derecha: Árbol de la vida (versión simplificada) construido con la comparación de secuencias de rRNA. Muestra los grandes grupos de seres vivos, sobre todo de procariontes, enraizados en un hipotético antecesor común. Orig. de Wikipedia-Commons. <http://en.wikipedia.org>

que no están relacionados con el orgánulo. Así por ejemplo, un gen que codifica una proteína transportadora de magnesio. Es decir: hay un fondo genético que puede explicar el origen de los genes directamente implicados en la función flagelar.

En conclusión: En el contexto de la explicación del origen de determinadas estructuras de la célula bacteriana, por muy complejas que sean éstas, existen o pueden encontrarse explicaciones científicas alternativas al llamado diseño inteligente. El mecanismo de la selección natural actuando sobre los pequeños y sucesivos cambios debidos a la variabilidad genética, sigue siendo válido para explicar el origen de las características microbianas. No obstante, es obvio que no están resueltas todas las incógnitas y es necesario investigar los problemas con la metodología científica apropiada.

Filogenia microbiana: Los árboles de la vida

La única ilustración de *On the Origin of Species* de 1859 (Fig. 10 izda) es una versión muy

sencilla de lo que en la actualidad se conoce como un “árbol de la vida”. Mediante este esquema, Darwin ilustró gráficamente su idea de las relaciones filogenéticas (línea de descendencia común) entre las diferentes variedades de seres vivos procedentes de antecesores comunes. En la actualidad y gracias a los datos aportados por la secuenciación de los genes que codifican los RNA ribosomales, los esquemas de árboles filogenéticos que muestran las relaciones ancestrales entre los seres vivos están dominados por la abundancia y diversidad de los grandes grupos de microorganismos procariontes, tanto del dominio de las arqueas como de las bacterias, frente a la relativamente menor diversidad de grupos de eucariotas (Fig. 10 dcha). Estos datos, que puede sorprender a quien no conoce la extensión del mundo microbiano, refleja hasta qué extremo las modernas técnicas moleculares han puesto de manifiesto la importancia actual y pasada de las formas de vida microbiana en el contexto de la evolución de la vida sobre la tierra. Por su tamaño macroscópico, el hombre percibe con facilidad la biodiversidad de los animales y las plantas. No obstante,

te, las investigaciones en biología y genética moleculares han puesto de manifiesto que el mundo vivo microscópico es, desde el punto de vista molecular, muchísimo más diverso que el macroscópico. Por otra parte, los datos que aporta la microbiogeoquímica demuestran que en el panorama general evolutivo de la vida sobre la tierra, los microorganismos, particularmente los procariotas, han desempeñado y todavía cumplen un papel importantísimo.

Los procariotas y el origen de la célula superior

Otro campo de investigación sobre el origen y evolución de los seres vivos en el que las bacterias adquirieron hace unos años y todavía mantienen en la actualidad un notable protagonismo, es el del origen de la célula eucariótica por simbiogénesis. Está ampliamente aceptado que las características de dos orgánulos celulares, las mitocondrias y los cloroplastos, revelan su origen en bacterias ancestrales. La teoría de la simbiogénesis u origen endosimbiótico de los orgánulos mencionados, y quizás de otros, se explica en el marco de un proceso evolutivo de complejificación celular a través de pasos intermedios en los que formas celulares ancestrales incorporaron y estabilizaron otras células dentro de las primeras.

El origen de la célula eucariótica por simbiogénesis es aceptado por una gran mayoría de científicos. En todo caso se discute si las interacciones simbióticas entre microorganismos pueden haber tenido un papel más o menos importante en el devenir de la evolución biológica en comparación con otras fuerzas generadoras

de cambio y variabilidad como son las de base genética mencionadas antes (Ver más arriba “Los mecanismos de variabilidad génica en los microorganismos”). Sin duda, ni en tiempos de Darwin, ni hasta bien entrado el siglo XX se podría haber pensado que los microorganismos en general y los procariotas en particular, pudieran acabar teniendo tanto protagonismo en el contexto general de la Teoría de la Evolución de Darwin y Wallace.

Conclusión

Es evidente que desde la mitad del siglo XIX hasta nuestros días, la cantidad de conocimientos acumulados sobre la biología de los microorganismos permite afirmar que estos seres vivos participan de la interpretación darwinista de los cambios evolutivos por selección natural, de manera similar a los animales y las plantas que fueron utilizados por Charles Darwin para fundamentar su teoría. Los estudios históricos realizados sobre el tema, han puesto de manifiesto que Ch. R. Darwin no sólo siguió el desarrollo de la microbiología del siglo XIX, sino que tuvo contactos directos con la misma, tanto en aspectos básicos como aplicados. Por otra parte, el estudio de las bases genéticas de la dinámica de cambio en los microbios, la evidencia de la filogenia de los diversos grupos -intercomunicada horizontalmente-, su papel en el origen de la célula eucariótica, y la decisiva influencia de los microorganismos en la biogeoquímica pasada y actual del planeta, han aportado un significativo plus de originalidad al complemento global de conocimientos que a principios del siglo XXI conforman la teoría de la evolución, en su versión actual de síntesis evolutiva contemporánea ●

Bibliografía

- Behe, M. J. 1996. "Darwin's Black Box: the Biochemical Challenge to Evolution". Free Press.
- Madigan, M. T. et al. 2009. "Brock. Biología de los microorganismos". Pearson Educación. Madrid.
- Editorial. 2009. "Darwin and microbiology". Nature reviews microbiology 7(8):546.
- Lindell, D., J. D. Jaffe, Z. I. Johnson, G. M. Church, and S. W. Chisholm. 2005. Photosynthesis genes in marine viruses yield proteins during host infection. Nature. 438:86-89.
- O'Malley, M. A. 2009. "What did Darwin say about microbes, and how did microbiology respond? Trends in Microbiol. 17(8):341- 47.
- Pallen, M. 2009. "Darwin: from the origin of species to the origin of infection". Microbiology Today 36: 76-78.
- Rohwer, F. and R. V. Thurber (2009) Marine viruses: Manipulating the marine environment. Nature. 459 (7244). 207-212.
- Shapiro, B. J., L. A. David, J. Friedman and E. J. Alm. 2009. "Looking for Darwin's footprints in the microbial world". Trends in Microbiol. 17(8):196-204.
- Snyder, L. A. S., N. J. Loman, K. Fütterer and M. J. Palen. 2009. "Bacterial flagellar diversity and evolution: seek simplicity and distrust it?" Trends in Microbiol.17(8):1-5.
- Wainwright, M. 2009. "Historical perspectives: Charles Darwin and microbes". Microbiologist 10:32-35.

Webgrafía

- "ASM Statement on the Scientific Basis for Evolution" 2006:
[Http://www.asm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=45937&Itemid=431](http://www.asm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=45937&Itemid=431)
- The complete works of Ch. Darwin Online:
<http://darwinonline.org.uk/biography.html>
- Trees of life:
[http://en.wikipedia.org/wiki/Tree_of_life_\(science\)#Early_Trees_of_Life](http://en.wikipedia.org/wiki/Tree_of_life_(science)#Early_Trees_of_Life)

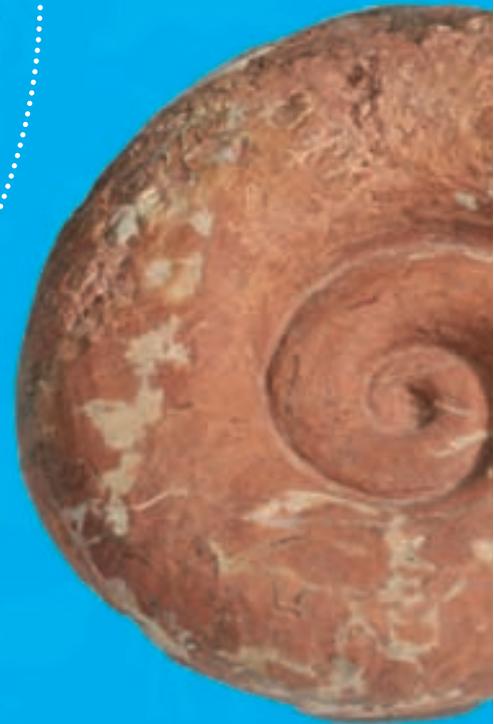
Anexo

Texto de interés en el marco del curso "Darwin con nosotros". Museo de la Ciencia, Murcia. Oct-Nov 2009. Se adjunta la traducción al español de F. Torrella para la conferencia "La evolución en el mundo microbiano: de las ideas de Darwin a una visión actual" (10 noviembre de 2009). (Ver referencia original en Webgrafía).

Declaración de la ASM sobre las Bases Científicas de la Evolución

Revisado por iniciativa del Consejo el 24 de mayo, 2006, y examen subsiguiente por el comité. Actualizado por última vez el jueves, 1 de febrero de 2007 a las 10:57.

El conocimiento del mundo microbiano es esencial para comprender la evolución de la vida en la Tierra. Las características de los microorganismos -pequeño tamaño, rápida reproducción, movilidad y facilidad para intercambiar información genética-, les capacitan para adaptarse rápidamente a las influencias ambientales. En microbiología, la validez de los principios evolutivos se apoya en (1) la mutación fácilmente demostrable, la recombinación y la selección, que son los mecanismos fundamentales de la evolución; (2) las comparaciones basadas en los datos genómicos que apoyan una ascendencia común de la vida; y (3) las tasas de cambio genético observables y el alcance de la diversidad genómica que indican que la divergencia ha tenido lugar a lo largo de un extenso periodo de tiempo geológico, y dan fe de la gran antigüedad de la vida sobre la Tierra. En consecuencia, los microorganismos ilustran la evolución en acción, y los microbiólogos han sido capaces de utilizar la capacidad evolutiva de los microbios para el desarrollo de innovaciones en la mejora y conservación de la vida en medicina, agricultura y el medio ambiente. Por el contrario, las alternativas propuestas a la evolución, tales como el diseño inteligente y otras formas de creacionismo no son científicas, en parte porque fallan en suministrar un marco en donde formular predicciones experimentables y útiles. La utilización de la supuesta "complejidad irreducible" del flagelo bacteriano como un argumento para dotar de aparente legitimidad a los conceptos no científicos, es engañosa y no basada en hechos. La evolución no es mera conjetura, sino un descubrimiento concluyente basado en un cuerpo coherente e integrado de evidencia. De una forma mayoritaria, la comunidad científica, con independencia del credo religioso, acepta la evolución como algo central para la comprensión de la vida y de las ciencias de la vida. Un aspecto fundamental de la práctica de la ciencia es la separación de las creencias personales propias de los esfuerzos para comprender el mundo natural. Es importante que la sociedad y las generaciones futuras reconozcan la legitimidad del conocimiento testable, verificado y basado en hechos sobre los orígenes y la diversidad de la vida.



DARWIN, LOS FÓSILES Y LA EXTINCIÓN DE LAS ESPECIES

Gregorio Romero Sánchez
Paleontólogo de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales.
Consejería de Cultura y Turismo de Murcia.
Profesor Asociado del Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología de la
Facultad de Química. Universidad de Murcia.

Introducción

¿Qué son los fósiles? ¿Por qué se encuentran a menudo antiguas conchas de moluscos y otros fósiles marinos en las cumbres de las montañas? ¿Cómo es posible que llegarán hasta allí? El hombre ha estado haciéndose estas preguntas durante cientos de años, desde los primeros filósofos griegos de la escuela pitagórica hasta el verdadero nacimiento de la Paleontología como ciencia a principios del siglo XIX.

Sin embargo, llegar a establecer que los fósiles son restos de seres vivos que aparecen en un momento determinado de la historia de la vida, evolucionan y se extinguen no fue un camino nada fácil, ya que hubo que contrarrestar la fuerte influencia de los seguidores de las teorías diluivistas que defendían el Diluvio Universal como el fenómeno que permitía explicar el origen y desaparición de los fósiles.

Durante los siglos XVIII y XIX, geólogos como Hutton y Lyell, quién ejercería una poderosa influencia sobre Darwin, empezaron a hablar de procesos que se habían producido en la Tierra de forma gradual y lenta a lo largo de grandes periodos de tiempo. El francés Cuvier fue el primer autor que empezó a realizar detalladas descripciones

anatómicas y se decía de él que era capaz de reconstruir el aspecto y la naturaleza de un animal a partir de un simple diente o de un trocito de hueso fósil.

La curiosidad y el interés por los nuevos mundos descubiertos a raíz de las grandes expediciones hacen aparecer importantes colecciones de fósiles y se multiplican las acaloradas discusiones científicas sobre el hallazgo de enormes dinosaurios, las extinciones, la evolución,... En el caso de Darwin, como no podía ser de otra forma, todo empezó con un viaje en barco en el año 1831, viaje que cambiaría para siempre el concepto de los mecanismos de la naturaleza. Su función a bordo era la de coger muestras y hacer observaciones geológicas. A lo largo de 5 años, el joven Charles se dedicó a observar, anotar y pensar. Por supuesto, esto era solo el embrión de lo que más tarde, concretamente 24 años después de su vuelta a Inglaterra, se convertiría en El Origen de las Especies.

En nuestro país las ideas de Darwin encontraron, como no podía ser de otra forma, partidarios y detractores. Algo parecido sucedió aquí en Murcia, donde personajes como Andrés Martínez Cañada, Francisco Cánovas Cobeño y Olayo Díaz Jiménez protagonizaron un apasionante debate

entre la comunidad científica murciana sobre el evolucionismo biológico y las concepciones actualista y catastrofista que intentaban explicar el origen e historia de la Tierra.

El origen de los fósiles y el desarrollo histórico de la Paleontología

La Paleontología reconstruye la historia de la vida sobre la Tierra a partir de los fósiles, desde sus primeros pasos hasta la actualidad, como si se tratase de un gran libro escrito en piedra. Este libro de la vida tiene siempre una lectura apasionante: extrañas criaturas del inicio de los tiempos, eslabones desconocidos, catástrofes naturales mundiales y periódicas extinciones de seres vivos en masa. En definitiva, cambios observados en el

registro geológico que aportan pruebas decisivas a la teoría de la evolución biológica. Hoy sabemos que la vida en el planeta Tierra comenzó hace unos 3500 millones de años a partir de organismos simples que evolucionaron con el tiempo hacia formas de vida más complejas.

Los fósiles son por tanto los restos de los seres vivos que se han conservado más o menos modificados dentro de los estratos de rocas sedimentarias principalmente y que nos cuentan cómo era la vida en el pasado. No obstante, llegar hasta esta interpretación que parece simple y que hoy todos conocemos no ha sido para nada un camino fácil.

Para encontrar las primeras ideas acertadas sobre los fósiles hay que remontarse a los autores de la Antigüedad clásica. Los filósofos de la Escuela Pitagórica reconocieron ya en el siglo VI a.C. el



Fósil de Ammonites gigante.

origen orgánico de las conchas marinas fosilizadas. Por otro lado, la Escuela Aristotélica consideraba que los fósiles eran sustancias inorgánicas, es decir, piedras que se formaban espontáneamente dentro de la tierra y se asemejaban a partes de plantas y animales. Las llamaron *lusus naturae*, “juegos de la naturaleza”. Estas ideas fueron recogidas por el árabe Avicena (980-1037), quién relacionó el origen de los fósiles con un fluido (la *virtus lapidífica*) que se manifestaba en el interior de la tierra favoreciendo la formación de cristales, perlas y “piedras figuradas”. En otras palabras, una fuerza interna que era capaz de dar forma animal o vegetal a la materia inerte. Sorprende el hecho de que estas consideraciones prevalecieron durante toda la Edad Media e incluso llegasen a ser defendidas hasta comienzos del siglo XVIII.

Con la llegada del Renacimiento sobresale la figura de Leonardo da Vinci defendiendo el carácter biológico de la naturaleza de los fósiles y recuperando las ideas acertadas de la Escuela Pitagórica. Ya en 1508, Leonardo, a partir de sus propias observaciones de campo, propuso un modelo de sedimentación secuencial y realizó las primeras columnas estratigráficas y los primeros esquemas geológicos, además de mencionar el contenido fósil de las rocas. No fue muy escuchado.

Tal y como señala Pelayo (1999), hubo que esperar hasta la llamada “revolución científica” del siglo XVII para que el origen de los fósiles se relacionara de forma directa con las inestabilidades históricas sufridas por la corteza terrestre. Durante este siglo y el siguiente, los estudiosos de la naturaleza se plantearon numerosas cuestiones acerca del origen e historia de la Tierra y de la vida

sobre ella, ajustándose de una manera ortodoxa a los relatos bíblicos de la creación y utilizando el Diluvio Universal como explicación de buena parte de los fenómenos. Ya en 1282, el monje italiano Ristoro d’Arezzo había afirmado que las conchas fósiles encontradas en las montañas habían sido llevadas allí por las aguas del diluvio.

Tal y como aparecía en el Génesis, el diluvio universal exponía en síntesis que la Tierra había sido inundada por las aguas que procedían de las cataratas del cielo y de las fuentes del abismo, formándose en ese momento las rocas sedimentarias y los fósiles que contienen. Al ser una exposición tan ambigua pronto surgieron discrepancias que desembocaron en una polémica sobre el carácter milagroso o natural del diluvio, polémica que estuvo muy ligada a la influencia que la ortodoxia religiosa ejerció sobre los naturalistas que discutieron esta interpretación.

En esta época en la que nadie ponía en duda que la Tierra había sido creada de la nada por el Supremo Hacedor, uno de los primeros autores que intentó explicar la formación de los valles y montañas mediante el estudio de la orografía de la región de la Toscana fue el anatomista danés Nicolás Steno (1638-1686). Por anatomía comparada muestra que los dientes de los tiburones actuales son idénticos a las *glosopetras* (piedras figuradas con aspecto de lengua), por lo que defiende la naturaleza orgánica de éstas. Parece ser que tuvo algunos problemas para armonizar sus descubrimientos con la “geología bíblica”, abandonando sus investigaciones científicas tras su conversión al cristianismo en esos años.

El avance en la concepción de las ideas sobre la extinción de las especies va a ser posible en el

siglo XVIII gracias al interés de los Ilustrados por la clasificación de los seres vivos. Los viajes, los Gabinetes de Historia Natural y el deseo ilustrado de conocer los recursos naturales, va a impulsar una disciplina biológica poco desarrollada hasta entonces: la Sistemática (Sequeiros, 2008).

En esta época destaca como naturalista el francés Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788). Es uno de los primeros autores en establecer una serie de períodos de tiempo muy largos a partir de los cuales la Tierra habría llegado a la configuración actual, fijando incluso en 75000 años la edad del planeta. Para ello, distingue hasta *siete épocas diferentes* y sucesivas, teniendo especial cuidado en hacerlas coincidir con los días de la Creación bíblica. Buffon es también uno de los primeros en cuestionar el diluvio como único proceso generador de extinción de especies (Sequeiros, 2008). Para él, los cambios climáticos permiten explicar estas desapariciones sin tener por ello que hacer intervenir a Dios.

A finales del siglo XVIII, los científicos comenzaron a admitir la verdadera naturaleza de los fósiles. William Smith (1769-1839) desarrolló la Paleontología Estratigráfica y demostró que las formaciones geológicas podían ser caracterizadas por los fósiles que contenían. Dedujo que, aunque difiera la litología de las rocas, aquellas con el mismo contenido fósil tenían que tener la misma edad.

En 1812, George Cuvier (1769-1832), padre de la anatomía comparada y la correlación orgánica, defiende por primera vez el fenómeno de las extinciones como respuesta a la falta de individuos actuales de especies del pasado. Considera que la Tierra había sufrido largos períodos de

calma seguidos de catástrofes (a las que él llamó “revoluciones”) como hundimientos, elevaciones de montañas e inundaciones. Para él, los animales y plantas desaparecen y, tras su extinción, aparecen otros grupos más perfectos. Como puso de manifiesto, rechazaba de forma contundente la posibilidad de evolución biológica o de *transformación*, como le llamaba su colega Lamarck.

Heredero de las ideas de James Hutton (1726-1797), auténtico exponente del principio del actualismo, Charles Lyell (1797-1875) será sin duda una de las principales influencias en el pensamiento de Darwin. Con sus *Principios de Geología* (1830-1833), Lyell revolucionó esta ciencia al considerar que, en el fondo, los procesos que actuaron en el pasado y que explican el estado de la corteza terrestre son exactamente los mismos que los que ocurren ahora, solo que acumulados a lo largo de millones de años. Es de sobra conocido que de alguna forma de la aplicación a la biología de su perspectiva uniformista surge gran parte de la interpretación gradualista y materialista del darwinismo.

Charles Darwin geólogo

A pesar de su antipatía inicial por la geología, Darwin (1809-1882) pasó la mayor parte de agosto de 1831 realizando un tour geológico por Gales con Adam Sedgwick, profesor de Geología en Cambridge, el cual estaba estudiando las rocas que más tarde definiría como el Sistema Cámbrico. A la vuelta de esta excursión geológica recibió una carta de John Stevens Henslow, teólogo y profesor suyo de Botánica, urgiéndole a solicitar una plaza de naturalista en el navío Beagle para realizar una

expedición alrededor del mundo con objetivos de investigación y estudio. A pesar de la oposición de su padre, Darwin comenzó el 27 de diciembre de 1831 un viaje que duraría hasta el 2 de octubre de 1836.

Durante todo el viaje en el Beagle Darwin practicó la geología con excitación y entusiasmo. Cuando escribía a su hermana en casa remarcaba: “*no hay nada como la geología; el placer del primer día de caza de la perdiz no tiene nada que hacer comparado con el descubrimiento de huesos fósiles, que te cuentan su propia historia de los tiempos en que se formaron con una lengua casi viva...!*” o “*apenas puedo dormir por las noches solo de pensar en geología*”.

Entre las observaciones de Darwin de fenómenos geológicos que fueron clave a lo largo de su viaje hay que destacar las descripciones de las islas volcánicas de Cabo Verde, el hallazgo de importantes fósiles en territorio argentino y uruguayo, la erupción del volcán chileno Osorno el 29 de noviembre de 1834, el terremoto de Valdivia y Concepción que vivió pocos meses después (20 de febrero de 1835), el levantamiento de antiguas playas en Chiloé (Chile), el cruce de la cordillera de los Andes y la acertada interpretación acerca del origen de los atolones coralinos en los mares tropicales de la Polinesia, sin duda su contribución a la geología más conocida.

Además de recolectar miles de ejemplares de minerales y fósiles, sus innumerables excursiones de campo le permitieron explicar cómo las rocas se alteran por el contacto con la lava caliente, localizar la superficie de ruptura y el desplazamiento debido a terremotos, estudiar la

fosilización de organismos extintos, realizar observaciones sobre el metamorfismo de las rocas y su relación con la formación de las montañas, encontrar evidencias de la existencia de climas diferentes en el pasado basándose en los fósiles y los depósitos glaciales, así como observar los dramáticos cambios que se producen en la geografía, particularmente aquellos debidos a las fluctuaciones en el nivel del mar.

La experiencia adquirida durante el viaje del Beagle fue definida por el propio Darwin como la más importante de su vida, y lo convirtió en uno de los científicos más respetados de su época. Ya de regreso a Inglaterra, llegó a ser de 1838 a 1841, secretario de la Sociedad Geológica de Londres. Poco después publicó sus numerosas observaciones de carácter geológico en tres obras distintas:

* *The Structure and Distribution of Coral Reefs*, publicado en Londres en 1842;

* *Geological Observations on the Volcanic Islands visited during the Voyage of H.M.S. Beagle, together with some brief Notices of the Geology of Australia and the Cape of Good Hope*, publicado en Londres en 1844;

* *Geological Observations on South America*, publicado en Londres en 1846.

Darwin, los fósiles y la extinción de las especies

Durante los dos primeros años de su viaje Darwin recogió en distintas localidades de Argentina y Uruguay un considerable número de fósiles de mamíferos terrestres. Y algo que a

Darwin le llamó poderosamente la atención: los restos de vertebrados estaban mezclados con lechos de conchas marinas. En el *Viaje de un Naturalista* (1839) describe minuciosamente los fósiles y se pregunta: “¿cuál es pues la causa de la desaparición de tantas especies y hasta de géneros enteros?” (Sequeiros, 2008).

Los restos fósiles descubiertos se enviaron a Inglaterra desde América aprovechando misiones comerciales y fueron depositados en el Museo del Real Colegio de Cirujanos de Londres. Tal y como señala Farinati *et al.* (2009), el estudio de todos los ejemplares de mamíferos fósiles recogidos por él fue llevado a cabo por Richard Owen, quien entre 1837 y 1845 describió once taxones, seis de ellos nuevos. Entre éstos se cuentan los grandes mamíferos, que en un primer momento Darwin asignó informalmente a *Megatherium* y *Mastodon*, que eran en aquel tiempo los únicos grandes mamíferos fósiles americanos conocidos en Europa. Entre los mamíferos de pequeño y mediano tamaño distinguió dos especies de roedores y un caballo que asombró a Darwin, pues entonces se creía que los caballos no habían habitado América del Sur hasta que los introdujeron los españoles a finales del siglo XV.

El estudio detallado de los materiales reveló las peculiares características de estos animales fósiles. Se comprobó que no tenían correlación con los procedentes de los yacimientos europeos y, según las apreciaciones de Darwin, se relacionaban con las especies sudamericanas actuales de armadillos y perezosos, de mucho menor tamaño. Posteriormente, la reflexión sobre estas observaciones llevó a Darwin a pensar en

las relaciones de descendencia entre especies anatómicamente relacionadas. Estas cuestiones y la observación de la influencia del aislamiento geográfico en los fenómenos de especiación fueron, de alguna forma, la piedra angular sobre la cual Darwin sustentó la famosa teoría del Origen de las Especies.

Según Sequeiros (2008), Darwin acepta la extinción de las especies sin dificultad. Esa extinción se realiza a lo largo de muchos millones de años como un proceso lento, gradual y continuo y tiene ámbito universal. Darwin, por tanto, rechaza la existencia de grandes convulsiones o revoluciones al estilo de Cuvier. Para él, la consideración de la Selección Natural como “motor” de la evolución no puede separarse del hecho de la extinción. La Selección supone, no solo la supervivencia de los más aptos, sino también la extinción de los no adaptados.

Las ideas darwinistas en España y en Murcia

La revolución científica en Geología iniciada por Charles Lyell llegó bastante tarde a nuestro país. Hasta el año 1847 no se publican en castellano sus *Elementos de Geología* (1830-1833), traducidos por Ezquerro del Bayo, obra que tuvo una influencia notable en todos los dominios de las Ciencias Naturales. Esta obra ha marcado siempre el momento en el que se introduce definitivamente en España el actualismo, desechándose a partir de entonces el sistema catastrofista como explicación del origen y formación de la Tierra.

En 1859, Darwin publica *El origen de las especies*, obra que desencadenó en todas partes una gran polémica sobre el evolucionismo que se prolongó durante más de tres cuartos de siglo. Las nuevas ideas encontraron en España numerosos defensores entre los naturalistas que surgieron de la reestructuración de la Universidad española (González de Linares, Laureano y Salvador Calderón, Quiroga y el científico Mcherson). Varios de ellos estuvieron relacionados más adelante con la Institución Libre de Enseñanza, nacida con motivo de la situación creada por el envío de la famosa circular del ministro Orovio en 1875, mediante la cual se suspendía la libertad de cátedra e impedía la explicación de cualquier teoría contraria al dogma católico en las aulas. Frente a los evolucionistas se encontraban otros científicos que adoptaron posturas creacionistas, como los catedráticos Vilanova y Solano, el ingeniero de minas Botella y el investigador Landerer.

En Murcia, en relación al debate muy de actualidad en esos años entre evolucionistas y creacionistas, el lorquino Francisco Cánovas Cobeño (1820-1904) será uno de los primeros murcianos en manifestar sus discrepancias sobre la teoría de la evolución, cuestionando abiertamente en conferencias y escritos la base paleontológica de las teorías de Lyell y Darwin. No hay que olvidar que Juan Vilanova i Piera, gran amigo de Cánovas, fue un gran defensor de las teorías sobre la formación de las montañas de Elie de Beaumont y, además, uno de los científicos españoles que con mayor fuerza criticaron las ideas darwinistas.

En el lado opuesto encontramos autores como Olayo Díaz Giménez (1810-1885), profesor al igual que Cánovas Cobeño del instituto murciano Alfonso X El Sabio, pero de mentalidad más abierta y claramente partidario de Darwin. Justifica sus planteamientos a través de la fertilidad y fecundidad de las especies, ofreciendo varios ejemplos al respecto y mostrando notables conocimientos de fisiología y etología animal (López, 2005).

Siglo y medio después, y a pesar de la abrumadora evidencia científica, el pensamiento de Darwin todavía es puesto en duda. ¿Será por eso por lo que muchos lo consideran como el científico más importante del mundo? ●

Bibliografía

Farinati, E.A., Manera, T. y Tomassini, R.L. (2009): *Darwin en la bahía de la inspiración*. Actas de comunicaciones de las XV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Ronda (Málaga). 69-73 p.

López, C. (2005): *Ciencia en la Murcia decimonónica a través de la prensa cultural*. Editora Regional de Murcia. 183 p.

Pelayo, F. (1999): *Los orígenes de la Paleontología en España*. Temas Geológico-Mineros del ITGE, vol. 26, Madrid. 3-13 p.

Sequeiros, L. (2008): *La extinción de las especies biológicas. ¿Mala suerte o malos genes?*. Ed. Bubok Publishing S.L. 144 p.



DARWINISMO Y DISEÑO INTELIGENTE

Rafael Andrés Alemañ Berenguer (<http://raalbe.jimdo.com>)
Conferencia en el Museo de las Ciencia y del Agua de Murcia - Otoño 2009
(Año Internacional Darwin).

Pocas veces en la historia de la ciencia una teoría biológica ha causado tanto revuelo como el que causó en su día la publicación de *El Origen de las Especies* de Charles Darwin. La resonancia tan escandalosa de la hipótesis darwiniana se justificaba, entre otros motivos, por el hecho de que el origen de la raza humana entroncaba con una larga cadena evolutiva en la que cada especie animal ocupaba un eslabón, generándose a partir de otras cronológicamente anteriores a través de una combinación de mutaciones biológicas y selección natural. La teoría de la evolución destronaba definitivamente al hombre del pedestal en que le habían situado los filósofos escolásticos, inspirados en el relato del Génesis. Bajo esta nueva visión de la historia biológica era forzoso aceptar que el ser humano descendía, como cualquier otro animal, de una línea evolutiva que lo emparentaba con formas de vida tanto más primitivas cuanto más retrocediéramos en el tiempo. Pronto surgió el interrogante de cuáles eran los eslabones de la cadena evolutiva entre el hombre y el simio, o mejor dicho, cuáles son los pasos evolutivos que median entre el hombre y el antepasado común a partir del cual se escindieron las ramas que desembocan, respectivamente, en el ser huma-

no y el simio actual. Las repercusiones teológicas de semejante pregunta muy pronto se hicieron evidentes, y el secular conflicto entre ciencia y religión se avivó de nuevo durante un tiempo.

Los sectores mayoritarios de la religión cristiana, no obstante, optaron finalmente por la vía de la conciliación, inventando pseudorrespuestas que parecían hurtar las dificultades básicas del terreno de la controversia. Estas soluciones de compromiso permitieron la coexistencia pacífica de ciencia y religión en una época en la que esta última se hubiese arriesgado a un suicidio intelectual y social de haberse encastillado en las posiciones intolerantes de antaño. El pragmatismo resultó vencedor en esta ocasión y las Iglesias organizadas prefirieron conservar una cuota razonable de ascendente moral en la sociedad, a cambio de no levantar polémicas tan inútiles como dañinas para ella misma.

Sin embargo, algunos grupos de creyentes adscritos al más rígido fundamentalismo rechazaron esta senda. A su juicio, la Biblia sigue siendo absolutamente verdadera en todas sus aseveraciones, y si ésta parece estar en contradicción con los hechos científicamente reconocidos, tanto peor para ellos. En cierto sentido los creacionistas aparentan mayor sinceridad en

sus convicciones que los inquisidores de hace cuatrocientos años, pues éstos luchaban por mantener un cierto sistema social que se cimentaba en la ortodoxia religiosa, mientras los primeros sólo defienden la pureza de su fe. Ahora bien, semejante superioridad ética se desvanece cuando advertimos que unos y otros no dudaron ni dudan jamás en retorcer los hechos conocidos, distorsionar la realidad y servirse de una mezcla compacta de medias verdades y completos engaños a fin de fortalecer su propia posición. Es desde esta perspectiva que la catadura siniestra de ambos no ofrece grandes diferencias.

En cualquier caso, la inmensa mayoría de las confesiones cristianas adoptaron gradualmente una interpretación evolucionista de la

actuación divina en la creación del hombre, quizás siguiendo el antiguo aforismo que aconseja unirse al enemigo que no es posible vencer. Se cayó en la cuenta de que el interrogante acerca del momento en el que los homínidos adquirieron alma humana, no era muy distinto de aquel que plantea lo mismo respecto a un feto humano en desarrollo. Esto ayudó a rebajar la vehemencia del debate a cuenta del sosiego que produce la familiaridad con un viejo problema, aun cuando éste permanezca tan irresoluto como al principio.

Así, desde mediados del siglo XX, en especial por la influencia de Theilard de Chardin, la Iglesia Católica redujo lentamente la virulencia de su confrontación con las teorías evolucionistas, que en su momento había condenado sin

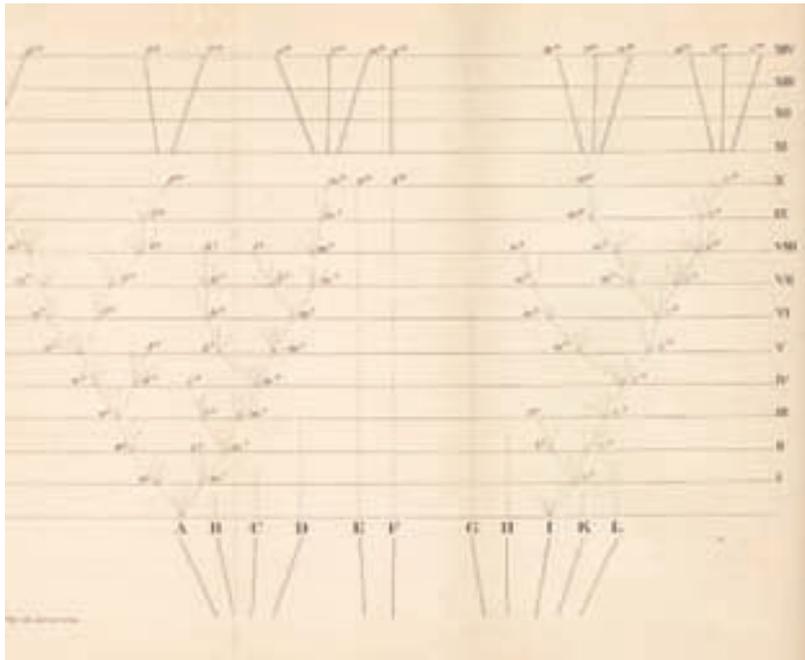


Diagrama con el que Darwin explica la aparición de nuevas especies.

paliativos. Todavía en 1950, Pío XII manifestaba en la encíclica *Humani generis*, que no veía oposición entre el evolucionismo y doctrina católica, aunque mostraba reservas sobre la validez científica de la “hipótesis evolucionista”. Cuarenta y seis años después -el 23 de octubre de 1996- hubo de ser otro papa, Juan Pablo II, quien, durante un discurso en la Academia de Ciencias Episcopales, reconociese ante el peso de la evidencia científica que la teoría de la evolución es “más que una hipótesis”. Sin embargo, algunos comentaristas señalaron que el bajo rango del medio empleado para difundir esta afirmación (no se expuso en una encíclica o en una carta pastoral) demostraba que ante la mínima fricción entre el conocimiento científico y sus aseveraciones doctrinales, la Iglesia siempre se refugiaba en la más pura ambigüedad.

La controversia entre evolucionismo y creacionismo ha sido mucho menos reñida en Europa que en Norteamérica. En parte, porque la tradición luterana, superviviente a casi tres siglos de guerras religiosas, había arraigado en las conciencias de sus fieles el hábito de interpretar personalmente el significado de las Escrituras. Fatigados los europeos por estériles conflagraciones religiosas, y acaparada su atención durante el siglo XIX por las convulsiones de la Revolución francesa y el auge de los nacionalismos, no consideraron prudente conceder demasiada importancia a este nuevo conflicto. El aperturismo iniciado por el Concilio Vaticano II -pese a los retrocesos experimentados en años posteriores- acabó de cristalizar la cuestión, admitiendo una coexistencia pacífica con el evolucionismo a cambio de injertar en él ciertas

actuaciones divinas en instantes más bien indeterminados (origen de la vida, adquisición de la conciencia humana, etc.). Excepciones interesantes a esta norma las constituyen algunas entidades confesionales de ideario excéntrico, como el *Círculo Científico e Histórico (Cercle Scientifique et Historique, CESHE)*, del francés Fernand Crombete. Surgida a mediados de la década de 1960, esta asociación defiende la veracidad literal de mitos bíblicos, como la creación directa por Dios de la vida y el universo, o el cataclismo ocasionado por el Diluvio Universal.

El fundamentalismo protestante norteamericano

En el sur de los Estados Unidos, empero, un sector de los cristianos protestantes, los fundamentalistas evangélicos, sostienen puntos de vista que difícilmente pueden tildarse de ambiguos. Este grupo se halla firmemente persuadido de que la Biblia, al ser la palabra de Dios, es literalmente verdadera en todas sus afirmaciones sin posibilidad de errar jamás. No sólo eso, sino que además -a decir de los fundamentalistas- la evolución biológica erosiona la moral, la religión y promueve el hundimiento de la sociedad civilizada. Henry Morris y Martin Clark aclaran en una conocida obra creacionista (*La Biblia tiene la respuesta*) que la evolución es antibíblica, anticristiana, acientífica e imposible, y que ha servido de base para el ateísmo, el agnosticismo, el socialismo, el fascismo y otras muchas filosofías falsas y peligrosas.

Este movimiento permaneció aletargado en

la Norteamérica sureña hasta el periodo de entreguerras. Al finalizar la Primera Guerra Mundial cundió un sentimiento de temor y desánimo ante la ingente cantidad de sufrimiento y miseria generada por la conflagración. Se experimentó en muchos lugares la necesidad de retornar a los valores éticos y religiosos tradicionales, en busca de una seguridad interior que la barbarie del conflicto había sacudido hasta sus cimientos. En 1924, la cámara de representantes de Tennessee aprobó unánimemente un decreto educativo que ordenaba:

“En la Universidad o escuela normal o cualquier escuela pública financiada entera o parcialmente con fondos del Estado, queda prohibido enseñar una teoría que niegue la historia de la creación divina del hombre, tal como la enseña la Biblia, y propagar en su lugar que el hombre descende de un orden inferior de animales”.

Fue entonces cuando el fundamentalismo bíblico conoció días de vigorosa expansión. A este frente se unió el político norteamericano William Jennings Bryan -candidato presidencial tres veces derrotado en las primarias de su partido- quien se encontraba muy influido por los libros que especulaban con la relación entre el darwinismo y el militarismo germánico. La campaña emprendida por este personaje consiguió prohibir legalmente la enseñanza del evolucionismo en cinco estados del sur de la Unión. El estado de ánimo de ciertas facciones queda bien resumido en lo declarado por un clérigo de Louisiana¹:

“Yo diría que un modernista es, en el terreno de la política, un anarquista; en el



William Jennings Bryan.

de la ciencia, un evolucionista; en el ámbito de los negocios, un futurista; en el de la música, un fanático del Jazz; en el de la religión, un ateo o un infiel”.

Entre posturas tan radicalmente opuestas la colisión no podía hacerse esperar; y eso ocurrió en el estado de Tennessee, donde se había situado fuera de la ley a cuantos profesores enseñasen que el hombre descende de un orden animal inferior, negando la creación divina tal y como se enseña en la Biblia². En 1925 el profesor de biología John Scopes fue juzgado bajo la acusación de haber enseñado darwinismo, teniendo como defensor a un conocido abogado agnóstico, Clarence Darrow, y como acusador a W. J. Bryan. El juicio -popularmente conoci-

¹ Kaspi, A., *La vie quotidienne aux Etats-Unis au temps de la prospérité. 1919-1929*, Ed. Hachette, 1980.

² En esos mismos años, el Ku Klux Klan, que presumía de contar con cuatro millones de miembros, se declaraba antievolucionista.

do como “Juicio del mono”- alcanzó su punto álgido cuando Darrow solicitó interrogar al propio Bryan. Este, en una escena de gran tensión dramática, prestó declaración de pie y fue obligado a admitir su absoluta nesciencia en biología, las incongruencias de los creacionistas, e incluso que él mismo se apartaba a veces de una estricta interpretación literal del texto sagrado.

Conmocionado y agotado por la tensión nerviosa del juicio, Bryan falleció pocos días después de concluir el proceso. Scopes, por su parte, fue condenado y multado con cien dólares. En 1927, el Tribunal Supremo de Tennessee anuló la multa, y en 1968 el Tribunal Supremo de los Estados Unidos declaró inconstitucionales todas las leyes antievolucionistas promulgadas con anterioridad.

A pesar de que, técnicamente, el juicio contra Scopes se saldó con una victoria de los creacionistas, lo ocurrido allí frenó la publicación de nuevas disposiciones legales contra el evolucionismo en otros estados de la Unión. El movimiento creacionista, privado de uno de sus líderes más activos, languideció durante las tres décadas siguientes. En 1957 el lanzamiento por la URSS del primer satélite artificial, estimuló en la sociedad norteamericana la urgencia de emprender una reforma educativa a fin de evitar una inferioridad de condiciones frente al bloque soviético en cuanto a capacidad científica y tecnológica. Ese mismo año el teólogo John C. Whitcomb escribió su obra *The Genesis Flood*, donde condenaba la evidencia fósil argumentando que si la muerte es consecuencia del pecado original, no pudo haber cadáveres que fosilizar durante el Paraíso terrenal. Al año siguiente los

Adventistas del Séptimo Día fundaron el Instituto de Investigación en Geociencias en Loma Linda, California. Mediante esta institución pretendían compaginar la ciencia y la revelación en el estudio de los orígenes del mundo.

Los nuevos planes de estudio en Estados Unidos, destinados a superar en infraestructuras científicas a sus adversarios rusos, habían de ser debatidos por las diferentes administraciones públicas, lo que proporcionó a los fundamentalistas una nueva oportunidad para su acostumbrada resistencia. En 1963, aprovechando el ambiente aperturista del mandato Kennedy, se proyectó un curso de antropología para alumnos de enseñanza secundaria en el que se reflexionaba sobre instituciones tradicionales (religión, familia, etc.), se señalaba la influencia del entorno cultural en las pautas de conducta de los individuos, y se indicaba que ciertas costumbres humanas tenían un posible origen en el comportamiento animal tendente a la supervivencia biológica.

En un primer momento el curso pasó desapercibido ante los sectores más reaccionarios de la opinión religiosa. Mas al final se percataron de la presunta inmoralidad de sus contenidos y se aprestaron a contrarrestarla. Se denunció públicamente que tales enseñanzas socavaban las bases de la moral judeocristiana al presentar al hombre como una especie más del reino animal, sometido a las mismas exigencias biológicas que los demás. Semejante orientación educativa, decían, no podía desembocar más que en el comunismo. Asociaciones políticas de extrema derecha (como la John Birch Society) amenazaron a los padres partidarios de

la continuación del proyecto. Por último, hubieron de intervenir en el litigio las más altas instancias federales, dado el carácter que tomaban los acontecimientos, con el fin de serenar los ánimos. No era un momento muy propicio para la moderación, al parecer, pues en 1967 se publicó el más famoso libro antievolucionista de los Testigos de Jehová, del cual se llegaron a distribuir catorce millones de copias unos años después³.

Privados de la posibilidad legal de interferir en la enseñanza del darwinismo, los fundamentalistas adoptaron una nueva estrategia. Puesto que la evolución se impartía en las escuelas en su condición de teoría científica, los creacionistas agruparon los puntos básicos de sus creencias bajo el nombre de “Ciencia de la creación” y demandaron un tratamiento paritario de ambas opciones en los centros de enseñanza. La constitución norteamericana consagra la neutralidad

del estado en la educación religiosa, por lo cual la doctrina creacionista sólo podría acceder a las aulas bajo el manto de una falsa pretensión científica. De cualquier modo, la presentación rigurosa y formalizada de los primeros libros creacionistas embaucó a un crecido número de legisladores estatales, inclinándolos en su favor. Gracias a estas maniobras se instauró en varios estados la concesión de tiempos iguales dedicados a la enseñanza del “creacionismo científico” y del evolucionismo.

Con objeto de dar sostén a estas acciones, en 1970 fueron inaugurados en San Diego (California) el Instituto para la Investigación Creacionista (ICR) y el Centro de Investigaciones de la Ciencia de la Creación. Este último publica dictámenes tan sesudos como el que anuncia que la evolución fomenta “la decadencia moral de los valores espirituales, lo que contribuye al deterioro de la salud mental y [...al predominio del]



Para los creacionistas el origen del hombre es exclusivamente divino, tal y como lo relata la Biblia.

³ ¿Llegó a existir el hombre por evolución o por creación?, Int. Bible Students Ass., N.Y. (USA), 1967.

divorcio, el aborto y las enfermedades venéreas”. Tampoco faltaron los debates públicos entre miembros de ambos grupos en discordia, en los que el campeón del creacionismo, Duan T. Gish, hizo siempre gala de una elocuencia notable pero poco respetuosa. La agresividad de Gish -autor del libro *Evolución, ¿los fósiles dicen no!*- galvanizaba el frente fundamentalista, sin que ninguno de sus componentes advirtiese que lo único demostrado así era la mayor habilidad dialéctica de su colega.

Las repercusiones políticas de esta controversia fueron igualmente apreciables. El candidato presidencial Ronald Reagan, quien nunca ha descollado públicamente por sus contribuciones al conocimiento humano, manifestó durante la campaña electoral de 1980:

“El evolucionismo no es más que una teoría científica, tan falible a ojos de la comunidad científica como cualquiera de las en otro tiempo sostenidas y hoy abandonadas. En cualquier caso, si se toma la decisión de enseñarla en las escuelas, creo que también debería enseñarse allí el relato bíblico de la creación”.

Sus palabras no tardaron en surtir efecto; en febrero de 1981 se promulgó en Arkansas una ley para “el tratamiento equilibrado de la ciencia de la creación y de la ciencia de la evolución”. Pero los científicos ortodoxos y los defensores de las libertades civiles se reorganizaron y contraatacaron con eficacia. La citada ley fue posteriormente desautorizada por un tribunal federal, por cuyo estrado desfiló una riada de eminentes expertos convocados en defensa del evolucionismo. La parte contraria presentó, por

su lado, al profesor Wickramasinghe, el cual, en lugar de apoyar la causa del creacionismo, dedicó su testimonio a disertar sobre una teoría personal acerca del origen químico de la vida. Y para rematar su intervención, Wickramasinghe convino en que ningún científico racional podía sostener las tesis de los fundamentalistas bíblicos.

Los creacionistas tradicionales llevaron a cabo grandes campañas publicitarias en las décadas de 1970 y 1980, consiguiendo una parte de sus objetivos al tiempo que también sufrieron serios reveses en litigios célebres. Una de tales derrotas se dio en 1982, durante el pleito conocido como McLean y otros contra la Junta Educativa de Arkansas. Prominentes científicos de múltiples especialidades, ganadores del premio Nóbel y prestigiosos evolucionistas -entre ellos, Stephen Jay Gould y Francisco Ayala- prestaron testimonio ante el tribunal declarando que la evolución es un hecho científico perfectamente establecido y que la autodenominada “ciencia de la creación” no es auténtica ciencia en modo alguno. Asimismo, acudieron estudiosos en asuntos de religión y filósofos, quienes expusieron las diferencias entre ciencia y religión, aclarando más allá de toda duda razonable que creacionismo científico no debe formar parte de un programa educativo en ciencias. Como cabía esperar, el veredicto del tribunal fue desfavorable para los creacionistas. De manera semejante sucedió en 1987, en el caso Edwards contra Aguillard de Louisiana, cuando el Tribunal Supremo de los Estados Unidos declaró inconstitucional la enseñanza de la “ciencia de la creación” junto con la biología evolutiva en la asignatura

de ciencias naturales. Esta había sido una ley que los creacionistas lograron promulgar en el estado de Louisiana, y los jueces de la máxima instancia estadounidense la interpretaron como lo que en verdad era: el adoctrinamiento subrepticio de los alumnos de las escuelas estatales en una creencia religiosa específica, según la cual una fuerza sobrenatural creó los seres humanos.

En 1996 las presiones creacionistas arreciaron de nuevo en el estado de Nuevo Méjico, hasta lograr que todas las referencias a la evolución fuesen suprimidas de los programas estatales para la enseñanza de la ciencia en las escuelas públicas. Mientras tanto, las publicaciones creacionistas crecían en número y difusión. El Instituto de Investigación en Geociencias inició la edición de una revista sobre historia de la Tierra, *Origins*, un boletín divulgativo, *Geoscience Report*, e incluso una publicación en español, *Ciencia de los orígenes*. La Sociedad para la Investigación de la Creación -presidida por Morris y Gish- editaba a su vez sus propias revistas, como la trimestral *CRS Quarterly*, o el boletín bimensual *Creation matters*.

En Europa, la extensión del creacionismo ha sido mucho menor que en los Estados Unidos. Quizás la actividad más equiparable en el Viejo Continente corresponda a la secta ultracatólica francobelga *Cercle Scientifique et Historique* (CESHE), que se asentó mayoritariamente en Francia e Inglaterra, con elementos adictos pero dispersos en Italia, Polonia y España. Quien inspiró esta organización, fundada en 1971, fue

Fernand Crombette (1888-1970), uno de esos personajes capaces de suscitar tan intensa admiración como repulsa. Escritor solitario y autodidacta, escribió a lo largo de más de tres décadas -entre 1933 y 1966- unas dieciséis mil páginas distribuidas en treinta y ocho volúmenes y dos atlas. Todas ellas dedicadas a temas tan diversos como geografía, historia de Egipto, cronología antigua o astronomía. De sus elucubraciones históricas sobre el significado literal de la Biblia y la importancia del idioma copto⁴ para comprenderla, creyó deducir la existencia verídica de la Atlántida, la concentración de todas las tierras emergidas en un único continente todavía en los tiempos de Noé y la situación de Jerusalén como centro geográfico de aquel curioso mundo. Diluvista convencido, especuló también con la existencia pretérita de una inmensa capa de vapor de agua en torno a la Tierra -similar al anillo de Saturno- cuya repentina precipitación habría causado la catástrofe que narra el Antiguo Testamento.

Su postura fue secundada por los también galos Dominique Tassot y Guy Berthault. Tassot, ingeniero de minas, actuó como editor jefe de la revista *Ciencia y fe*, editada por el CESHE. Berthault, por su parte, nunca mostró el menor escrúpulo a la hora de subvertir los más básicos principios de la geología con tal de negar la antigüedad de la Tierra y la evolución biológica. El hecho sorprendente de que lograra publicar tres artículos en dos revistas francesas⁵ de gran prestigio científico, robusteció su decisión de combatir el evolucionismo desde todos los flan-

⁴ Lengua hablada por los primeros cristianos del territorio egipcio y que se suponía guardaba estrechas semejanzas filológicas con la antigua lengua de los faraones.

⁵ Berthault, G., *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Série 2, 303 (1986), 17, 1569-1574 ; Berthault, G., *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Série 2, 306 (1988), 11, 717-724 ; y Julien, P.Y, Lan, Y., Berthault, G., *Bulletin de la Société Géologique de France*, 164 (1993), 5, 649-660.

cos. Los artículos de Berthault describen procesos sedimentarios en condiciones muy especiales, cuando entran en juego elevadas energías. Pero su autor se siente cualificado con ello para refutar la totalidad de la ciencia geológica, a fin de favorecer una indigerible versión creacionista de la historia.

En Italia, el profesor de genética Giuseppe Sermonti y el de paleontología Roberto Fondi perpetraron la escritura de un libelo⁶ antievolucionista en que apenas puede encontrarse algo que no sea erróneo o simplemente disparatado. La Universidad Católica de Tucumán (Argentina) se encargó de traducir el texto al español, añadiendo el prólogo de Aníbal E. Fósbery, sacerdote dominico y rector de la misma. Sermonti y Fondi se adscriben al sector más integrista de la Iglesia Católica, antes capitaneado por el famoso monseñor Lefebvre.

Los adeptos españoles de estas corrientes bíblicas literalistas a finales del siglo XX eran escasos. El catedrático de geología de la Escuela de Minas de Madrid, Indalecio Quintero, por ejemplo, trató de interpretar la evolución del hombre en clave bíblica identificando diversas especies de homínidos con varios de los pueblos citados en el Antiguo Testamento⁷. Otros autores demuestran ser menos conciliadores y abanderan una lectura estrictamente literal del Génesis contra toda evidencia científica⁸. La traducción y publicación de muchos de los textos clásicos del creacionismo estadounidense corren a cargo de la pequeña editorial creacio-

nista dirigida por Santiago Escuin y radicada en la localidad barcelonesa de Tarrasa.

Nuevos rostros del creacionismo

Ante sus muchos reveses judiciales el ánimo de los creacionistas no desmayó definitivamente, y en la última década del siglo XX recuperaron el impulso perdido gracias a una versión remozada de su permanente mensaje: la biología evolucionista es inconcluyente como conocimiento científico, motivo por el cual debe ser expuesta en pie de igualdad con las alternativas que presuponen una intervención exterior -léase "divina"- en el origen y desarrollo de la vida en la Tierra. Esta nueva presentación de los contenidos de siempre se denominó ahora con gran altisonancia *Teoría del Diseño Inteligente*. A diferencia de los rústicos creacionistas sureños de los años veinte y treinta, los partidarios de este remozado creacionismo constituyen un colectivo de muy distinto jaez. Entre ellos hay titulados universitarios⁹, incluso con doctorados en ciencias afines a la biología evolutiva; sus suaves modales, su trato ceremonioso y su comportamiento cuidadosamente cortés, se exhiben ya sea en debates públicos o en conversaciones privadas. Admiten con franqueza sus convicciones religiosas, pero invierten el planteamiento del problema al recabar para sí la genuina imparcialidad científica de quienes no tienen la mente oscurecida por el prejuicio. Desde luego, cuando

⁶ Sermonti, G., Fondi, R., *Dopo Darwin. Critica del evolucionismo*, Rusconi (Milano), 1980.

⁷ Quintero, I., *Adán y Eva fueron verdad*, *Conocer*, 42 (1986), 29-33.

⁸ Es el caso de Sanvisens Herreros, A., *Toda la verdad sobre la evolución*, Editorial Promociones y Publicaciones Universitarias (Barcelona), 1996.

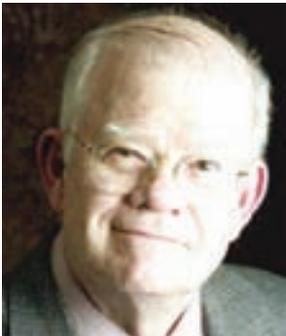
⁹ Como caso ilustrativo, cabe consignar el de Salvador Cordova, un destacado activista de este movimiento. Cordova opera en la Universidad *George Mason* en Fairfax, la universidad pública más grande del Estado de Virginia, realizando con éxito apreciable labores de proselitismo para su causa.

hablan de prejuicios se refieren a las ideas evolucionistas, a las que tachan de tópicos seculares impuestos institucionalmente en la ciencia moderna por ciertas camarillas académicas.

El principal ideólogo de este movimiento es Philip Johnson, profesor de derecho de Berkeley y autor de la nueva estrategia adoptada por los propugnadores del Diseño Inteligente. En 1991 publicó un libro¹⁰, *Darwin a examen*, en el que criticaba demoledoramente el evolucionismo y lo rechaza como teoría científica, bajo la acusación de fomentar el materialismo ateo. Buen jurista y conecador de la legislación estadounidense, Johnson reconoce la futilidad de las tácticas legales ensayadas por los creacionistas a lo largo del siglo XX. Las diatribas de los “creacionistas científicos” abanderando la creación bíblica como verdad textual, carecen de fuerza de convicción suficiente para cambiar las leyes educa-

tivas. En su opinión, ha de abandonarse la continua insistencia en la literalidad de los primeros capítulos del Génesis, porque revelan demasiado a las claras la intención confesional de sus promotores. Incluso se permite criticar a los miembros del Instituto para la Investigación Creacionista por la estrechez irracional de su fanático dogmatismo.

Sin ruborizarse un ápice, Johnson juzga indispensable sustituir el método científico que llama “secular” -investigar racionalmente del mundo, absteniéndonos de apelar a poderes sobrenaturales- por una ciencia teísta que incorpore a Dios en su imagen del mundo. Ello no obsta para que circunscriban el peso de la Biblia a la esfera moral, y concuerden con sus adversarios en lo ridículo de sostener la Creación del mundo en seis días o el mito hebreo de Adán y Eva. Pero, con todo, Johnson proclama que el



► Philip Johnson.



◀ Las posturas antievolucionistas se aferran a la fantasía y a la mitología antes que a las evidencias observables.

¹⁰ Johnson, P.E., *Darwin on Trial*, InterVarsity Press, 1993.

principal error de la ciencia radica en ese mencionado secularismo, que excluye la posibilidad de que una fuerza sobrenatural gobierne los procesos naturales hacia un propósito trascendente. La respuesta de una abrumadora mayoría de la comunidad científica, sin distinción de creyentes y no creyentes, advierte que abandonar el método científico objetivo asumiendo de principio la existencia de un reino sobrenatural -ajeno por definición a las leyes físicas que imperan en el mundo material, y por ello también inaccesible a cualquier verificación- pondría fin a la verdadera visión científica del cosmos, subordinando todo conocimiento de la naturaleza a las doctrinas religiosas, como acaeció en la tradición medieval.

Johnson no está solo en su cruzada antievolucionista y contra la ciencia secular en general. Le acompañan otros autores relativamente conocidos en Norteamérica, como el bioquímico Michael Behe, o William Dembski, profesor de filosofía y teología. La rápida expansión de su movimiento se vio favorecida, sin duda, por el respaldo financiero de acaudalados patrocinadores con ideas ultraconservadoras en asuntos sociales, políticos y religiosos. Así se explica que en 1999 se fundase en Seattle (Washington) una sección del Discovery Institute denominada Centro para la Ciencia y la Cultura, donde se reúnen los más destacados pensadores de este creacionismo de nuevo cuño. Ese mismo año se creó en el Campus de San Diego de la Universidad de California el club IDEA (*Intelligent Design and Evolution Awareness*), cuya finalidad no es otra que difundir la doctrina del Diseño Inteligente estimulando la concepción teísta de

las ciencias naturales.

Incentivados por este aparente cambio de talante, los creacionistas volvieron a la carga; en octubre de 2004 la Junta de Directores Educativos del distrito de Dover (Pennsylvania), aprobó por mayoría una modificación de la política educativa condensada en la siguiente declaración: “Los estudiantes serán conscientes de las lagunas y problemas de la Teoría de Darwin y otras teorías de la evolución, incluyendo, pero no limitadas, al Diseño Inteligente.” Un mes más tarde, se trasladaba a la prensa local una nota informativa anunciando que a partir de enero de 2005 los profesores de la zona deberían leer en las clases de Biología de noveno grado una comunicación que decía:

“Las normas académicas de Pennsylvania requieren que los estudiantes aprendan la Teoría de la Evolución de Darwin y que eventualmente realicen exámenes normalizados en los que la Evolución es una parte del temario.

Puesto que la Teoría de Darwin es una teoría debe ser comprobada, como ocurre con cualquier nuevo descubrimiento. La Teoría no es un hecho. Hay lagunas en la Teoría para las que no hay evidencias. Una teoría se define como una explicación bien contrastada que unifica una amplia gama de observaciones.

El ‘Diseño Inteligente’ es una explicación del origen de la vida que difiere de la visión de Darwin. El libro de referencia ‘De pandas y de gente’¹¹ es válido para los estudiantes que puedan estar interesados en alcanzar una comprensión de lo que

¹¹ Davis, P., Dean H. Kenyon, D.H., *Of Pandas and People: The Central Question of Biological Origins*, Foundation for Thought & Ethics, 1993.

realmente implica el Diseño Inteligente.

Se anima a los estudiantes a que mantengan una mente abierta con respecto a cualquier teoría. La Escuela deja la discusión sobre los orígenes de la vida a los estudiantes individuales y sus familias. Como una Norma de Distrito, la enseñanza en las clases estará enfocada a preparar a los estudiantes para que alcancen la capacitación según las Normas establecidas.”

Por fortuna, la reacción de los padres más concienciados y la sensatez de la justicia, pusieron fin a este extravío educativo. A finales de 2005, el juez John E. Jones III dictó sentencia sobre el caso de Tammy Kitzmiller y otros contra el Distrito Escolar de Dover. Su veredicto proscribía la enseñanza del Diseño Inteligente en cualquier escuela del área en litigio al considerarla un adoctrinamiento religioso encubierto que violaba los mandamientos constitucionales tanto de los Estados Unidos como del Estado de Pennsylvania.

Pero la victoria en una batalla contra la irracionalidad no significa que la guerra haya sido ganada. En Kansas, Mississippi, Arkansas, Minnesota, Nuevo México y Ohio se emprendieron iniciativas del mismo tenor que en Pennsylvania. El programa consistía en editar guías de actuación docente con orientaciones claramente antievolucionistas, o también, en algún caso, la colocación de adhesivos sobre los libros de texto con textos disuasorios¹²:

“Este libro contiene material sobre evolución. La evolución por selección natural es una teoría, no un hecho. Este material debe ser abordado con una mente

abierta, estudiado cuidadosamente y considerado críticamente. Aprobado por la Junta Rectora de la Universidad”.

El consejo Educativo de Kansas aprobó en noviembre de 2005, por un estrecho margen de votos la obligatoriedad de que los profesores de ciencias llamaran la atención de sus alumnos sobre las dudas razonables que -en su opinión- existen sobre la evolución darwinista. Y por añadidura, el presidente George W. Bush se sumó a la polémica, como ya hizo Ronald Reagan, avallando la posibilidad de enseñar ambas teorías en pie de igualdad en las clases de ciencias.

Tal vez los políticos que así se pronunciaban eran conocedores de dos encuestas publicadas respectivamente a finales de 2004 y en el verano de 2005. La primera de ellas, rubricada por el Instituto Gallup de Opinión Pública, arrojaba unos sorprendentes resultados. El 42% de los estadounidenses consultados creía en la creación divina de la Humanidad según la narración bíblica; el 18% suscribía la evolución aunque piensa que fue guiada por una potencia sobrenatural; y el 26% se mostraba conforme con la teoría de Darwin sin mayores aditamentos. En conjunto, un 65% de los ciudadanos de Estados Unidos no desaprobaban la enseñanza paritaria de la evolución y el creacionismo en las escuelas públicas, por considerar que así quedarían respetadas la libertad de expresión y de convicciones religiosas proclamadas en la primera enmienda de su Constitución.

Más sorprendentes, si cabe, fueron las conclusiones del segundo estudio¹³ efectuado, planteando varias cuestiones relacionadas con la Teoría de la Evolución de Darwin. Las respues-

¹² Véase, por ejemplo, la revista *Nature* del 28 abril de 2005.

¹³ Publicado en Brumfiel, G., *Who has designs on your students' minds?*, *Nature*, 434 (2005), 1062-1065.

tas de una amplia muestra de jóvenes de edades comprendidas entre 13 y 17 años -descontando aquellas que declinaban responder por falta de información suficiente- se agrupaban en dos porcentajes muy significativos: un 37% acepta las tesis evolucionistas como conocimiento científico firmemente contrastado, frente a un 30% que no ve en ella sino una más de entre las múltiples teorías existentes sin una solidez particularmente bien establecida. La proporción de adultos partidarios de la biología evolucionista, se correlacionaba estrechamente con su nivel de estudios: en la evolución confiaban el 65% de quienes poseían estudios de doctorado, un 52% de los titulados universitarios, y un 20% de cuantos sólo alcanzaban un nivel igual o inferior a la enseñanza secundaria.

Acerca de las repercusiones de la teoría evolucionista sobre el origen del hombre, un 43% reconocía la veracidad de las explicaciones evolutivas ordinarias, si bien atribuían a una inteligencia superior la dirección del proceso; el 38% creían en la creación de la Humanidad referida en el Génesis; y, finalmente, un 18% de los encuestados opinan que la evolución se produjo sin intervención alguna de la deidad.

El año 2005 fue pródigo en encuestas sobre la cultura científica en el mundo occidental, pues también entonces se dio a la luz otro trabajo efectuado sobre treinta y dos países europeos más Estados Unidos. La investigación, dirigida por John D. Millar, de la Universidad de Michigan, apareció en la revista *Science*¹⁴. Esta vez se solicitaba a los encuestados que rellenasen un formulario con tres posibilidades (“verdadero”, “falso” o “no sabe/no contesta”) mediante

las cuales se valoraba la afirmación siguiente: “Los seres humanos, tal como ahora los conocemos, descienden de especies animales más antiguas”; la misma cuestión había sido planteada a los japoneses en 2001. El resultado fue que los estadounidenses -precedidos por los turcos- obtuvieron el segundo porcentaje más elevado de respuestas contrarias a la tesis evolucionista, en diametral oposición a los islandeses que concitaron para la evolución un asentimiento del 85%. España -cuyos datos se basaban en una encuesta realizada para la Fundación BBVA en 2002- ocupaba el noveno puesto en respuestas afirmativas, con un 70% de apoyo a la teoría evolutiva.

Los autores atribuyen la marcada diferencia en las respuestas a los dos lados del Atlántico, a la influencia social del fundamentalismo evangelista, a la incorporación al debate político del enfrentamiento entre evolucionistas y creacionistas, y a la profunda incultura científica de amplísimas capas de la población estadounidense. Con respecto a este último factor, parece que sólo un tercio de los ciudadanos en Estados Unidos sabe -y acepta- que los humanos compartimos la mitad de nuestros genes con los ratones.

La cultivada Europa tampoco se halla en situación de lanzar las campanas al vuelo, a juzgar por el sondeo realizado en enero de 2006 por la BBC en Gran Bretaña sobre una muestra de dos mil personas. De acuerdo con él, una mayoría de británicos desconfía del origen evolutivo de las especies vivas en nuestro planeta. Concretamente, el 48% opta por la biología evolucionista frente a un variopinto abanico de posi-

¹⁴ Miller, J.D., Scott, E.C., Okamoto, S., “*Science Communication: Public Acceptance of Evolution*”, *Science*, 313 (11 August 2006), 765-766.

bilidades contrarias. Entre ellas tenemos creacionismo bíblico estricto, escogido por un 22%, y el Diseño Inteligente, que acapara el 11% de las preferencias. El resto de los encuestados dice carecer de suficiente información. Más preocupante aún resulta que un 44% simpatice con la enseñanza del creacionismo en las escuelas, junto con la evolución, y un 41% desee incluir el Diseño Inteligente en el sistema educativo.

Cada vez que los fundamentalistas religiosos deciden arremeter contra una parcela del conocimiento científico universalmente admitido, los pasos suelen ser siempre los mismos:

1 Imaginemos en primer lugar que el Consejo Escolar de un centro educativo conservador se opone a la enseñanza de un principio

científico bien establecido, como la enseñanza de la reproducción sexual de los humanos.

2 Algún mito añejo recibe una pulimentación superficial y se presenta como una alternativa científica creíble. Por ejemplo, la hipótesis de que los bebés son traídos por cigüeñas con un gorro de mensajero, que los transportan en un hatillo anudado a sus picos. Con aire compungido, estos individuos se preguntarían en público: “¿No merecen nuestros hijos escuchar las dos versiones en esta controversia?”

3 Se recluta a un grupo de polemistas y charlatanes -a menudo autodenominados “expertos en ese tema“- cuya retórica falaz persevera hasta sembrar dudas donde no hay lugar para la menor vacilación razonable. En nuestro caso, calificarían a los científicos con

Los últimos descubrimientos científicos corroboran la teoría de la evolución.



algún epíteto despectivo (digamos, “creacionistas seculares”), intentando crear la sensación de un partidismo que les despojaría de su imparcialidad.

4 A continuación se les ridiculizaría apelando a las metáforas más toscas: “La reproducción sexual de los creacionistas seculares sería como aceptar que un prestidigitador nos sacase de veras un melón de la nariz”, aludiendo al parto natural en los mamíferos.

5 Se desafía a la comunidad científica a un debate. Si lo aceptan, los científicos están admitiendo implícitamente que sus adversarios son contrincantes dignos de ser tratados de igual a igual, lo que les otorga indirectamente una respetabilidad intelectual de la que carecen por derecho. Pero si los científicos se niegan a entrar en ese juego perverso, son tachados de cobardes y mendaces.

6 Como consecuencia de todo ello, la frontera entre el conocimiento y la ignorancia deliberada se difumina. Los indoctos pueden pasar con más facilidad por ilustrados, y las mentes de los estudiantes se cargan con ideas delirantes travestidas de verdadera cultura.

El ejemplo utilizado -la confrontación de la biología reproductiva con la teoría de la cigüeña portadora de recién nacidos- no nos engañaría fácilmente, pero la estrategia empleada por sus promotores es esencialmente la misma y queda perfectamente descrita en las seis etapas previas.

Es muy posible que en los resultados de las anteriores encuestas haya influido la manipulación y la tergiversación que los

antievolucionistas realizan de los escritos ajenos. Numerosos textos creacionistas, por ejemplo, comentaban en su interior una conocida obra divulgativa sobre evolución¹⁵, haciendo referencia a ciertas palabras escritas en la introducción. Tales palabras eran: “Este libro debe leerse casi como si fuera ciencia-ficción”, lo que permite a los partidarios del creacionismo insinuar que el autor es consciente de la esencial debilidad de sus propios argumentos aunque no desee reconocerlo. Lo que estos críticos se guardan muy bien de añadir es que la cita anterior continúa diciendo: “Su objetivo es apelar a la imaginación. Pero esta vez es ciencia (...)”. Se trata en realidad de que el autor manifiesta su perplejidad ante unas ideas que, sin una cuidadosa reflexión previa, es muy corriente que nos parezcan asombrosas. Extraer frases fuera de su contexto, mutilarlas y envolverlas de taimadas insinuaciones es una treta innoble que difícilmente dignificará a quienes la usan con tanta frecuencia. Las citas realizadas en los textos creacionistas están dispuestas con tal unión, enlace y malicia que, siendo verdadero todo lo mencionado, el conjunto resulta tan falso y tendencioso que restablecer la verdad se torna una labor realmente ardua. Pero restituir la verdad a su lugar de preeminencia en todos los casos, es un deber al cual, por sacrificado que resulte, jamás nos será dado renunciar ●

¹⁵ Dawkins, R., *El gen egoísta*, Salvat (Barcelona), 1984.



Cápsula gigante del Cocoon, del Centro Darwin, en el Museo de Historia Natural de Londres, inaugurado el 15 de septiembre de 2009, conmemorativo del 150 aniversario de la publicación de «El origen de las especies» y 200 años del nacimiento de Darwin. Tiene 8 pisos y 65 metros de largo. El moderno edificio que amplía al museo victoriano es obra del arquitecto danés CF Moller, ha costado 90 millones de euros y acoge 20 millones de insectos, plantas y minerales. La entrada al Centro Darwin es gratuita y los visitantes pueden participar en más de 40 actividades interactivas.

DARWIN, EL GRAN ICONO BIOLÓGICO

José Antonio Lozano Teruel
Catedrático de Bioquímica y Biología
Molecular de la Facultad de Medicina
de la Universidad de Murcia

Iconos

Según la RAE la palabra icono procede de la francesa *icône*, derivada del ruso *ikona* que, a su vez, es una transformación del griego bizantino *εικων*, –ομοσ. Indudablemente la acepción más popular de la palabra icono es la de “representación pictórica religiosa propia de las iglesias cristianas orientales”, lo que nada implica sobre cualidades de santidad o no santidad, ni sobre veneración. Otro significado muy común sería el de signo que mantiene una relación de semejanza con el objeto representado; por ejemplo las señales de cruces, o curvas en las carreteras. Sin embargo, tal como se reconoce en el *Diccionario Panhispánico de dudas* (1ª ed.), en la actualidad se está extendiendo su empleo con el sentido de “persona que se ha convertido en símbolo o representante de algo”.

En esta última acepción, Darwin constituye uno de los dos grandes iconos biológicos. Su nombre y su figura son símbolos de conceptos biológicos tan trascendentales e importantes como los de evolución y selección natural. Pero su papel de icono supera el campo de la Biología, ya que la figura de Darwin se yergue ante nosotros como un auténtico icono cultural, encarnación de valores científicos, de moderni-

dad, capaz de recoger el testigo de la tendencia secularizadora defendida por los ideales de la Ilustración.

Nadie puede discutir que la publicación, el 24 de noviembre de 1859, de «El origen de las especies por medio de la selección natural», marcó el punto de inflexión hacia un mundo totalmente distinto.

Siguiendo la acepción principal de la palabra icono (signo que mantiene una relación de semejanza con el objeto representado) el segundo gran icono biológico que podríamos considerar sería el modelo de la doble hélice del ADN. Y ambos iconos muestran ciertas semejanzas, de las que destacamos tres:

1. Trascendencia

El darwinismo no sólo auspició una revolución científica, sino también un auténtico terremoto cultural cuya tremenda onda expansiva afectó ámbitos de influencia alejados usualmente de la que era la humilde ciencia de la biología.

Theodosius Dobzhansky (1900-1975) fue un biólogo ruso, nacionalizado americano, gran conocedor del darwinismo. Comprobó en *Drosophila* que las variantes en las poblaciones naturales eran del mismo tipo que las obtenidas por mutación en las cepas de laboratorio lo que per-

mitió hacer estudios de los procesos evolutivos en condiciones controladas de laboratorio. También cohesionó los modelos matemáticos de la genética de poblaciones con los datos de la variación genética y las diferencias genéticas entre las especies, acercando los modelos matemáticos al lenguaje biológico, e influyendo en la aceptación general de las bases genéticas de la evolución. Por ello, es muy significativo su juicio respecto a la trascendencia y significado de Darwin: *“Nada tiene sentido en la Biología si no es a la luz de la Evolución”*.

Más aún, el filósofo de la ciencia americano Daniel C. Dennett, con aportaciones muy conocidas y discutidas en los campos del estudio de la conciencia, intencionalidad, inteligencia artificial y de la memética, en su conocido libro «La peligrosa idea de Darwin» escribió que lo que la teoría de la evolución ofreció al mundo, en términos filosóficos, fue *“un plan para crear Designio del caos sin la ayuda de una Mente”*. Desde luego, Darwin era conocedor de las consecuencias de la publicación de sus ideas y, por ello, demoró su publicación durante décadas.

Ciertas analogías son aplicables al modelo helicoidal del ADN. En el año 1953 el reputado científico A. E. Mirsky escribía: *“Una molécula intacta de ADN, es una estructura muy larga y complicada... Averiguar como se polimerizan sus componentes para formar una molécula gigante es una tarea formidable que aún no se ha llevado a cabo. Cuando así sea, sabremos mejor cómo actúa el ADN en los cromosomas”*.

La solución estaba cerca. En el Laboratorio Cavendish, de la prestigiosa universidad inglesa de Cambridge, se encontraba el joven becario

Jim Dewey Watson, de 24 años, colaborando con Francis Compton Crick, entonces con 36 años, un físico reconvertido a biólogo, que poseía una alta autoestima. El jefe de la Unidad era Max Perutz, amigo y colaborador en la técnica de difracción de rayos X del Premio Nobel Lawrence Bragg, director del excelente Laboratorio Cavendish. Intentaban descubrir la estructura molecular del material de la herencia del ADN, antes de que lo lograra un potente competidor americano, Linus Pauling, quien poseía una experiencia valiosísima sobre enlaces químicos y estructuras de proteínas, lo que le valdría recibir un año después el premio Nobel de Química.

El encaje de todas sus elucubraciones previas tuvo lugar cuando Maurice Wilkins, sin el permiso de la autora de los experimentos, Rosalind Franklin, del Cavendish, les enseñó a Watson y Crick unas imágenes de difracción de rayos X del ADN conocido como forma B. Al final de febrero de 1953, tenían listo su modelo de doble hélice enrollada del ADN, y la revista NATURE, publicaba el corto trabajo de modo casi inmediato. La potencialidad del descubrimiento ya era señalada en la publicación por sus descubridores: *“We wish to suggest a structure for the salt of desoxyribose nucleic acid (DNA). This structure has novel features which are of considerable biological interest”*. (Deseamos sugerir una estructura para la sal del ácido desoxirribosa (ADN). Esta estructura tiene nuevas características que son de considerable interés biológico)."

Las consecuencias aparecieron pronto y fueron importantes: La clave genética, en 1963. La creación del primer ADN recombinante, en 1973.

El primer mapa de marcadores grandes polimórficos de fragmentos de restricción, en 1980. La invención de la PCR, la “fotocopiadora” del material genético, en 1985. El inicio del Proyecto Genoma Humano, en 1987. El inicio de la secuenciación del genoma humano y el primer intento de terapia génica, en 1990. La primera secuencia de un organismo vivo, *Haemophilus influenzae*, en 1995, etcétera.

2. Coautores discutidos

En los descubrimientos que dieron lugar a los dos grandes iconos biológicos comentados también se da otra coincidencia: la controversia sobre el papel participativo de otros coautores que han quedado más o menos olvidados o, al menos, con unos menores reconocimientos.

En el caso del modelo del ADN parece clara la injusticia cometida con Rosalind Franklin. Ésta era reservada a la vez que resuelta y poseía una gran firmeza de carácter y un profesionalismo científico minucioso.

Apasionada en sus opiniones y argumentos, se rebelaba al tener que sufrir la atmósfera de club masculino del King’s College donde existían costumbres como la de no permitir tomar café a las mujeres en las salas reservadas para los hombres. Rosalind había obtenido una serie de imágenes de difracción de rayos X, entre ellas la conocida como fotografía 51, de una muestra de ADN de la forma B, fotografía que para los expertos es muy demostrativa de la existencia de una forma helicoidal de la molécula y de muchas de sus características.

A finales del mes de enero de 1953, con motivo de una visita de Watson al King’s, Wilkins, el jefe de Rosalind, inocentemente y sin el permiso de ella, le había mostrado a Jim la fotografía. Pocas semanas después, el gran científico Max Perutz, sin el permiso de su autora, también le enseñaba este material a Watson y Crick, quienes se percataron de su significado, lo que les ayudó, sin duda a perfilar sus ideas previas. Otro hecho significativo fue descubierto hace



Alfred Russel Wallace (1823-1913).



Rosalind Franklin (1920-1958).

unos años por el Nobel Aaron Klug, quien colaboró con Rosalind en otras investigaciones: se trata de un manuscrito de la investigadora fechado el 17 de marzo de 1953 que describía una estructura casi idéntica a la que un día después, el 18 de marzo, Watson y Crick hacían llegar desde Cambridge al King's londinense.

En relación con la selección natural, Alfred Russel Wallace, paralelamente a Darwin, tras sus viajes por la Amazonia y el Archipiélago malayo desarrolló una teoría sobre la diversidad de las especies, con unas conclusiones muy parecidas a las de Darwin. En 1855, ya publicó un artículo titulado «On the law which has regulated the introduction of new species» (Sobre la ley que ha regulado la aparición de nuevas especies) donde exponía el concepto de la evolución, pero sin atribuirle una causa. Algo más tarde, en 1858, en el artículo «On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type» (Sobre la tendencia de las variedades a diferenciarse indefinidamente del tipo original) ya llegaba a proponer la selección natural como el mecanismo explicativo de la conversión de las especies. Wallace le envió el artículo a Darwin quien lo consideró como el mejor resumen posible de sus propias ideas, gestadas desde varias décadas atrás. Por ello, en la presentación pública de las mismas, realizada en 1858 ante la Sociedad linneana de Londres, Wallace figuró como descubridor.

3. Repercusión popular

Otra particularidad común de los conceptos de la selección natural o del modelo helicoidal del ADN fue su gran repercusión popular e impli-

cación social, con la aparición, incluso, de una determinada mercadotecnia icónica respecto a ellos.

A esa gran repercusión no han sido ajenas las discusiones y consideraciones ideológicas y religiosas suscitadas por ambos modelos. Como ejemplo, se puede acudir a dos citas. La primera, relacionada con la obra darwiniana, del teólogo Charles Hodge (1797-1878), contenida en su libro «Systematic Theology»: *“Darwin niega la existencia de Dios al definir a los humanos como el resultado de un proceso natural en lugar de una creación diseñada por Dios”*. En cuanto al modelo helicoidal la cita corresponde a uno de sus autores, el propio James Watson, quien llegó a escribir: *“Es tentador preguntarse si esta cadena retorcida de azúcares con cuentas de bases púricas y pirimidínicas no será, de hecho, Dios”*.

El concepto de evolución

Posiblemente la historia de la vida y los seres vivos sobre la Tierra comenzó hace unos 4500 millones de años, con la aparición de las primeras células fotosintéticas hace unos 3200 millones de años, la capacidad de realizar fotosíntesis aerobia hace unos 2600 millones de años y el gran acontecimiento de la endosimbiosis y la pluricelularidad hace unos 1000 millones de años, con el posterior desarrollo de la reproducción sexual y la diversificación eucariota, que significó la aparición de organismos cada vez más complejos hasta llegar muy recientemente, en los últimos pocos millones de años, a los homínidos o al propio *homo* inteligente.

El concepto de evolución ya existió en la temprana Antigüedad. Basta recordar a Anaximandro de Mileto, el filósofo, geómetra y astrónomo griego, miembro de la escuela de Mileto. Según explicaba, los animales superiores surgen de los animales inferiores: “... *las criaturas vivas surgieron del elemento húmedo al ser evaporado por el Sol. En el comienzo el hombre era como otro animal, a saber, un pez*”. Entre sus novedades podríamos señalar que en su discurso no necesitaba acudir a la participación de fuerzas sobrenaturales creadoras, que admitía la posibilidad de cambios así como que el hombre era un producto de los cambios.

Dentro de ese periodo que denominamos Antigüedad son muchas las personalidades citables, entre ellas Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), considerado como el primer gran naturalista, que creía que todos los seres vivos podían ser ordenados en una jerarquía que se conoció como la *Scala Naturae*, o Escala de la Naturaleza.

Dando un gran salto, desde la era cristiana hasta el siglo XVII, aunque la influencia de Aristóteles sobre Santo Tomás de Aquino fue evidente, los pensadores cristianos, de acuerdo con las enseñanzas del Viejo Testamento, sostuvieron que los seres vivos eran productos individualizados de la creación divina. Más aun, según ellos, la mayoría de los organismos habían sido creados para el servicio o el placer de la humanidad.

En la etapa posterior comprendida entre la Antigüedad y la Ilustración emergen varios pensadores muy interesantes: Niels Stensen fue un geólogo y anatomista danés cuyas tempranas observaciones sentaron las bases para el

desarrollo de una teoría de la evolución. Propuso la idea revolucionaria de que los fósiles eran restos de antiguos animales vivos enterrados y que muchas rocas eran el resultado de la sedimentación.

George-Louis Leclerc, Conde de Buffon, planteó en su «Histoire Naturelle» algunas ideas evolucionistas y sentaba las bases de la anatomía comparada.

A pesar de su fijismo, Carl von Linné («Species tot numeramus, quod diversae formae in principio sunt creatae»), introdujo cierta idea de parentesco con su sistema binomial.

Erasmus Darwin, físico y fundador de la Sociedad Lunar, abuelo de Charles Darwin, defendió cierto evolucionismo en un grupo de discusión de industriales y filósofos de la naturaleza.

Indudablemente, en el campo de la evolución la gran figura en el inicio de la Ilustración fue Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829) quien en 1809, en su «Philosophie zoologique» expuso sus ideas acerca de la evolución de los seres vivos. Lamarck rompe con el concepto creacionista y fijista indicando que lo esencial es la tendencia a la transformación, el “**camino de perfección**” que siguen los organismos y que ese impulso a la transformación reside en los propios organismos, al margen de intervenciones divinas directas y constantes para la creación de las especies.

Según Lamarck los órganos se adquieren o se pierden como consecuencia del uso o desuso y los caracteres adquiridos por un ser vivo son heredados por sus descendientes. Por ejemplo,

un herbívoro que estire el cuello para alcanzar las ramas altas, lograría el alargamiento del cuello, y tras varias generaciones se transmitiría esta característica a sus descendientes, dando origen a las jirafas. Pero Lamarck nunca expuso con claridad ni razonó de forma coherente sus argumentos y utilizaba un lenguaje presuntuoso y grandilocuente, ganándose la enemistad de importantes adversarios. Lamarck murió, en 1829, a los 85 años, solo, ciego y empobrecido. Realmente, salvo en la Unión Soviética, Lamarck perdió su prestigio y su posición en todo el mundo y el lamarckismo quedó desacreditado, lo que, injustamente arrastró al resto de su obra, ya que, entre otras aportaciones valiosas, había escrito el excelente libro «Flora de Francia» en el que comenzó a aplicar claves dicotómicas en la clasificación de las especies; fue el primer científico en utilizar el término de biología para referirse a las ciencias de la vida y el que acuñó la palabra invertebrados; y escribió una impresionante «Historia natural de los animales invertebrados» (1815-1822), en siete tomos, muy avanzada para su época.

Más aún, ahora, debidamente matizada, se abre paso la idea de que es posible heredar algún tipo de caracteres adquiridos, lo que se conoce con el nombre de información epigenética, es decir, la existencia de variaciones en la información celular que se transmiten de una generación a otra sin que ocurra un cambio en la secuencia fundamental de bases del ADN.

Y llegamos a la época de Charles Darwin, la Ilustración, en la que sus aportaciones y otras como las ya comentadas de Alfred Russel Wallace y la de ilustres pensadores como Erns Haeckel

(1834-1919) y Thomas Henry Huxley (1825-1895), entre otros, logran la difusión y aceptación de la **Teoría de la Selección Natural**.

Aspectos biográficos

Ya nos hemos referido a Erasmus Darwin, abuelo paterno de Charles. El abuelo materno, Josiah Wedgwood, también fue un gran personaje, creador de las conocidas porcelanas de su nombre. Y su padre, Robert, ejerció la medicina con gran reconocimiento social, lo que le permitió construir una mansión, “The Mount” en lo alto de una colina, en Shrewsbury. Allí nació Charles el 12 de febrero de 1809 y durante casi todo el resto de su vida la visitó asiduamente, hasta que fue vendida, en 1866, tras la muerte de su hija Susan.

El padre deseaba que su hijo Charles cursase Medicina pero dejó la Universidad de Edinburgh (1825-1827) sin finalizar, pasando al Christ College de Cambridge para graduarse en Letras con vistas a convertirse en ministro de la Iglesia de Inglaterra. Allí terminó de cristalizar su pasión por la Biología, siendo determinantes las influencias de dos de sus profesores, el geólogo Adam Sedgwick y el profesor naturalista Rvdo. John Stevens Henslow, quienes le transmitieron las virtudes de la meticulosidad y del esmero en la recolección de especímenes y en la observación de los fenómenos naturales, quedando tremendamente impresionados por las habilidades del joven al respecto.

Ejemplo de ello, son las muestras que aún se conservan de algunas de sus colecciones, como la de escarabajos.

Darwin se graduó en 1831, pero no llegó a ser ministro de la Iglesia de Inglaterra. El H.M.S. Beagle le esperaba.

El Beagle

Efectivamente, el H.M.S. Beagle, al mando del capitán Robert Fitzroy, estaba a punto de emprender una expedición científica alrededor del mundo (27 de diciembre de 1831 al 2 de octubre de 1836), con una estancia especial en el remoto y aislado archipiélago de los Galápagos, que por tales características constituía un laboratorio viviente ideal, con múltiples especies únicas.

El Rvdo. Herslow, amigo del capitán Fitzroy, le recomendó al joven naturalista Darwin, quien

como tal, y sin paga, quedó enrolado en la tripulación del buque en un viaje que duró casi cinco años, con una estancia especial en el archipiélago de las Galápagos, en 1835.

En las Galápagos la diversidad de especies vivas era mucho mayor que lo que nadie hubiera pensado antes. Cada isla tenía su propio tipo de tortugas y pájaros que eran claramente diferentes de los de las otras islas y fue este tipo de observaciones el que fue conduciendo a Darwin hacia el desarrollo de la teoría de la evolución. El estudio de los pinzones fue decisivo ya que debido a la selección natural, cada una de las 14 especies de pinzones de las Galápagos habían desarrollado características que los adaptaban a su correspondiente nicho ecológico.



Darwin pasó casi cinco años de su vida viajando en el Beagle

Algo parecido sucedía con las tortugas gigantes, encontrando 10 subespecies adaptadas cada una de ellas a su ecosistema. Así, observó que las que se encontraban en vegetación fácil poseían patas cortas, y las de ambientes secos, con comida más lejana de alcanzar, tenían extremidades mayores y sus caparazones permitían que alargaran sus cuellos. Por otra parte, dado el aislamiento de las Galápagos también se encontraban ejemplares exclusivos, como el de una iguana marina.

El regreso

A finales de 1836 se produjo el regreso. Posteriormente, en 1838, se casó con su prima, Emma Wedgwood y unos años después se instalaron en las afueras de Londres, en Down House donde residieron durante 40 años. Su primer hijo, William, nació en 1839. El matrimonio Darwin tuvo diez hijos, dos de ellos murieron en la infancia y, de un modo especial, el fallecimiento de Anne Darwin con diez años, dejó una huella indeleble en ellos. Cuando los hijos enfermaron, Charles sospechó que la consanguinidad con su esposa habría podido empeorar la tendencia genética a una misteriosa enfermedad crónica, posiblemente cardíaca, que él sufría desde su juventud. Estudió el tema en sus libros y lo analizó en relación con las ventajas asociadas al cruce entre muchos organismos. La mayoría de los hijos de Darwin tuvieron carreras distinguidas.

Tras su regreso a Inglaterra, la ayuda social del Rvdo. Herslow y la económica de su padre

fueron determinantes. Su padre organizó las inversiones para permitir a su hijo ser un caballero científico sustentado por sus propios ingresos, y le animó a hacer una gira por las instituciones de Londres para asistir a recepciones en su honor y buscar de ese modo expertos para describir las colecciones.

Tras regresar, Darwin publicó la obra «Diario del viaje del Beagle». Ante su éxito, la publicación del tercer tomo fue costeadada por el capitán Fitzroy quien, a su vez, ya había publicado sus propias crónicas. Durante muchos años Darwin se dedicó a experimentar con plantas y animales reforzando los indicios de que las especies no eran realidades inmutables. Incluso en algunas de sus notas de trabajo del año 1937 se pueden observar esquemas realizados por Darwin sobre posibles árboles evolutivos. En el año 1841 ya estaba en condiciones de elaborar su teoría, lo que comenzó a hacer con tranquilidad en su nueva residencia de Down Hill.

El origen de las especies

Darwin trabajaba sobre numerosos temas y su teoría deseaba plasmarla en una publicación siempre pendiente. A partir del año 1856 los acontecimientos se aceleraron. Su amigo Huxley era un firme detractor de la evolución, mientras que a Lyell le fascinaban las especulaciones de Darwin, por lo que al leer un artículo de Alfred Russel Wallace sobre la «Introducción de especies» comprobó sus similitudes con los pensamientos de Darwin y alertó a éste. Darwin no percibió amenaza alguna pero comenzó a trabajar en una publicación corta, que se convertiría

finalmente en un “gran libro sobre las especies” titulado «Selección natural». El libro de Darwin estaba a mitad de escribir cuando el 18 de junio de 1858 recibió una carta de Wallace. En ella, le adjuntaba un manuscrito para ser revisado en el que defendía la evolución por selección natural. Darwin envió el manuscrito a Lyell, mostrando su sorpresa por la extraordinaria coincidencia con sus teorías, y sugiriendo la publicación del artículo de Wallace.

Al final se decidió realizar una presentación conjunta en la Sociedad Linneana de Londres, en la Burlington House, el 1 de julio de 1858 bajo el título ‘*Sobre la tendencia de las especies a crear variedades, así como sobre la perpetuación de las variedades y de las especies por medio de la selección natural*’, compuesta por dos artículos independientes: el manuscrito de Wallace, y un extracto no publicado de un ensayo de Darwin, escrito en 1844. Como la hija de Darwin acababa de morir de escarlatina su abatimiento le impidió asistir al acto. Era la primera vez que sus teorías se hacían públicas, pero muy pocos de los asistentes fueron conscientes de su significado y de la trascendencia del hecho y el presidente de la Sociedad Linneana comentó en 1858 que aquel año no estaba señalado por ningún descubrimiento revolucionario.

Finalmente, el 22 de noviembre de 1859 salió a la venta de los librerías «El origen de las especies mediante la selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida» (habitualmente conocido bajo el título abreviado de «**El origen de las especies**») que resultó ser extraordinariamen-

te popular, con la edición agotada inmediatamente. La teoría se formula de modo sencillo en la Introducción y su única alusión a la evolución humana era un comentario moderado en el que se hablaba de que “*se arrojará luz sobre el origen del hombre y su historia*”.

Su argumentación principal textualmente era “*Como de cada especie nacen muchos mas individuos de los que pueden sobrevivir habrá entre ellos una recurrencia frecuente a la lucha por la existencia, que permite que cualquier ser, aunque varíe poco en cualquier manera que le sea beneficioso, bajo condiciones de vida complejas y a veces cambiantes tendrá mas probabilidades de sobrevivir, y de esta manera es seleccionado naturalmente. Dado el fuerte principio de la herencia, cualquier variedad seleccionada tenderá a propagarse en su forma nueva y modificada*”.

En resumen, los puntos esenciales de Darwin eran:

- 1 Los organismos producen más descendencia que el número de supervivientes.
- 2 Los organismos compiten por los recursos.
- 3 El mundo no es estático.
- 4 El proceso evolutivo es gradual y continuo.
- 5 Los organismos difieren; la variación se hereda.
- 6 Los organismos con ventajas sobreviven y pasan sus ventajas a sus descendientes.
- 7 La evolución es el resultado de la selección natural.
- 8 Los organismos semejantes están

emparentados y tienen un origen común.

Darwin argumentó contundentemente en favor de un origen común de las especies pero evitó el entonces controvertido término “**evolución**”.

Debido a la falta de conocimientos, sobre todo genéticos, existentes en la época, Darwin no pudo explicar cuestiones como:

- Por qué hay variabilidad en las especies.
- Cómo se transmiten los caracteres de generación en generación.

La obra

La obra científica desarrollada por Darwin fue inmensa, con más de 20 libros y grandes memorias abarcando muy diversos temas biológicos, desde los fósiles, las plantas insectívoras, la inteligencia animal, el movimiento de las plantas, las emociones, los hongos, etc.

Asimismo, las publicaciones de Darwin realizadas entre 1836 y 1882, recogen más de 150 artículos. Un buen ejemplo de su calidad puede ser el de que sólo en 13 años publicase 36 artículos en la revista Nature.

Un caso particular lo constituyen sus investigaciones sobre las plantas. Según sus palabras: *“Siempre ha sido para mi un placer resaltar el papel de las plantas en la escala de los seres organizados y me complace mucho destacar la cantidad de movimientos y su perfecta adaptación que, por ejemplo, muestra el extremo de una raíz”*. Por ejemplo, en 1862 describe la forma sutil en que las orquídeas recibían el polen a través de cier-

tos insectos, con tal acoplamiento morfológico que una especie concreta de orquídea sólo era polinizada por otra especie concreta de insecto. En todo caso, el movimiento, fototropismo y geotropismo de las plantas fueron un motivo de fascinación para Darwin. Predijo que el receptor del estímulo, sería el ápice, y que “**algo**”, una sustancia, se desplazaba hacia otra zona inferior en la que se produce el crecimiento diferencial de las células. 30 años después se identificaba la primera hormona vegetal.

Su muerte

Durante los últimos 22 años de su vida Darwin sufrió sucesivos y cada vez más graves brotes de su enfermedad pero continuó infatigablemente su trabajo. Tras «El origen de las especies» continuó desarrollando muy diversas líneas de investigación que incluyeron temas tan dispares como la evolución humana, diversos aspectos de la adaptación de las plantas o la belleza decorativa en la vida salvaje.

Murió en Downe, Kent (Inglaterra) el 19 de abril de 1882. Esperaba ser enterrado en el patio de la iglesia de St. Mary, en Downe, pero por petición de sus colegas y, a pesar de ciertas controversias, el presidente de la Royal Society consiguió que se celebrase un funeral de Estado en la Abadía de Westminster, donde fue enterrado junto a Herschel y Newton. Durante el siglo XIX sólo cinco personas no pertenecientes a la realeza recibieron un funeral semejante.

Evidencias y excesos

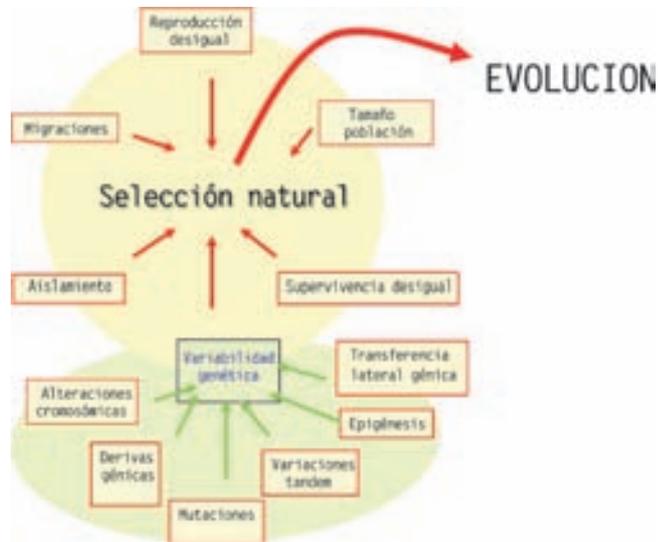
El peso de las evidencias evolutivas se fue incrementando con el tiempo y la evidente relación entre las especies se fue analizando en términos de homologías estructurales, de desarrollo y genéticas. La **microevolución** se puede definir como una evolución a pequeña escala, dentro de una población sencilla, mientras que la **macroevolución** sería el origen de la **especiación**, pero ambos procesos tendrían las mismas causas fundamentales.

Algunas de las ideas de Darwin, discutidas desde su inicio, incorrectamente interpretadas, dieron lugar a excesos, tanto de los creacionistas como de los evolucionistas a ultranza, excesos que han perdurado incluso hasta nuestros días. Como ejemplo, citare-

mos una argumentación por cada campo:

Los creacionistas afirman que según la Biología una mutación **SIEMPRE** produce una pérdida de información, nunca crea información, mientras que, según la Selección Natural, las mutaciones producen individuos en mejores condiciones de competencia/supervivencia. La realidad es que el argumento es incierto y conocemos decenas de mutaciones que producen ganancias evolutivas. Así, en ciertos monos, una mutación del gen que codifica la proteína TRIM5 favorece la síntesis de otra nueva proteína inactiva y la formación de una proteína híbrida, la TRIM5-CypA, protectora de las infecciones contra virus como el del SIDA.

Por el contrario, una afirmación exagerada de los evolucionistas a ultranza es la de



que la selección natural siempre conduce a organismos mejor adaptados y a la supervivencia de los más aptos. Pero, en realidad, no siempre es así. Por ejemplo, es evidente que en muchos primates y el hombre, las mutaciones evolutivas previas han conducido a que no podamos sintetizar ciertas vitaminas y nutrientes esenciales como son bastantes aminoácidos y ácidos grasos poliinsaturados que hemos de introducirlos como componentes obligatorios de nuestras dietas.

Homo, unde venis?, quo vadis?

En el ser que constituye la cima de la evolución, el hombre, nos podríamos plantear algunas preguntas evolutivas: ¿en qué consiste la unicidad del ser humano?, ¿cómo hemos evolucionado hasta nuestro presente?, ¿qué cabe esperar respecto a nuestro futuro evolutivo?.

Respecto a la primera pregunta, se desconocen muchos aspectos, por ejemplo, la relación entre evolución genómica y los órganos humanos. Así, el tamaño del cerebro se alcanzó unos 100.000 años antes de las primeras evidencias arqueológicas halladas sobre comportamiento humano. Pero la ciencia, con los avances genómicos nos está comenzando a dotar de instrumentos para poder investigar esa pregunta.

En relación con nuestro pasado, el actual *Homo sapiens* es un extremo vivo de una de las 20 ó más ramas de un gran árbol evolutivo ramificado, pero aún quedan muchos pun-

tos oscuros sobre lo sucedido durante el Pleistoceno, es decir, desde nuestros ancestros de hace unos dos millones de años hasta la llegada a Europa de los primeros *Homo sapiens*, hace unos 40.000 años o hasta el nacimiento del hombre agricultor y/o pastor, hace tan sólo 10.000 años.

Y, respecto a nuestro futuro evolutivo, el campo es aún más especulativo y lo que es claro es que los rígidos árboles evolutivos basados en sólo la selección natural no tenían en cuenta fenómenos genéticos aún por conocer u otros recién conocidos, como los mecanismos epigenéticos o la posibilidad de la transmisión horizontal de caracteres genéticos entre los seres vivos.

Evolución vs. religión

Desde el primer momento Darwin fue consciente de las controversias religiosas que originarían sus ideas. De ahí la prudencia y lentitud en su publicación, que le llevó a escribir: "*Me temo que la principal conclusión que se desprende de la lectura de este libro a saber, que el hombre desciende de una forma orgánica de rango inferior, irritará grandemente a muchas personas. Sin embargo, no cabe duda de que somos la progenie evolucionada de criaturas primitivas*".

Meses después de la aparición de «El origen de las especies», en el conocido como debate evolutivo de Oxford ya tuvo lugar el enfrentamiento entre el obispo Samuel Wilberforce y el profesor Huxley. El caso Scopes (1925) en los Estados Unidos fue conocido

en todo el mundo y era una consecuencia de lo establecido en el Acta Butler declarando ilegal en Tennessee “la enseñanza de cualquier teoría que niegue la historia de la Divina Creación del hombre tal como se encuentra explicada en la Biblia, y reemplazarla por la enseñanza de que el hombre desciende de un orden de animales inferiores”.

En la Iglesia católica hubo de esperar a que fuese Pío XII, el primer Papa que dejó entrever la posibilidad de que la evolución no era absolutamente incompatible con la fe, aunque bastante más allá fue Juan Pablo II en el mensaje «La verdad no puede contradecir la verdad» del 23 de octubre 1996 ante la Academia Pontificia de Ciencias: “la teoría de la evolución es más que una hipótesis... la Biblia no debe ser considerada como un tratado científico de astronomía, geología o biología... hay evidencias a favor de la teoría evolutiva”.

Diversas variantes religiosas como el diseño Inteligente, la evolución teísta, el creacionismo evolutivo, etc. han intentado reconciliar evolución y religión, pero lo mejor al respecto posiblemente sería recordar al propio Darwin. Humanamente muy desencantado tras la muerte de su hija Susan, poco antes de su muerte, confesaba su condición de agnosticismo, pero no de ateo, aceptando la idea de Dios como “dador de vida”, lo que estaba de acuerdo con sus propias palabras de 1859 en «El origen de las especies»: “Hay grandeza en esta concepción según la cual la vida, con sus diferentes fuerzas, ha sido alentada (por el Creador) en un reducido

número de formas o en una sola, y que, mientras este planeta ha ido girando según la constante ley de la gravitación, se han desarrollado y se están desarrollando, a partir de un principio tan sencillo, una infinidad de las formas más bellas y portentosas”.

Aspectos actuales

Evidentemente, cuando Darwin enunció su teoría los conocimientos genéticos eran muy limitados. Ello favoreció que, con el paso del tiempo se fuesen realizando múltiples intentos de revisión. Así sucedió con el denominado neodarwinismo o teoría sintética, intentando reconciliar la genética mendeliana (los organismos no cambian a lo largo del tiempo) con el darwinismo (sí hay cambios), gracias a los esfuerzos de biólogos como T. Dobzhansky (1937), E. Mayr (1942) y J. S. Huxley (1942) para converger en una explicación unitaria del proceso evolutivo.

En cuanto a la teoría saltacionista o del equilibrio puntuado, se diferencia del darwinismo original o del neodarwinismo para explicar la especiación a base de cambios rápidos y bruscos. Y, más recientemente siguen apareciendo otras teorías como la desarrollada por Motoo Kimura con mutaciones viables que no son adaptativas sino simplemente neutras.

En el futuro conoceremos más al respecto, pero los principales motores de la evolución causada por la selección natural son: la variabilidad genética, la reproducción desigual, las migraciones, el aislamiento, el

tamaño de la población y la supervivencia desigual. Respecto a las causas de variabilidad genética ahora ya disponemos de un conjunto amplio de mecanismos diferentes:

a) Cromosómicos: duplicaciones, eliminaciones, variaciones, inversiones, fusiones.

b) Derivas génicas, cuando durante el proceso de reproducción se transmiten, al azar, más genes de un tipo que de otro.

c) Mutaciones: sustituciones de nucleótidos, inserciones, eliminaciones, etc. Polimorfismos **SNP**.

d) Variaciones en el número de copias.

e) Epigénesis.

f) Transferencia lateral de genes.

Aunque la evolución como fenómeno no puede cuestionarse seriamente desde el punto de vista científico, lo que es indudable es que hace falta más investigación, sobre todo a nivel molecular, para conocer más detenidamente los procesos implicados.

Finalizaremos con un breve comentario sobre alguno de estos mecanismos más recientes.

Polimorfismos SNP, iniciales de Single Nucleotide Polymorphisms o polimorfismos de nucleótidos simples. En los humanos la diversidad es cercana al 0,1%, lo que significaría unos 3 millones de variaciones (tres mil millones de nucleótidos en todo el genoma) para cada ser humano. En la mayoría de los casos esa diversidad es neutra, no funcional. En otros casos sí es funcional y se estudian los correspondientes alelos. En el total de la población humana se estima que existen 10 millones de SNP (investigados en el proyecto

HapMap) y que el 1% son funcionales.

Copias CNV, iniciales de Copy Number Variation o variación en el número de copias de partes del genoma, que se repiten más o menos veces. Los datos más recientes apuntan a que los CNV poseen un máximo protagonismo en las variaciones genéticas. El fenómeno de la CNV es hereditario pero también aparece durante el desarrollo. Cuando se tiene en cuenta, además de los SNP, la diversidad pasa del 0,1% al 0,5%.

Tándem VNTR, iniciales de Variable Number Tandem Repeats o tándems repetidos de número variable. Un VNTR es un lugar genómico donde una secuencia corta genómica se organiza como tándem repetido. Puede mostrar variaciones de longitud entre individuos y las variantes se pueden utilizar como alelos heredables en las técnicas de identificación. Los dos tipos principales son los microsatélites (menos de 5 nucleótidos) y los macrosatélites.

Epigénética. Aunque la versión oficial apunta al biólogo Conrad Waddington, en 1942 como quien primero describió su existencia, posiblemente el pionero fue Paul Kammerer, un investigador austríaco de principios del siglo XX, quien describió un comportamiento que hoy describiríamos como epigenético. La controversia histórica sobre la heredabilidad de algunos caracteres adquiridos tuvo su máximo representante en Lamarck al afirmar que los órganos se adquieren o se pierden como consecuencia del uso o desuso y que los caracteres adquiridos por un ser vivo son heredados por sus descendientes

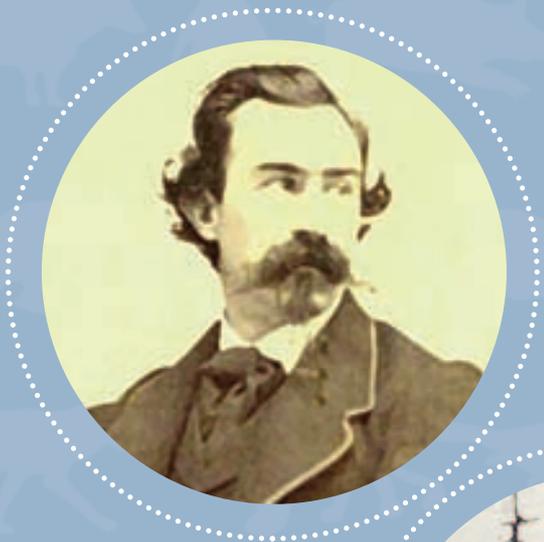
(“las jirafas de Lamarck”). Tras las aportaciones de Darwin sobre la Selección Natural, que se basa en la supervivencia del más apto, el lamarckismo quedó desacreditado y ello fue aún más evidente tras el descubrimiento de la estructura doble hélice del ADN, es decir, de nuestro genoma.

Actualmente, la realidad científica de la existencia de una cierta herencia epigenética es incuestionable. La podemos definir como los cambios heredables en la función génica que se producen sin un cambio en la secuencia del ADN. Podemos acudir a un símil que los amantes de la música comprenderán. Por una parte existe la partitura. Por otro, la orquesta con sus instrumentos, músicos y director. La conjunción entre ambas hace que, con una misma partitura, puedan existir versiones de la obra muy diferentes. Pues bien, nuestro genoma es lo invariable, como la partitura que posee la potencialidad de expresarse de un modo u otro (en versión humana ello se traduciría en los grandes rasgos fenotípicos: rubio, moreno, alto, bajo, etc.) pero la forma concreta de interpretar esa partitura (en versión biológica, el control y regulación de nuestros genes) es lo que hace aparecer un individuo concreto, con sus susceptibilidades biológicas únicas. La variedad epigenética es importante porque se relaciona con la susceptibilidad a sufrir ciertas patologías como cánceres, enfermedades

priónicas, etc. El entendimiento de estos factores podría revolucionar la biología evolutiva y la del desarrollo ●

Bibliografía

- Darwin, Charles: Autobiografía; Laetoli; 2009
- Darwin, Charles: Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo, Espasa Calpe; 2008
- Darwin, Charles: El origen de las especies; La Catarata; 2009
- Gomis Blanco, Alberto: Bibliografía crítica ilustrada de las obras de Darwin en España (1857-2008); CSIC; 2009
- Los trabajos completos de Darwin: <http://darwin-online.org.uk/biography.html>
- Ruse, Michael: ¿Puede un darwinista ser cristiano?: La relación entre ciencia y religión; siglo XXI; 2007
- Sampedro, Javier: Deconstruyendo a Darwin: los enigmas de la evolución a la luz de la nueva genética; Crítica, 2007
- Varios autores: Darwin: el hombre que cambió la historia de la Ciencia; Tikal; 2009
- Varios autores: El darwinismo en España. En el 1º centenario de la muerte de Ch. Darwin (1882-1982); Anthropos, nº5. 16-17; 1982



Retrato de Marcos Jiménez de la Espada (arriba). Detalle de las fragatas Triunfo y Resolución (centro). Retrato de los ocho integrantes de la Comisión Científica del Pacífico (abajo).



LAS ETAPAS DEL PROCESO DE CONOCIMIENTO DEL VIAJERO NATURALISTA E HISTORIADOR AMERICANISTA MARCOS JIMÉNEZ DE LA ESPADA

Leoncio López-Ocón Cabrera
Instituto de Historia-Centro de Ciencias
Humanas y Sociales CSIC

Dos sociólogos de la ciencia -Bruno Latour y Xavier Polanco¹ han propuesto que, al estudiar las actividades de cualquier científico, fuese Darwin, Jiménez de la Espada o cualquier otro viajero naturalista, se han de distinguir cinco áreas de intereses y preocupaciones que caracterizan su quehacer, y sus prácticas, y que son: la de los instrumentos, la de los colegas, la de los aliados, la de los públicos y la de los contenidos. Dado que esas áreas se interrelacionan pueden ser representadas como un rosetón, en el que cada una de las cinco áreas de interés u horizontes de preocupaciones forman elipses o círculos entrelazados. Las elipses se anudan en el círculo central, que representa los contenidos del discurso científico. Ese círculo central permite tener a todos los demás lazos reunidos, reforzando su cohesión y acelerando la circulación entre ellos. De manera que esas elipses y círculos dependen unos de otros por lo que cuanto mayores sean los recursos empleados y de mayor envergadura el programa de movilización que emprenda el científico, el trabajo resultante será más importante.

El modelo del rosetón representa por tanto la permanente interrelación entre el contexto social y los contenidos del discurso científico, interrelación que se produce mediante dos tipos de operaciones: la de traducción y la de convicción o persuasión. Por la primera los hechos políticos se convierten en

fenómenos científicos, y viceversa, los fenómenos científicos se convierten en hechos políticos. Por la segunda, se logra la movilización de contenidos científico-técnicos y de contextos político-económicos. Pues bien el conjunto de las cuatro elipses y el círculo central que están representados en la figura del rosetón definen las otras tantas operaciones de convicción o persuasión y de traducción, que caracteriza cualquier actividad científica- como las de Jiménez de la Espada y Darwin- y que son las siguientes: la movilización, la autonomía, las alianzas, la puesta en escena, y los contenidos.

Partiendo de estas consideraciones cabe señalar por tanto que en el desenvolvimiento de las actividades científicas de Marcos Jiménez de la Espada cabe distinguir cuatro grandes etapas: su movilización como viajero naturalista que se desplaza a Ultramar para alcanzar la gloria científica, su intento de lograr su autonomía como profesional de las ciencias naturales estudiando las colecciones de la expedición al Pacífico y su fracaso en lograrla por lo que reorienta su mirada para estudiar el pasado, la búsqueda de aliados para impulsar una comunidad científica internacional de americanistas interesada en el conocimiento de la historia antigua del continente americano, y la del reconocimiento social de su programa de investigaciones al encontrar un público receptivo a su obra. Ese quehacer variado dio lugar

¹ Bruno Latour y Xavier Polanco, "A propos de l'histoire sociale des sciences: quelques remarques, le modèle de la rosace", en Xavier Polanco, ed., *Naissance et développement de la science-monde- Production et reproduction des communautés scientifiques en Europe et en Amérique latine*, Paris, Edions La Découverte, año 1990, págs. 53-66.

a una obra poliédrica formada por casi un centenar de publicaciones: 13 libros, más de 50 artículos y folletos, y unas 30 comunicaciones a sociedades científicas en la que se expresaron sus conocimientos de viajero naturalista e historiador americanista.

Indudablemente las raíces y el tronco de su programa de investigaciones arrancaron de su viaje como naturalista por el continente americano, - fue ahí donde se definió su personalidad científica, como le sucedería al mismo Darwin según relata en su autobiografía², y las ramas surgieron a medida que nuestro personaje se sumergió en el conocimiento de la realidad histórica.

Así pues la **primera etapa**, y la más importante, del proceso de conocimiento de Jiménez de la Espada fue la de su experiencia como viajero naturalista en el seno de la Comisión Científica del Pacífico

entre 1862 y 1866, el intento más ambicioso que se llevó a cabo en la sociedad española del siglo XIX de movilización de recursos científicos hacia América. Esa comisión científica estuvo formada por seis naturalistas, un taxidermista, y un dibujante-fotógrafo, y el gobierno español decidió agregarla a una expedición naval que se organizó en Madrid en la primavera de 1862, en el marco de una ofensiva americanista de las elites de la España isabelina.

Los marinos y naturalistas que salieron de Cádiz en agosto de 1862 con la intención primera de dar la vuelta al mundo, emulando el famoso viaje de Malaspina, pueden ser vistos como actores e instrumentos de la contradictoria política panhispanista que definió la política exterior de la Unión Liberal, dirigida por quien era presidente del gobierno en aquel entonces el general O'Donnell. Tras el envío de los

Viaje al Pacífico, Batracios anuros.



Detalle de un anfibio estudiado por Jiménez de la Espada que él denominó *Cerathyla palmarum*, y actualmente se conoce como *Hemiphractus bubalus*.

² En su autobiografía Darwin señaló: "El viaje del *Beagle* ha sido, con diferencia, el suceso más importante de mi vida y ha determinado toda mi carrera... Siempre he sentido que debía al viaje el primer entrenamiento real o educación de mi mente. Me vi obligado a prestar estrecha atención a varias ramas de la historia natural, de ahí que mi capacidad de observación se viera mejorada, aunque ya estaba bastante desarrollada", citado por Jonathan Horward, *Darwin*, Madrid, Alianza editorial, 1987, p. 13.

barcos y marinos parecía subyacer una actitud agresiva hacia el nuevo orden republicano americano, de resabios neocolonialistas. Pero la adscripción de los naturalistas parecía responder al afán de enviar unos embajadores culturales de buena voluntad que restableciesen las relaciones entre españoles y latinoamericanos sobre nuevas bases de cooperación. Se entrecruzaron pues en la organización de esa expedición motivaciones políticas y científicas de una manera compleja.

Da la impresión, en efecto, que las dos fragatas de hélice, de nombres tan expresivos como *Resolución* y *Triunfo*, fueron enviadas para restaurar el poder de una nueva España moderna en un área que se estaba revalorizando estratégicamente, como era el Pacífico americano, tras el hallazgo de yacimientos auríferos en Australia y California a partir de 1848. De hecho como revela diversa documentación diplomática, e instrucciones recibidas por los jefes de la flotilla, la misión que tenía esa escuadrilla era la de ayudar a ensamblar mejor las piezas del sistema colonial español, que tenía forma de archipiélago. Uno de sus objetivos era estudiar dónde se podía instalar una estación naval en el Pacífico americano, que aproximase las Filipinas a la metrópoli, conectándose con la estación naval que ya había establecido España en Montevideo, la capital del Uruguay, desde 1845. Los naturalistas también estaban destinados a participar en esa estrategia neocolonial, máxime en una coyuntura histórica en la que la ciencia estaba al servicio de la nueva expansión imperial europea en Asia, África, o América. De hecho, leyendo con atención la Memoria oficial de la Comisión Científica del Pacífico, elaborada en Madrid en 1866 por el antropólogo Manuel Almagro tras su periplo americano, nos podemos percatar que esos natura-

listas tenían también instrucciones de buscar el lugar más idóneo para establecer la mencionada estación naval en aguas del Pacífico.

Pero en el envío de esos expedicionarios también cabe detectar otras motivaciones culturales, diferentes a las geopolíticas. Con la organización de la Comisión Científica del Pacífico se pretendía no sólo mostrar al mundo exterior que en la regeneración de la España de la época de la Unión Liberal el cultivo de las ciencias cumplía un papel importante, sino que también se intentaban crear condiciones para favorecer el desarrollo científico español, restableciendo una tradición científica expedicionaria que estaba viva en las elites culturales de la época, como lo indica el hecho de que date de fines de la década de 1850 la instalación en las galerías del Jardín Botánico de Madrid de una serie de estatuas de quienes habían cultivado esa ciencia en España y en tierras americanas durante la era moderna. De esta manera hizo explícitos tales objetivos el director general de Instrucción Pública en una comunicación que dirigiera el 27 de mayo de 1862 al ministro de Fomento al justificar las razones del envío de un equipo de expedicionarios a Ultramar: *Estando destinada al Pacífico una Escuadra mandada por el General Pinzón, es muy conveniente que en ella vaya una misión científica, como lo practican las naciones cultas en casos semejantes y lo ejecutó España con tanta gloria como la que más en la segunda mitad del pasado siglo... Esta Dirección general tiene la honra de someter a su superior aprobación, las dos siguientes bases, para preparar el proyecto que tanto interesa al adelantamiento de las ciencias y a la gloria nacional.*

La actividad de ese grupo de expedicionarios, formado por el oficial de la marina retirado y conqui-

liólogo Patricio María Paz y Membiela, el geólogo y entomólogo Fernando Amor, los zoólogos Francisco de Paula Martínez y Sáez, y Marcos Jiménez de la Espada, el botánico Juan Isern, el antropólogo Manuel Almagro, el taxidermista Bartolomé Puig y Galup, y el dibujante-fotógrafo Rafael Castro y Ordóñez, trascendió, a mi modo de ver, su instrumentalización como agentes de la política neocolonial, agresiva, que subyacía a determinados aspectos de las formulaciones panhispanistas. Más bien los cuatro naturalistas que hicieron el periplo en su totalidad -Martínez, Jiménez de la Espada, Isern y Almagro- vinieron a representar el lado amable del panhispanismo, al intentar a lo largo de su gran viaje establecer relaciones de cooperación e intercambio cultural con sus colegas americanos. Y además no hay que obviar que también entre todos los integrantes de la Comisión realizaron notables contribuciones científicas. Recolectaron más de ochenta mil objetos de la flora, fauna y geología americana y de artefactos de diversas culturas amerindias. Alguno de ellos, particularmente Jiménez de la Espada, realizó notables contribuciones al estudio de la naturaleza y de las culturas americanas.

Cuando se adscribió a esa expedición científica Jiménez de la Espada era un joven naturalista de 31 años. Había nacido en Cartagena en 1831 -el mismo año en el que se inició el viaje del Beagle-, y durante su adolescencia siguió los pasos de su padre, un funcionario del Estado, por diversas ciudades españolas como Barcelona, Valladolid y Sevilla, socializándose entonces en los valores del nacionalismo liberal, ideología que se difundió entre las elites urbanas de la sociedad española durante la primera etapa del reinado de Isabel II. Fue en la década de 1850 cuando se estableció en Madrid y, desoyendo los conse-

jos de su progenitor que quería orientarle hacia los estudios de Derecho, optó por adentrarse en el cultivo de las Ciencias Naturales que entonces formaban parte de la Facultad de Filosofía. Se convirtió entonces en el discípulo preferido del hombre fuerte de la zoología española de aquella época, el médico y naturalista riojano Mariano de la Paz Graells. No ha de extrañar por ello que cuando Graells logró establecer un jardín zoológico de aclimatación en el Jardín Botánico de Madrid en 1859 fuese Marcos Jiménez de la Espada nombrado responsable de esa estación experimental destinada al cuidado de animales exóticos que una vez aclimatados pudiesen ser útiles a la economía española. Esa tarea la simultaneó con sus labores de Ayudante primero del Museo de Ciencias Naturales, encargado de ayudar al catedrático de Zoología y Anatomía comparada, el mencionado Graells, en sus clases.

Estando en esa situación profesional se le presentó al treintañero Espada la posibilidad de alcanzar la gloria científica al organizarse en el bullicioso Madrid de 1862 la Comisión Científica del Pacífico, que pretendía entre sus objetivos incrementar las colecciones de los museos y gabinetes de historia natural españoles, aumentar el número de especies exóticas susceptibles de ser aclimatadas en este país y ofrecer la oportunidad a jóvenes naturalistas como Espada de profundizar en el conocimiento de la biodiversidad del planeta.

Y sin embargo Jiménez de la Espada empezó su viaje con sentimientos ambivalentes. Satisfecho, por un lado, de las comodidades de su nuevo hogar, la fragata *Triunfo*. Pero alicaído cuando conoció el reglamento elaborado por el presidente de la Comisión, Paz y Membiela, en el que se establecía el régimen interno de la expedición científica. En él se le adjudicó

caba la tarea de recolectar y formar las colecciones de aves, mamíferos y reptiles terrestres y se le nombraba segundo ayudante naturalista del equipo expedicionario, por debajo de Martínez y Sáez, más joven que él, y que fue elegido como secretario de la Comisión. Su orgullo científico quedó entonces maltrecho al ser relegado a una función subalterna que él consideraba por debajo de sus méritos científicos, como hizo constar en este testimonio que, por su elocuencia, me permito citar en extenso:

El tal reglamento... entregómele Martínez como secretario para que lo leyera y sacase copia de él; leído, a renglón seguido, expuse con toda claridad lo que me parecía. Dije, en primer lugar, que se había faltado a lo prometido mandando lo que debiera haber sido convenio entre nosotros, siendo ya por lo tanto inútiles las poderosas razones que yo hubiera opuesto a la parcial distribución de los trabajos científicos, razones que les hice ver y que no me contradijeron; añadí asimismo que la distribución clasificando los mamíferos y reptiles en acuáticos y terrestres era absurda e insostenible en la práctica, so pena de ponerse en ridículo, porque en ciertos géneros la mitad de las especies serían de uno y la mitad de otro, que al quitarme a mí las especies de estudio más lucido de manera tan violenta y absurda para cargarlas a Martínez indicaba una parcialidad que me ofendía y que daba origen a que se exaltara mi amor propio y que se creara rivalidad a que yo no daba lugar; pero con eso y con ponerme en el último término del cuadro de categorías parecía darse a entender como que era el menos apto para el trabajo y como un pegote de la Comisión, al cual se le permitía venir y con el cual para nada se contaba ni aun para aquello más razonable, como era la distribución del trabajo que había de ser el más agradable a cada

uno sin perjuicio de los otros.

Quejéme también de ayudante segundo, por el cual se me posponía a Martínez, siendo así que mi categoría era por lo menos igual, si no superior a la suya, como él mismo en ocasiones me había dicho, y concluí diciendo: que de haber sabido yo la manera como se me trataba, no hubiera solicitado ir en la Comisión y aún desistiría de ir con ellos a no encontrarme en las particulares circunstancias en que me encontraba; pero que les contase que iba disgustadísimo en la Comisión y que recordasen mis palabras para su debido tiempo”.

Así pues embargado por esos sentimientos contradictorios Espada inició su peregrinación científica, que puede dividirse en tres etapas en las que tuvo que sortear, junto a sus compañeros expedicionarios, obstáculos de todo tipo.

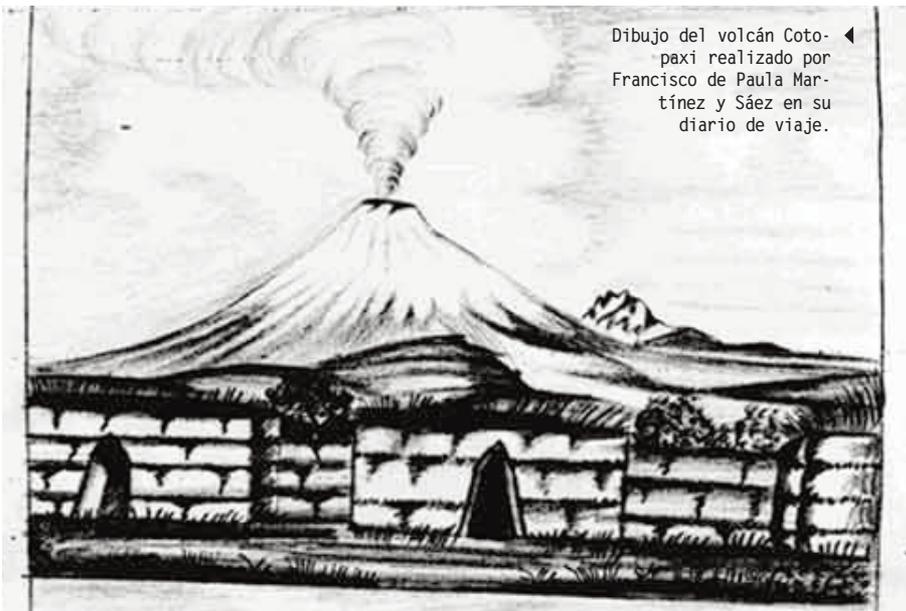
La primera etapa de su viaje ultramarino tuvo como escenario tierras brasileñas, rioplatenses y chilenas, y se desarrolló a lo largo del último cuatrimestre de 1862 y primeros meses de 1863. En ese tiempo proliferaron las tensiones internas entre los comisionados, quejosos varios de ellos de la incompetencia del jefe del grupo Patricio María Paz y Membiela, y se fue agudizando el malestar respecto al comandante de la fragata de hélice *Triunfo*, el capitán de navío D. Enrique Croquer y Pavía, que no solía dar facilidades para sus actividades científicas. Fueron en todo caso meses de deslumbramiento ante las bellezas y atractivos de la naturaleza tropical, y de entusiasmo ante los estímulos intelectuales procedentes de unas sociedades pluriétnicas en constante transformación. Tras tener una magnífica acogida por el emperador del Brasil D. Pedro II, un político amante de las ciencias, los comisionados se dividieron en dos grupos en Montevideo para dirigir-

se a Valparaíso. Paz, Amor, Isern y Almagro emprendieron el viaje remontando el Paraná, y luego cruzaron las pampas argentinas y los Andes en diligencia y a caballo. El resto eligió la vía marítima: Jiménez de la Espada pasó el difícil estrecho de Magallanes en la goleta *Covadonga* que, apostada en la base naval española de Montevideo, se añadió a la flotilla; sus colegas Martínez, Puig y el fotógrafo Castro hicieron la travesía por el cabo de Hornos embarcados en la *Triunfo* tras repostar en Puerto Stanley en las islas Malvinas.

La segunda fase de su viaje transcurrió entre mediados de 1863 y mediados de 1864. Se inició con la dimisión de Paz como presidente de la Comisión y su regreso a España, y terminó con la separación de los comisionados de la escuadra naval. Varios de los expedicionarios pasaron ese período de tiempo desplazándose por los países ribereños del Pacífico americano, asistiendo atónitos al deterioro

de las relaciones entre España y diversas repúblicas hispanoamericanas que culminó con la ocupación por los marinos españoles de los ricos depósitos de guano de las islas Chincha en abril de 1864, desencadenante del inicio de hostilidades entre peruanos y españoles. En esos desplazamientos Martínez, Castro, Puig y Amor llegaron hasta California, donde éste último falleció en la ciudad de San Francisco. Jiménez de la Espada, por su parte, hizo una gira en la goleta *Covadonga* por puertos de diversos países centroamericanos como Nicaragua y El Salvador. E Isern y Almagro pasaron la mayor parte de ese tiempo haciendo herborizaciones y excavaciones arqueológicas en tierras bolivianas y peruanas, extrayendo restos materiales de las complejas culturas andinas.

A lo largo de ese período las relaciones entre los comisionados y los jefes de la Escuadra se deterioraron completamente, y la antipatía entre unos y otros se hizo recíproca. Para el general Pinzón, Mar-



Dibujo del volcán Cotopaxi realizado por Francisco de Paula Martínez y Sáez en su diario de viaje.

tínez era un pillito, Almagro un ladrón, Espada un tonto e Isern un bestia³. Y a su vez los naturalistas dieron muestras en diversas ocasiones de estar hartos de tantas “pinzonadas”, es decir de decisiones poco meditadas y autoritarias del general. De hecho Pinzón en abril de 1864 conminó a los comisionados a regresar de inmediato a España. El fotógrafo Castro en efecto emprendió el camino de vuelta a Europa semanas después, en octubre de ese año, a través de la vía de Nueva York. Y el taxidermista Puig decidió quedarse en Chile tras casarse con una joven de aquel país. Pero el resto del equipo sobreviviente se rebeló ante las órdenes de Pinzón y negoció con el gobierno de Madrid para realizar el regreso atravesando el continente sudamericano desde el puerto de Guayaquil en el Pacífico al actual Recife brasileño en el Atlántico. Pudieron entonces, en lo que ellos denominaron “el gran viaje”, realizar importantes investigaciones científicas al cruzar los Andes ecuatoriales y surcar la cuenca hidrográfica amazónica en un esfuerzo titánico.

La tercera y última etapa corresponde al “gran viaje” andino y amazónico que prepararon desde la ciudad ecuatoriana de Guayaquil a partir de setiembre de 1864 Martínez, Jiménez de la Espada, Almagro e Isern. En un barco a vapor navegaron por el río Guayas hasta la población de Babahoyo. Desde allí emprendieron la ascensión de los Andes ecuatoriales en recuas de mulas con experimentados arrieros. Semanas después, a principios de 1865, descendieron de Quito, y siguiendo la ruta hacia el piedemonte amazónico usada por Francisco de Orellana en el siglo XVI exploraron la tierra de la canela en el oriente ecuatoriano, y descendieron luego por el Amazonas en canoa, balsa y vapor, en un viaje heroico, afrontando un sinnúmero de obstáculos. Finalmente

Almagro, de origen cubano, se dirigió desde el litoral brasileño a La Habana a visitar a su familia, y Martínez, Jiménez de la Espada y un Isern, gravemente enfermo, se embarcaron en Pernambuco, la actual Recife, rumbo a Lisboa. Todos ellos se reunirían en Madrid el 18 de enero de 1866. Días después -el día 23- fallecería el laborioso botánico catalán Juan Isern.

Durante su peregrinación científica de cuarenta meses por los archipiélagos atlánticos y por tierras americanas Jiménez de la Espada obtuvo una impresionante cosecha de objetos de los tres reinos de la naturaleza y de artefactos y documentos de las culturas nativas y de los grupos urbanos americanos con los que convivió. Pero sobre todo, tras irse entusiasmando paulatinamente con los desafíos que se presentaron a su curiosidad científica, empezó a imitar y emular a los grandes viajeros naturalistas ilustrados y románticos, como Alejandro de Humboldt o Charles Darwin. Como ellos, participó gozosamente en las vivencias de sus experiencias viajeras, mostró un deseo de saber racional y directo, y no manifestó desdén por los retos físicos derivados de las ascensiones a montañas o a otras cualesquiera dificultades procedentes de los obstáculos del medio geográfico. Reconoció directamente y observó científicamente la naturaleza subiendo las montañas y volcanes andinos y centroamericanos, como el Pichincha en Quito o el Izalco en la república del Salvador, adentrándose en selvas tropicales a veces con sus pies descalzos, y recorriendo cuencas hidrográficas como la amazónica, para azuzar sus dotes de observador e incrementar sus conocimientos.

Recogiendo y analizando ejemplares de la fauna, objetos etnográficos o muestras geológicas se comportó como un verdadero “*venator sapientae*”,

³ Carta de Martínez a Pérez Arcas, Baeza, 12 de marzo de 1865, Archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Correspondencia de don Laureano Pérez Arcas), citado por M^ª Ángeles Calatayud, ed., Diario de don Francisco de Paula Martínez y Sáez, miembro de la Comisión Científica del Pacífico (1862-1865), Madrid, CSIC, 1994, p. 37.

es decir, como un cazador del saber, él que se mostraría tan mal cazador de los animales de Cabo de Verde, o del Brasil, por despistado, y por su sensibilidad estética. Así el 24 de agosto de 1862 mientras se encontraba en una de las islas del archipiélago caboverdiano anotó en su Diario, parte del cual hemos digitalizado y se puede consultar a través de Internet⁴, lo siguiente: *“La roca en aquella parte de la costa se desmorona como una miga de pan de dos días, y la senda que hay en la ladera que cae hacia el mar termina en una cuesta que es preciso bajar a gatas o rodando. Me ví y me deseé, pero al cabo llegué a la orilla del mar, y aprovechando la retirada de las olas, dando resbalones con mis zapatos de clavos y tomando algún que otro baño de pies, llegué al lugar desde donde pudiera ver a mis marineros. Allí los divisé a lo lejos ocupados en su maniobra y yo me detuve antes de pensar en reunirme a ellos, porque dos soberbios buitres andaban por allí cerca buscando en la playa pedregosa algo que comer. Voy a preparar mi escopeta, que me había puesto a la espalda, para bajar con más comodidad del cerro, y me encuentro con que se me había olvidado la pólvora. ¡Risum teneatis! ¡Un cazador a quien se le olvida la pólvora!*

Semanas después, en una carta a un amigo, remitida desde Río de Janeiro le hizo la siguiente confidencia con motivo de su ascensión al Corcovado: *Anduve siempre cuesta arriba por aquellas flores-tas en que resonaban los cantos de tantos pájaros como sustentan y protegen: los pica pao -o pico carpinteros- sobre todo, armaban tal ruido y algazara en las cortezas de los árboles, que no parecía sino que estaban clavando y preparando con mucha prisa algunas obras de carpintería. En esta ocasión me he persuadido de que nunca llegaré a ser buen cazador,*

porque me gusta más un pájaro volando que ciento en la mano.

Durante su periplo su mirada estuvo condicionada por dos corrientes científicas: la procedente de la ciencia humboldtiana, y la derivada de los naturalistas zoólogos que incorporaron al hombre a su campo de estudio integrándolo en su concepción unitaria de la Naturaleza. La conjunción de ambas influencias hizo posible que se desarrollase su interés por observar de una manera integrada, totalizadora y armónica tanto la naturaleza, como el paisaje, es decir la naturaleza modificada por la acción humana.

De ahí que a lo largo de su viaje Jiménez de la Espada no sólo concentrase su atención en los seres y objetos de la naturaleza que recolectó como zoólogo, etnógrafo y geólogo, sino que también fue un observador social de las culturas que conoció en el laboratorio extraeuropeo itinerante en el que hizo su campaña científica. Así, dada su curiosidad intelectual y su sensibilidad antropológica la información que recogió y procesó versó no sólo sobre la historia natural de los tres reinos de la naturaleza, sino también sobre la historia natural del hombre y sobre diferentes aspectos sociales de las ciudades y lugares que visitó. Algunas de esas observaciones y reflexiones, insertas en su Diario o en cartas que editase su primer biógrafo, el padre agustino Barreiro, nos han llegado a modo de breves descripciones hechas como si fuesen relaciones geográficas de los lugares que recorrió. De hecho las descripciones de Espada adquieren particular viveza, y poder evocador, cuando refiere lances y aventuras por lugares que él solo transitó como integrante de la Comisión Científica del Pacífico como el paso por el estrecho de Magallanes, o por aquellos sitios en los que tuvo que desplegar toda su capacidad de resistencia física y de

⁴ En el buscador que está incorporado al portal www.pacifico.csic.es, dedicado a la Comisión Científica del Pacífico.

autocontrol, como sucedió en sus peripecias del gran viaje, iniciado cuando emprendió la subida a los Andes desde Guayaquil en octubre de 1864. Ese viaje a través de los Andes y de la cuenca amazónica se transformó para él en una gran epopeya, en una especie de viaje iniciático y en la ocasión oportuna para autoeducarse e incrementar el dominio de uno mismo que brota del esfuerzo realizado, del obstáculo vencido, de la contrariedad sufrida, del lance y la aventura inesperados. Fue en los meses de finales de 1864 y primer semestre de 1865 cuando, tras estar a punto de perecer perdido tres días en el cráter del volcán Pichincha y salvado in extremis por un nativo, logró llevar su curiosidad de naturalista al límite. Ascendió al bellissimo volcán Sumaco en el oriente ecuatoriano, o exploró la corriente volcánica de Ansango, en las proximidades del Antisana, otro de los grandes volcanes ecuatorianos.

Entre las diversas contrariedades que tuvo que afrontar a lo largo de su experiencia viajera no fue la menor que fuese testigo, y sufriese las consecuencias junto a sus compañeros de expedición, del progresivo deterioro de las relaciones entre España y las repúblicas andinas que culminaría con el bombardeo de Valparaíso y el Callao en mayo de 1866 por la escuadra española en la que había embarcado. De esta manera la empresa político-científica en la que participó Jiménez de la Espada, diseñada para fomentar la comunicación y las buenas relaciones hispano-americanas, terminó provocando una guerra y ahondando las diferencias entre españoles y latino-americanos. Se revelaban de esta manera las profundas contradicciones del movimiento político-cultural del panhispanismo de la Unión Liberal, en el que cabe ubicar la Comisión Científica del Pacífico. En él confluyeron quienes deseaban restablecer las rela-

ciones con la América latina desde un plano de igualdad, y quienes aspiraban a restaurar con las repúblicas hispanoamericanas independientes una política agresiva de gran potencia.

Tras su retorno a Madrid a principios de 1866 se inició la **segunda etapa** del proceso de conocimiento de Marcos Jiménez de la Espada, que abarcaría la década que media entre 1866 y 1876, años en los que reorientó su mirada hacia el pasado y se convierte en bibliófilo, anticuario e historiador.

A su regreso a España Jiménez de la Espada fue testigo de la pérdida de poder de su protector Graells durante el bienio 1866-1868 y asistió impotente a un profundo debilitamiento de la ciencia isabelina, como consecuencia de la gran crisis que embargó a la sociedad española en aquella coyuntura. En esos meses previos al destronamiento de Isabel II trabajó con escaso interés en una semiparalizada Comisión de estudios de las colecciones del Pacífico, que se había creado con el objetivo de centralizar y sistematizar las labores y los datos recogidos por los comisionados.

Pero tras la Revolución de setiembre de 1868 participó con entusiasmo en el movimiento de renovación científica que tuvo lugar en la sociedad española en el trienio 1868-1871, durante la primera fase del Sexenio democrático. En esos años, estimulado por una política de fomento a la ciencia impulsada por los gobernantes progresistas y por las autoridades educativas krausistas de la Universidad Central de Madrid, realizó un notable esfuerzo intelectual para lograr su autonomía como profesional de las ciencias naturales.

Trabajó, en efecto, durante esa época incansablemente para dar a conocer los resultados de sus observaciones y estudios sobre la naturaleza ameri-

cana, y en particular sobre su fauna. De esta manera, tras ser enviado a Francia en el otoño de 1869 para estudiar las colecciones de mamíferos y anfibios del Museo de Historia Natural de París, se incorporó a una red internacional de cooperación científica intercambiando sus conocimientos y preocupaciones con zoólogos franceses, portugueses, alemanes, británicos y norteamericanos.

Y en 1871 contribuyó a crear la Sociedad Española de Historia Natural, una de las primeras expresiones españolas del asociacionismo científico liberal, en el que el protagonismo lo adquirieron los propios científicos, sin tutelas foráneas. Jiménez de la Espada fue uno de los catorce socios fundadores y uno de los principales animadores de la Sociedad en sus primeros meses de existencia, como lo prueban las numerosas publicaciones que presentó en las páginas de los primeros números de sus *Anales*. Precisamente en el primer volumen de esa revista

publicó un importante artículo titulado “Sobre la reproducción del *Rhinoderma darwini*” en el que demostró que las hembras de ese pequeño escuerzo o sapo, “descubierto en el viaje del Beagle por el célebre filósofo naturalista a quien debe el nombre” eran ovíparas, y no vivíparas, como habían sostenido hasta entonces otros naturalistas, encargándose del cuidado de la prole los machos, quienes trasladaban a las crías en unas bolsas o sacos bucales aéreos. El peculiar sistema reproductivo de ese sapo originario del área de Valdivia en Chile le llevó a Espada a relacionar las metamorfosis de ese batracio con las evoluciones embrionarias de un pez⁵.

Pero todo el esfuerzo efectuado por Jiménez de la Espada para obtener su autonomía como científico mediante el logro de una cátedra no obtuvo resultados, debido, entre otras razones, a que su ascenso profesional se vio truncado cuando su compañero de expedición Martínez y Sáez ganó en 1872 la

Retrato de Francisco de Paula Martínez y Sáez, Fernando Amor, Manuel Almagro y Juan Isern (sentado).



⁵ Marcos Jiménez de la Espada, “Sobre la reproducción del *Rhinoderma darwini*”, en *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, vol. I, pp. 139-151 (sesión del 2 de octubre de 1872). Reproducido en Leoncio López-Ocón y Carmen M^a Pérez-Montes (editores), Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898). Tras la senda de un explorador, Madrid, CSIC, 2000, págs. 217-224.

cátedra de Zoografía de Vertebrados. No obstante, al terminar el Sexenio democrático logró culminar su obra cumbre como zoólogo, es decir su estudio sobre la colección de anfibios que había formado en su viaje americano. En ella describió 2 géneros, 12 especies y 3 subespecies nuevos, además de redescubrir 18 géneros y 24 especies previamente conocidos, haciendo junto a esas descripciones y redescubrimientos interesantes observaciones de distinto tipo sobre la biología de esas especies.

Hasta tal punto fue importante ese trabajo para los herpetólogos estudiosos de la fauna neotropical que la Sociedad Internacional para el estudio de los anfibios y reptiles, con sede en los Estados Unidos, tomó la iniciativa en colaboración con el gobierno español de reeditarla un siglo después en 1978.

Ahora bien, Jiménez de la Espada, consciente de su imposibilidad de lograr su cátedra como zoólogo decidió reorientar su mirada hacia el pasado por diversas razones, entre las que cabe señalar: su nacionalismo cultural, su voluntad de construir sobre nuevas bases científicas el diálogo iberoamericano, y su afán de encontrar ancestros en sus investigaciones como naturalista. De esta manera su mirada retrospectiva empezó a reorientarse en múltiples direcciones, configurando un programa de investigaciones que a lo largo de las tres décadas siguientes se orientó hacia diversos rumbos:

- Se interesó en la historiografía y bibliografía de la historia natural española, preocupándose fundamentalmente por editar documentos relacionados con obras medievales de historia natural, con la historia de las instituciones científicas madrileñas creadas en la época moderna, y con las expediciones científicas que se enviaron a América durante el siglo XVIII como las expediciones de Hipólito Ruiz al virrei-

nato del Perú, de José Celestino Mutis al virreinato de la Nueva Granada, que formaban las actuales repúblicas de Colombia, Venezuela y Ecuador, y la expedición de circunnavegación a la Tierra de Alejandro Malaspina.

- Se apasionó por viajeros castellanos medievales como Pero Tafur y el franciscano anónimo que realizaron importantes observaciones geográficas e históricas sobre Asia Menor, el Oriente Medio y el África subsahariana.

- Empezó a especializarse en el conocimiento de la historiografía de los Cronistas de Indias, de las exploraciones geográficas de los castellanos en el espacio americano y en el estudio de las antiguas culturas peruanas, amazónicas y de otras culturas indígenas americanas como los patagones.

- Se preocupó por buscar materiales históricos andinos y amazónicos que ilustrasen sus investigaciones de naturalista.

Todos esos estudios los afrontó fundamentalmente mediante la crítica de fuentes, siguiendo las premisas metodológicas de la "*bonne méthode*", es decir del nuevo paradigma positivista historiográfico que se estaba difundiendo por toda Europa en esas décadas centrales del siglo XIX. El trabajo erudito de esos positivistas como Jiménez de la Espada se orientó fundamentalmente a la recopilación y crítica de bibliografía y fuentes, como requisito obligado para el logro de lo que esos positivistas consideraban la objetividad y delimitación de los hechos. La publicación y recopilación de fuentes, así como el tratamiento directo de las mismas, se convirtió en la condición indispensable para escribir la historia. Una serie de archivos, bibliotecas y museos, principales depósitos de fuentes históricas, se convirtieron a partir de entonces en sus más importantes y predi-

lectos laboratorios de trabajo. En ellos descubrió una gran riqueza de materiales históricos americanistas y africanistas que empezó a desempolvar y analizar progresivamente, “enmendando cuartillas, comprobando copias, acicalando textos”, que de esta manera definió el grueso de su trabajo histórico.

Ese trabajo historiográfico de Jiménez de la Espada durante el Sexenio democrático, que -recordémoslo- simultaneaba con sus investigaciones en el seno de la comisión de estudios de las colecciones del Pacífico, y con su trabajo como Ayudante Primero del Museo Nacional de Ciencias Naturales, formó parte de todo un programa colectivo de rescate de una tradición científica propia al que se adscribieron un grupo de naturalistas, científicos e ingenieros. Ese plan colectivo de trabajo, impulsado por un nacionalismo cultural, tenía múltiples motivaciones. Con él se pretendía intervenir en un debate nacional en el que se polemizaba sobre si al carro de la civilización española le faltaba la rueda de la ciencia, intentaba buscar los ancestros o predecesores que muchos científicos necesitan como elemento de apoyo y referencia de su quehacer, y se aspiraba a crear un estilo de pensamiento colectivo.

Ese estilo de pensamiento colectivo se caracterizó precisamente por buscar una tercera vía en la polémica de la ciencia española, según explicitara en aquella época el colega de Jiménez de la Espada, el catedrático de zoología de la Universidad de Madrid Laureano Pérez Arcas en su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales pronunciado en 1868. En ese discurso Pérez Arcas, impulsor tres años después de la fundación de la Sociedad Española de Historia Natural, ofreció algunos ejemplos del desarrollo de la zoología en España para mostrar el error de quienes sos-

tenían que “nuestra raza es poco a propósito para los estudios de las ciencias físicas”. Pues bien, al valorar el trabajo de esos zoólogos que habían desarrollado su labor en el pasado, Pérez Arcas adoptó una posición ecuaníme entre las dos posiciones antagónicas existentes en la polémica de la ciencia española reabierta en 1866 por el ingeniero, matemático, economista, divulgador científico y dramaturgo liberal radical José Echegaray ante el mismo auditorio: la de los conservadores que enfatizaban la existencia de una importante tradición científica nacional, surgida en el marco de un “régimen de unidad monárquica y religiosa”, como defendería poco después el joven Marcelino Menéndez y Pelayo; y la de los progresistas, como el mismo Echegaray, para quienes la falta de un ambiente cultural favorable a la libre investigación y discusión de las ideas imposibilitó la existencia de una ciencia moderna en España. Según Pérez Arcas la verdad se encontraba “en medio de estas dos opiniones, ambas inadmisibles por igualmente exageradas”. En su opinión ante el desarrollo de los estudios zoológicos hechos en España, por ejemplo, no había que mostrar ni un insensato orgullo, ni un triste desaliento.

Ahora bien, enmarcar el plan de trabajo historiográfico de Jiménez de la Espada en un estilo de pensamiento colectivo no significa minimizar el valor de sus conquistas individuales. Su originalidad cabe encontrarla fundamentalmente en el hecho de que fue uno de los historiadores de la ciencia de su época, más sensibles en aquilatar lo que había significado la experiencia americana en la formación y desarrollo de la tradición de conocimiento de los naturalistas españoles, perfeccionando y completando de esa manera ideas que circulaban entre sus colegas. De hecho a partir de sus investigacio-

nes se confirmó lo que ya había apuntado el naturalista prusiano Alejandro de Humboldt: que el hallazgo de una “*cuarta pars*”, es decir la toma de conciencia de la existencia de un nuevo continente por los europeos a principios del siglo XVI, fue fundamental para el despliegue de una curiosidad universal entre las elites de la Monarquía hispánica del siglo XVI. Jiménez de la Espada se convirtió en un pionero de los estudios de aquellos historiadores que sostienen actualmente que el cultivo de las ciencias y de las técnicas se convirtió en un instrumento fundamental para la construcción imperial de los grandes monarcas de la dinastía de los Habsburgo: Carlos V y Felipe II.

La **tercera etapa** de las actividades científicas y del proceso de conocimiento de Jiménez de la Espada transcurrió entre 1876 y 1890, aproximadamente, que fue una época de altibajos en la difusión de su saber como americanista.

Durante esos tres lustros se desarrolló de manera desigual su programa de investigaciones, encaminado ya decididamente al estudio de la historia de las civilizaciones y culturas autóctonas americanas, particularmente andinas y amazónicas, y al análisis de cómo la acción colonial de la Monarquía hispánica promovió el conocimiento del espacio americano y de las sociedades amerindias. Gracias a esas investigaciones logró convertirse durante el último cuarto del siglo XIX en una de las máximas autoridades mundiales en el conocimiento del Tawantinsuyu o imperio de los incas, y en el estudio de las relaciones culturales y científicas entre España e Iberoamérica en la era moderna.

En una primera fase de ese período desplegó redes para buscar aliados y entabló una efectiva política con autoridades e instituciones científicas del

nuevo régimen de la Restauración, como la Real Sociedad Geográfica de Madrid, de la que fue socio fundador en 1876. Fue en esa institución donde se congregaron una serie de científicos formados en la acción neocolonial de la España isabelina de principios de la década de 1860, como Jiménez de la Espada, y que luego en la década de 1870 se mostraron dispuestos a legitimar y fomentar la proyección colonial de la sociedad española de la Restauración en una triple dirección: africana, -orientando sus intereses hacia Argelia, Guinea y el Sahara-, americana, -pacificando la isla de Cuba- y oceánica, protegiendo los intereses españoles en Filipinas.

Gracias al éxito de sus alianzas Jiménez de la Espada logró ser apoyado por el Ministerio de Fomento, el conde de Toreno, para incorporarse al movimiento científico internacional de Americanistas que se había constituido en la Europa francófona a mediados de los años 1870 cuyo objetivo era doble: profundizar en el conocimiento de la América precolumbina, y en el estudio del modo de vida de las culturas americanas autóctonas.

Así tras ser enviado al III Congreso de esa sociedad internacional de Americanistas, celebrado en Bruselas en 1879, adonde se presentó con una magnífica edición de la obra que editó con el título de *Tres Relaciones de Antigüedades Peruanas*, logró comprometer al Estado español para organizar el siguiente congreso en Madrid. Esa asamblea científica se celebró en Madrid en setiembre de 1881, en una coyuntura histórica en la que se normalizaron e intensificaron las relaciones entre España y las repúblicas latinoamericanas, en el marco de una dinámica política hispanoamericanista de los gobiernos liberales de la década de 1880-1890. Ese IV Congreso Internacional de Americanistas fue el primer con-

greso científico internacional celebrado en la sociedad española del siglo XIX y se constituyó en uno de los hitos del desarrollo del americanismo científico español del siglo XIX. En él nuestro autor desplegó una ingente actividad, organizando por ejemplo una magnífica exposición de documentos históricos concernientes a la historia precolombina y a la acción colonial española en tierras americanas. Además recibió el encargo de preparar una edición de las *Relaciones Geográficas de Indias*, correspondientes al virreinato del Perú, que se encontraban inéditas en la Academia de la Historia, para ofrecerla como donativo del Gobierno español a los congresistas. Estos recibieron, en efecto, el primer tomo, de una obra monumental que ocuparía a Espada el resto de su vida, pues el segundo tomo lo editó en 1885 y los dos últimos tomos en 1897, -un año antes de su fallecimiento- convirtiéndose en su obra cumbre en el terreno de la historiografía, sobre la que volveremos después.

Regresando a 1881, cuando nuestro autor cumplió 50 años, diremos que, tras encontrarse en la cima de su actividad intelectual, se aprecia en la trayectoria de Jiménez de la Espada un decaimiento en el ritmo de difusión de sus conocimientos y un debilitamiento en el reconocimiento por parte de la sociedad española de sus actividades científicas, lo cual afectó al desarrollo de su obra durante la década de 1880. Esta situación se encuentra, a mi modo de ver, relacionada fundamentalmente con dos hechos. Por una parte, en esos años centrales de la década de 1880 dedicó la mayor parte de sus energías intelectuales y de su capacidad de trabajo a las tareas de la Comisión de examen de las cuestiones de límites entre Colombia y Venezuela, organismo que creó el gobierno español para recabar asesoramiento

científico-técnico que fundamentase las decisiones que tenía que tomar el rey Alfonso XII, designado árbitro de ese problema limítrofe por los dos países andinos mencionados. Por otro lado, fracasó en su estrategia de crear un colectivo de estudios sobre las culturas indígenas americanas.

De esta manera su productividad tuvo un nivel bajo entre 1883 y 1888 y durante unos años sufrió un nuevo aislamiento en el seno de la comunidad científica española, aunque sin embargo participó muy activamente en las redes de funcionamiento de la comunidad científica internacional de americanistas asistiendo a los congresos internacionales de Americanistas celebrados en Turín en 1886, en Berlín en 1888 y en París en 1890.

Esta situación supuso que durante parte de la década de 1880 se retrajese de colaborar con las instituciones que había impulsado en la década anterior como la Sociedad Española de Historia Natural o la Sociedad Geográfica de Madrid, y que su colaboración con la Real Academia de la Historia, en la que fue elegido académico de número en 1882, fuese reticente. Al debilitarse la renovación de sus alianzas con los colegas de esas instituciones buscó nuevos apoyos sociales a sus investigaciones históricas, encontrándolos en el seno de la Institución Libre de Enseñanza, promovida por la señera figura de Francisco Giner de los Ríos. En ese vivero del reformismo liberal se formó su único hijo varón Gonzalo, quien años adelante además de preservar con mimo el legado científico de su padre, desarrollaría una notable carrera de pedagogo, colaborando estrechamente con José Castillejo el secretario de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, el organismo que se creó en 1907 para combatir el atraso científico español, y promover la “caja-

lización” de España a través del cultivo de las ciencias experimentales, como he explicado en mi *Breve historia de la ciencia española*. Pero además ahí en la Institución Libre de Enseñanza encontró atentos lectores de su obra como Francisco Giner de los Ríos con el que nuestro autor intimaría, Manuel Bartolomé Cossío, Aniceto Sela, o Joaquín Costa. De todos esos institucionistas, figuras señeras de la cultura liberal española de la Restauración, admiradores de Jiménez de la Espada, sobresale el alicantino Rafael Altamira, quien fue editor de algunos de sus escritos, continuador de la parte de su programa historiográfico, concerniente a sus estudios sobre la importancia del Derecho indiano en la organización del sistema colonial español, y entusiasta crítico de la edición de Jiménez de la Espada de las *Relaciones Geográficas de Indias*, como podrán comprobar los lectores del libro *Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898). Tras la senda de un explorador*, que coedité en el año 2000.

Por último cabe señalar que la **etapa terminal** de la trayectoria vital y de la producción intelectual de Jiménez de la Espada se ubica entre 1890 y 1898.

En ese lapso de tiempo se produjo el reconocimiento socio institucional de su quehacer tanto en el extranjero, pues en 1891 fue elegido miembro honorario de la prestigiosa Sociedad Berlinesa de Antropología, Etnología y Prehistoria, y luego en 1896 también miembro honorario de la recién fundada Sociedad de Americanistas de París, como en España. En efecto, en 1893 fue elegido miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales tras desempatar en una segunda vuelta de una votación con su oponente -un ingeniero de Montes-. Al año siguiente el geógrafo Gonzalo de Reparaz lo presentaría en sociedad en las páginas de la prestigiosa

revista *La Ilustración Española y Americana*, como uno de los sabios españoles de aquella época. En 1895 fue elegido presidente de la Real Sociedad Española de Historia Natural. En 1897 obtuvo el prestigioso premio duque de Loubat, bien retribuido económicamente, otorgado por la Real Academia de la Historia por la finalización de su edición de los cuatro volúmenes de su monumental *Relaciones Geográficas de Indias*. Y el 13 de julio de 1898, tras el fallecimiento de quien había sido su maestro Mariano de la Paz Graells, fue nombrado catedrático numerario de Anatomía comparada de la Facultad de Ciencias, sección de las Naturales, de la Universidad Central, cátedra que no llegaría a ocupar pues Jiménez de la Espada fallecería poco después -el 3 de octubre de 1898-, en aquellos días en los que regresaban a esta Península por miles soldados vencidos y enfermos tras la derrota en la guerra con Estados Unidos, y la consiguiente pérdida de Cuba, Puerto Rico y Filipinas.

Ese ascenso socio profesional que se produjo en los últimos años de la vida de Jiménez de la Espada puede ser contemplado como una derivación del movimiento de aproximación iberoamericana que originó la conmemoración del IV Centenario del Descubrimiento de América en 1892, que impulsó la productividad de Marcos Jiménez de la Espada. Precisamente uno de los trabajos que editó en torno a esa coyuntura fue el artículo que apareció a finales de 1891 en las páginas del *Boletín de la Sociedad Geográfica de Madrid* sobre “Las islas de los Galápagos y otras más a poniente”, en el que demostró cómo ese archipiélago había sido reconocido por muchos navegantes y exploradores incas y españoles antes de que Darwin lo inspeccionase en su viaje a bordo del *Beagle*⁶.

⁶ Marcos Jiménez de la Espada, “Las islas de los Galápagos y otras más a poniente”, *Boletín de la Sociedad Geográfica de Madrid*, segundo semestre 1891, tomo XXXI, págs. 351-402. Publicado también como folleto en 1892 en Madrid, Imp. Fortanet, 1892, 52 págs. + 1 mapa plegado, 25 cms. 4ª. Rústica.

Fue, en efecto, un apoyo procedente del exterior, del gobierno peruano precisamente, en forma de una importante condecoración que se le concedió como premio y agradecimiento a sus contribuciones al conocimiento a la historia del Perú, el hecho que cabe considerar decisivo en el postrero reconocimiento que dispensara una parte sustancial de la comunidad científica española a la obra histórico-geográfica americanista del naturalista Jiménez de la Espada. Ese premio otorgado por un decreto del gobierno del Perú de 5 de diciembre de 1892 consistió en una medalla de oro de 45 mm de diámetro y noventa y seis gramos de peso que le entregó con el diploma correspondiente el enviado extraordinario y Ministro plenipotenciario de esa república andina. Tal recompensa le fue concedida para manifestar el alto aprecio del gobierno de esa república a los importantes trabajos históricos y geográficos relativos al Perú efectuados por D. Marcos Jiménez de la Espada, entre los que se destacaban en el mencionado decreto sus publicaciones “sobre el insigne cronista Cieza de León, sus Relaciones Geográficas de Indias y sus disquisiciones relativas al Descubrimiento y a la época colonial”.

Ese aprecio peruano por la obra de nuestro autor se confirmó asimismo años después. En efecto tras su fallecimiento en 1898 se promovió una amplia campaña de solidaridad económica con su familia en la que se recaudaron 11.862,50 pesetas, cantidad importante teniendo en cuenta las 4.500 pesetas anuales que habría ganado como catedrático Jiménez de la Espada, las mil pesetas anuales que ganaba un médico de pueblo, o las 300 pesetas anuales que ganaba un profesor particular. Pues bien,

más de una sexta parte de esa cantidad, en concreto 2.763 pesetas, se recaudaron entre sus amigos peruanos, particularmente entre los integrantes de la Sociedad Geográfica de Lima.

En fin, no parece que Marcos Jiménez de la Espada tuviese en vida mucha suerte.

Y es que a ese científico cabría aplicarle la siguiente reflexión de Baltasar Gracián, con la que se encabeza el libro-homenaje que editamos en el año 2000 en torno a su vida y obra: “*Los sujetos eminentemente raros dependen de los tiempos. No todos tuvieron el que merecían, y muchos, aunque lo tuvieron, no acertaron a lograrle. Fueron dignos algunos de mejor siglo, que no todo lo bueno triunfa siempre: tienen las cosas su vez, hasta las eminencias son al uso; pero lleva una ventaja lo sabio, que es eterno, y si éste no es su siglo, otros lo serán*”.

Es posible pues que en este siglo XXI las redes de ese científico sigan desplegándose, encontrando nuevos lectores. En su pasión investigadora Jiménez de la Espada se adentró en la espesura de la naturaleza y de la historia, obsesionado por detectar piezas que revelasen arcanos y maravillas del mundo natural y aclarasen complejidades del proceso histórico construyendo progresivamente su saber de un modo propio y libre, y comunicándolo en varias ocasiones de una manera peculiar, clara y bella.

Cabe señalar finalmente que Jiménez de la Espada no fue darwinista, pero tampoco militó en el antidarwinismo. Discípulo de Graells, quien en la Academia de Ciencias de Madrid en el acto de recepción como académico del botánico Miguel Colmeiro en 1860 rechazó cualquier veleidad evolucionista, Jiménez de la Espada se

mostraría más bien más adelante como simpatizante del paradigma ecológico, cuya difusión en la sociedad española entre 1860 y 1881 trazara José Sala Catalá en un muy sugerente libro⁷. Es posible que esa simpatía hacia planteamientos darwinistas llevara años después -en 1906- a su único hijo varón, Gonzalo, a traducir al castellano con el título de *La evolución mental en el hombre. Origen de la facultad característica humana*, una de las obras más importantes del discípulo y amigo de Darwin, el biólogo evolucionista, y fundador de la sicología comparada, George John Romanes⁸ ●

Nota bibliográfica

Más detalles sobre el proceso de conocimiento de Jiménez de la Espada y su contexto histórico-científico se pueden encontrar en mis siguientes trabajos:

- *De viajero naturalista a historiador. Las actividades americanistas del científico español Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898)*, Madrid, Ediciones de la Universidad Complutense, 1991, 2 vols, (Colección Tesis Doctorales).

- "Las actividades americanistas del naturalista español Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898)", en Alejandro R. DIEZ TORRE, *et al.* (coords.), *La ciencia española en Ultramar* (Actas de las Primeras Jornadas realizadas en el Ateneo de Madrid sobre "España y las Expediciones científicas a América y Filipinas", 11-22 de marzo de 1991), Madrid, Editorial Doce Calles, 1991, pp. 363-380.

- *Marcos Jiménez de la Espada (1831-1898). Tras la senda de un explorador*, Madrid, CSIC, 2000 (en coedición con Carmen María Pérez-Montes).

- "Los desplazamientos de Jiménez de la Espada, Castro y Ordóñez y sus compañeros de la Comisión Científica del Pacífico por el espacio americano. Un viaje entre el presente y el pasado", en Salvador Sánchez Terán *et al.*, *La formación del espacio histórico: transportes y comunicaciones*. Duodécimas Jornadas de Estudios Históricos organizadas por el Departamento de Historia Medieval, Moderna y Contemporánea, Salamanca, Ediciones Universidad de Salamanca, 2001, pp. 215-240.

- En la obra de Agustín J. Barreiro, *Diario de la expedición al Pacífico llevada a cabo por una comisión de naturalistas españoles durante los años 1862-1865, escrito por D. Marcos Jiménez de la Espada, miembro que fue de la misma*, Madrid, Publicaciones de la Real Sociedad Geográfica, 1928.

También se recomienda consultar:

www.pacifico.csic.es (Portal dedicado a la Comisión Científica del Pacífico), coordinado por Leoncio López-Ocón y Agnès Ponsati y www.csic.es/cbic/BGH/espada/pagina.htm (web dedicada al fondo Marcos Jiménez de la Espada de la Biblioteca Tomás Navarro Tomás del CSIC).

Y los productos multimedia:

- *Catálogo de fotografías de la Comisión Científica del Pacífico. Colección CSIC*, Madrid, CSIC, 2000, CD-Rom, coordinado por Juana Molina, Carmen M^ª Pérez-Montes y Leoncio López-Ocón.

- La Comisión Científica del Pacífico: de la expedición (1862-1866) al ciberespacio (1998-2003), Madrid, CSIC, 2004, DVD, coordinado por Leoncio López-Ocón y Carne Verdaguer.

⁷ José Sala Catalá, *Ideología y ciencia biológica en España entre 1860 y 1881*. La difusión de un paradigma, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1987 (Cuadernos Galileo de Historia de la Ciencia nº 8).

⁸ George John Romanes, *La evolución mental en el hombre. Origen de la facultad característica humana*, traducción del inglés por Gonzalo J. de la Espada, Madrid, Daniel Jorro, editor, 1906 (Biblioteca científico-filosófica).

