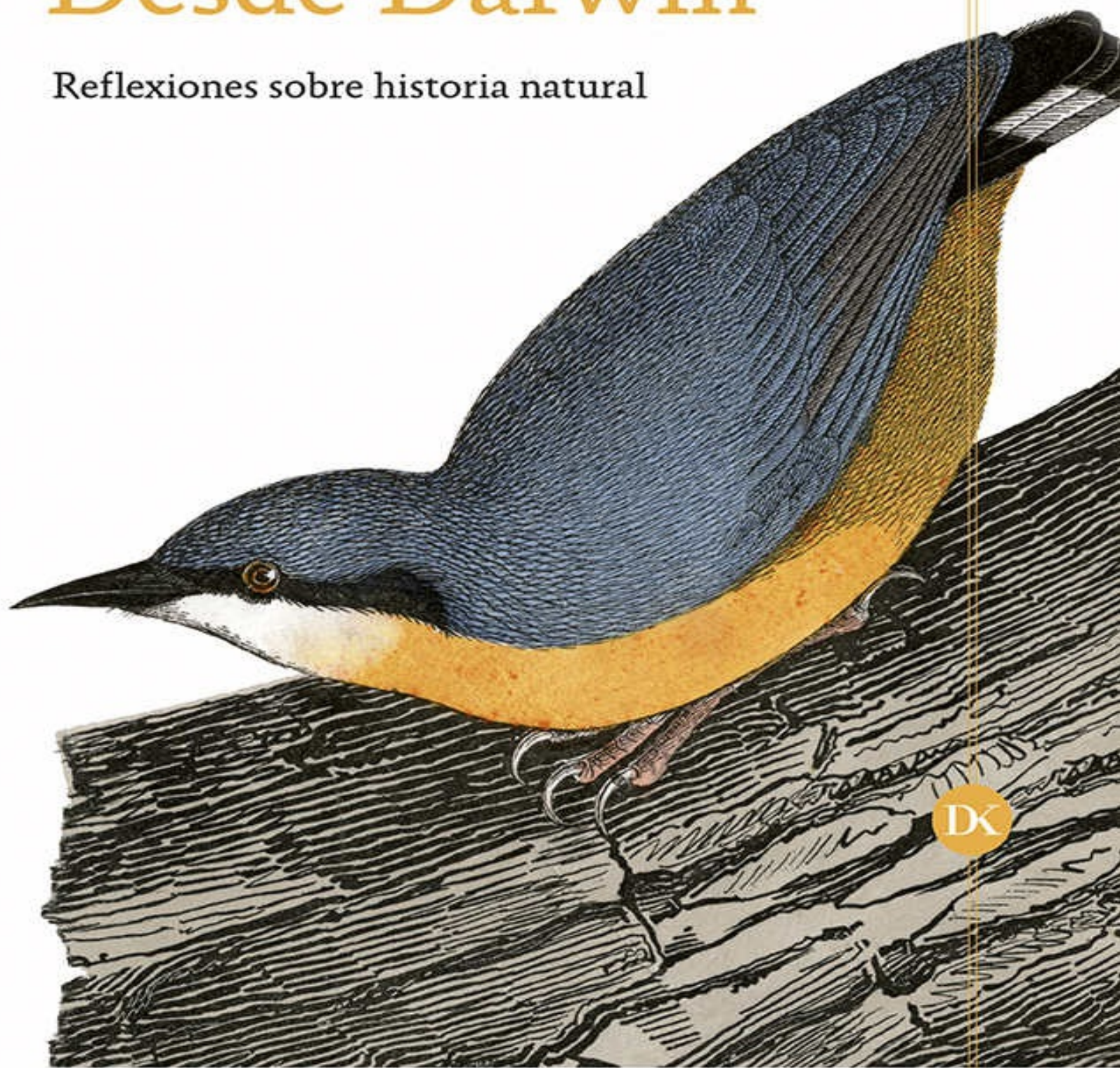


Stephen Jay Gould

Desde Darwin

Reflexiones sobre historia natural



DK

CRÍTICA

Índice

Portada

Sinopsis

Portadilla

Dedicatoria

Prólogo

I. Darwiniana

1. El retraso de Darwin
2. La transformación marítima de Darwin o cinco años a la mesa del capitán
3. El dilema de Darwin: La odisea de la evolución
4. El entierro prematuro de Darwin

II. La evolución del hombre

5. Una cuestión de grado
6. Arbustos y escaleras en la evolución del hombre
7. El niño como verdadero padre del hombre
8. Los bebés humanos como embriones

III. Organismos extraños y ejemplares evolutivos

9. El mal llamado, mal tratado y mal comprendido alce irlandés
10. La sabiduría orgánica, o por qué debe una mosca comerse a su madre desde dentro
11. Los bambúes, las cigarras y la economía de Adam Smith
12. El problema de la perfección, o cómo puede una almeja engarzar un pez

IV. Pautas y puntuaciones en la historia de la vida

13. El pentágono de la vida
14. Un héroe unicelular sin corona
15. ¿Es la explosión cámbrica un fraude sigmoideo?
16. La gran muerte

V. Teorías acerca de la Tierra

17. El pequeño y sucio planeta del reverendo Thomas
18. Uniformidad y catástrofe
19. Velikovsky en colisión
20. La validación de la deriva continental

VI. Tamaño y forma, desde las iglesias a los cerebros y los planetas

21. Tamaño y forma
22. Cuantificación de la inteligencia humana
23. Historia del cerebro de los vertebrados
24. Tamaños y superficies planetarias

VII. Ciencia y sociedad: una perspectiva histórica

25. Héroe y botarate en las ciencias
26. La postura hace al hombre
27. Racismo y recapitulación
28. El criminal como error de la naturaleza, o el mono que algunos llevamos dentro

VIII. La ciencia y la política de la naturaleza humana

- A. Raza, sexo y violencia
29. Razones biológicas por las que no deberíamos poner nombres a las razas humanas
 30. La no ciencia de la naturaleza humana
 31. Los argumentos racistas y el CI

- B. Sociobiología
- 32. Potencialidades biológicas versus determinismo biológico
- 33. Un animal inteligente y bondadoso

Epílogo

Bibliografía

Notas

Créditos

Te damos las gracias por adquirir este EBOOK

Visita Planetadelibros.com y descubre una nueva forma de disfrutar de la lectura

¡Regístrate y accede a contenidos exclusivos!

Próximos lanzamientos
Clubs de lectura con autores
Concursos y promociones
Áreas temáticas
Presentaciones de libros
Noticias destacadas

PlanetadeLibros.com

**Comparte tu opinión en la ficha del libro
y en nuestras redes sociales:**



Explora Descubre Comparte

SINOPSIS

Desde Darwin fue el primer libro que el añorado Stephen Jay Gould (1941-2002) publicó reuniendo algunos de los ensayos que escribía para su columna mensual del *Natural History Magazine*. Apareció en 1977 y fue la obra que le lanzó a una fama mundial que ya nunca abandonaría. No es un libro más de los muchos que escribió el gran paleontólogo y biólogo evolutivo de Harvard, sino uno en el que el hilo conductor son sus dos grandes amores: Darwin y su teoría de la evolución. Así, el primer grupo de artículos explora la propia teoría de Darwin, deteniéndose en cuestiones como ¿por qué esperó veintiún años antes de publicar su teoría? La aplicación del darwinismo a la evolución humana, incluyendo qué nos separa y qué nos une con las demás criaturas que pueblan la Tierra, es el tema de los dos siguientes grupos de trabajos, mientras que el cuarto estudia los esquemas de la historia de la vida, caracterizada según Gould no por la continuidad que suponía Darwin, sino por un mundo puntuado de extinciones masivas y rápidos orígenes entre largas etapas de relativa tranquilidad. De la historia de la vida, pasa en los dos siguientes apartados a la historia de su morada, la Tierra, abordando cuestiones del tipo de si tiene alguna dirección la historia geológica. Finalmente, y para que no olvidemos el impacto que nuestros propios criterios sociales y políticos tienen en la supuestamente "objetiva" ciencia, nos encontramos con ensayos en los que analiza temas tan variados como las ideas de Engels sobre la evolución humana, la teoría de Lombroso de la criminalidad innata, el determinismo biológico o la en momentos tan popular sociobiología. Todo un festín de Stephen Jay Gould en estado puro.

Desde Darwin

Reflexiones sobre historia natural

Stephen Jay Gould

Traducción castellana de Antonio Resines
Revisión de Joandomènec Ros

Para mi padre,
que me llevó a ver al *Tyrannosaurus*
cuando yo tenía cinco años.

Prólogo

«Cien años sin Darwin son suficientes», refunfuñaba el notable genetista americano H. J. Muller en 1959. El comentario les pareció a muchos de sus oyentes un modo singularmente poco prometedor de conmemorar el centenario de *El origen de las especies*, pero nadie podía negar la verdad expresada en su frustración.

¿Por qué ha resultado Darwin tan difícil de asimilar? En el transcurso de una década convenció a todo el mundo pensante de que la evolución se había producido, pero su propia teoría acerca de la selección natural jamás llegó a alcanzar gran popularidad en el transcurso de su vida. No se impuso hasta la década de 1940, e incluso hoy en día, si bien forma el núcleo de nuestra teoría evolutiva, sigue siendo ampliamente malinterpretada, se cita con errores y se aplica mal. El problema no puede obedecer a la complejidad de su estructura lógica, ya que la base de la selección natural es la simplicidad misma, dos hechos innegables y una conclusión inevitable:

1. Los organismos varían, y estas variaciones son heredadas (al menos en parte) por su descendencia.
2. Los organismos producen más descendencia de la que es concebible que pueda sobrevivir.
3. Por término medio, la descendencia que varíe más intensamente en las direcciones favorecidas por el medio ambiente sobrevivirá y se propagará. Por lo tanto, las variaciones favorables se acumularán en las poblaciones por selección natural.

Estas tres afirmaciones garantizan la actuación de la selección natural, pero no garantizan (por sí mismas) el papel fundamental que Darwin le asignó. La esencia de la teoría de Darwin yace en su convicción de que la selección natural es la fuerza creativa de la evolución no simplemente el verdugo de los no adaptados. La selección natural construye también a los organismos adaptados; debe elaborar la adaptación en etapas, preservando generación tras generación la fracción favorable de un espectro de variaciones al azar. Si la selección natural es creativa, nuestra primera afirmación acerca de la variación debe verse complementada por dos condiciones adicionales.

En primer lugar, la variación debe producirse al azar, o al menos no orientarse de manera preferente hacia la adaptación, ya que si la adaptación viene ya orientada en la dirección correcta, la selección no desempeña papel creativo alguno, y se limita a eliminar a los desafortunados individuos que no varían del modo apropiado. El lamarckismo, con su insistencia en que los animales responden creativamente a sus necesidades y transmiten los caracteres adquiridos a su descendencia, es una teoría no darwiniana que plantea

precisamente eso. La comprensión de las mutaciones genéticas que tenemos en la actualidad sugiere que Darwin tenía razón al mantener que la variación no va dirigida en direcciones favorables. La evolución es una mezcla de azar y de necesidad (azar al nivel de la variación, necesidad en el funcionamiento de la selección).

En segundo lugar, la variación debe ser pequeña en relación con la extensión del cambio evolutivo en la fundación de una nueva especie. Porque si las nuevas especies surgen de repente, entonces la selección no tiene más que eliminar a los anteriores inquilinos para hacer sitio a una mejora no elaborada por ella. Una vez más, nuestra comprensión de los mecanismos de la genética respalda el punto de vista de Darwin de que el meollo del cambio evolutivo son las pequeñas mutaciones.

Así, la teoría aparentemente simple de Darwin no carece de sutiles complejidades y requerimientos adicionales. No obstante, y en mi opinión, el mayor obstáculo para su aceptación no se encuentra en la existencia de dificultad científica alguna, sino más bien en el contenido filosófico radical del mensaje de Darwin, en su desafío a toda una serie de actitudes occidentales muy enraizadas que no estamos todavía dispuestos a abandonar.

En primer lugar, Darwin argumenta que la evolución carece de propósito. Cada individuo lucha por incrementar la representación de sus genes en las generaciones futuras, y eso es todo. Si el mundo exhibe orden y armonía, no es más que un resultado incidental de la persecución por parte de cada individuo de su propio beneficio; es decir, la teoría económica de Adam Smith trasplantada a la naturaleza. En segundo lugar, Darwin sostenía que la evolución carece de dirección; no lleva inevitablemente a la aparición de organismos superiores. Los organismos se limitan a adaptarse mejor a su entorno local, y eso es todo. La «degeneración» de un parásito es tan perfecta como los andares de una gacela. En tercer lugar, Darwin aplicó una consistente filosofía materialista a su interpretación de la naturaleza. La materia es la base de toda existencia; la mente, el espíritu e incluso Dios no son más que palabras que expresan los maravillosos resultados de la complejidad neuronal. Thomas Hardy, haciendo de portavoz de la naturaleza, expresaba su dolor por la afirmación de que había desaparecido todo propósito, dirección y espíritu:

Cuando partí con el alba, el estanque,
el prado, el rebaño y el árbol solitario
parecían todos mirarme
como niños castigados y silenciosos sentados en un colegio;

Entre ellos se agita tan sólo un balbuceo
(como si otrora hubiera sido una nítida llamada pero
ahora apenas un aliento):
«¡Nos preguntamos, siempre nos preguntamos, por qué
nos encontramos aquí!».

Sí, el mundo ha sido diferente desde Darwin. Pero no menos excitante, constructivo o enaltecedor; ya que si no podemos encontrar un propósito en la naturaleza, tendremos que definirlo por nosotros mismos. Darwin no era un moralista mentecato; simplemente se resistía a cargar sobre la naturaleza todos los profundos prejuicios del pensamiento occidental. De hecho, yo sugiero que el verdadero espíritu darwiniano podría aún sacar adelante nuestro mundo vacío dando el mentís a uno de los temas favoritos de nuestra arrogancia occidental: que nuestro destino es disfrutar del control y el dominio de la Tierra y su vida dado que somos el más elevado producto de un proceso predeterminado.

En cualquier caso deberíamos llegar a un acuerdo con Darwin, y para ello debemos comprender tanto sus creencias como las implicaciones de éstas. Todos los (muy dispares) ensayos de este libro están dedicados a la exploración de «esta visión de la vida», el término acuñado por el propio Darwin para su nuevo mundo evolutivo.

Estos ensayos, escritos entre 1974 y 1977, aparecieron originalmente en mi columna mensual en *Natural History Magazine*, titulada «This View of Life» («Esta visión de la vida»). Hablan acerca de la historia geológica y planetaria lo mismo que de la sociedad y la política, pero están unidos (al menos en mi mente) por el hilo conductor de la teoría evolutiva (en la versión de Darwin). Soy un minorista, no un erudito. Lo que conozco de los planetas y la política se halla en su intersección con la evolución biológica.

No paso por alto la chanza del periodista de que el periódico de ayer sirve para envolver la basura de hoy. Tampoco paso por alto los desmanes cometidos en nuestros bosques para publicar colecciones redundantes e incoherentes de ensayos; ya que, al igual que Lorax, el personaje del doctor Seuss, me gusta pensar que hablo en nombre de los árboles. Más allá de la vanidad, mi única excusa para recopilar estos ensayos yace en la observación de que a mucha gente le gustan (y que un número igual de personas los desprecian), y que parecen aglutinarse en torno a un tema común, la perspectiva evolutiva de Darwin como antídoto para nuestra arrogancia cósmica.

La primera parte explora la propia teoría de Darwin, especialmente la filosofía radical que inspiró la queja de H. J. Muller. La evolución carece de propósito, es no progresiva y materialista. Yo abordo tan árido mensaje a través de unos cuantos acertijos entretenidos. ¿Quién era el naturalista del *Beagle*? (Darwin, no). ¿Por qué no utilizó Darwin el término «evolución»? ¿Por qué esperó veintiún años a publicar su teoría?

La aplicación del darwinismo a la evolución humana es el tema de la segunda parte. En ella intento destacar tanto nuestra singularidad como nuestra unidad con las demás criaturas. Nuestra singularidad surge del funcionamiento de procesos evolutivos ordinarios, no de ninguna predisposición a cosas más elevadas.

En la tercera parte, exploro algunas complejas cuestiones de la teoría evolutiva a través de su aplicación a organismos peculiares. Por un lado, estos ensayos hablan de ciervos de gigantescas cornamentas, de moscas que devoran a sus madres desde dentro,

de almejas que desarrollan un pez señuelo en su extremo posterior y de bambúes que sólo florecen una vez cada ciento veinte años. A otro nivel, abordan los temas de la adaptación, la perfección y la aparente carencia de sentido.

La cuarta parte extiende la teoría evolutiva hasta una exploración de los patrones de la historia de la vida. No nos encontramos con una crónica de majestuoso progreso, sino con un mundo puntuado por períodos de extinciones masivas y rápida originación entre largas etapas de relativa tranquilidad. Centro mi atención en los dos hitos más grandes: la «explosión» del Cámbrico, que puso en escena la mayor parte de la vida animal compleja hace alrededor de seiscientos millones de años, y la extinción del Pérmico, que se llevó por delante a la mitad de las familias de invertebrados marinos hace doscientos veinticinco millones de años.

De la historia de la vida paso a la historia de su morada, nuestra Tierra (quinta parte). Discuto tanto a los héroes primitivos (Lyell) como a los herejes modernos (Velikovsky) que se enfrentaron con la más general de todas las interrogantes: ¿tiene alguna dirección la historia geológica? ¿Es el cambio lento y majestuoso, o rápido y cataclísmico? ¿Cómo refleja la historia de la vida la de la Tierra? Encuentro una posible solución a algunas de estas cuestiones en la «nueva geología» de la tectónica de placas y la deriva continental.

La sexta parte intenta abarcar un poco todo, y presta atención a lo pequeño. Parto de un único y simple principio —la influencia del tamaño en las formas de los objetos— y planteo que se aplica a un abanico asombrosamente amplio de fenómenos del desarrollo. Incluyo la evolución de superficies planetarias, el cerebro de los vertebrados y las diferencias características de forma que se dan entre las iglesias medievales pequeñas y las grandes.

A algunos lectores, la séptima parte puede parecerles una ruptura de esta secuencia. He seguido laboriosamente unos principios generales hasta sus aplicaciones específicas, y he vuelto de nuevo a su funcionamiento en los esquemas principales de la vida y la Tierra. Ahora paso a la historia del pensamiento evolutivo, en particular al impacto de los criterios sociales y políticos sobre la supuestamente «objetiva» ciencia. Pero para mí todo forma parte de la misma cosa: otra espina en el costado de la arrogancia científica con un mensaje político sobreañadido. La ciencia no es una marcha inexorable hacia la verdad, mediatizada por la recolección de información objetiva y la destrucción de antiguas supersticiones. Los científicos, como seres humanos normales y corrientes, reflejan de manera inconsciente en sus teorías las constricciones sociales y políticas de su época. Como miembros privilegiados de la sociedad, acaban con gran frecuencia defendiendo las convenciones sociales existentes como algo biológicamente predeterminado. Discuto el mensaje global de un oscuro debate surgido en el seno de la embriología del siglo XVIII, los criterios de Engels acerca de la evolución humana, la teoría de Lombroso de la criminalidad innata y una retorcida historia salida de las catacumbas del racismo científico.

La última parte sigue con el mismo tema, pero aplicándolo a las discusiones contemporáneas acerca de «la naturaleza humana»: el mayor impacto de la teoría evolutiva mal aplicada sobre la actual política social. En la primera subparte crítica, como prejuicio político, el determinismo biológico que recientemente nos ha anegado de simios asesinos como antecesores, de agresión y territorialidad innatas, de pasividad femenina como algo dictado por la naturaleza, de diferencias raciales en el coeficiente intelectual, etc. Planteo que no existe prueba alguna que respalde ninguna de estas afirmaciones y que tan sólo representan la más reciente encarnación de un largo y triste relato frecuente en la historia occidental: culpar a la víctima colgándole una etiqueta de inferioridad biológica, o utilizar «la biología como cómplice», en palabras de Condorcet. La segunda subparte aborda tanto mi felicidad como mi insatisfacción con el recientemente bautizado estudio de la «sociobiología», y su promesa de una nueva explicación, darwiniana, de la naturaleza humana. Sugiero que muchas de sus afirmaciones específicas son especulaciones carentes de base al modo determinista, pero considero de un gran valor su explicación darwiniana del altruismo (como apoyo a mi referencia alternativa de que la herencia nos ha dotado de flexibilidad, no de una rígida estructura social ordenada por la selección natural).

Estos ensayos han sufrido tan sólo alteraciones mínimas con respecto a su condición original de columnas de la *Natural History Magazine*: se han corregido errores, se han eliminado localismos, y la información se ha puesto al día. He intentado eliminar esa maldición de las colecciones de ensayos, la redundancia, pero me he echado para atrás siempre que mi bisturí de editor amenazaba la coherencia de cualquier ensayo individual. Por lo menos jamás utilizo dos veces la misma cita. Finalmente, me gustaría expresar mi agradecimiento y afecto por el editor jefe Alan Ternes y por sus correctores de pruebas Florence Edelstein y Gordon Beckhorn. Me han prestado su apoyo en medio de una avalancha de cartas malhumoradas, y han mostrado la más exquisita tolerancia y discreción utilizando un flexible criterio editorial. No obstante, échenle la culpa a Alan de todos los títulos realmente pegadizos, particularmente por el «fraude sigmoideo» del ensayo 15.

Sigmund Freud expresó tan bien como cualquier otro el impacto inextirpable de la evolución sobre la vida y el pensamiento humanos al escribir:

La humanidad ha tenido que soportar, en el transcurso del tiempo y de manos de la ciencia, dos grandes ultrajes contra su ingenuo amor por sí misma. El primero fue cuando se dio cuenta de que nuestra Tierra no era el centro del universo, sino tan sólo una mota de polvo en un sistema de mundos de una magnitud casi inconcebible [...] El segundo se produjo cuando la investigación biológica privó al hombre de su particular privilegio de haber sido especialmente creado, relegándole a descendiente del mundo animal.

Sostengo que el conocimiento de esta relegación constituye también nuestra mayor esperanza de continuidad sobre una Tierra frágil. Que pueda florecer «esta visión de la vida» en el curso de su segundo siglo y que nos ayude a comprender tanto los límites

como las lecciones de la comprensión científica, mientras nosotros, como los prados y los árboles de Hardy, seguimos preguntándonos por qué nos encontramos aquí.

I
Darwiniana

El retraso de Darwin

Pocos sucesos inspiran más especulaciones que las largas pausas inexplicadas en la actividad de personas famosas. Rossini coronó una brillante carrera operística con *Guillermo Tell*, y después no escribió prácticamente nada en los siguientes treinta y cinco años. Dorothy Sayers abandonó a Lord Peter Wimsey en el apogeo de su popularidad y se volvió hacia Dios. Charles Darwin desarrolló una teoría radical de la evolución en 1838 y la publicó veintiún años más tarde, y sólo porque A. R. Wallace estaba a punto de pisársela.

Cinco años compartidos con la naturaleza a bordo del *Beagle* destruyeron la fe de Darwin en la fijeza de las especies. En julio de 1837, poco después del viaje, empezó su primer libro de notas acerca de la «transmutación». Convencido ya de que la evolución era un hecho, Darwin emprendió la búsqueda de una teoría para explicar su mecanismo. Tras muchas especulaciones preliminares y unas cuantas hipótesis que no le llevaron a ninguna parte, vio la luz mientras leía, para entretenerse, un trabajo que aparentemente no guardaba relación con sus preocupaciones. Posteriormente, Darwin escribió en su autobiografía:

En octubre de 1838 [...] leí casualmente y por entretenerme el libro de Malthus *Ensayo sobre el principio de la población*, y estando como estaba bien preparado para apreciar la lucha por la existencia que se produce continuamente por doquier, merced a una continuada observación de los hábitos de los animales y las plantas, se me ocurrió de repente que bajo estas circunstancias las variaciones favorables tenderían a verse preservadas, y las desfavorables, a ser destruidas. El resultado de esto sería la formación de nuevas especies.

Darwin hacía ya mucho tiempo que venía apreciando la importancia de la selección artificial practicada por los criadores de animales. Pero hasta que la visión de Malthus de la aglomeración y la lucha catalizó sus pensamientos, no había sido capaz de identificar el agente de la selección natural. Si todos los animales producían mucha más descendencia que la que era concebible que pudiera sobrevivir, entonces la selección natural dirigiría la evolución bajo el simple supuesto de que los supervivientes, por término medio, estarían mejor adaptados a las condiciones de vida dominantes.

Darwin sabía lo que había logrado. No podemos atribuir su retraso a una falta de apreciación de la magnitud de su logro. En 1842 y una vez más en 1844, escribió bocetos preliminares de su teoría y sus implicaciones. También dejó estrictas instrucciones a su esposa para que publicara tan sólo aquellos dos manuscritos en el supuesto de que muriera antes de finalizar su obra principal.

¿Por qué esperó más de veinte años para publicar su teoría? Es cierto que el ritmo de nuestras vidas se ha acelerado hoy en día hasta tal punto —dejando entre sus víctimas el arte de la conversación y el juego del béisbol— que podríamos confundir un período normal de tiempo en el pasado con una buena tajada de la eternidad. Pero la duración de la vida de un hombre es un patrón de medida constante; veinte años siguen siendo la mitad de una carrera normal, un gran fragmento de vida, incluso para los estándares victorianos más relajados.

La biografía científica convencional es una fuente de información notablemente equívoca acerca de los grandes pensadores. Tiende a pintarlos como máquinas sencillas y racionales que rastrean sus ideas con inquebrantable devoción bajo el influjo de un mecanismo interior no sujeto a influencia alguna, salvo las limitaciones de los datos objetivos. Así, Darwin esperó veinte años —esto es lo que dice el argumento habitual— simplemente porque no había dado fin a su trabajo. Estaba satisfecho con su teoría; pero las teorías son baratas. Estaba decidido a no publicar hasta que hubiera reunido un aplastante caudal de datos en su favor, y esto lleva tiempo.

Pero las actividades de Darwin en el transcurso de los veinte años en cuestión ponen en evidencia lo inadecuado de esta idea tradicional. En particular, dedicó nada menos que ocho años completos a escribir cuatro grandes volúmenes dedicados a la taxonomía de los percebes y su historia natural. Frente a este único dato, los tradicionalistas no pueden ofrecernos más que absurdas especulaciones, tales como que Darwin pensaba que tenía que comprender a fondo las especies antes de proclamar el modo en que cambian, y sólo podía hacer esto elaborando por sí mismo la clasificación de un grupo difícil de organismos; pero no durante ocho años, y no estando como estaba sentado sobre la idea más revolucionaria de la historia de la biología. La valoración que el propio Darwin hizo de los cuatro volúmenes figura en su autobiografía.

Aparte de descubrir varias formas nuevas y notables, distinguí las homologías entre las diversas partes [...] y demostré la existencia, en ciertos géneros, de machos diminutos complementarios y parásitos de los hermafroditas [...] No obstante, dudo que el trabajo mereciera que le dedicara tanto tiempo.

Una cuestión tan compleja como las motivaciones del retraso de Darwin en publicar su obra no tiene una respuesta sencilla, pero estoy seguro de una cosa: el efecto negativo del miedo debe de haber desempeñado algún tipo de papel en ella, al menos tan relevante como la necesidad positiva de disponer de más documentación. Entonces, ¿de qué tenía miedo Darwin?

Darwin tenía veintinueve años cuando experimentó su súbita percepción malthusiana. Carecía de posición profesional, pero se había hecho acreedor de la admiración de sus colegas por su perspicaz trabajo a bordo del *Beagle*. No se sentía dispuesto a comprometer su prometedora carrera publicando una herejía que no fuera capaz de demostrar.

¿Cuál era entonces esta herejía? La respuesta evidente es el mero hecho de creer en la evolución. Pero esto no puede ser parte fundamental de la respuesta, ya que, contrariamente a lo que se cree, la evolución constituía una herejía muy común durante la primera mitad del siglo XIX. Era un tema amplio y abiertamente discutido que, por supuesto, se enfrentaba con la oposición de la gran mayoría, pero que era admitido, o al menos tenido en cuenta por la mayor parte de los grandes naturalistas.

Tal vez la respuesta se halle en un extraordinario par de libros de notas que figuran entre los primeros escritos por Darwin (véase H. E. Gruber y P. H. Barrett, *Darwin on Man*, para conocer el texto y amplios comentarios acerca del mismo). Estos libros de notas, denominados M y N, fueron escritos en 1838 y 1839, mientras Darwin recopilaba los cuadernos de notas sobre la transmutación que constituyeron la base de sus bocetos de 1842 y 1844. Contienen sus ideas acerca de la filosofía, la estética, la psicología y la antropología. Al releerlos en 1856, Darwin se refirió a ellos diciendo que estaban «repletos de metafísica acerca de la moral». Incluyen multitud de convicciones que muestran que había adoptado pero temía sacar a la luz algo que percibía como mucho más herético que la propia evolución: el materialismo filosófico, el postulado de que la materia es la base de toda existencia y de que todos los fenómenos mentales y espirituales son sus productos secundarios. No existía idea alguna que pudiera resultar más demoledora para las más enraizadas tradiciones del pensamiento occidental que la afirmación de que la mente —por compleja y poderosa que fuera— era un producto del cerebro. Consideremos, por ejemplo, la visión de Milton de la mente como algo distinto y superior al cuerpo que habita durante un espacio de tiempo (*Il Penseroso*, 1633).

Que mi lámpara, a la hora de la medianoche,
Pueda ser vista en alguna alta y solitaria torre,
Desde la que a menudo pueda observar la Osa,
Con el tres veces grande Hermes,¹ o sacar de su esfera
El espíritu de Platón, para desvelar
Qué mundos o qué vastas regiones contiene
La mente inmortal que ha abandonado
Su mansión en este rincón carnal.

Los cuadernos de notas muestran que Darwin se interesaba por la filosofía y que era consciente de sus implicaciones. Sabía que la característica fundamental que distinguía su teoría de todas las demás doctrinas evolucionistas era su materialismo filosófico sin paliativos. Otros evolucionistas hablaban de fuerzas vitales, historia dirigida, aspiraciones orgánicas e irreductibilidad esencial de la mente: todo un abanico de conceptos que el cristianismo tradicional podía aceptar a modo de compromiso, ya que permitían la intervención de un Dios cristiano que operaría a través de la evolución en lugar de la creación. Darwin no hablaba más que de variaciones al azar y selección natural.

En los cuadernos de notas, Darwin aplicaba resueltamente su teoría materialista de la evolución a todos los fenómenos de la vida, incluyendo lo que él llamaba «la propia ciudadela», es decir, la mente humana. Y si la mente carece de existencia real más allá del cerebro, ¿puede acaso ser Dios otra cosa más que una ilusión inventada por otra ilusión? En uno de sus libros de notas acerca de la transmutación, escribió:

Amor al efecto teístico de la organización, ¡oh, tú materialista! [...] ¿Por qué es más maravilloso que el pensamiento sea una secreción del cerebro que la gravedad sea una propiedad de la materia?
No es más que por nuestra arrogancia, por nuestra admiración hacia nosotros mismos.

Esta convicción resultaba tan herética que Darwin incluso la dejó a un lado en *El origen de las especies* (1859), en el que se limitó a aventurar el críptico comentario de que «se arrojará luz sobre el origen del hombre y de su historia». Dio rienda suelta a sus creencias tan sólo en el momento en que fue incapaz de seguir ocultándolas, en *El origen del hombre* (1871) y *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* (1872). A. R. Wallace, el codescubridor de la selección natural, jamás fue capaz de aplicarla al cerebro humano, al que consideraba la única contribución divina a la historia de la vida. Y aun así, Darwin rompió con dos mil años de filosofía y religión en el más notable epigrama del cuaderno de notas M:

Platón dice en *Fedón* que nuestras «ideas imaginarias» surgen de la preexistencia del alma, que no son derivables de la experiencia [léase «monos» donde pone «preexistencia»].

En su comentario a los cuadernos de notas M y N, Gruber califica al materialismo como algo «por aquel entonces más ultrajante que la evolución». Pasa a documentar la persecución de las creencias materialistas durante finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, y concluye:

Se utilizaron métodos represivos en prácticamente todas las ramas del conocimiento: se prohibieron conferencias, se dificultaron publicaciones, se negaron cargos de profesorado, la prensa publicaba feroces inectivas y ridiculizaciones. Los estudiosos y los científicos aprendieron la lección y respondieron a las presiones a las que se veían sometidos. Aquellos que sostenían ideas impopulares se retractan en ocasiones de ellas, publican bajo el anonimato, presentan sus temas en versiones edulcoradas o retrasan su publicación muchos años.

Darwin había experimentado esta situación directamente como estudiante de la Universidad de Edimburgo en 1827. Su amigo W. A. Browne leyó un trabajo con una perspectiva materialista de la vida y la mente ante la Plinian Society. Tras largos debates, toda referencia al trabajo de Browne, incluyendo la referencia (en el acta de la reunión anterior) a sus intenciones de hacerlo público, fue eliminada.

Darwin aprendió la lección, dado que escribió en el cuaderno de notas M:

Para evitar poner de relieve hasta qué punto creo en el materialismo, digamos tan sólo que las emociones, los instintos, los grados de talento, que son hereditarios, lo son porque el cerebro del niño se asemeja a la cepa parental.

Los materialistas más ardientes del siglo XIX, Marx y Engels, no tardaron en darse cuenta de lo que había logrado Darwin y en explotar su contenido radical. En 1869, Marx le escribió a Engels acerca del *Origen* de Darwin:

Aunque desarrollado con el crudo estilo inglés, éste es el libro que contiene las bases de nuestra perspectiva en la historia natural.

Posteriormente, Marx le ofreció a Darwin dedicarle el segundo volumen de *El capital*, pero Darwin rechazó amablemente la oferta, afirmando que no deseaba mostrar aprobación por un libro que no había leído. (He tenido ocasión de ver la copia de Darwin del volumen 1 en su biblioteca de Down House. Está dedicado por Marx, que se declara a sí mismo «sincero admirador» de Darwin. Las hojas están sin cortar. Darwin no era un devoto admirador de la lengua alemana.)

Darwin era, de hecho, un revolucionario amable. No sólo retrasó largo tiempo la publicación de su trabajo, sino que eludió de continuo toda manifestación pública acerca de las implicaciones filosóficas de su teoría. En 1880 escribió a Karl Marx:

Tengo la impresión (correcta o incorrecta) de que los argumentos dirigidos directamente en contra del cristianismo y el teísmo carecen prácticamente de efecto sobre el público, y de que la libertad de pensamiento se verá mejor servida por esa gradual elevación de la comprensión humana que acompaña al desarrollo de la ciencia. Por lo tanto, siempre he evitado escribir acerca de la religión y me he circunscrito a la ciencia.

No obstante, el contenido de su trabajo resultaba tan disruptivo para el pensamiento tradicional occidental, que aún no hemos llegado a abarcarlo del todo. La campaña de Arthur Koestler en contra de Darwin, por ejemplo, descansa sobre su reticencia a aceptar el materialismo de éste y en el ardiente deseo de revestir de nuevo a la materia viva de alguna propiedad especial (véanse *The Ghost in the Machine* o *The Case of the Midwife Toad*). Esto, tengo que confesarlo, es algo que me siento incapaz de comprender. Tanto la maravilla como el conocimiento deben ser objeto de nuestra mayor estima. ¿Acaso apreciaremos menos la belleza de la naturaleza porque su armonía no esté planificada? ¿Y acaso las potencialidades de nuestra mente dejarán de inspirarnos admiración y sobrecogimiento simplemente porque varios miles de millones de neuronas residan dentro de nuestros cráneos?

La transformación marítima de Darwin o cinco años a la mesa del capitán

Groucho Marx entusiasmaba siempre al público con preguntas tan obvias como «¿Quién está enterrado en la tumba de Grant?». Pero lo aparentemente obvio a menudo puede resultar engañoso. Si no recuerdo mal, la respuesta a «¿Quién formuló la doctrina Monroe?» es John Quincy Adams. Ante la pregunta «¿Quién era el naturalista que iba a bordo del *H. M. S. Beagle*?», la mayor parte de los biólogos responderían «Charles Darwin». Y estarían equivocados. No pretendo desconcertarles ya desde el principio. Darwin iba a bordo del *Beagle* y efectivamente dedicó su tiempo a la historia natural. Pero estaba a bordo con otros fines, y, originalmente, Robert McKormick, el cirujano de a bordo, detentaba la posición oficial de naturalista de la expedición. He aquí toda una historia; no solamente un puntilloso pie de página para la historia académica, sino un descubrimiento de no poca significación. El antropólogo J. W. Gruber daba cuenta de la evidencia en «Who Was the *Beagle's* Naturalist?», escrito en 1969 para el *British Journal for the History of Science*. En 1975, el historiador de la ciencia H. L. Burstyn intentó dar respuesta al corolario obvio: si Darwin no era el naturalista del *Beagle*, ¿qué hacía a bordo?

No existe ningún documento que identifique de modo específico a McKormick como naturalista oficial, pero la evidencia circunstancial resulta abrumadora. La marina inglesa, por aquel entonces, tenía una tradición largamente establecida de cirujanos naturalistas, y McKormick se había educado deliberadamente para ese papel. Era un naturalista adecuado, si bien no brillante, y había desempeñado su cargo con distinción en otros viajes, incluyendo la expedición al Antártico de Ross (1839-1843) para localizar la posición del polo sur magnético. Más aún, Gruber ha conseguido dar con una carta del naturalista de Edimburgo, Robert Jameson, dirigida a «Mi querido señor», repleta de consejos para el naturalista del *Beagle* acerca de la recogida y conservación de especímenes. Según la idea tradicional sólo podía ir dirigida a Darwin. Afortunadamente, en el folio original figura el nombre del destinatario de la carta. Era McKormick.

Darwin, pongamos fin al suspense, embarcó en el *Beagle* como compañero del capitán Fitzroy. Pero ¿por qué iba a querer un capitán británico llevar como compañero de viaje para una travesía de cinco años a un hombre a quien acababa de conocer hacía un mes? La decisión de Fitzroy debió de verse determinada por dos características de los viajes por mar en la década de 1830. En primer lugar, las travesías duraban muchos años, con largos intervalos entre escalas y un contacto muy limitado por carta con los

amigos y la familia. En segundo lugar (por extraño que pueda parecernos en nuestro siglo, psicológicamente más iluminado), la tradición naval británica dictaba que un capitán no podía tener prácticamente ningún contacto social con ningún miembro inferior de la cadena de mando. Hacía sus comidas solo, y únicamente se reunía con sus oficiales para discutir asuntos del barco y para conversar del modo más formal y «correcto».

Ahora bien, cuando Fitzroy se hizo a la mar con Darwin a bordo tenía tan sólo veintiséis años. Conocía la carga psicológica que la prolongada ausencia de contacto humano suponía para un capitán. El anterior capitán del *Beagle* se había venido abajo pegándose un tiro durante el invierno austral de 1828, su tercer año lejos del hogar. Más aún, como afirmaba el propio Darwin en una carta a su hermana, a Fitzroy le preocupaba «su predisposición hereditaria» a las enfermedades mentales. Su ilustre tío, el vizconde Castlereagh (que sofocó la rebelión irlandesa de 1798 y fue ministro de Asuntos Exteriores cuando la derrota de Napoleón), se había cortado el cuello en 1822. En efecto, Fitzroy tuvo una crisis y renunció temporalmente al mando en el transcurso del viaje del *Beagle*, coincidiendo con una enfermedad que tuvo a Darwin postrado en Valparaíso.

Dado que a Fitzroy no le estaba permitido tener contacto social alguno con ningún miembro del personal oficial del barco, tan sólo podía encontrarlo llevando consigo un pasajero «supernumerario» por propia disposición. Pero el Almirantazgo no veía con buenos ojos a los pasajeros particulares, ni siquiera a las esposas de los capitanes. Embarcar a un caballero de compañía sin mayores razones estaba fuera de toda cuestión. Fitzroy llevaba consigo otros supernumerarios —entre ellos un dibujante y un fabricante de instrumentos—, pero ninguno podía servirle de compañero, dado que no pertenecían a la clase social adecuada. Fitzroy era un aristócrata, y sus antepasados se remontaban directamente al rey Carlos II. Sólo un caballero podía compartir sus comidas y eso es precisamente lo que era Darwin, un caballero.

Pero ¿cómo podía Fitzroy atraer a un caballero a un viaje de cinco años de duración? Sólo ofreciéndole la oportunidad de llevar a cabo algún tipo de actividad imposible de realizar en ningún otro sitio. ¿Y qué otra actividad podría ser ésta sino la historia natural, a pesar de que el *Beagle* tenía ya un naturalista oficial? Por lo tanto, Fitzroy se dedicó a buscar entre sus aristocráticos amigos algún caballero naturalista. Era, como dice Burstyn, «una cortés ficción para explicar la presencia de su huésped y una actividad lo suficientemente atractiva como para atraer a un caballero a bordo para un largo viaje». El padrino de Darwin, J. S. Henslow, lo entendió perfectamente. Escribió a Darwin: «El capitán F. busca un hombre (por lo que tengo entendido) más para compañero que como simple coleccionista». Darwin y Fitzroy se conocieron, se cayeron bien y el pacto quedó sellado. Darwin se hizo a la mar como compañero de Fitzroy, principalmente con el objeto de compartir su mesa a la hora de la comida, y en todas las comidas, durante cinco largos años. Fitzroy, por añadidura, era un hombre joven y ambicioso. Deseaba dejar huella instaurando un nuevo estándar de excelencia para los viajes de exploración. («El objeto de la expedición —escribió Darwin— era completar el

reconocimiento de Patagonia y Tierra del Fuego [...] reconocer las costas de Chile, Perú y algunas islas del Pacífico, y llevar a cabo una cadena de mediciones cronométricas alrededor del mundo.») Al aumentar la tripulación oficial con técnicos e ingenieros pagados de su propio bolsillo, Fitzroy hizo uso de su riqueza y su prestigio para lograr su objetivo. Un naturalista «supernumerario» encajaba bien con el propósito de Fitzroy de reforzar el empaque científico del *Beagle*.

La suerte del pobre McKormick estaba echada. Inicialmente, Darwin y él cooperaron, pero resultaba inevitable que sus caminos se separaran. Darwin disfrutaba de todas las ventajas. Tenía la atención del capitán. Tenía un sirviente. En cada escala disponía del dinero necesario para bajar a tierra y contratar recolectores nativos mientras que McKormick se veía atado al barco y a sus deberes oficiales. Los esfuerzos privados de Darwin empezaron a hacer mella en las colecciones oficiales de McKormick y éste, harto de todo, decidió volverse a casa. En abril de 1832, en Río de Janeiro, fue «dado de baja por invalidez» y enviado de vuelta a Inglaterra a bordo del *H.M.S. Tyne*. Darwin comprendió el eufemismo y le escribió a su hermana, refiriéndose a McKormick, «dado de baja por invalidez, es decir, por resultarle desagradable al capitán [...] No constituye una pérdida».

A Darwin no le interesaba el tipo de ciencia de McKormick. En mayo de 1832 escribió a Henslow: «Era un filósofo un tanto anticuado; en San Yago, según propia confesión, se dedicó a hacer comentarios generales durante la primera quincena y a recoger datos concretos en el transcurso de la última». De hecho, a Darwin no parecía gustarle McKormick en absoluto: «Mi buen amigo el doctor es un asno, pero seguimos nuestros caminos muy amigablemente; en este momento está sumido en un mar de cavilaciones sobre si pintar su camarote gris francés o blanco mate; prácticamente no le oigo hablar de otra cosa».

Aunque no hiciera nada más, esta historia pone de relieve la importancia de la clase social como consideración en la historia de la ciencia. Qué diferente sería hoy la ciencia de la biología si Darwin hubiera sido hijo de un comerciante y no de un médico extremadamente rico. La riqueza personal de Darwin le daba la libertad de dedicarse a la investigación sin obstáculos. Dado que sus diversas enfermedades a menudo le permitían trabajar tan sólo dos o tres horas diarias, cualquier necesidad de ganarse la vida de forma honrada probablemente le hubiera dejado al margen de todo tipo de investigación. Y averiguamos ahora que el estatus social de Darwin tuvo también una importancia determinante en un punto crucial de su carrera. A Fitzroy le interesaban mucho más las gracias sociales de su compañero de comidas que su competencia como naturalista.

¿Podría haber algo más profundo oculto en las conversaciones que Darwin y Fitzroy mantenían durante las comidas y de las que no ha quedado ningún registro? Los científicos tienen una marcada inclinación a atribuir las percepciones creativas a las limitaciones de la evidencia empírica. Por ello, las tortugas y los pinzones siempre han disfrutado de la aquiescencia general como principales agentes de la transformación de la

visión del mundo de Darwin, ya que se unió al *Beagle* como inocente y piadoso estudiante para ministro de la Iglesia, e inició su primer libro de notas acerca de la transmutación de las especies antes de transcurrido un año de su regreso. Yo sugiero que el propio Fitzroy pudo haber sido un catalizador aún más importante.

Darwin y Fitzroy mantenían, en el mejor de los casos, una relación tensa. Tan sólo las severas restricciones de la cordialidad caballeresca y la supresión previctoriana de las emociones mantuvieron a estos dos hombres en términos razonablemente amistosos. Fitzroy era un ordenancista y un conservador ardoroso. Darwin era un liberal igualmente apasionado. Darwin esquivó escrupulosamente toda discusión con Fitzroy acerca de la gran ley de Reforma pendiente por aquel entonces en el Parlamento. Pero la esclavitud les enfrentó abiertamente. Una noche, Fitzroy le dijo a Darwin que había sido testigo de una demostración de la benevolencia de la esclavitud. Uno de los mayores propietarios de esclavos de Brasil había reunido a sus cautivos preguntándoles si deseaban ser libres. Como un solo hombre habían respondido que no. Cuando Darwin cometió la temeridad de preguntarse cuál habría sido la respuesta de no haber estado presente el propietario, Fitzroy explotó e informó a Darwin de que cualquiera que dudara de su palabra era indigno de compartir su mesa. Darwin dejó de asistir a la mesa del capitán y se fue a comer con los contramaestres, pero Fitzroy se volvió atrás y le envió sus excusas formales pocos días más tarde.

Sabemos que a Darwin se le erizaban los cabellos ante las violentas opiniones de Fitzroy. Pero era su huésped y en un sentido peculiar su subordinado, ya que en la mar un capitán era, en tiempos de Darwin, un tirano absoluto e incuestionado. Darwin no podía expresar su desacuerdo. Durante cinco largos años, uno de los hombres más brillantes de la historia guardó silencio. Ya entrado en años, Darwin recordaba en su autobiografía: «La dificultad de vivir en buenos términos con el capitán de un barco de la Armada se ve grandemente incrementada por el hecho de que sea prácticamente un motín el responderle como uno respondería a cualquier otra persona; y por el temeroso respeto con que le contemplan —o le contemplaban en mis tiempos— todas las personas de a bordo».

Ahora bien, la política conservadora no era la única pasión ideológica de Fitzroy. La otra era la religión. Fitzroy tenía sus momentos de duda acerca de la verdad literal de la Biblia, pero tendía a considerar a Moisés un historiador y geólogo fiable, e incluso dedicó un tiempo considerable a intentar calcular las dimensiones del Arca de Noé. La *idée fixe* de Fitzroy, al menos más adelante en su vida, fue el «argumento del diseño», la creencia de que la benevolencia divina (de hecho, incluso la propia existencia de Dios) puede inferirse de la perfección de la estructura orgánica. Darwin, por su parte, aceptaba la idea de la excelencia del diseño, pero proponía una explicación natural que difícilmente podría haber sido más contraria a las convicciones de Fitzroy. Darwin desarrolló una teoría evolutiva basada en la variación al azar y la selección natural impuesta por un medio ambiente exterior: una versión de la evolución rígidamente materialista (y básicamente

atea; véase el ensayo 1). Había otras muchas teorías evolutivas en el siglo XIX que resultaban mucho más compatibles con el tipo de cristianismo de Fitzroy. Por ejemplo, los líderes religiosos tenían muchos menos problemas con las propuestas habituales de tendencias innatas hacia la perfección que con la visión mecánica sin paliativos de Darwin.

¿Se vio Darwin impelido hacia esta visión filosófica en parte como respuesta a la insistencia dogmática de Fitzroy en el argumento del diseño? Carecemos de pruebas de que Darwin, a bordo del *Beagle*, fuera otra cosa que un buen cristiano. Las dudas y el rechazo vinieron luego. A mitad de la travesía, le escribió a un amigo: «A menudo hago conjeturas acerca de lo que será de mí: si me dejara llevar por mis deseos acabaría sin duda siendo un clérigo de aldea». E incluso escribió a medias con Fitzroy una solicitud de apoyo al trabajo misional titulado «The Moral State of Tahiti» («El estado moral de Tahití»).* Pero las semillas de la duda debieron de quedar sembradas en las tranquilas horas de contemplación a bordo del *Beagle*. Y pensemos en la posición de Darwin en el barco, cenando todas las noches durante cinco años con un capitán autoritario a quien no podía contradecir, cuya actitud y visión políticas eran opuestas a todas sus creencias, y a quien básicamente no apreciaba. ¿Quién sabe qué «silenciosa alquimia» pudo producirse en el cerebro de Darwin en el transcurso de cinco años de continuas arengas? Fitzroy bien pudo resultar mucho más importante que los pinzones, al menos en la inspiración materialista y antiteísta de la filosofía y la teoría evolutiva de Darwin.

Fitzroy, desde luego, se echaba la culpa cuando, ya más entrado en años, perdió la cabeza. Empezó a considerarse el agente involuntario de la herejía de Darwin (de hecho, lo que sugiero es que esto bien podría ser cierto en un sentido mucho más literal que el que jamás imaginara Fitzroy). Surgió en él un ardiente deseo de expiar su culpa y reafirmar la supremacía de la Biblia. En la famosa reunión de la British Association de 1860 (en la que Huxley le dio un revolcón al obispo «Soapy Sam» [Sam el Jabonoso] Wilberforce), el desequilibrado Fitzroy iba de un lado a otro sosteniendo una Biblia sobre su cabeza y gritando: «¡El Libro, el Libro!». Cinco años más tarde se pegó un tiro.

El dilema de Darwin: La odisea de la evolución

La exégesis de la evolución como concepto ha ocupado las vidas de un millar de científicos. En este ensayo presento algo casi irrisoriamente limitado por comparación, una exégesis de la propia palabra. Intentaré seguir el rastro de cómo el cambio orgánico pasó a denominarse *evolución*. La historia resulta compleja y fascinante como ejercicio de anticuario, de detección etimológica. Pero en realidad hay en juego más cosas, ya que un antiguo uso de esta palabra ha contribuido a la malinterpretación más común, y aún vigente entre los legos, de lo que quieren decir los científicos al hablar de evolución.

Empecemos con una paradoja: Darwin, Lamarck y Haeckel —los más grandes evolucionistas del siglo XIX de Inglaterra, Francia y Alemania, respectivamente— no utilizaron la palabra «evolución» en las ediciones originales de sus grandes obras. Darwin hablaba de «descendencia con modificación»; Lamarck, de «transformismo». Haeckel prefería «*transmutations-theorie*» o «*descendenz-theorie*». ¿Por qué no utilizaron el término «evolución», y cómo adquirió su actual nombre la historia del cambio orgánico?

Darwin eludía el término evolución como descripción de su teoría por dos motivos. En sus tiempos, para empezar, la evolución tenía ya un significado técnico en biología. De hecho, describía una teoría embriológica irreconciliable con los criterios de Darwin acerca del desarrollo orgánico.

En 1744, el biólogo alemán Albrecht von Haller había acuñado el término *evolución* para la teoría de que los embriones se desarrollaban a partir de homúnculos preformados que iban dentro del huevo o el esperma, y que, por fantástico que pueda parecernos hoy en día, todas las generaciones futuras habían sido creadas en los ovarios de Eva o en los testículos de Adán, dispuestos como las muñecas rusas, unas dentro de otras: un homúnculo en cada uno de los óvulos de Eva, un homúnculo más diminuto en cada óvulo del homúnculo y así sucesivamente. Esta teoría de la evolución (o preformación) tenía sus oponentes en los epigenetistas que creían que la complejidad de la forma adulta surgía de un huevo inicialmente informe (véase el ensayo 25 para una narración más detallada de este debate). Haller eligió el término cuidadosamente, ya que *evolvere* en latín significa «desenrollar»; así, el diminuto homúnculo se desplegaba de su alojamiento originalmente pequeño y se limitaba a crecer de tamaño en el transcurso de su desarrollo embrionario.

No obstante, la evolución embriológica de Haller parecía excluir la descendencia con modificación de Darwin. Si toda la historia de la raza humana estaba preempaquetada en los ovarios de Eva, ¿cómo iba a poder la selección natural (o ninguna otra fuerza, si a eso vamos) alterar el curso predeterminado de nuestra estancia en la Tierra?

Nuestro misterio parece ir en aumento. ¿Cómo pudo transformarse el término de Haller en algo prácticamente opuesto? Esto fue posible sólo porque la teoría de Haller estaba ya agonizando en 1859; tras su defunción, el término que Haller había empleado quedó disponible para otros fines.

«Evolución», como descripción de la «descendencia con modificación» de Darwin, no deriva de un significado técnico anterior; más bien constituye una expropiación del término vernáculo. «Evolución», en tiempos de Darwin, se había convertido en una palabra inglesa común con un significado diferente al técnico de Haller. El *Oxford English Dictionary* (*OED*) le sigue la pista hasta un poema de H. More de 1647: «La evolución de formas externas se despliega en el vasto espíritu del mundo». Pero esto era un «desplegarse» en un sentido muy diferente al buscado por Haller. Implicaba «la aparición en sucesión ordenada de una larga serie de acontecimientos» y, más importante, daba cuerpo a *un concepto de desarrollo progresivo*, un despliegue ordenado desde lo simple hasta lo complejo. El *OED* prosigue: «El proceso de desarrollo de un estado rudimentario a uno maduro o completo». Así pues, el término «evolución», en el habla vulgar, estaba firmemente vinculado al concepto de progreso.

Darwin sí utilizó la palabra evolución en este sentido vernáculo; de hecho es la última frase de su libro.

Hay grandeza en esta visión de que la vida, con sus diversas facultades, fue originalmente alentada en unas pocas formas o en una sola; y que, mientras este planeta ha ido girando según la ley fija de la gravitación, a partir de un principio tan simple, hayan evolucionado formas supremamente hermosas y maravillosas, y sigan haciéndolo.

Darwin decidió utilizar la palabra en este pasaje porque deseaba contrastar el flujo del desarrollo orgánico con la fijeza de las leyes físicas como la gravitación. Pero era una palabra que utilizaba muy rara vez, ya que rechazaba explícitamente la común ecuación de lo que hoy en día denominamos evolución con cualquier noción de progreso.

En un famoso epigrama, Darwin se recordaba a sí mismo que jamás debía decir «superior» o «inferior» al describir la estructura de los organismos, porque si una ameba está igual de bien adaptada a su ambiente como lo estamos nosotros al nuestro, ¿quién tiene derecho a decidir que nosotros somos criaturas superiores? Así pues, Darwin rechazaba la evolución como descripción de su descendencia con modificación, tanto porque su significado técnico chocaba con sus creencias como porque se sentía incómodo con la idea de progreso inevitable inherente a su significado vulgar.

La evolución hizo su aparición en la lengua inglesa como sinónimo de «descendencia con modificación» a través de la propaganda de Herbert Spencer, el infatigable erudito victoriano en casi cualquier tema. La evolución era para Spencer la ley

suprema de todo desarrollo. Y para un prepotente victoriano ¿qué otro principio sino el progreso podía gobernar los procesos de desarrollo del universo? Así, Spencer definió la ley universal en su *First Principles*, en 1862: «La evolución es una integración de la materia y una disipación concomitante del movimiento durante la cual la materia pasa de una homogeneidad indefinida e incoherente a una heterogeneidad coherente y definida».

Otros dos aspectos del trabajo de Spencer contribuyeron al establecimiento de la evolución en su significado actual: en primer lugar, al escribir sus muy populares *Principios de biología* (1864-1867), Spencer utilizó conscientemente el término «evolución» como descripción del cambio orgánico. En segundo lugar, no consideraba el progreso como una capacidad intrínseca de la naturaleza, sino el resultado de una «cooperación» entre fuerzas internas y externas (ambientales). Este punto de vista encajaba a la perfección con la mayor parte de los conceptos de la evolución orgánica del siglo XIX, ya que los científicos victorianos identificaban sin problemas el cambio orgánico con el progreso orgánico. Así pues, el término evolución estaba disponible siempre que los científicos buscaban un término más sucinto que la descendencia con modificación de Darwin. Y, dado que la mayor parte de los evolucionistas consideraban el cambio orgánico como un proceso dirigido hacia un incremento en la complejidad (es decir, hacia nosotros), su apropiación del término general de Spencer no infringió violencia alguna a su definición.

No obstante, no deja de ser irónico que el padre de la teoría evolutiva se quedara prácticamente solo en su insistencia en que el cambio orgánico llevaba tan sólo a una mayor adaptación y no a ningún ideal abstracto de progreso definido por la complejidad estructural o por una creciente heterogeneidad: jamás debe decirse superior e inferior. Si hubiéramos prestado atención a la advertencia de Darwin, nos habríamos ahorrado buena parte de la confusión y de los malentendidos que existen hoy en día entre los científicos y los legos. Porque el punto de vista de Darwin ha triunfado entre los científicos, que hace ya largo tiempo han abandonado el concepto de la necesaria ligazón entre evolución y progreso por considerarla un prejuicio antropocéntrico de la peor especie. No obstante, la mayor parte de los profanos siguen identificando la evolución con el progreso y definen la evolución humana, no simplemente en términos de cambio, sino como un incremento de la inteligencia, la estatura o alguna otra medida de supuesta mejora.

En lo que bien podría ser el documento antievolutivo de mayor difusión de nuestros tiempos, el panfleto *¿Llegó aquí el hombre por evolución o por creación?*, de los Testigos de Jehová, se proclama: «La evolución, en términos muy sencillos, significa que la vida progresó de los organismos unicelulares a su estado más elevado, el ser humano, por medio de una serie de cambios biológicos que tuvieron lugar en el transcurso de millones de años [...] El simple cambio dentro de un tipo básico de ser vivo no ha de ser considerado como evolución».

Esta falaz identificación de la evolución orgánica con el progreso sigue teniendo desafortunadas consecuencias. Históricamente, engendró los abusos del darwinismo social (que el propio Darwin siempre miró con sospecha). Esta teoría desacreditada catalogaba los grupos y las culturas humanas con arreglo a su supuesto nivel de desarrollo evolutivo, con los europeos blancos a la cabeza de la clasificación (cosa poco sorprendente), y los pueblos habitantes de sus colonias conquistadas a la zaga. Hoy en día sigue siendo un componente primario de nuestra arrogancia global, de nuestra convicción de dominio sobre el millón largo de especies diversas que habitan nuestro planeta. El dedo que se mueve ya ha escrito, por supuesto, y nada puede hacerse. No obstante me apena un tanto que los científicos hayan contribuido a un malentendido fundamental eligiendo una palabra vulgar que significa progreso para sustituir al nombre menos eufónico pero más preciso de «descendencia con modificación» de Darwin.

El entierro prematuro de Darwin

En una de las múltiples versiones cinematográficas de *Cuento de Navidad*, Ebenezer Scrooge se encuentra a un digno caballero sentado en un descansillo al subir las escaleras para visitar a su socio agonizante, Jacob Marley. «¿Es usted el médico? —pregunta Scrooge—. No —responde el otro—, soy el de las pompas fúnebres; nuestro negocio es extremadamente competitivo.» El enloquecido mundo de los intelectuales debe ir pisándole los talones, y pocos sucesos atraen más la atención que la proclama de que han muerto ideas populares. La teoría de Darwin de la selección natural ha venido siendo un candidato perenne para el enterramiento. Tom Bethell protagonizó el último velatorio con un trabajo titulado «Darwin's Mistake» («El error de Darwin») (*Harper's*, febrero de 1976): «La teoría de Darwin, en mi opinión, está al borde del colapso [...] La selección natural fue silenciosamente abandonada, incluso por sus más ardientes defensores, hace ya algunos años». Primera noticia. Y yo, aunque ostento con cierto orgullo la etiqueta de darwinista, no me encuentro entre los defensores más ardorosos de la selección natural. Recuerdo la famosa respuesta de Mark Twain a una necrológica prematura: «Las noticias acerca de mi muerte han sido enormemente exageradas».

El argumento de Bethell tiene un sonido peculiar para la mayor parte de los científicos. Estamos dispuestos en todo momento a ver caer una teoría bajo el impacto de datos nuevos, pero no esperamos ver derrumbarse una teoría grandiosa y de gran influencia por culpa de un error de lógica en su formulación. Prácticamente todos los científicos empíricos tienen un toque de filisteos. Los científicos tienden a pasar por alto la filosofía académica como actividad carente de objeto. Cualquier persona inteligente puede pensar con lógica por medio de la intuición. No obstante, Bethell no aporta dato alguno al sellar el ataúd de la selección natural, tan sólo cita un error de razonamiento por parte de Darwin: «Darwin cometió un error lo suficientemente serio como para minar su teoría. Y ese error tan sólo ha sido reconocido como tal hace muy poco tiempo [...] En un momento dado de su argumentación, Darwin se equivocó».

Aunque pretendo refutar las afirmaciones de Bethell, deploro también la reticencia de los científicos a explorar la estructura lógica de los razonamientos que se les presentan. Buena parte de lo que pasa por ser teoría evolutiva es algo tan falto de contenido como afirma Bethell. Muchas grandes teorías se sostienen por medio de cadenas de dudosas metáforas y analogías. Bethell ha identificado correctamente la

basura que rodea la teoría evolutiva. Pero diferimos en un aspecto fundamental: para Bethell, la teoría darwiniana está podrida hasta la médula; yo encuentro en ella una perla de valor incalculable.

La selección natural es el concepto básico de la teoría darwiniana: los más adaptados sobreviven y transmiten sus características favorecidas a la población. La selección natural viene definida por la expresión de Spencer «supervivencia de los más aptos», pero ¿qué significa en realidad esta famosa frase? ¿Quiénes son los más aptos? ¿Y cómo se define esa «aptitud»? A menudo se puede leer que la adaptación no es más que el «éxito reproductivo diferencial», es decir, la producción de más descendientes vivos que otros miembros de la población que compiten en la misma arena. «¡Alto!», grita Bethell, como otros muchos han hecho antes que él. Esta formulación define la adaptación exclusivamente en términos de supervivencia. La frase crucial de la selección natural significa tan sólo «supervivencia de los que sobreviven» y es una vacua tautología. (Una tautología es una frase —como por ejemplo «mi padre es un hombre»— que no contiene en el predicado [«un hombre»] información alguna que no sea inherente al sujeto [«mi padre»]. Las tautologías constituyen unas definiciones magníficas, pero no sirven como afirmaciones científicas verificables: no puede haber nada que verificar en una afirmación que es, por definición, cierta.

Pero ¿cómo pudo Darwin cometer semejante error, monumental y estúpido? Incluso sus críticos más acerbos jamás le han acusado de estupidez insensata. Obviamente, Darwin tuvo que intentar definir la adaptación de modo diferente, encontrar un criterio de adaptación independiente de la mera supervivencia. En efecto, Darwin propuso un criterio diferente, pero Bethell argumenta correctamente que para establecerlo tuvo que recurrir a la analogía, una estrategia que resulta peligrosa y escurridiza. Uno podría imaginarse que el primer capítulo de un libro tan revolucionario como *El origen de las especies* trataría de cuestiones cósmicas y preocupaciones generales. No es así. Darwin dedica la mayor parte de sus primeras cuarenta páginas a la «selección artificial» de caracteres deseados por parte de los criadores de animales. Porque aquí no cabe duda de que opera un criterio independiente. El colombófilo sabe lo que quiere. Los más aptos no son definidos por el hecho de su supervivencia. Más bien se les permite sobrevivir porque poseen unas características deseadas.

El principio de la selección natural depende de la validez de la analogía con la selección artificial. Debemos ser capaces, igual que el colombófilo, de identificar al mejor adaptado a priori, no a través de su subsiguiente supervivencia. Pero la naturaleza no es un criador de animales; la historia de la vida no está regulada por ningún propósito predeterminado. En la naturaleza, cualesquiera que sean las características que posean los sobrevivientes, deberán ser consideradas como «más evolucionadas»; en la selección artificial, las características «superiores» están definidas aun antes de que comience la crianza. Los evolucionistas más modernos, argumenta Bethell, reconocieron la inadecuación de la analogía de Darwin y redefinieron la «adaptación» como simple

supervivencia. Pero no se dieron cuenta de que habían minado la estructura lógica del postulado fundamental de Darwin. La naturaleza no ofrece ningún criterio independiente para valorar el grado de adaptación; por lo tanto, la selección natural es tautológica.

Bethell pasa de aquí a exponer dos importantes corolarios de su razonamiento principal. En primer lugar, la adaptación significa tan sólo supervivencia; entonces, ¿cómo puede la selección natural ser una fuerza «creativa», como insisten los darwinistas? La selección natural tan sólo puede decirnos cómo «un determinado tipo de animal se convirtió gradualmente en otro». En segundo lugar, ¿por qué estaban Darwin y otros eminentes victorianos tan seguros de que la insensata naturaleza podía ser comparada con la selección consciente por parte de los criadores? Bethell argumenta que el clima cultural del capitalismo industrial triunfante había definido todo cambio como inherentemente progresista. La mera supervivencia en la naturaleza no podía ser más que para bien: «Empieza a dar la impresión de que lo que realmente descubrió Darwin no fue más que la propensión victoriana a creer en el progreso».

En mi opinión, Darwin estaba en lo cierto y Bethell y sus colegas se equivocan: pueden utilizarse criterios de adaptación distintos al de la supervivencia para aplicarlos a la naturaleza, y han venido siendo utilizados de manera regular por los evolucionistas. Pero permítaseme admitir antes de nada que la crítica de Bethell es aplicable a gran parte de la literatura técnica dedicada a la teoría evolutiva, especialmente a los tratamientos matemáticos abstractos que consideran la evolución una mera alteración numérica, no un cambio cualitativo. Estos estudios, efectivamente, valoran la adaptación exclusivamente en términos de supervivencia diferencial. ¿Qué otra cosa puede hacerse con modelos abstractos que siguen la pista al hipotético éxito de los genes A y B en poblaciones que tan sólo existen en las bobinas de los ordenadores? La naturaleza, no obstante, no está limitada por los cálculos de los genetistas teóricos. En la naturaleza, la «superioridad» de A sobre B se verá *expresada* en términos de supervivencia diferencial, pero no viene definida por ella; o al menos, más vale que no sea así, ya que esto significaría el triunfo de Bethell *et al.* y la derrota de Darwin.

Mi defensa de Darwin no es ni sorprendente, ni novedosa, ni profunda. Me limito a aseverar que Darwin tenía justificadas razones para establecer la analogía entre la selección natural y la cría de animales. En la selección artificial, los deseos del criador representan un «cambio en el ambiente» de una población. En este nuevo entorno, ciertas características son superiores a priori (sobreviven y se extienden por elección de nuestro criador, pero esto es *un resultado* de su adaptación, no una definición de ella). En la naturaleza, la evolución darwiniana constituye también una respuesta a los cambios en el medio ambiente. Y ahora el punto crucial: determinadas características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento deberían ser superiores a priori como diseños para la vida en nuevos ambientes. Estas características confieren capacidad de

adaptación según el criterio de buen diseño del ingeniero, no por el dato empírico de su supervivencia y expansión. Las temperaturas descendieron antes de que el mamut lanudo desarrollara su capa de pelo.

¿Por qué agita tanto esta cuestión a los evolucionistas? De acuerdo, Darwin estaba en lo cierto: la superioridad de diseño en un ambiente cambiante es un criterio de adaptación independiente. ¿Y qué? ¿Acaso había propuesto alguien seriamente que los que estuvieran pobremente diseñados triunfarían? En efecto, muchos lo hicieron. En tiempos de Darwin, muchas teorías evolutivas rivales aseveraban que los más adaptados (mejor diseñados) tenían que desaparecer. Una idea popular —la teoría de los ciclos vitales de las razas— la encabezaba el anterior ocupante del despacho que ocupó yo ahora, el gran paleontólogo estadounidense Alpheus Hyatt. Hyatt afirmaba que los linajes evolutivos, del mismo modo que los individuos, tenían ciclos de juventud, madurez, ancianidad y muerte (extinción). El declive y la extinción están programados en la historia de las especies. Al ceder el puesto la madurez a la ancianidad, los individuos mejor diseñados perecen, y las criaturas renqueantes y deformadas de la ancianidad filética ocupan su lugar. Otra idea antidarwiniana, la teoría de la ortogénesis, mantenía que determinadas tendencias, una vez iniciadas, no podían ser detenidas, a pesar de que llevaran necesariamente a la extinción a causa de un diseño cada vez más deficiente. Muchos evolucionistas del siglo XIX (tal vez la mayoría) mantenían que los alces irlandeses se habían extinguido por su incapacidad de detener el crecimiento evolutivo del tamaño de su cornamenta (véase el ensayo 9); por lo tanto, murieron atrapados entre los árboles o con la cabeza hundida (literalmente) en los lodazales. Del mismo modo, la desaparición de los «tigres» de dientes de sable era a menudo atribuida a un crecimiento tan desmesurado de los caninos que los pobres felinos no podían abrir las mandíbulas suficientemente como para usarlos.

Así pues, no es cierto, como afirma Bethell, que toda característica propia del superviviente deba ser considerada como más adaptada. La «supervivencia del más apto» no es una tautología. Tampoco es la única lectura imaginable o razonable del registro evolutivo. Es posible ponerla a prueba. Tuvo rivales que fracasaron bajo el peso de las evidencias que había en su contra y de las cambiantes actitudes acerca de la naturaleza de la vida. Tiene rivales que podrían tener éxito, al menos en cuanto a poner un límite a su alcance.

Si estoy en lo cierto, ¿cómo puede Bethell afirmar: «Darwin, en mi opinión, está a punto de ser descartado, pero tal vez, en deferencia al viejo y venerable caballero, que descansa cómodamente en la abadía de Westminster junto a sir Isaac Newton, esto está llevándose a cabo tan discreta y suavemente como es posible y con un mínimo de publicidad»? Me temo que Bethell no ha sido del todo justo en su informe acerca de la opinión dominante actualmente. Cita a los pelmazos C. H. Waddington y H. J. Muller como si fueran el epítome de un consenso. Jamás menciona a los principales seleccionistas de nuestra generación: E. O. Wilson o D. Janzen, por ejemplo. Y cita a los

arquitectos del neodarwinismo —Dobzhansky, Simpson, Mayr y J. Huxley— tan sólo para ridiculizar sus metáforas acerca de la «creatividad» de la selección natural. (No pretendo decir que el darwinismo debiera ya ser atesorado y mimado por el hecho de que aún sea popular; también soy lo suficientemente pelmazo como para creer que un consenso acrítico es un claro indicio de inminentes problemas. Me limito a dar cuenta de que, para bien o para mal, el darwinismo sigue vivo y floreciendo, a pesar de la necrológica de Bethell.)

Pero ¿por qué fue comparada la selección natural con un compositor (por Dobzhansky), con un poeta (por Simpson), con un escultor (por Mayr), y nada menos que con Shakespeare (por Julian Huxley)? No pienso defender semejante selección de metáforas, pero sí su intención, a saber, ilustrar la esencia del darwinismo, la creatividad de la selección natural. La selección natural ocupa un lugar en todas las teorías antidarwinianas que conozco. Ocupa el papel negativo del verdugo, del ejecutor de los inadaptados (mientras que los adaptados surgen por mecanismos tan poco darwinianos como la herencia de caracteres adquiridos o la inducción directa de variaciones favorables por el ambiente). La esencia del darwinismo se basa en su afirmación de que la selección natural crea a los adaptados. La variación es ubicua y fortuita en su orientación. Aporta la materia prima y nada más. La selección natural dirige el curso del cambio evolutivo. Preserva las variantes favorables y construye la adaptación gradualmente. De hecho, dado que los artistas dan forma a sus creaciones a partir de la materia prima de las notas, las palabras y la piedra, las metáforas no me llaman la atención por ser especialmente inadecuadas. Dado que Bethell no acepta un criterio de adaptación independiente de la mera supervivencia, difícilmente podría conceder un papel creativo a la selección natural.

Según Bethell, el concepto de Darwin de la selección natural como fuerza creativa no puede ser otra cosa que una ilusión creada y favorecida por el clima social y político de su tiempo. En pleno apogeo del optimismo victoriano en la Inglaterra imperial, el cambio parecía ser inherentemente progresista. Entonces, ¿por qué no identificar la supervivencia en la naturaleza con una creciente adaptación en el sentido no tautológico de un diseño mejorado?

Soy un convencido defensor del argumento general de que la «verdad», tal y como la predicen los científicos, a menudo no resulta ser más que prejuicios inspirados por las creencias políticas y sociales del momento. He dedicado varios ensayos a este tema porque creo que sirve para eliminar el misterio de la práctica de la ciencia mostrando su similitud con toda actividad creativa humana. Pero la verdad de un razonamiento general no da validez a cualquier aplicación específica del mismo, y yo mantengo que la aplicación hecha por Bethell adolece de una grave falta de información.

Darwin hizo dos cosas muy distintas: convenció al mundo científico de que la evolución había tenido lugar y propuso como su mecanismo la teoría de la selección natural. Estoy perfectamente dispuesto a admitir que la habitual identificación de la

evolución con el progreso hacía más digerible la afirmación primera de Darwin a sus contemporáneos. Pero Darwin fracasó en su segunda empresa en el transcurso de su propia vida. La teoría de la selección natural no triunfó hasta la década de 1940. Su impopularidad en la época victoriana obedeció, a mi modo de ver, a su rechazo del progreso como algo inherente al funcionamiento de la evolución. La selección natural es una teoría sobre la adaptación local a las alteraciones del medio ambiente. No propone principio perfeccionador alguno ni ninguna garantía de una mejora generalizada; en pocas palabras, no propone ninguna razón para su aprobación general en un clima político que favorece el progreso innato en la naturaleza.

El criterio independiente de adaptación de Darwin es, efectivamente, el de «diseño mejorado», pero no «mejorado» en el sentido cósmico que la Gran Bretaña favorecía en sus tiempos. Para Darwin, mejorado significaba tan sólo «mejor diseñado para un entorno inmediato, local». Los entornos locales cambian constantemente: se vuelven más fríos o más calurosos, más húmedos o más secos, más herbosos o más boscosos. La evolución por selección natural no es más que el seguimiento de estos entornos cambiantes por una preservación diferencial de los organismos mejor diseñados para vivir en ellos: el pelo de un mamut no es progresista en ningún sentido cósmico. La selección natural puede producir una tendencia que nos tienta a pensar en un progreso más general: el incremento en el tamaño del cerebro caracteriza, en efecto, la evolución de un grupo tras otro de mamíferos (véase el ensayo 23). Pero los cerebros grandes tienen su utilidad en los ambientes locales; no señalan tendencias intrínsecas hacia estados más elevados. Y Darwin disfrutaba demostrando que la adaptación local a menudo producía la «degeneración» en el diseño (la simplificación anatómica de los parásitos, por ejemplo).

Si la selección natural no es una doctrina del progreso, entonces su popularidad no puede ser reflejo de las políticas que invoca Bethell. Si la teoría de la selección natural contiene un criterio independiente de adaptación, entonces no es tautológica. Yo mantengo, tal vez inocentemente, que su actual y persistente popularidad debe de tener algo que ver con su éxito en la explicación de la información, admitidamente incompleta, que poseemos hoy en día acerca de la evolución. Sospecho que tenemos aún Charles Darwin para rato.

II

La evolución del hombre

Una cuestión de grado

En *Alexander's Feast*, John Dryden presenta a su héroe, aletargado tras la cena, describiendo las hazañas de su gloria guerrera:

El Rey se volvió vanidoso;
 Combatió todas sus batallas una vez más;
 Y tres veces puso en fuga a sus enemigos,
 Y tres veces mató a los muertos.

Ciento cincuenta años más tarde, Thomas Henry Huxley invocó la misma imagen para negarse a llevar más adelante la victoria que había obtenido sobre Richard Owen en el gran debate sobre el hipocampo: «La vida es demasiado corta para dedicarse a matar a los muertos más de una vez».

Owen había pretendido establecer nuestra singularidad argumentando que una pequeña circunvolución del cerebro humano, el *hippocampus minor*, no existía en los chimpancés ni en los gorilas (ni en ningún otro animal), pero estaba presente en el ser humano. Huxley, que mientras preparaba su obra clave, *Evidence as to Man's Place in Nature*, había hecho la disección de multitud de primates, demostró de modo concluyente que todos los simios tenían hipocampo, y que la única discontinuidad en los cerebros de los primates se encontraba entre los de los prosimios (lémures y tarseros) y todos los demás primates (incluyendo a los humanos), y no entre el hombre y los grandes simios. No obstante, durante un mes, toda Inglaterra estuvo pendiente de la batalla desencadenada entre sus dos principales anatomistas en torno a un pequeño bulto en el cerebro. *Punch* se rió del asunto e hizo versos a su costa; y Charles Kingsley escribió largamente acerca del «hipopótamo mayor» en su clásico para niños del año 1863, *The Water Babies*. Kingsley comentaba que si alguna vez se encontrara un niño del agua, «lo meterían en alcohol, o en el *Illustrated News*, o, tal vez, lo cortarían en dos mitades, pobrecilla criatura, y enviarían una de ellas al profesor Owen y la otra al profesor Huxley, para ver qué tenían que decir acerca de él».

El mundo occidental está aún por hacer las paces con Darwin y las implicaciones de la teoría evolutiva. El debate del hipocampo se limita a ilustrar, en altorrelieve, el mayor impedimento a esta reconciliación, nuestra reticencia a aceptar nuestra continuidad con la naturaleza, nuestra ardorosa búsqueda de algún criterio que nos permita aseverar nuestra singularidad. Una y otra vez, los grandes naturalistas han enunciado teorías generales acerca de la naturaleza haciendo una excepción singular con los seres humanos. Charles Lyell (véase el ensayo 18) imaginaba un mundo en estado de inmovilidad: no había

cambios en la complejidad de la vida con el transcurso del tiempo, y todos los diseños orgánicos estaban presentes desde el primer momento. No obstante, el hombre, y sólo el hombre, había sido creado hacía tan sólo un instante geológico, un salto cuántico en la esfera moral impuesto sobre la constancia del diseño meramente anatómico. Y Alfred Russel Wallace, un seleccionista ardiente que era más darwiniano que Darwin en su rígida insistencia en que la selección natural era la única fuerza directriz del cambio evolutivo, planteaba como única excepción a esta regla el cerebro humano (y en las postrimerías de su vida se dedicó al espiritismo).

El propio Darwin, aunque aceptaba una continuidad estricta, se sentía remiso a hacer pública esta herejía. En la primera edición de *El origen de las especies* (1859), se limitó a escribir que «se hará la luz acerca del origen del hombre y su historia». Las ediciones posteriores añadían la palabra «mucha» antes de «luz». Tan sólo en 1871 consiguió reunir el valor necesario para publicar *El origen del hombre* (véase el ensayo 1).

Ya hace mucho tiempo que los chimpancés y los gorilas son el caballo de batalla de nuestra búsqueda de la singularidad; si consiguiéramos establecer alguna distinción, una diferencia inequívoca —cualitativa más que cuantitativa o de grado— entre ellos y nosotros, podríamos encontrar la justificación de nuestra cósmica arrogancia, tan largo tiempo buscada. La batalla dejó de ser hace ya tiempo un debate sencillo en torno a la evolución: las personas formadas aceptan hoy en día la continuidad evolutiva entre los humanos y los simios. Pero estamos tan atados a nuestra herencia filosófica y religiosa que seguimos buscando algún criterio de división estricta entre nuestras capacidades y las del chimpancé. Porque, como rezaba el salmo: «¿Qué es el hombre para que de él te acuerdes? [...] Y lo has hecho poco menor que Dios, le has coronado de gloria y honor». Se han puesto a prueba multitud de criterios, y, uno tras otro, han fracasado. La única alternativa honrada es admitir la existencia de una estricta continuidad cualitativa entre nosotros y los chimpancés. Y ¿qué es lo que salimos perdiendo? Tan sólo un anticuado concepto del alma para ganar una visión más humilde, incluso exaltante, de nosotros mismos y nuestra unidad con la naturaleza. Me propongo examinar tres criterios de distinción y plantear que, bajo todos los conceptos, estamos mucho más próximos al chimpancé de lo que incluso Huxley se atrevió a imaginar.

1. *Singularidad morfológica en la tradición oweniana.* Huxley puso un freno definitivo al ardor de aquellos que buscaban una discontinuidad anatómica entre los humanos y los simios. No obstante, la búsqueda prosigue en algunos sectores. Las diferencias entre los chimpancés adultos y las personas no son triviales, pero no surgen de diferencia cualitativa alguna. Parte por parte, orden por orden, somos los mismos; tan sólo varían los tamaños relativos y los ritmos de crecimiento. Con la meticulosa atención al detalle tan característica de la investigación anatómica

alemana, el profesor D. Starck y sus colegas han llegado recientemente a la conclusión de que las diferencias entre el cráneo humano y el del chimpancé son tan sólo cuantitativas.

2. *Singularidad conceptual.* Pocos científicos sienten la tentación de apoyarse en el argumento anatómico desde la debacle de Owen. En su lugar, los defensores de la singularidad humana han planteado la existencia de un abismo insalvable entre las capacidades mentales del hombre y los chimpancés. Para ilustrar este abismo han buscado un criterio de distinción inequívoco. Una generación anterior a la nuestra hacía referencia a la utilización de utensilios, pero los chimpancés listos utilizan toda suerte de artefactos para alcanzar unos plátanos inaccesibles o para liberar congéneres en cautividad.

Las más recientes afirmaciones se centran en el lenguaje y la conceptualización, el último bastión para las diferencias cualitativas potenciales. Los primeros experimentos orientados a enseñar a hablar a los chimpancés se saldaron con fracasos notables: unos pocos gruñidos y un vocabulario despreciable. Algunos llegaron a la conclusión de que el fracaso debía reflejar una deficiencia de la organización cerebral, pero la explicación parece ser más sencilla y mucho menos profunda (aunque no carente de importancia en cuanto a lo que implica acerca de las capacidades lingüísticas de los chimpancés en condiciones naturales): las cuerdas vocales de los chimpancés están conformadas de tal modo que no pueden pronunciar grandes repertorios de sonidos articulados. Si tan sólo pudiéramos descubrir un modo diferente de comunicarnos con ellos, probablemente nos encontraríamos con que los chimpancés son mucho más listos de lo que creemos.

A estas alturas, todos los lectores de periódicos y televidentes tendrán noticia del asombroso éxito inicial obtenido por otros medios: la comunicación con los chimpancés por medio del lenguaje de signos de los sordomudos. Cuando *Lana*, la alumna estrella del Laboratorio Yerkes, empezó a preguntar los nombres de objetos que no había visto antes, ¿podemos acaso seguir negando a los chimpancés la capacidad de conceptualización y de abstracción? Esto no es un caso de simple condicionamiento pavloviano. En febrero de 1975, R. A. y B. T. Gardner hicieron públicos los primeros resultados obtenidos con dos chimpancés a los que se había adiestrado en el uso del lenguaje de signos desde el mismo día de su nacimiento. (*Washoe*, su primer sujeto, no fue expuesta al lenguaje de signos hasta que tenía un año de edad. Tras seis meses de entrenamiento, su vocabulario comprendía tan sólo dos signos.) Los dos bebés chimpancé empezaron a hacer signos reconocibles a partir del tercer mes. Uno de ellos, *Moja*, disponía de un vocabulario de cuatro palabras al cumplir su decimotercera semana: «ven», «dame», «ve», «más» y «beber». Su progreso en el momento actual no es más lento que el de un niño humano (normalmente esperamos a que hablen y no nos damos cuenta de que nuestros bebés nos hacen señales mucho antes de empezar a hablar). Por supuesto,

no soy de la opinión de que nuestras diferencias mentales con respecto a los chimpancés sean producto del proceso de crianza. No tengo ninguna duda de que el progreso de estos chimpancés bebé se irá ralentizando con respecto a los logros crecientes del bebé humano. El próximo presidente de nuestro país no pertenecerá a otra especie. No obstante, el trabajo de los Gardner resulta una asombrosa demostración de hasta qué punto hemos subestimado a nuestros parientes biológicos más cercanos.

3. *Diferencias genéticas globales.* Incluso aunque admitamos que no existe ninguna característica o habilidad única que separe por completo al ser humano de los chimpancés, al menos podríamos afirmar que las diferencias genéticas globales entre nosotros son tolerablemente grandes. Después de todo, nuestras dos especies tienen un aspecto muy diferente y hacen cosas también muy diferentes en condiciones naturales. (A pesar de la capacidad cuasi lingüística mostrada por los chimpancés en el laboratorio, carecemos de pruebas de que exista una rica comunicación conceptual en la vida silvestre.) Pero Mary-Claire King y A. C. Wilson publicaron un informe acerca de las diferencias genéticas entre las dos especies (*Science*, 11 de abril de 1975), y los resultados bien podrían dar al traste con un prejuicio arraigado, sospecho, por la mayor parte de nosotros. En pocas palabras, haciendo uso de todas las técnicas bioquímicas hoy en día disponibles, y examinando todas las proteínas posibles, la diferencia genética global es notablemente pequeña.

Cuando dos especies difieren poco, morfológicamente hablando, pero funcionan como poblaciones independientes y reproductivamente aisladas en la naturaleza, los biólogos evolucionistas hablan de «especies hermanas». Las especies hermanas en general muestran muchas menos diferencias genéticas que los pares de especies pertenecientes al mismo género pero de morfología claramente diferenciada («especies congénicas»). Ahora bien, los chimpancés y los humanos no son, obviamente, especies hermanas; no somos ni siquiera especies congénicas según la práctica taxonómica convencional (los chimpancés pertenecen al género *Pan*; nosotros somos *Homo sapiens*). Pero King y Wilson han demostrado que la distancia genética global entre los humanos y los chimpancés es mucho menor que la media para las especies hermanas y muy inferior a la de cualquier par de especies congénicas probadas.

Una magnífica paradoja, porque, aunque yo haya argumentado con gran convicción que las distinciones entre nuestras dos especies son exclusivamente cuestión de grado, no dejamos de ser animales muy diferentes. Si la distancia genética global es tan pequeña, entonces, ¿qué ha causado tan gran divergencia tanto en la forma como en el comportamiento? Bajo la idea atomista de que cada característica orgánica está controlada por un único gen, no podemos reconciliar nuestras diferencias anatómicas con los hallazgos de King y Wilson, ya que tantas diferencias en forma y función deberían ser reflejo de muchas diferencias genéticas.

La respuesta debe ser que ciertos tipos de genes tienen efectos de gran alcance, pues deben influenciar a la totalidad del organismo, no sólo a características individuales. Unos pocos cambios en estos genes clave podrían producir una gran divergencia entre dos especies sin necesidad de una diferenciación genética global excesiva. King y Wilson pretenden por lo tanto resolver la paradoja atribuyendo las diferencias que nos separan de los chimpancés fundamentalmente a mutaciones en el sistema regulador.

Las células hepáticas y las cerebrales tienen exactamente los mismos cromosomas y los mismos genes. Sus profundas diferencias no surgen de su constitución genética, sino de caminos alternativos de desarrollo. Durante el desarrollo, deberán conectarse y desconectarse distintos genes en diferentes momentos para obtener resultados tan dispares a partir de un mismo sistema genético. De hecho, todo el misterioso proceso de la embriología debe estar regulado por una exquisita temporización de la acción de los genes. Para que se produzca la diferenciación de una mano, por ejemplo, las células deben proliferar en determinadas zonas (destinadas a ser dedos) y morir en otras (los espacios interdigitales).

Gran parte de este sistema genético debe dedicarse a determinar la temporización de estos sucesos —a encender y apagar los genes— más que a la determinación de características específicas. Nos referimos a genes que controlan la temporización de sucesos del desarrollo en forma de sistema regulador. Está claro que un solo cambio en un gen regulador puede tener profundos efectos en la totalidad del organismo. Retrasar o acelerar un suceso clave en la embriogénesis puede cambiar el curso del futuro desarrollo del individuo. King y Wilson suponen, por lo tanto, que las diferencias genéticas fundamentales entre los chimpancés y los humanos pueden radicar en este fundamental sistema regulador.

Ésta es una hipótesis razonable e incluso necesaria. Pero ¿sabemos algo acerca de la naturaleza de esta diferencia regulatoria? No podemos, de momento, identificar los genes específicos involucrados en ella; por lo tanto, King y Wilson se abstienen de expresar opinión alguna. «Sería de la mayor importancia para el futuro estudio de la evolución humana —escriben— demostrar que las diferencias existentes entre los simios y los humanos obedecen a la temporización de la expresión de los genes durante el desarrollo.» Pero en mi opinión, sí conocemos la base de este cambio en la temporización. Como planteo en el ensayo 7, *Homo sapiens* es básicamente una especie neoténica; hemos evolucionado a partir de antecesores semejantes a los monos por medio de un retraso general del ritmo de nuestro desarrollo. Deberíamos buscar cambios reguladores que retarden las tendencias ontogenéticas que compartimos con todos los primates y que nos permiten retener las tendencias y proporciones del crecimiento juvenil.

La distancia genética extremadamente pequeña existente entre los humanos y los chimpancés podría tentarnos a llevar a cabo el experimento científico potencialmente más interesante y éticamente inaceptable que pueda imaginarse: hibridar las dos especies y

limitarnos a preguntarles a su descendencia qué se siente al ser, al menos en parte, un chimpancé. Esta hibridación tal vez fuera posible (tan pequeña es la distancia genética que nos separa). Pero, para que nadie tema la aparición de una raza comparable a la de los héroes de *El planeta de los simios*, me apresuro a añadir que el fruto de tal unión sería, casi con seguridad, estéril (como una mula, y por las mismas razones). Las diferencias genéticas entre los humanos y los chimpancés son menores, pero incluyen al menos diez grandes inversiones y traslocaciones. Una inversión es, literalmente, dar la vuelta a un segmento de un cromosoma. Cada célula híbrida tendría un juego de cromosomas de chimpancé y otro de humano correspondiente. Las células espermáticas y los óvulos son producto de un proceso denominado meiosis, o división reductora. En la meiosis, cada cromosoma debe emparejarse (es decir, ponerse en contacto) con su pareja correspondiente antes de la división de la célula, de modo que los genes correspondientes puedan situarse en relación uno a uno: es decir, cada cromosoma de chimpancé deberá emparejarse con su correspondiente humano. Pero si una parte del cromosoma humano está invertida con relación a su contrapartida en los chimpancés, entonces no se puede producir un emparejamiento gen a gen sin complicados lazos y retorcimientos, lo que habitualmente impide la división feliz de la célula.

Las tentaciones son grandes, pero espero que este emparejamiento permanezca en el índice de experimentos prohibidos: la tentación, en cualquier caso, irá sin duda disminuyendo según vayamos descubriendo cómo hablar con nuestros parientes más próximos. Empiezo a sospechar que averiguaremos todo lo que deseamos saber de boca de los propios chimpancés.

Arbustos y escaleras en la evolución del hombre

Mi primer profesor de paleontología era casi tan viejo como los animales de los que nos hablaba. Hacía sus discursos utilizando unas notas escritas en papel amarillo que sin duda había tomado en su época de estudiante. Sus palabras no variaban ni un ápice de un año a otro, pero el papel sí iba envejeciendo. Yo me sentaba en la primera fila, cubierto de polvo amarillo, mientras el papel crujía y se deshacía cada vez que pasaba una página.

Fue una bendición que jamás tuviera que hablar de la evolución humana. Los fósiles prehumanos nuevos y significativos han venido siendo descubiertos con tan inusitada frecuencia en los últimos tiempos, que el sino inevitable de todas las anotaciones para conferencias puede ser descrito con la palabra clave de una economía fundamentalmente irracional: obsolescencia planificada. Cada año, al surgir de nuevo el tema en mis cursos, me limito a abrir mi carpeta y volcar su contenido en el archivo de documentos circular* más cercano. Y allá vamos de nuevo.

Un titular de primera plana del *New York Times* del 31 de octubre de 1975 rezaba: «Localizada la pista del hombre hace 3,75 millones de años por medio de fósiles hallados en Tanzania». La doctora Mary Leakey, heroína sin laureles del famoso clan, había descubierto las mandíbulas y los dientes de al menos once individuos en sedimentos situados entre dos capas de cenizas volcánicas fósiles fechadas hace 3,35 y 3,75 millones de años, respectivamente. (Mary Leakey, a la que habitualmente se describe tan sólo como la viuda de Louis, es una científica famosa, con unas credenciales más impresionantes que las de su difunto marido. Descubrió también varios de los famosos fósiles atribuidos a Louis, incluyendo el famoso «hombre cascanueces» de Olduvai, *Australopithecus boisei*, su primer hallazgo de importancia.) Mary Leakey clasificó estos hallazgos como restos de criaturas pertenecientes a nuestro género, *Homo*, presumiblemente miembros de la especie del África oriental *Homo habilis*, descrita por vez primera por Louis Leakey.²

¿Y qué? En 1970, el paleontólogo de Harvard Brian Patterson fechó una mandíbula de África oriental en 5,5 millones de años. Es cierto que atribuyó el fragmento al género *Australopithecus*, no *Homo*. Si bien las convenciones taxonómicas requieren la asignación de nombres diferentes a las distintas etapas evolutivas de un linaje dado, esta costumbre no debería oscurecer la realidad biológica. Si *Homo habilis* es el descendiente directo de *Australopithecus africanus* (y si ambas especies difieren poco en el aspecto anatómico), entonces el «humano» más antiguo bien podría ser además el

Australopithecus más antiguo, no el receptor más antiguo de la arbitraria designación de *Homo*. Entonces ¿qué es lo que resulta tan excitante de unas mandíbulas y algunos dientes un millón y medio de años más jóvenes que el *Australopithecus* más antiguo?

En mi opinión, el hallazgo de Mary Leakey es el segundo más importante de toda la década. Para explicar mi excitación, debo aportar algo de información general acerca de la paleontología humana y discutir una cuestión fundamental, si bien poco apreciada, en la teoría evolutiva: el conflicto entre las «escaleras» y los «arbustos» como metáforas del cambio evolutivo. Deseo argumentar que *Australopithecus*, tal y como lo conocemos, podría no ser el antecesor de *Homo*; y que, en cualquier caso, las escaleras no representan la ruta seguida por la evolución. (Al hablar de «escaleras» me refiero a la imagen popular de la evolución como una secuencia continua de antecesores y descendientes.) Las mandíbulas y los dientes de Mary Leakey son los «humanos» más antiguos que conocemos.

La metáfora de la escalera ha venido controlando la mayor parte del pensamiento humano acerca de la evolución del hombre. Nos hemos dedicado a buscar una única secuencia progresiva que enlazara algún antecesor simiesco con el hombre moderno por medio de una transformación gradual y continua. El «eslabón perdido» bien podría haber sido llamado el «escalón perdido». Como escribió recientemente el biólogo británico J. Z. Young (1971) en su *Introduction to the Study of Man*: «Alguna población que se entrecruzaba libremente pero distinta cambió gradualmente hasta alcanzar el estado que denominamos *Homo sapiens*».

Irónicamente, la metáfora de la escalera negaba inicialmente papel alguno a los australopitecinos africanos en la evolución humana. *Australopithecus africanus* caminaba totalmente erguido, pero tenía un cerebro de menos de un tercio del tamaño del nuestro (véase el ensayo 22). Al ser descubierto en 1920, muchos evolucionistas pensaban que todas las características debían cambiar concertadamente dentro de los linajes evolutivos (la doctrina de la «transformación armoniosa de la especie»). Un simio erguido pero de cerebro pequeño no podía representar más que una rama colateral anómala destinada a una pronta extinción (el verdadero intermediario, supongo, habría sido un bruto semierecto con un cerebro a medio desarrollar). Pero al ir desarrollándose la teoría evolutiva moderna en el transcurso de la década de 1930, esta objeción a *Australopithecus* desapareció. La selección natural puede operar independientemente sobre caracteres adaptativos en secuencias evolutivas, cambiándolos en diferentes momentos y a ritmos distintos. Es frecuente que una serie de caracteres sufra una transformación completa antes de que otros caracteres cambien en absoluto. Los paleontólogos denominan a esta independencia potencial de las características «evolución en mosaico».

Merced a la evolución en mosaico, *Australopithecus africanus* accedió al exaltado estatus de antecesor directo. La ortodoxia se transformó en una escalera de tres escalones: *Australopithecus africanus* – *Homo erectus* (hombre de Java y Pekín) –

Homo sapiens.

En la década de 1930 surgió otro problema al ser descubierta otra especie de australopitecinos: la llamada forma robusta, *Australopithecus robustus* (y posteriormente la aún más extrema forma «hiperrobusta», *Australopithecus boisei*, descubierta por Mary Leakey a finales de la década de 1950). Los antropólogos se vieron forzados a admitir que dos especies de australopitecinos fueron coetáneas y que la escalera tenía al menos una rama colateral. No obstante, el estatus de antecesor de *Australopithecus africanus* no fue puesto en cuestión; simplemente ganó un segundo descendiente que fracasó: el linaje de cerebro pequeño y mandíbula grande, de los robustos.

Después, en 1964, Louis Leakey y sus colegas emprendieron una reevaluación de la evolución humana nominando una nueva especie procedente del África oriental, *Homo habilis*. Eran de la opinión de que *Homo habilis* era contemporáneo de las dos líneas de australopitecinos; más aún, como el mismo nombre indica, lo consideraban claramente más humano que a ninguno de sus contemporáneos. Malas noticias para la escalera: ¡tres líneas coexistentes de prehumanos! Y un descendiente potencial (*Homo habilis*) viviendo en la misma época que sus antecesores. Leakey proclamó la herejía obvia: ambas líneas de australopitecinos constituyen ramas colaterales carentes de papel directo alguno en la evolución de *Homo sapiens*.

Pero *Homo habilis*, según lo definía Leakey, resultaba controvertido por dos razones. La escalera convencional aún podía ser defendida:

1. Los fósiles eran escasos y procedían de lugares y épocas diferentes. Muchos antropólogos argumentaban que Leakey había mezclado dos materiales diferentes en su definición; ninguno de ellos partía de una nueva especie: un material más antiguo asignado a *Australopithecus africanus*, y algunos fósiles más jóvenes pertenecientes a *Homo erectus*.
2. La datación no era fiable. Incluso aunque *Homo habilis* representara una especie válida, podía ser más reciente que la mayoría o la totalidad de los australopitecinos conocidos. La ortodoxia dispondría entonces de una escalera de cuatro escalones: *Australopithecus africanus* – *Homo habilis* – *Homo erectus* – *Homo sapiens*.

Pero al ir aglutinándose un nuevo consenso en torno a la escalera de cuatro escalones, el hijo de Louis y Mary Leakey, Richard, hizo público el hallazgo de la década en 1973. Había desenterrado un cráneo casi completo con una capacidad craneana de unos 800 centímetros cúbicos, casi el doble de la de cualquier espécimen de *Australopithecus africanus*. Más aún, y éste es el punto crucial, dató el cráneo hace entre dos y tres millones de años, con preferencia por la segunda cifra; esto es, una antigüedad mayor que la de la mayor parte de los fósiles de australopitecinos, y no excesivamente lejana de la fecha del hallazgo más antiguo, de 5,5 millones de años. *Homo habilis* dejaba de ser una quimera en la imaginación de Louis. (El espécimen de Richard Leakey es a menudo cautamente nombrado por su número de catálogo, ER-

1470. Pero decidamos o no utilizar el nombre de *Homo habilis* para designarlo, es sin duda un miembro de nuestro propio género, y es, también con absoluta seguridad, contemporáneo de *Australopithecus*.)

Mary Leakey ha retrotraído la edad del *Homo habilis* otro millón de años (tal vez casi dos millones de años si el 1470 está más cerca de los tres que de los dos millones de años, como opinan muchos expertos hoy en día). *Homo habilis* no es el descendiente directo de *Australopithecus africanus* conocidos; los nuevos hallazgos son, de hecho, más antiguos que la práctica totalidad de los especímenes de *Australopithecus africanus* (y el estatus taxonómico de todos los especímenes fragmentarios anteriores al *Homo habilis* de Mary Leakey está en duda). Basándonos en los fósiles, tal y como los conocemos, *Homo* es tan antiguo como *Australopithecus*. (Se puede seguir argumentando que *Homo* evolucionó a partir de un *Australopithecus* más antiguo que está aún por descubrir, pero no existen pruebas que respalden tal afirmación, y se podría especular con el mismo derecho que *Australopithecus* evolucionó a partir de algún *Homo* desconocido.)

El antropólogo de Chicago Charles Oxnard ha propinado otro golpe a *Australopithecus* desde otro lado. Estudió el hombro, la pelvis y el pie de los australopitecinos, de los primates modernos (grandes simios y algunos monos) y *Homo* por medio de las rigurosas técnicas del análisis multivariante (la consideración estadística simultánea de grandes números de medidas). Llegó a la conclusión —aunque muchos antropólogos no estén de acuerdo— de que los australopitecinos eran «singularmente diferentes», tanto de los simios como de los humanos, y solicitó la «inclusión de los distintos miembros del género *Australopithecus*, de pequeño cerebro y singularmente único, en una o más líneas paralelas colaterales alejadas de todo vínculo directo con el hombre».

¿En qué queda nuestra escalera si nos vemos obligados a reconocer tres líneas coexistentes de homínidos (*Australopithecus africanus*, los australopitecinos robustos y *Homo habilis*), ninguna de las cuales deriva claramente de ninguna de las otras? Más aún, ninguna de ellas exhibe tendencia evolutiva alguna durante su estancia sobre la Tierra: ninguna de ellas desarrolla más el cerebro, ni se vuelve más erguida al irse aproximando a nuestra época.

En este punto, confieso que me estremezco, sabiendo de antemano lo que deben de estar pensando todos los creacionistas que me inundan de cartas: «De modo que Gould admite que no podemos trazar ninguna escalera evolutiva entre los homínidos primitivos africanos; las especies aparecen y desaparecen sin dejar de ser semejantes a sus tatarabuelos. A mí eso me suena a creación especial». (Aunque podría preguntarse por qué a Dios le pareció oportuno crear semejante cantidad de homínidos, y por qué algunas de sus producciones más recientes, *Homo erectus* en particular, tienen un aspecto tan

humano en comparación con los modelos anteriores.) Yo sugeriría que el error no está en la propia evolución sino en el modelo falso de su operación que la mayor parte de nosotros tenemos: a saber, la escalera, lo que me lleva a la cuestión de los arbustos.

Me gustaría plantear que la «súbita» aparición de especies en el registro fósil, y nuestra incapacidad para detectar cambios evolutivos subsiguientes en ellas, es la predicción adecuada que se debe realizar partiendo de la teoría evolutiva tal y como nosotros la comprendemos. La evolución se realiza habitualmente a través de la «especiación» (la escisión de un linaje a partir del tronco paterno), no por medio de la lenta y regular transformación de estos troncos parentales. Los episodios repetidos de especiación producen un arbusto. Las «secuencias» evolutivas no son escalones de una escalera, sino nuestra reconstrucción retrospectiva de un sendero tortuoso que configura un laberinto, de rama a rama, desde la base del arbusto a la línea que sobrevive hoy en su copa.

¿Cómo se produce la especiación? Éste es un perenne tema candente en la teoría evolutiva, pero la mayor parte de los biólogos suscribirían la «teoría alopátrica» (el debate se centra en la admisibilidad de otros modelos; casi todo el mundo está de acuerdo en que la especiación alopátrica es la más común). *Alopátrica* significa «en otro lugar». Según esta teoría popularizada por Ernst Mayr, las nuevas especies surgen en grupos *muy pequeños* que quedan aislados de su grupo parental en la *periferia* del territorio ancestral. La especiación en estos pequeños grupos aislados es *muy rápida* dentro de los patrones evolutivos: cientos o miles de años (un microsegundo geológico).

Se puede producir un cambio evolutivo fundamental en estas pequeñas poblaciones aisladas. Las variaciones genéticas favorables pueden extenderse en ellas con gran rapidez. Más aún, la selección natural tiende a ser intensa en áreas geográficas marginales en las que la especie se las ve y se las desea para sobrevivir. En las grandes poblaciones centrales, por otra parte, las variaciones favorables se extienden muy lentamente, y la mayor parte de los cambios son estólidamente resistidos por la población bien adaptada. Se producen pequeños cambios para hacer frente a los requerimientos del clima, que cambia lentamente, pero las reorganizaciones genéticas de mayor alcance tienen casi siempre lugar en las pequeñas poblaciones aisladas de la periferia, que forman las nuevas especies.

Si la evolución se produce normalmente por una especiación rápida en grupos pequeños y aislados de la periferia, en lugar de hacerlo a través de un cambio lento en las grandes poblaciones centrales, entonces ¿qué aspecto debería tener el registro fósil? No es probable que consigamos detectar el suceso de la especiación en sí. Ocurre demasiado rápidamente, en un grupo demasiado pequeño, aislado a demasiada distancia del territorio ancestral. Nos encontraremos con el fósil de la nueva especie cuando invada de nuevo el territorio ancestral convirtiéndose en una gran población central por derecho propio. Durante su historia recogida en el registro fósil no debemos esperar cambios de importancia, ya que nosotros llegamos a conocerla tan sólo como una población central

de éxito. Sólo participará en el proceso de cambio orgánico cuando en alguno de sus grupos aislados periféricos se produzca la especiación para convertirse en nuevas ramas del arbusto evolutivo. Pero la especie en sí aparecerá «súbitamente» en el registro fósil y se extinguirá más adelante con igual rapidez y escaso cambio perceptible en su forma.

Los homínidos fósiles de África responden por completo a estas expectativas. Conocemos tres ramas coexistentes del arbusto humano. Me sorprendería que no se descubriera el doble antes de fin de siglo. Las ramas no cambian en el transcurso de su historia registrada, y, si entendemos correctamente la evolución, así es como debe ser, ya que la evolución consiste en sucesos rápidos y concentrados de especiación, de producción de ramas nuevas.

Homo sapiens no es el producto preordenado de una escalera dirigida a nuestro exaltado puesto desde el principio de las cosas. No somos más que la rama superviviente de un arbusto otrora tupido.

El niño como verdadero padre del hombre

La búsqueda de Ponce de León de la fuente de la juventud continúa en las villas de retiro del estado soleado que descubrió. Los alquimistas chinos buscaron en otros tiempos la droga de la inmortalidad aliando la incorruptibilidad de la carne con la permanencia del oro. ¿Cuántos de nosotros estaríamos dispuestos a realizar el pacto con el demonio de Fausto a cambio de una vida eterna?

Pero nuestra literatura registra también los problemas potenciales de la inmortalidad. Wordsworth, en su famosa oda, argumentaba que la visión en la infancia del «esplendor de la hierba, de la gloria de la flor» jamás puede ser recuperada, aunque nos aconsejaba: «No os aflijáis; por el contrario, sacad fuerzas de lo que queda atrás». Aldous Huxley dedicó en una ocasión una novela —*Viejo muere el cisne*— a ilustrar la equívoca bendición de la eternidad. Con la consumada arrogancia que tan sólo un millonario estadounidense puede exhibir, Jo Stoyte se embarca en la aventura de comprar su inmortalidad. El científico contratado por Stoyte, el doctor Obispo, descubre que el quinto conde de Gonister ha conseguido prolongar su vida hasta bien entrados los doscientos años por medio de la ingestión diaria de tripas de carpa. Se apresuran hacia Inglaterra, penetran en la bien guardada residencia del conde y descubren —con gran horror por parte de Stoyte y profundo regocijo por parte de Obispo— que el conde y su amante se han transformado en monos. La horrible verdad de nuestro origen sale a la luz: evolucionamos reteniendo las características juveniles de nuestros antecesores, un proceso denominado neotenia (literalmente, «mantenimiento de la juventud»).

«Un simio fetal que ha tenido tiempo para crecer —consiguió decir finalmente el doctor Obispo—: ¡Es demasiado gracioso!» Una vez más se vio dominado por la risa [...] El señor Stoyte lo cogió por un hombro sacudiéndole violentamente [...] «¿Qué les ha ocurrido?» «No es más que el tiempo», dijo desenfadadamente el doctor Obispo [...] El antroipoide fetal consiguió llegar a su madurez [...] Sin moverse de donde estaba sentado, el quinto conde orinó en el suelo.

Aldous Huxley tomó el tema de la «teoría de la fetalización» propuesta en la década de 1920 por el anatomista holandés Louis Bolk (a quien probablemente le fuera transmitida por su hermano Julian, quien había estado haciendo importantes investigaciones acerca del retraso de la metamorfosis en los anfibios). Bolk basaba su idea en la impresionante lista de características que compartimos con las etapas juveniles (pero no las adultas) de otros primates o de los mamíferos en general. La lista incluye, entre más de veinte importantes caracteres los siguientes:

1. Nuestro cráneo redondeado y bulboso (sede de nuestro cerebro, de mayor tamaño). Los simios y monos embrionarios poseen un cráneo similar, pero el cerebro crece con tal lentitud en comparación con el resto del cuerpo (véanse los ensayos 22 y 23) que la bóveda craneana se vuelve más baja y relativamente más pequeña en los adultos. Probablemente nuestro propio cerebro lograra su gran tamaño por medio de la retención de las rápidas tasas fetales de crecimiento.
2. Nuestro rostro «juvenil» (perfil recto, mandíbulas y dientes pequeños y arcos ciliares débiles). Las mandíbulas igualmente pequeñas de los simios jóvenes crecen relativamente más deprisa que el resto del cráneo, formando en los adultos un hocico pronunciado.
3. Posición del *foramen magnum* (el agujero de la base de nuestro cráneo del que emerge la médula espinal). Al igual que en los embriones de la mayor parte de los mamíferos, nuestro *foramen magnum* yace en la parte inferior de nuestro cráneo, apuntando hacia abajo. Nuestro cráneo está situado sobre la parte superior de la espina dorsal, y miramos hacia delante cuando estamos erguidos. En otros mamíferos, esta localización embrionaria cambia al moverse el *foramen* a una posición en el cráneo orientada hacia atrás. Esto resulta adecuado para la vida cuadrúpeda, ya que la cabeza queda montada delante de las vértebras y los ojos se dirigen hacia delante. Los tres rasgos morfológicos más frecuentemente citados como marcas de humanidad son nuestro gran cerebro, nuestras pequeñas mandíbulas y nuestra posición erguida. La retención de rasgos juveniles puede haber desempeñado un importante papel en la evolución de todos ellos.
4. Cierre tardío de las suturas del cráneo y otras señales de calcificación retrasada del esqueleto. Los bebés tienen un «punto blando» de grandes dimensiones, y las suturas existentes entre los huesos de nuestro cráneo no se cierran totalmente hasta bien avanzado el estado adulto. Así, nuestro cerebro puede continuar con su pronunciada expansión posnatal. (En la mayor parte de los demás mamíferos, el cerebro está prácticamente completo en el momento del nacimiento y el cráneo totalmente osificado.) Uno de los principales anatomistas de primates ha comentado: «Aunque el hombre se desarrolla *in utero* hasta un tamaño mayor que el de cualquier otro primate, su maduración esquelética ha progresado menos en el momento del nacimiento que cualquier mono o simio del que tengamos información relevante». Tan sólo en los humanos los extremos de los huesos largos y de los dígitos siguen siendo totalmente cartilaginosos a la hora del nacimiento.
5. Dirección ventral del canal vaginal en las mujeres. Copulamos con mayor comodidad cara a cara porque estamos contruidos así. El canal vaginal también apunta hacia delante en los embriones de mamíferos, pero gira hacia atrás en los adultos, y los machos montan por detrás.

6. Nuestro fuerte dedo gordo del pie, no rotado y no oponible. El pulgar del pie de la mayor parte de los primates se origina, como el nuestro, en conjunción con sus vecinos, pero gira hacia un costado y se hace oponible a los demás dedos para poder agarrar eficientemente. Al retener un rasgo juvenil que nos dota de un pie más fuerte para caminar, nuestra postura erguida se ve respaldada.

La lista de Bolk resultaba impresionante (esto es tan sólo una pequeña parte de la misma), pero la ligó a una teoría que condenó sus observaciones al olvido y proporcionó a Aldous Huxley su metáfora contraria a Fausto. Bolk propuso que habíamos evolucionado por medio de una alteración de nuestro equilibrio hormonal que había retrasado nuestro desarrollo en su totalidad. Escribió:

Si quisiera expresar el principio básico de mis ideas por medio de una frase un tanto fuerte, diría que el hombre, en lo que a su desarrollo corporal se refiere, es un feto de primate que ha alcanzado la madurez sexual.

O, por citar de nuevo a Aldous Huxley:

Existe una especie de equilibrio glandular [...] Entonces llega una mutación y lo echa abajo. Se obtiene un nuevo equilibrio que, casualmente, retarda la tasa de desarrollo. Se crece; pero tan lentamente que está uno muerto antes de dejar de parecerse al feto de su tataratatarabuelo.

Bolk no rehusó la implicación obvia. Si debemos nuestros rasgos distintivos a un freno hormonal del desarrollo, entonces ese freno podría fácilmente soltarse: «Notarán ustedes —escribe Bolk— que una serie de lo que podríamos llamar rasgos pitecoides se aloja en nosotros en estado latente, a la espera tan sólo de que fallen las fuerzas retardadoras para entrar en actividad de nuevo.»

¡Qué delicada posición para los reyes de la creación! Un simio con su desarrollo frenado en posesión de la chispa de la divinidad gracias tan sólo a un freno químico impuesto sobre su desarrollo glandular.

El mecanismo de Bolk no llegó nunca a obtener excesivo apoyo, pero empezó a resultar cada vez más absurdo al ir estableciéndose la teoría darwiniana moderna en el transcurso de la década de 1930. ¿Cómo iba a poder un simple cambio hormonal producir una respuesta morfológica tan complicada? No todos nuestros rasgos están retrasados (por ejemplo las piernas largas), y aquellos que lo están exhiben grados variables de atraso. Los órganos evolucionan por separado en respuesta a requerimientos adaptativos diferentes (un concepto que denominamos «evolución en mosaico»). Por desgracia, las excelentes observaciones de Bolk quedaron enterradas bajo el bombardeo de críticas justificadas contra su imaginativo mecanismo. La teoría de la neotenia humana suele quedar hoy en día relegada a uno o dos párrafos en los libros de texto sobre antropología. No obstante, es en mi opinión fundamentalmente correcta; un tema esencial, si no dominante, en la evolución humana. Pero ¿cómo podemos rescatar las insinuaciones de Bolk del seno de su teoría?

Si hemos de basar nuestra argumentación en la lista de rasgos neoténicos, estamos perdidos. El concepto de evolución en mosaico dicta que los órganos evolucionarán de formas distintas para hacer frente a diferentes presiones selectivas. Los seguidores de la neotenia hacen una lista de sus rasgos, los oponentes hacen la suya y rápidamente se llega a una situación de tablas. ¿Quién puede decir qué rasgos son «más fundamentales»? Por ejemplo, recientemente un defensor de la neotenia ha escrito: «La mayor parte de los animales muestran un retardo en algunos rasgos, aceleración en otros [...] Haciendo balance, opino que en el hombre, por comparación con los demás primates, el retardo resulta mucho más importante que la aceleración». Pero un detractor proclama: «Los rasgos neoténicos [...] son consecuencias secundarias de los rasgos clave no neoténicos». La validación de la neotenia como idea fundamental requiere algo más que una lista impresionante de caracteres retardados; debe ser justificada como un resultado esperado de procesos que actúan en la evolución humana.

La idea de la neotenia obtuvo su popularidad inicial como forma de oponerse a la teoría de la recapitulación, una idea dominante en la biología de finales del siglo XIX. La teoría de la recapitulación proclamaba que los animales repiten los estados adultos de sus antecesores en el transcurso de su propio crecimiento embrionario y posnatal. La ontogenia recapitula la filogenia, por recordar la mística frase que todos tuvimos ocasión de aprender en la asignatura de biología de la escuela superior. (Los recapitulacionistas argumentaban que nuestras hendiduras branquiales embrionarias representaban al pez adulto del que descendemos.) Si la recapitulación fuera una verdad general —cosa que no es—, entonces los rasgos tendrían que verse *acelerados* en el transcurso de la historia evolutiva, ya que los rasgos adultos de los antecesores tan sólo pueden convertirse en las etapas juveniles de sus descendientes si su desarrollo se ve acelerado. Pero los rasgos neoténicos están *retardados*, puesto que los rasgos juveniles de los antecesores se ven retardados para que aparezcan en las etapas adultas de sus descendientes. Así pues, existe una correspondencia general entre el desarrollo acelerado y la recapitulación, por una parte, y el desarrollo retardado y la neotenia, por la otra. Si conseguimos demostrar un retraso general del desarrollo en la evolución humana, entonces la neotenia en los rasgos clave se convierte en algo esperado, no en una simple tabulación empírica.

No creo que pueda negarse al retardo su papel como suceso básico de la evolución humana. En primer lugar, los primates en general están retardados con respecto a la mayor parte de los demás mamíferos. Viven más tiempo y maduran más lentamente que otros mamíferos de un tamaño equivalente. La tendencia sigue siendo patente a todo lo largo de la evolución de los primates. Los simios son en general más grandes, maduran más lentamente y viven más tiempo que los monos y los prosimios. La duración y el ritmo de nuestras vidas se han ralentizado aún más espectacularmente. Nuestro período de gestación es sólo ligeramente más largo que el de los simios, pero nuestros bebés nacen con mucho más peso, presumiblemente porque nosotros retenemos nuestra rápida tasa de crecimiento fetal. Ya he comentado el retraso en la osificación de nuestros

huesos. Los dientes tardan más en salirnos, maduramos más lentamente y vivimos más tiempo. Muchos de nuestros órganos siguen creciendo largo tiempo después de que el crecimiento de órganos comparables se haya detenido en otros primates. Al nacer, el cerebro de un mono búnder tiene el 65 por 100 de su tamaño final, el chimpancé tiene un cerebro que es el 40,5 por 100 de su tamaño definitivo, pero en nuestro caso, tan sólo alcanzamos el 23 por 100. Los chimpancés y los gorilas llegan al 70 por 100 del tamaño final del cerebro a principios de su primer año de vida; nosotros no alcanzamos este valor hasta principios de nuestro tercer año. W. M. Krogman, nuestro principal experto en crecimiento infantil, ha escrito: «El hombre ostenta de modo absoluto el período más extenso de primera infancia, niñez y juventud de todas las formas de vida, es decir, es un animal neoténico o de largo crecimiento. Casi un 30 por 100 de su vida está dedicada al crecimiento».

Este retardo de nuestro desarrollo no nos garantiza que vayamos a conservar proporciones juveniles como adultos. Pero dado que la neotenia y el desarrollo retardado suelen estar ligados, el retardo sí nos ofrece un mecanismo para una retención fácil de cualquier rasgo juvenil adecuado al estilo de vida adulta de la descendencia. De hecho, los rasgos juveniles son un almacén de adaptaciones potenciales para los descendientes y pueden ser fácilmente utilizados si el desarrollo se ve fuertemente retardado en el tiempo (por ejemplo, el pulgar no oponible del pie y la cara pequeña de los primates fetales, como discutíamos anteriormente). En nuestro caso, la «disponibilidad» de rasgos juveniles marcó claramente el sendero hacia muchas de nuestras adaptaciones distintivas.

Pero ¿cuál es el significado adaptativo del desarrollo retardado en sí? La respuesta a esta pregunta probablemente se encuentre en nuestra evolución social. Somos sobre todo un animal que aprende. No somos particularmente fuertes ni rápidos, ni estamos especialmente bien diseñados; no nos reproducimos con rapidez. Nuestra ventaja radica en nuestro cerebro y en su notable capacidad para aprender de la experiencia. Para dar más relieve a nuestro aprendizaje, hemos alargado nuestra infancia retrasando la maduración sexual con su ansia adolescente de independencia. Nuestros niños se ven atados durante períodos más largos a sus padres, incrementando así la duración de su aprendizaje y fortaleciendo simultáneamente los lazos familiares.

Este argumento es viejo, pero soporta bien la edad. John Locke (1689) alababa nuestra larga infancia por su capacidad para mantener a los padres unidos: «Por lo cual no puede uno sino admirar la sabiduría del Gran Creador que [...] ha hecho necesario que la sociedad de hombre y esposa resulte más duradera que la del macho y la hembra entre las demás criaturas, para que así su laboriosidad pueda verse respaldada y sus intereses mejor unidos para proveer y guardar bienes para sus descendientes». Pero Alexander Pope (1735) lo dijo aún mejor, y encima en versos heroicos:

Bestia y ave su obligación común atienden
Las madres la alimentan, los padres la defienden;
Dejan que los jóvenes se vayan, a vagar por tierra o aire,
Aquí termina el instinto, y aquí termina el cuidado.

Un cuidado más largo exige la desvalida especie humana,
Este cuidado más largo pacta vínculos más duraderos.

Los bebés humanos como embriones

Mel Allen, ese incontenible maestro de ceremonias del béisbol yanqui de mi infancia, consiguió finalmente inspirarme desagrado por su respaldo excesivamente entusiasta a sus patrocinadores.³ Jamás me sentí ofendido cuando llamaba a los jonrones «*Ballantine Blasts*», pero mi paciencia se puso a prueba el día que DiMaggio falló por dos centímetros el poste de *foul* del campo izquierdo y Allen exclamó: «Falta por la ceniza de un cigarro White Owl». Espero no inspirar un desagrado similar confesando que leo, y disfruto haciéndolo, la *Natural History* y que en ocasiones incluso encuentro en ella alguna idea para mis ensayos.

En el número de noviembre de 1975, mi amigo Bob Martin escribió un trabajo acerca de las estrategias reproductivas en los primates. Se centró en el trabajo de uno de mis científicos favoritos, el idiosincrásico zoólogo suizo Adolf Portmann. En sus voluminosos estudios, Portmann ha identificado dos esquemas básicos en las estrategias reproductivas de los mamíferos. Algunos mamíferos, a los que normalmente designamos como «primitivos», tienen gestaciones breves y paren grandes camadas de crías escasamente desarrolladas (diminutas, sin pelo, indefensas y con ojos y oídos sin abrir). Su vida es breve, su cerebro pequeño (en relación con el tamaño corporal) y su comportamiento social no está bien desarrollado. Portmann denomina «altriz» a este modelo. Por otra parte, muchos mamíferos «avanzados» tienen una larga gestación, largos períodos de vida, un cerebro grande, un comportamiento social complejo, y paren unas pocas crías bien desarrolladas, capaces, al menos parcialmente, de ocuparse de sí mismas ya desde su nacimiento. Estos rasgos marcan a los mamíferos precoces. Según la visión de la evolución de Portmann, que la considera un proceso que se dirige inexorablemente cada vez más arriba hacia un mayor desarrollo espiritual, el modelo altriz es primitivo y preparatorio del tipo precoz, más elevado, que evoluciona hacia cerebros cada vez más desarrollados. La mayor parte de los evolucionistas angloparlantes rechazarían esta interpretación y enlazarían los esquemas básicos a los requerimientos inmediatos de diferentes modos de vida. (A menudo utilizo estos ensayos para dar rienda suelta a mi propio prejuicio contra la identificación de la evolución con el «progreso».) El esquema altriz, argumenta Martin, parece estar correlacionado con entornos marginales, fluctuantes e inestables en los que los animales obtienen mayores beneficios produciendo toda la descendencia posible, de modo que algunos de sus miembros puedan soportar la

aspereza y la inseguridad de los recursos. El esquema precoz encaja mejor en ambientes tropicales y estables. En ellos, con unos recursos más predecibles, los animales pueden invertir sus limitadas energías en unos pocos descendientes bien desarrollados.

Cualquiera que sea la explicación, nadie negará que los primates son los mamíferos precoces arquetípicos. En relación con el tamaño corporal, sus cerebros son los más grandes y los tiempos de gestación y la duración de su vida son los más largos entre los mamíferos. El tamaño de la camada, en la mayor parte de los casos, se ha visto reducido al mínimo absoluto de uno. Los bebés están bien desarrollados y capacitados al nacer. No obstante, aunque Martin no lo menciona, nos encontramos con una embarazosa y obviamente llamativa excepción: nosotros mismos. Compartimos la mayor parte de los caracteres precoces con nuestros primos primates: vida larga, cerebro grande y camadas pequeñas. Pero nuestros bebés están tan indefensos y poco desarrollados al nacer como los de la mayor parte de los mamíferos altrices. De hecho, el propio Portmann considera a los bebés humanos como «secundariamente altrices». ¿Por qué la más precoz de todas las especies en algunos rasgos (en especial el cerebro) ha desarrollado un bebé mucho menos evolucionado y más indefenso que el de sus antecesores primates?

Propondré una respuesta a esta pregunta que sin duda parecerá a la mayor parte de los lectores manifiestamente absurda: los bebés humanos nacen en forma de embriones y siguen siendo embriones durante aproximadamente los primeros nueve meses de vida. Si las mujeres dieran a luz cuando «deberían» —tras una gestación de alrededor de un año y medio—, nuestros bebés compartirían los rasgos precoces estándar de otros primates. Ésta es la posición de Portmann, desarrollada en una serie de artículos que publicó en alemán durante la década de 1940 y que ha permanecido inédita en este país. Ashley Montagu llegó independientemente a la misma conclusión en un trabajo publicado en el *Journal of the American Medical Association* en octubre de 1961. El psicólogo de Oxford R. E. Passingham la defendió en un trabajo publicado a finales de 1975 en la revista técnica *Brain, Behavior and Evolution*. Yo también me pongo de parte de este selecto grupo, pues considero el argumento básicamente correcto.

La impresión inicial de que semejante idea no puede ser más que una flagrante estupidez surge de la duración de la gestación humana. Los gorilas y los chimpancés pueden no estar muy lejos de ella, pero la gestación humana sigue siendo la más larga de entre los primates. ¿Cómo puede entonces afirmarse que los humanos recién nacidos son embriones por haber nacido (en algún sentido) demasiado temprano? La respuesta es que los días planetarios pueden no suponer una medida apropiada del tiempo en todos los cálculos biológicos. Algunas cuestiones sólo pueden abordarse adecuadamente si el tiempo se mide de modo relativo, en términos del metabolismo o el ritmo de desarrollo del animal. Sabemos, por ejemplo, que la duración de la vida de los mamíferos va de unas pocas semanas a más de un siglo. Pero ¿es ésta una distinción «real» en términos de la propia percepción del tiempo y el ritmo del mamífero? ¿Vive realmente una rata «menos» que un elefante? Las leyes de la escala dictan que los animales pequeños de

sangre caliente vivan a un ritmo más rápido que sus parientes de mayor tamaño (véanse los ensayos 21 y 22). El corazón late más rápidamente y el metabolismo está notablemente acelerado. De hecho, para varios criterios de tiempo relativo, todos los mamíferos viven aproximadamente lo mismo. Por ejemplo, todos ellos respiran más o menos el mismo número de veces en el transcurso de sus vidas. (Los mamíferos pequeños de vida breve respiran más rápidamente que los mayores, de metabolismo lento.)

En días astronómicos, la gestación humana es larga, pero en relación con las tasas de desarrollo humano está truncada y abreviada. En el ensayo anterior argumentaba que una característica fundamental (si no la característica fundamental) de la evolución humana ha sido el acentuado retardo de nuestro desarrollo. Nuestros cerebros crecen más lentamente y durante un período de tiempo más largo que el de los otros primates, nuestros huesos se osifican mucho más tarde, y el período de nuestra infancia está muy extendido. De hecho, jamás alcanzamos los niveles de desarrollo logrados por la mayor parte de los primates. Los adultos humanos retienen, en varios aspectos importantes, los rasgos juveniles de primates ancestrales, un fenómeno evolutivo llamado neotenia.

En comparación con otros primates, crecemos y nos desarrollamos con la velocidad de un caracol y, no obstante, nuestro período de gestación es tan sólo unos pocos días más largo que el de los gorilas y los chimpancés. Con relación a nuestra propia tasa de desarrollo, nuestro período de gestación se ha visto marcadamente abreviado. Si la duración de la gestación se hubiera visto tan retardada como el resto de nuestro desarrollo, los bebés humanos nacerían en cualquier momento comprendido entre los siete y ocho meses (según estimación de Passingham) y un año (según estimación de Portmann y Ashley Montagu) tras los nueve meses pasados de hecho *in utero*.

Pero ¿acaso no estaré permitiéndome una simple metáfora o un juego de palabras al decir que el bebé humano es «aún un embrión»? Acabo de criar dos bebés propios hasta más allá de esta tierna edad, y he experimentado todos los gozos y misterios de su desarrollo mental y físico (cosas que jamás podrían ocurrir en un vientre oscuro y limitativo). No obstante, me pongo del lado de Portmann al considerar los datos de su crecimiento físico, porque durante su primer año, los bebés humanos comparten el modelo de crecimiento de los fetos de los primates y de los mamíferos, pero no el de otros bebés primates. (La identificación de determinados modelos de crecimiento como fetales o posnatales no es arbitraria. El desarrollo posnatal no es una simple prolongación de las tendencias fetales; el nacimiento es un momento de notable discontinuidad en muchos rasgos.) Los neonatos humanos, por ejemplo, aún no tienen osificados los extremos de los huesos de las extremidades ni de los dedos; normalmente los centros de osificación están totalmente ausentes en los huesos de los dedos de los humanos recién nacidos. Este nivel de osificación se corresponde con la decimoctava semana fetal de los macacos. Cuando los macacos nacen, transcurridas veinticuatro semanas, los huesos de sus extremidades están osificados hasta un punto no alcanzado por los humanos hasta

transcurridos años desde su nacimiento. Más importante, nuestro cerebro continúa creciendo a un ritmo rápido, fetal, después del nacimiento. El cerebro de multitud de mamíferos está ya esencialmente formado al nacer. Otros primates extienden el desarrollo cerebral hasta un período posnatal temprano. El cerebro de un bebé humano tiene tan sólo la cuarta parte de su tamaño final en el momento de su nacimiento. Passingham escribe: «El cerebro del hombre no alcanza las proporciones correspondientes a las del chimpancé en el momento de su nacimiento hasta alrededor de seis meses después de nacer. Este tiempo se corresponde bastante bien con el tiempo en el que podría esperarse que naciera el hombre si su período de gestación fuera una proporción igual de elevada de su período de desarrollo y de la duración de su vida, como ocurre en el caso de los simios».

A. H. Schultz, uno de los principales anatomistas de primates de este siglo, resumía su estudio comparado del crecimiento en los primates afirmando: «Es evidente que la ontogenia humana no es única en lo que respecta a la duración de la vida *in utero*, pero se ha vuelto altamente especializada en el llamativo retraso de la finalización del crecimiento y de la aparición de la senilidad».

Pero ¿por qué nacen los bebés humanos antes de tiempo? ¿Por qué ha extendido tanto la evolución nuestro desarrollo general, manteniendo no obstante bajo control la duración de nuestra gestación, dotándonos por lo tanto de un bebé esencialmente embrionario? ¿Por qué no se vio igualmente prolongada la gestación junto con el resto del desarrollo? Según el punto de vista espiritual de Portmann acerca de la evolución, este nacimiento precoz debe ser función de requerimientos mentales. Argumenta que los humanos, como animales que aprenden, necesitan abandonar el vientre oscuro y carente de desafíos para tener acceso, como flexibles embriones, al rico entorno extrauterino de vistas, olores, sonidos y sensaciones táctiles.

Pero en mi opinión (y en la de Ashley Montagu y Passingham) existe una razón más importante que se refiere a una consideración que Portmann rechaza con desdén como toscamente mecánica y materialista. Por lo que he podido ver (aunque no puedo saberlo con seguridad), el nacimiento humano es una experiencia gozosa cuando se la rescata adecuadamente de los arrogantes médicos varones que parecen buscar el control total de un proceso que no pueden experimentar. No obstante, no creo que pueda negarse que el nacimiento humano es dificultoso en comparación con el de la mayor parte de los mamíferos. Por decirlo groseramente, es un fuerte apretón. Sabemos que los primates hembra pueden morir de parto cuando la cabeza del feto es demasiado grande para pasar a través del canal pélvico. A. H. Schultz ilustra el feto nacido muerto de un papión sagrado y el canal pélvico de su madre muerta; la cabeza del embrión es notablemente más grande que el canal. Schultz llega a la conclusión de que el tamaño del feto está cerca del límite en esta especie: «Si bien la selección debe sin duda tender a favorecer grandes diámetros en la pelvis femenina, debe también actuar contra toda prolongación temporal de la gestación o al menos contra los recién nacidos excesivamente grandes».

Estoy seguro de que no hay muchas hembras humanas capaces de dar a luz con éxito a un niño de un año de edad.

El malo de la película es nuestra especialización evolutiva más importante, nuestro gran cerebro. En la mayor parte de los mamíferos, el crecimiento del cerebro es un fenómeno estrictamente fetal. Pero dado que el cerebro no llega nunca a ser muy grande, esto no plantea problema alguno a la hora del nacimiento. En los monos de cerebro más grande, el crecimiento queda retrasado para permitir un crecimiento posnatal del cerebro. Pero las duraciones relativas de la gestación no requieren alteración alguna. No obstante, el cerebro humano es tan grande que debe añadirse otra estrategia para el éxito del nacimiento: la gestación debe ser abreviada en relación con el desarrollo general, y el nacimiento debe producirse cuando el cerebro tiene tan sólo un cuarto de su tamaño final.

Probablemente nuestro cerebro haya llegado al final de su crecimiento en tamaño. El rasgo supremo de nuestra evolución ha limitado en definitiva su propio potencial para un crecimiento futuro. Sin contar con alguna remodelación radical de la pelvis femenina, tendremos que apañarnos con el cerebro de que disponemos si es que queremos nacer. Pero no importa. Podemos pasarnos felizmente los próximos milenios averiguando lo que podemos hacer con un inmenso potencial que prácticamente no hemos empezado aún a comprender ni a explotar.

III

Organismos extraños y ejemplares evolutivos

El mal llamado, mal tratado y mal comprendido alce irlandés

La propia naturaleza parece, por la vasta magnitud y los majestuosos cuernos de que ha dotado a esta criatura, haberla prohiado, como quien dice, y haberle mostrado gran atención, con un diseño que la distingue notablemente del rebaño común de todos los demás cuadrúpedos más pequeños.

THOMAS MOLYNEUX, 1697

El alce irlandés, el Sacro Imperio Romano y el corno inglés forman un conjunto verdaderamente extraño. Pero comparten la distinción de la absoluta inadecuación de sus nombres. El Sacro Imperio Romano, según nos cuenta Voltaire, no era ni sacro, ni romano, ni tan siquiera imperio. El corno inglés es un oboe continental; las versiones originales de este instrumento eran curvas, de ahí el nombre «angular» (corrompido a «inglés») y el subsiguiente resultado de corno «angular» (inglés). El alce irlandés no era ni exclusivamente irlandés, ni un alce. Era el ciervo más grande que jamás haya vivido. Su enorme cornamenta resultaba aún más impresionante. El doctor Molyneux se maravillaba ante «esos espaciosos cuernos» en la primera descripción publicada, en 1697. En 1842, Rathke los describió con un lenguaje aún no superado en su expresión de enormidad, llamándolos *bewunderungswuerdig*.^{*} Aunque el libro Guinness de los récords ignora los fósiles y canta los honores del alce americano, las cuernas del alce irlandés jamás han sido superadas, ni siquiera por aproximación, en toda la historia de la vida. Estimaciones fiables cifran su envergadura total en hasta 3,65 metros. Esta cifra resulta tanto más impresionante cuando reconocemos que probablemente la cornamenta se perdiera y renovara cada año, igual que en todos los demás ciervos verdaderos.

Hace ya mucho tiempo que se conocen en Irlanda cornamentas fósiles de estos ciervos gigantescos, que aparecen en los sedimentos de lagos enterradas bajo depósitos de turba. Antes de atraer la atención de los científicos, habían sido utilizadas como postes de entrada a las fincas e incluso como puente improvisado para cruzar un riachuelo en el condado de Tyrone. Una historia, probablemente apócrifa, habla de una enorme hoguera, alimentada con huesos y astas, encendida en el condado de Antrim para celebrar la

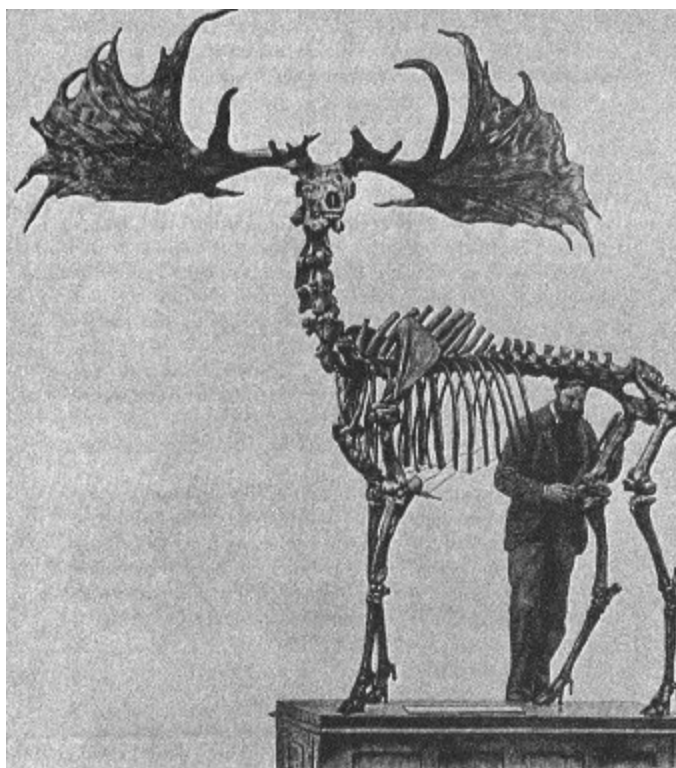
victoria sobre Napoleón en Waterloo. Se les llamaba alces porque el alce europeo era el único animal familiar con unas astas que pudieran aproximarse siquiera a las del ciervo gigante en tamaño.

El primer dibujo conocido de astas de ciervo gigante data de 1588. Casi un siglo más tarde, Carlos II recibió un par de ellas y (según el doctor Molyneux) «les concedió tanto valor por su prodigioso tamaño» que las hizo poner en la galería de cornamentas de Hampton Court, donde «sobrepasaban tan vastamente» en tamaño a todas las demás «que el resto parecía perder gran parte de su curiosidad».

La exclusividad de Irlanda se desvaneció en 1746 (aunque el nombre se mantuvo) al ser desenterrados un cráneo con su cornamenta en Yorkshire, en Inglaterra. El primer espécimen descubierto en el continente lo fue en Alemania, en 1781, mientras que el primer esqueleto completo (aún en pie en el Museo de la Universidad de Edimburgo) fue exhumado en la isla de Man en la década de 1820.



Un dibujo del ciervo gigante en el artículo de 1697 de Thomas Molyneux muestra las astas incorrectamente giradas 90 grados hacia delante.



Un digno predecesor del autor toma medidas del otro extremo de un alce irlandés. Figura publicada originalmente por J. G. Millais en 1897.

Sabemos hoy que los ciervos gigantes llegaron tan al este como Siberia y China y tan al sur como África del norte. Los especímenes procedentes de Inglaterra y Eurasia son casi todos fragmentarios, y la práctica totalidad de los magníficos especímenes que adornan tantos museos en todo el mundo provienen de Irlanda. El ciervo gigante evolucionó en el transcurso del período glacial de los últimos pocos millones de años y posiblemente sobreviviera hasta época histórica en la Europa continental, pero se extinguió en Irlanda hace unos 11.000 años.

«De entre todos los fósiles del Imperio británico —escribió James Parkinson en 1811—, ninguno podría estar mejor pensado para despertar nuestro asombro.» Y así ha venido ocurriendo a todo lo largo de la historia de la paleontología. Dejando a un lado anécdotas curiosas y la maravilla que siempre inspira la inmensidad, la importancia del ciervo gigante radica en su contribución a los debates en torno a la teoría evolutiva. Todos los grandes evolucionistas han utilizado al ciervo gigante para defender sus puntos de vista favoritos. La controversia se ha articulado en torno a dos cuestiones básicas: 1) ¿Podían tener alguna utilidad unas astas de semejantes dimensiones?, y 2) ¿Por qué se extinguió el ciervo gigante?

Dado que el debate en torno al alce irlandés se ha centrado hace ya tiempo en las razones de su extinción, resulta irónico que el principal propósito del artículo de Molyneux fuera argumentar que debía de estar aún vivo. Muchos científicos del siglo XVII mantenían que la extinción de cualquier especie sería inconsecuente con la bondad y perfección divinas. El artículo del doctor Molyneux, escrito en 1697, empieza así:

Es opinión de muchos naturalistas que ninguna especie real de criaturas vivientes puede estar tan absolutamente extinguida como para haber desaparecido por completo del mundo desde el momento de su creación; y ello está basado en el buen principio de que la Providencia cuida en general de todas sus producciones animales, por lo que es merecedora de nuestra aquiescencia.

Y no obstante, el ciervo gigante no habitaba ya Irlanda, y Molyneux se vio obligado a buscar en otro sitio. Tras leer informes de viajeros acerca del tamaño de las astas del alce americano, llegó a la conclusión de que el alce irlandés debía de ser el mismo animal. La tendencia a la exageración en tales historias parece ser universal e intemporal. Dado que no pudo encontrar cifras ni una descripción precisa del alce en cuestión, sus conclusiones no resultan tan absurdas como parecerían indicar nuestros actuales conocimientos. Molyneux atribuía la desaparición del ciervo gigante en Irlanda a una «destemplanza epidémica», causada por «cierta constitución enfermiza del aire».

Durante el siguiente siglo, las discusiones flamearon a lo largo de la línea trazada por Molyneux: ¿a qué especie moderna pertenecía el ciervo gigante? Las opiniones se dividían a partes iguales entre el alce y el reno.

Al ir desentrañando los geólogos del siglo XVIII el registro fósil de la vida primitiva, empezó a ser cada vez más difícil afirmar que las extrañas y desconocidas criaturas reveladas por los fósiles estuvieran todas vivas aún en alguna remota parte del globo. Tal vez Dios no hubiera creado una sola vez y para siempre; tal vez Él hubiera experimentado de modo continuo tanto con la creación como con la destrucción. Caso de ser así, el mundo era sin duda más antiguo de los seis mil años que admitían los literalistas.

La cuestión de la extinción fue el primer gran campo de batalla de la paleontología moderna. En América, Thomas Jefferson mantenía el punto de vista primitivo, mientras que en Europa, Georges Cuvier, el gran paleontólogo francés, utilizaba el alce irlandés para demostrar que la extinción era un hecho. Ya en 1812, Cuvier había resuelto dos cuestiones urgentes: por medio de una minuciosa descripción anatómica demostró que el alce irlandés no se parecía a ningún animal moderno; y al situarlo entre otros muchos mamíferos fósiles carentes de equivalentes modernos, estableció el hecho de la extinción y sentó las bases de una escala geológica del tiempo.

Una vez resuelto el hecho de la extinción, el debate se desplazó al momento en que había ocurrido: en particular, ¿había sobrevivido el alce irlandés al diluvio? Esta cuestión distaba mucho de resultar ociosa, ya que si el diluvio o cualquier otra catástrofe anterior habían borrado del mapa al ciervo gigante, entonces su desaparición obedecía a causas naturales (o sobrenaturales). El arcediano Maunsell, un aficionado de gran dedicación, escribió en 1825: «Me convencí de que debían de haber sido destruidos por algún diluvio abrumador». Un tal doctor MacCulloch pensaba incluso que los fósiles aparecían en posición erguida, con el hocico alzado: un gesto final ante la subida de las aguas, además de una última súplica: no hagan olas.

No obstante, si acaso habían sobrevivido al diluvio, entonces su ángel exterminador no podía haber sido otro que el mismísimo mono desnudo. Gideon Mantell, que escribía en 1851, echaba la culpa de todo a las tribus celtas; en 1830, Hibbert implicaba a los romanos y las extravagantes matanzas de sus circos. Por si tuviéramos asumido que el reconocimiento de nuestra capacidad para la destrucción es un fenómeno reciente, Hibbert escribió en 1830: «Sir Thomas Molyneux concibió que algún tipo de destemplanza, o pestilencia, podría haber acabado con los alces irlandeses [...] Resulta, no obstante, cuestionable si la raza humana no ha demostrado ser en ocasiones tan formidable como cualquier pestilencia en el exterminio, en zonas enteras, de razas completas de animales salvajes».

En 1846, el mayor de los paleontólogos británicos, sir Richard Owen, revisó todos los datos existentes y llegó a la conclusión de que, al menos en Irlanda, el ciervo gigante había perecido antes de la llegada del hombre. Por aquel entonces, el diluvio universal como proposición geológica sería había desaparecido de la escena. ¿Qué había sido, pues, responsable de la desaparición del ciervo gigante?

Charles Darwin publicó *El origen de las especies* en 1859. Antes de transcurridos diez años, virtualmente todos los científicos habían aceptado el *hecho* de la evolución. Pero el debate acerca de las causas y los mecanismos no quedó zanjado (a favor de Darwin) hasta la década de 1940. La teoría de la selección natural de Darwin requiere que los cambios evolutivos sean adaptativos (esto es, que sean útiles para el organismo). Por lo tanto, los antidarwinistas buscaron en el registro fósil casos de evolución que no pudieran haber beneficiado a los animales implicados.

La teoría de la ortogénesis se convirtió en la piedra de toque de los paleontólogos antidarwinistas, ya que afirmaba que la evolución procedía a lo largo de líneas rectas que la selección natural no podía regular. Ciertas tendencias, una vez iniciadas, no podían ser detenidas aunque llevaran a la extinción. Así, cierta ostra, se decía, arrollaba sus valvas la una sobre la otra hasta que el animal quedaba totalmente aislado en su interior; además, los «tigres» de dientes de sable no podían detener el crecimiento de sus dientes ni los mamuts el de sus colmillos.

Pero con mucho, el ejemplo más famoso de la ortogénesis fue el del propio alce irlandés. El ciervo gigante había evolucionado a partir de formas de menor tamaño con astas más pequeñas todavía. Aunque las astas resultaban útiles al principio, su crecimiento no podía ser detenido y, al igual que el aprendiz de brujo, el ciervo gigante descubrió demasiado tarde que hasta lo bueno tiene sus límites. Humillado por el peso de sus excrecencias craneales, atrapado entre los árboles o hundido en los estanques, pereció. ¿Qué fue lo que hizo que se extinguiera el alce irlandés? Él mismo; mejor dicho, sus propias astas.

En 1925, el paleontólogo americano R. S. Lull invocó al ciervo gigante para atacar al darwinismo: «La selección natural no explica la sobreespecialización, porque es manifiesto que, si bien un órgano puede ser llevado hasta el límite de la perfección por la

selección, jamás sería llevado hasta un estado en el que resultara una amenaza concreta para la supervivencia... [como sucede con] las grandes astas ramificadas del extinto ciervo irlandés».

Los darwinianos, con Julian Huxley a la cabeza, lanzaron un contraataque en la década de 1930. Huxley señaló que al ir haciéndose más grandes los ciervos —bien en el transcurso de su propio crecimiento o en comparación con parientes adultos de tamaños diferentes— sus astas no crecen en la misma proporción que el tamaño del cuerpo sino que crecen más deprisa, de modo que las astas de los ciervos grandes no sólo son más grandes que las de los ciervos pequeños en términos absolutos, sino también en términos relativos. Para denominar un cambio tan ordenado y regular de la forma con relación al tamaño creciente, Huxley utilizó el término alometría.

La alometría suministraba una cómoda explicación al tamaño de las astas del ciervo gigante. Dado que el alce irlandés tenía el cuerpo más grande que ningún otro ciervo, sus astas relativamente enormes podrían haber sido sencillamente el resultado de la relación alométrica existente en todos los ciervos. Tan sólo necesitamos asumir que el aumento en el tamaño del cuerpo se había visto favorecido por la selección natural; las enormes astas habrían sido una consecuencia automática. Podrían incluso haber resultado ligeramente perjudiciales por sí mismas, pero esta desventaja se habría visto más que compensada por los beneficios de un mayor tamaño corporal, y la tendencia siguió adelante. Por supuesto, cuando los problemas de unas astas más grandes resultaran mayores que las ventajas de un cuerpo más voluminoso, la tendencia llegaría a su fin, ya que no podría seguir siendo favorecida por la selección natural.

Prácticamente la totalidad de los manuales modernos de evolución presentan al alce irlandés bajo este prisma, citando la explicación alométrica como respuesta a las teorías ortogenéticas. Como confiado estudiante, yo había asumido que semejante repetición debía de estar basada en abundantes datos. Más adelante descubrí que el dogma de libro de texto se perpetúa a sí mismo; por ello, hace tres años me sentí desilusionado, pero no realmente sorprendido, al descubrir que esta explicación tan ampliamente esgrimida no estaba basada en dato alguno. Aparte de unos cuantos intentos desgastados de encontrar el par de astas de mayor tamaño, nadie había medido jamás un alce irlandés. Con el metro en la mano, tomé la decisión de poner fin a esta situación.

El Museo Nacional de Irlanda, en Dublín, dispone de diecisiete especímenes en exhibición, y de muchos más, apilados asta sobre asta, en un almacén cercano. La mayor parte de los grandes museos de Europa occidental y América poseen un alce irlandés, y el ciervo gigante adorna multitud de salones de trofeos de nobles ingleses e irlandeses. Las astas más grandes entre las conocidas adornan la verja de entrada de Adare Manor, hogar del conde de Dunraven. El esqueleto más lamentable se encuentra en el sótano de Bunratty Castle, donde multitud de turistas alegres y ligeramente ebrios se detienen a tomar café cada noche tras un banquete medieval. Este pobre espécimen, cuando lo conocí, a la mañana siguiente, estaba fumando un cigarro, le faltaban dos dientes y tenía

tres tazas de café en las puntas de sus astas. Para aquellos que disfrutaban de las comparaciones envidiosas, las astas más grandes de Norteamérica están en Yale, las más pequeñas del mundo en Harvard.

Para determinar si las astas de ciervo gigante crecían alométricamente, comparé el tamaño de las astas con el del cuerpo. Para el tamaño de las primeras utilicé una medida compleja, compuesta por la longitud y la anchura de las astas y la longitud de las puntas de mayor tamaño. La longitud del cuerpo, o la longitud y la anchura de sus huesos principales, podría tal vez haber sido la medición más apropiada para el tamaño del cuerpo, pero no pude utilizarla porque la inmensa mayoría de los ejemplares consisten tan sólo en un cráneo con sus astas. Es más, los contados esqueletos completos que existen están invariablemente formados por los huesos de más de un animal, grandes cantidades de escayola y algún sustitutivo ocasional (el primer esqueleto de Edimburgo ostentó durante algún tiempo la pelvis de un caballo). Por lo tanto, mi medida del tamaño global tuvo que ser la longitud del cráneo. El cráneo llega a su tamaño definitivo a muy temprana edad (todos mis especímenes eran más viejos) y después ya no varía; resulta, por lo tanto, un buen indicador del tamaño del cuerpo. Mi muestreo incluyó 79 cráneos y astas procedentes tanto de museos como de hogares particulares de Irlanda, Gran Bretaña, Europa continental y Estados Unidos.

Mis mediciones mostraron una elevada correlación positiva entre el tamaño de la cornamenta y el tamaño del cuerpo, con un crecimiento de las astas dos veces y media más rápido que el del tamaño del cuerpo desde los machos pequeños hasta los grandes. Esto no es un gráfico del crecimiento individual; es una relación entre adultos de diferentes tamaños corporales. Así pues, la teoría alométrica queda reafirmada. Si la selección natural favoreció la existencia de ciervos grandes, entonces aparecieron astas relativamente mayores como resultado correlativo sin que esto tenga necesariamente significación por sí mismo.

No obstante, al tiempo que reafirmaba la relación alométrica, empecé a poner en duda la explicación tradicional, dado que contenía un curioso residuo del anterior punto de vista ortogenético. Éste suponía que las astas no son de por sí adaptativas y que fueron toleradas tan sólo porque las ventajas de un mayor tamaño corporal compensaban sus desventajas. Pero ¿por qué hemos de asumir que aquellas astas inmensas carecían de función primordial? Resulta igualmente posible la interpretación opuesta: que la selección operó primariamente para incrementar el tamaño de las astas, produciendo un aumento del tamaño corporal como consecuencia secundaria. El caso en contra de las astas jamás ha tenido más base que el asombro subjetivo ante su enormidad.

Los puntos de vista abandonados tiempo atrás, a menudo continúan ejerciendo su influencia de modos sutiles. El planteamiento ortogenético pervivió en el contexto alométrico propuesto para reemplazarlo. En mi opinión, el supuesto problema de las astas «pesadas» o «engorrosas» es una ilusión enraizada en una idea hoy en día abandonada por los estudiosos del comportamiento animal.

Para los darwinistas del siglo XIX, el mundo natural era un lugar cruel. El éxito evolutivo se medía en términos de batallas ganadas y enemigos destruidos. En este contexto, las astas eran consideradas un arma formidable contra los depredadores y los machos rivales. En *El origen del hombre* (1871), Darwin jugó con otra idea: que las astas podrían haber evolucionado como adornos para atraer a las hembras. «Entonces, si las astas, como los espléndidos ornamentos de los caballeros de antaño, aumentan la noble apariencia de los ciervos y los antílopes, podrían haber sido modificadas en parte con este fin.» No obstante se apresuraba a añadir que carecía de «evidencia para respaldar esta idea», y continuaba interpretando las astas con arreglo a la «ley de la batalla» y sus ventajas en «reiteradas competencias letales». Todos los primeros autores asumían que el alce irlandés utilizaba sus astas para matar lobos y alejar a los machos rivales tras feroces batallas. Por lo que yo sé, este punto de vista sólo ha sido puesto en cuestión en 1961 por el paleontólogo ruso L. S. Davitashvili, que afirmó que las astas servían fundamentalmente como señales de cortejo para las hembras.

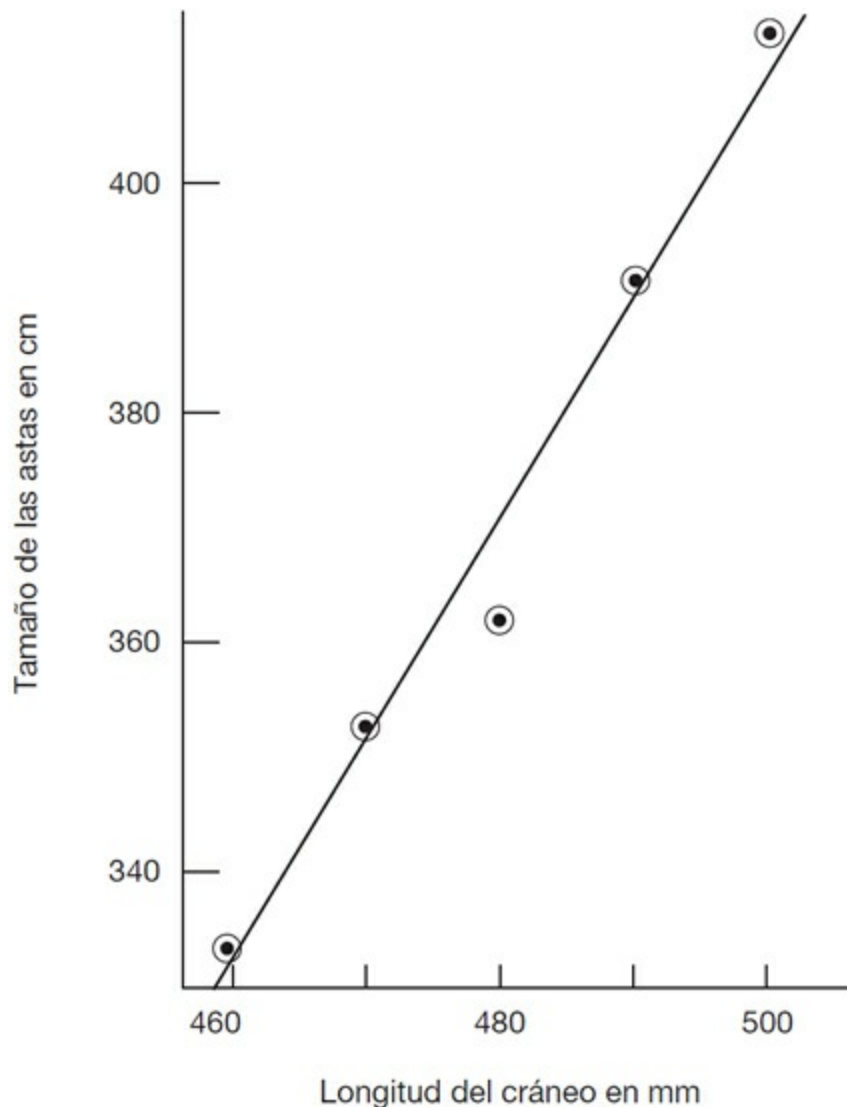


Gráfico que muestra el incremento relativo del tamaño de las astas en relación con el aumento de longitud del cráneo en los alces irlandeses. Cada punto representa la media de todos los cráneos comprendidos en un intervalo de longitud de 10 mm; los datos comprenden 81 individuos. El tamaño de las astas crece a más de dos veces y media la velocidad con la que crece la longitud del cráneo. Una línea con una pendiente de 1,0 (un ángulo de 45° con respecto al eje de ordenadas) indicaría una tasa de crecimiento idéntica en estas escalas logarítmicas. La pendiente es aquí, obviamente, mucho mayor.

Ahora bien, si las astas son armas, el argumento ortogenético resulta atractivo, porque debo admitir que treinta y cinco kilogramos de asta palmeada ancha, repuesta año tras año y de una envergadura de 3,5 a 4 metros de punta a punta, parece algo aún más descabellado que nuestro actual presupuesto militar. Por lo tanto, para preservar nuestra explicación darwiniana, hemos de invocar la hipótesis alométrica en su forma original.

Pero ¿qué ocurre si las astas no funcionan fundamentalmente como armas? Los estudios modernos sobre el comportamiento animal han generado un excitante concepto de gran importancia para la biología evolutiva: gran número de estructuras anteriormente consideradas como armas o mecanismos para la exhibición de cortejo ante la hembra son de hecho utilizadas para el combate ritualizado entre los machos. Su función consiste en evitar un combate real (con las consiguientes heridas y pérdida de vidas), al establecer jerarquías de dominancia que los machos puedan reconocer y obedecer fácilmente.

Las astas y los cuernos constituyen un ejemplo primario de estructuras utilizadas para un comportamiento ritualizado. Sirven, según Valerius Geist, como «símbolos visuales de jerarquía de dominancia». Las cornamentas de gran tamaño confieren una jerarquía elevada y el acceso a las hembras. Dado que no puede existir ventaja evolutiva mayor que la garantía de una reproducción con éxito, las presiones selectivas en favor de las astas grandes deben resultar a menudo intensas. Según se van observando cada vez más animales con cuernos en su ambiente natural, las viejas ideas de combates a muerte van dando paso a la evidencia de exhibiciones puramente ritualizadas en las que no existe contacto físico, o de combates en los que el objetivo no es otro que evitar todo daño corporal. Esto lo han observado Beninde y Darling en los ciervos comunes, Kelsall en los caribúes y Geist en los muflones.

Como mecanismo de exhibición entre los machos, las enormes astas del alce irlandés tienen por fin sentido como estructuras adaptativas por derecho propio. Más aún, como me indicó R. Coope, de la Universidad de Birmingham, puede explicarse la detallada morfología de las astas, por vez primera, en este contexto. Los ciervos con astas palmeadas anchas tienden a mostrar la anchura total de éstas en la exhibición. El gamo de hoy en día (considerado por algunos como el pariente vivo más próximo del alce irlandés) debe hacer girar la cabeza de un lado a otro para mostrar la anchura de sus astas. Esto habría creado grandes dificultades a los ciervos gigantes, ya que el par de fuerzas de torsión producido al balancear unas astas de casi 40 kilos hubiera resultado inmenso. Pero las astas del alce irlandés estaban dispuestas de tal modo que exhibían por

completo la parte palmeada cuando el animal miraba directamente hacia delante. Tanto la desusada configuración como el enorme tamaño de la cornamenta pueden explicarse arguyendo que eran utilizadas para su exhibición, y no para el combate.

Si las astas tenían valor adaptativo, ¿por qué se extinguió el alce irlandés (al menos en Irlanda)? La probable respuesta a este viejo dilema es, me temo, bastante vulgar. Los ciervos gigantes florecieron en Irlanda durante el más breve de los momentos: la llamada fase interestadial Alleröd a finales de la última glaciación. Este período, una fase cálida menor entre dos épocas más frías, duró unos 1.000 años, entre 12.000 y 11.000 años antes de nuestra época. (El alce irlandés había migrado a Irlanda durante la anterior fase glacial, cuando el nivel más bajo de las aguas marinas estableció una conexión entre Irlanda y la Europa continental.) Aunque estaba bien adaptado al campo abierto, cubierto de hierba y escasamente arbolado de los tiempos del Alleröd, aparentemente no consiguió adaptarse ni a la tundra subártica que lo sustituyó en la siguiente época fría ni a la densa forestación que surgió tras la retirada final de las cubiertas del hielo.

La extinción es el destino de la mayor parte de las especies, normalmente porque no consiguen adaptarse con la suficiente rapidez a las condiciones cambiantes del clima o a la competencia. La evolución darwiniana decreta que ningún animal desarrollará activamente una estructura dañina para él, pero no ofrece garantía alguna de que unas estructuras útiles continúen siéndolo al cambiar las circunstancias. El alce irlandés probablemente fuera víctima de su propio éxito anterior. *Sic transit gloria mundi*.

La sabiduría orgánica, o por qué debe una mosca comerse a su madre desde dentro

Desde que el hombre creó a Dios a su imagen y semejanza, la doctrina de la creación especial jamás ha dejado de explicar aquellas adaptaciones que comprendemos intuitivamente. ¿Cómo podemos dudar de que los animales estén exquisitamente diseñados para los papeles que tienen asignados cuando vemos cazar a una leona, correr a un caballo o refocilarse en el agua a un hipopótamo? La teoría de la selección natural jamás habría reemplazado a la doctrina de la creación divina si los diseños admirables fueran patrimonio de todos los organismos. Así lo comprendió Charles Darwin, y por consiguiente se centró en aquellos rasgos que estarían fuera de lugar en un mundo construido por una sabiduría perfecta. ¿Por qué, por ejemplo, iba a crear un diseñador sensato una serie de marsupiales exclusivamente en Australia para que ocuparan los mismos puestos que los mamíferos placentarios ocupan en todos los demás continentes? Darwin llegó incluso a escribir todo un libro sobre orquídeas para argüir que las estructuras desarrolladas para garantizar la fecundación por los insectos están construidas a partir de partes ya existentes utilizadas por sus antecesores para fines diferentes. Las orquídeas son máquinas de Rube Goldberg.* Un ingeniero perfecto habría diseñado sin lugar a dudas algo más eficaz.

Este principio sigue estando vigente hoy en día. La mejor ilustración de la adaptación por evolución es aquella que impacta sobre nuestra intuición por su extrañeza o peculiaridad. La ciencia no es el «sentido común organizado»; en su mejor faceta, reformula nuestra visión del mundo imponiendo poderosas teorías sobre los antiguos prejuicios antropocéntricos que nosotros denominamos intuición.

Considérese, por ejemplo, el caso de los cíñifes cecidomiidos de las agallas. Estos diminutos mosquitos llevan una vida que tiende a evocar en nosotros sentimientos de dolor o repugnancia cuando empatizamos con ellos aplicando los inadecuados estándares de nuestros propios códigos sociales.

Los cíñifes de las agallas pueden crecer y desarrollarse siguiendo uno de dos caminos. En algunas situaciones surgen de huevos, atraviesan la secuencia normal de mudas larvaria y pupal, y emergen como adultos normales de reproducción sexual. Pero en otras circunstancias, las hembras se reproducen por partenogénesis y producen su descendencia sin fecundación por parte del macho. La partenogénesis es bastante común entre los animales, pero los cecidomiidos le añaden una variante de interés. En primer lugar, las hembras partenogenéticas detienen su desarrollo en una etapa temprana de éste.

Jamás llegan a ser moscas adultas normales, sino que se reproducen mientras son aún larvas o pupas. En segundo lugar, estas hembras no ponen huevos. La descendencia se desarrolla dentro del cuerpo de la madre, y no está abastecida de nutrientes y empaquetada dentro de un útero protegido, sino dentro de los propios tejidos de la madre, llegando eventualmente a llenar por completo su cuerpo. Para poder crecer, los jóvenes devoran a su madre desde su interior. Pocos días más tarde, emergen dejando tan sólo una cáscara quitinosa como los únicos restos de su progenitora. Y, en el transcurso de dos días, sus propios hijos empiezan a comérselas literalmente a su vez.

Micromalthus debilis, un escarabajo que no tiene parentesco alguno con los cínifes, ha desarrollado un sistema casi idéntico con una macabra variante. Algunas hembras partenogenéticas paren un único descendiente macho. Esta larva se aferra a la cutícula de su madre durante cuatro o cinco días, después inserta su cabeza en la abertura genital y la devora. Jamás mujer alguna disfrutó de amor mayor.

¿Por qué produjo la evolución tan peculiar modo de reproducción? Porque resulta insólita incluso entre los insectos, y no sólo según los patrones irrelevantes de nuestras propias percepciones. ¿Cuál es el significado adaptativo de un modo de vida que tan bárbaramente viola nuestras intuiciones acerca del buen diseño?

Para dar respuesta a estas cuestiones, debemos proceder a lo largo del proceso de argumentación habitual de los estudios evolutivos: el método comparado. (Louis Agassiz no actuó caprichosamente al darle al edificio en el que yo trabajo el nombre que tanto ha desconcertado a tantas generaciones de visitantes de Harvard: Museo de Zoología Comparada.) Debemos encontrar un objeto de comparación que sea genéticamente similar, pero que esté adaptado a un modo de vida diferente. Afortunadamente, el complejo ciclo vital de los cecidomíidos nos da una pista. No tenemos necesidad de comparar la madre asexual, larvaria, con una especie relacionada de incierta afinidad y parecido genético; podemos compararla con la forma genéticamente idéntica alternativa de la misma especie: el adulto sexual normal. ¿Cuál es entonces la diferencia entre la ecología de las formas partenogenética y normal?

Los cecidomíidos viven y se alimentan de hongos, normalmente setas. La mosca móvil, normal, actúa como exploradora: encuentra la nueva seta. Sus descendientes, al vivir ahora sobre una fuente de alimento superabundante, se reproducen asexualmente como larvas o pupas y se convierten en la forma no voladora, que se alimenta de la especie (una seta puede sustentar centenares de estos diminutos animales). Sabemos que la reproducción partenogenética continuará mientras la comida resulte abundante. Un investigador llegó a obtener 250 generaciones larvarias consecutivas aportando el alimento suficiente y evitando que se produjera hacinamiento. En la naturaleza, no obstante, la seta acaba por ser consumida.

H. Ulrich y sus colaboradores han estudiado la secuencia de cambios en respuesta a la disminución del alimento en la especie *Mycophila speyeri*. Cuando disponen de alimento en abundancia, las madres partenogenéticas generan camadas totalmente

femeninas en cuatro a cinco días. Al ir disminuyendo la cantidad de alimento, surgen camadas únicamente de machos y mixtas. Si las larvas hembra no reciben nada de alimento se transforman en adultos normales.

Estas correlaciones tienen una base adaptativa razonablemente poco ambigua. La hembra partenogenética no voladora permanece en la seta y come. Cuando agota su alimento, produce descendientes alados para la búsqueda de nuevas setas. Pero esto tan sólo araña la superficie de nuestro dilema, ya que no tiene relevancia con respecto a nuestra pregunta central: ¿por qué reproducirse tan deprisa como larva o pupa y por qué autodestruirse mediante un supremo sacrificio en favor de los descendientes?

En mi opinión, la solución al dilema reside en la frase «tan deprisa». La teoría evolutiva clásica se concentraba en la morfología a la hora de buscar explicaciones adaptativas. ¿Cuál es, en este caso, la ventaja que tiene para los consumidores de setas la existencia de una morfología juvenil persistente en las hembras reproductoras? La teoría tradicional jamás fue capaz de encontrar una respuesta porque había planteado la pregunta equivocada. En el transcurso de los últimos quince años, el surgimiento de la ecología de poblaciones teórica ha transformado el estudio de la adaptación. Los evolucionistas han descubierto que los organismos se adaptan no sólo alterando su tamaño y su forma sino también ajustando la temporización de su vida y la energía invertida en diferentes actividades (alimentación, crecimiento y reproducción, por ejemplo). Estos ajustes se denominan «estrategias de la historia vital».

Los organismos desarrollan diferentes estrategias de su historia vital para que encajen en diferentes tipos de ambientes. Entre las teorías que correlacionan la estrategia con el entorno, la teoría de la selección r y K , desarrollada por R. H. MacArthur y E. O. Wilson a mediados de la década de 1960, ha sido sin duda la de mayor éxito.

La evolución, tal y como aparece habitualmente ilustrada en los libros de texto y reseñada en la prensa popular, es un proceso de inexorable depuración de la forma: los animales se «ajustan» delicadamente a su ambiente a través de una constante selección de formas mejor adaptadas. Pero existen varios tipos de ambiente que no hacen aparecer tal tipo de respuesta evolutiva. Supongamos que una especie vive en un entorno que impone sobre ella una mortalidad irregular y catastrófica (por ejemplo, estanques que se secan, o mares poco profundos sacudidos por fuertes tormentas). O supongamos que los alimentos resultan efímeros y difíciles de encontrar, pero que son superabundantes una vez localizados. Los organismos no pueden ajustarse delicadamente a semejantes ambientes, ya que no existe nada lo suficientemente estable a lo que ajustarse. Lo mejor en tal situación será invertir toda la energía posible en la reproducción, y fabricar todos los descendientes posibles, a la mayor velocidad posible, para que alguno sobreviva a la catástrofe. Reproducirse como locos mientras se dispone del efímero recurso, ya que no durará mucho y parte de la progenie deberá sobrevivir para localizar la siguiente fuente de alimento.

Denominamos selección por la r a las presiones evolutivas orientadas a la maximización del esfuerzo reproductivo a expensas de los ajustes morfológicos delicados; los organismos así adaptados son estrategias de la r (r es la medida tradicional de la «tasa intrínseca de aumento del tamaño de la población» en una serie de ecuaciones ecológicas básicas). Las especies que viven en ambientes estables, en poblaciones de tamaño cercano al máximo que su ambiente puede sustentar, no obtendrían beneficio alguno produciendo hordas de descendientes mal adaptados. Sería mejor para ellas criar unos pocos descendientes exquisitamente ajustados. Tales especies son estrategias de la K (K es la medida de la «capacidad de carga» ambiental en la misma serie de ecuaciones).

Los cíñifes partenogenéticos de las agallas viven en un ambiente r clásico. Las setas son escasas y están muy separadas entre sí, pero resultan superabundantes cuando son localizadas por un mosquito tan pequeño. Los cecidomíidos obtienen por lo tanto una ventaja selectiva si utilizan las setas recién descubiertas para aumentar el tamaño de su población a toda velocidad. ¿Cuál es entonces el modo más rápido de multiplicar rápidamente una población? ¿Deberían acaso los adultos poner más huevos o deberían tal vez reproducirse lo antes posible en el transcurso de su vida? Esta cuestión ha inspirado muchas obras entre los ecólogos inclinados hacia las matemáticas. En la mayor parte de las situaciones, la clave para un crecimiento rápido es una reproducción *temprana*. Una reducción de un 10 por 100 en la edad de la primera reproducción puede dar en muchos casos el mismo resultado que un incremento de la fecundidad en un 100 por 100.

Finalmente, podemos comprender la peculiar biología reproductiva de los mosquitos galígenos cecidomíidos: simplemente han desarrollado algunas adaptaciones notables orientadas a una reproducción temprana y a unos tiempos de generación extremadamente cortos. Al hacerlo así, se han convertido en consumados estrategias de la r en su clásico ambiente r de recursos efímeros y superabundantes. Así pues, se reproducen mientras son aún larvas, y casi inmediatamente después de salir del huevo, empieza a desarrollarse en su interior la siguiente generación. En *Mycophila speyeri*, por ejemplo, el estratega de la r partenogenético sufre una sola muda, se reproduce como larva verdadera, y produce hasta 38 descendientes en cinco días. Los adultos sexuales normales requieren dos semanas para desarrollarse. Los reproductores larvarios mantienen una capacidad fenomenal para aumentar el tamaño de la población. En el transcurso de cinco semanas tras su introducción en una plantación comercial de setas, el *Micophila speyeri* puede alcanzar una densidad de población de 215.000 larvas reproductoras por metro cuadrado.

Una vez más podemos seguir el método comparado para convencernos de que esta explicación tiene sentido. El modelo de los cecidomíidos ha sido seguido por otros insectos que habitan una serie de ambientes similares. Los áfidos, por ejemplo, se alimentan de la savia de las hojas. Una hoja, para estos diminutos insectos, es algo muy parecido a lo que una seta puede representar para un cíñife de las agallas: una fuente de alimento grande y efímera que debe ser convertida todo lo rápidamente que sea posible

en tantos pulgones como se pueda. La mayor parte de los áfidos tienen formas partenogenéticas alternas, sin alas y con alas (tienen también una forma sexual invernal con la que no nos entretendremos aquí). Como probablemente el lector ya se haya imaginado, la forma sin alas es una forma comedora. Aunque no es una larva, conserva muchos rasgos morfológicos juveniles. Conserva también una notable capacidad para la reproducción temprana. El desarrollo embrionario comienza de hecho en el cuerpo de la madre antes del nacimiento de ésta, y puede llegar a haber hasta dos generaciones subsiguientes telescópicas de cada «abuela». (Los áfidos, no obstante, no son devorados por sus descendientes.) Su capacidad para un aumento poblacional rápido es legendaria. Si todos sus descendientes llegaran a reproducirse, una sola madre de *Aphis fabae* podría producir 524.000 millones de descendientes en un solo año. Los áfidos alados se desarrollan más lentamente, una vez consumida la hoja. Vuelan en busca de otra hoja, donde sus descendientes revierten a la forma áptera y recomienzan su rápido ciclo generacional.

Lo que al principio parecía tan peculiar resulta ahora ser eminentemente razonable. Puede incluso resultar una estrategia óptima para ciertos ambientes. No podemos afirmarlo con seguridad ya que se desconocen multitud de aspectos de la biología de los cecidómidos. Pero sí podemos subrayar la notable convergencia hacia la misma estrategia de un organismo totalmente diferente, el escarabajo *Micromalthus debilis*. Este escarabajo vive y se alimenta sobre madera húmeda en putrefacción. Cuando la madera se seca, el escarabajo desarrolla una forma sexual para buscar nuevos recursos. La forma comedora que habita en la madera ha desarrollado una serie de adaptaciones que repite las características de los cecidómidos hasta los detalles más complejos y peculiares. También es partenogenética. Se reproduce también en una fase morfológicamente juvenil. Las crías se desarrollan también en el seno de la madre y terminan por devorarla. Las madres producen también tres tipos de puestas: sólo hembras cuando la comida es abundante y sólo machos o machos y hembras cuando escasean los recursos.

Nosotros, los humanos, con nuestro lento desarrollo (véase el ensayo 7), nuestra larga gestación y el tamaño mínimo de nuestra camada somos consumados estrategas de la K y podemos sentirnos tentados a mirar con malos ojos las estrategias de otros organismos, pero en su mundo de selección por la r , los cecidómidos están sin duda haciendo lo correcto.

Los bambúes, las cigarras y la economía de Adam Smith

La naturaleza suele superar incluso las más imaginativas leyendas humanas. La Bella Durmiente esperó un centenar de años a su príncipe. Bettelheim argumenta que el pinchazo que la pone a dormir representa la primera sangre de la menstruación, y su largo sueño el letargo de la adolescencia que espera el advenimiento de la madurez. Dado que la Bella Durmiente original fue inseminada por un rey y no solamente besada por un príncipe, podemos interpretar su despertar como el comienzo de la realización sexual (véase B. Bettelheim, *Psicoanálisis de los cuentos de hadas*, A. Knopf, 1976, pp. 225-236).

Un bambú que ostenta el formidable nombre de *Phyllostachys bambusoides* floreció en China el año 999. Desde entonces, con imperturbable regularidad, ha seguido floreciendo y produciendo semillas aproximadamente cada ciento veinte años. *P. bambusoides* sigue este ciclo viva donde viva. A finales de la década de 1960, las plantaciones japonesas (trasplantadas de la China siglos antes) echaron semillas simultáneamente en Japón, Inglaterra, Alabama y Rusia. La analogía con la Bella Durmiente no es tan disparatada, ya que la reproducción sexual sucede tras un período de celibato de más de un siglo en estos bambúes. Pero *P. bambusoides* se aparta de los hermanos Grimm en dos importantes aspectos. Las plantas no permanecen inactivas durante su vigilia de ciento veinte años, ya que son hierbas, y se propagan asexualmente produciendo nuevos brotes a partir de rizomas subterráneos. Además, no viven felices por los siglos de los siglos, ya que mueren después de producir la semilla: una larga espera para un breve final.

El ecólogo Daniel H. Janzen, de la Universidad de Pennsylvania, narra la singular historia de *Phyllostachys* en un reciente artículo, «Why Bamboos Wait So Long to Flower» (*Annual Review of Ecology and Systematics*, 1976). La mayor parte de las especies de bambú tienen períodos de crecimiento vegetativo más breves entre floración y floración, pero la sincronía en la producción de semillas constituye la regla, y pocas especies tardan menos de quince años en florecer (algunas pueden tardar hasta más de ciento cincuenta años, pero los registros históricos resultan excesivamente escasos como para permitirnos llegar a conclusiones firmes).

El florecimiento de cualquier especie debe venir determinado por algún reloj interno genético, y no impuesto desde el exterior por algún determinante ambiental. La infalible regularidad de la repetición nos aporta la mejor demostración de esta afirmación, ya que

no conocemos ningún factor ambiental con un ciclo tan predecible como para constituir la diversidad de relojes tan fielmente seguidos por más de un centenar de especies. En segundo lugar, como mencionamos anteriormente, las plantas de la misma especie florecen simultáneamente, aun cuando hayan sido trasplantadas a medio mundo de distancia de su hábitat nativo. Finalmente, las plantas de la misma especie florecen juntas, incluso aunque hayan crecido en ambientes muy diferentes. Janzen narra la historia de un bambú de Birmania que medía tan sólo 16 centímetros de estatura, que había sido quemado repetidamente por incendios forestales, y que aun así florecía al mismo tiempo que sus compañeros de especie, no dañados, de 12 metros de estatura.

¿Cómo puede un bambú contar el paso de los años? Janzen razona que no puede ser por medio de la medición de reservas almacenadas, ya que los enanos infraalimentados florecen al mismo tiempo que los gigantes sanos. Especula con que el calendario «debe ser la acumulación anual o diaria o la degradación de una sustancia química fotosensible y termoestable». No encuentra motivos para decidir si los ciclos lumínicos son diurnos (día-noche) o anuales (estacionales). A modo de evidencia circunstancial en favor de la implicación de la luz como reloj, Janzen señala que ningún bambú con ciclos regulares crece a una latitud mayor de cinco grados del Ecuador, ya que las variaciones tanto en los días como en las estaciones se ven minimizadas dentro de esta zona.

La floración del bambú nos trae a la mente una historia de periodicidad mejor conocida por todos nosotros: la cigarra periódica, o «langosta» de los diecisiete años. (Las cigarras no son langostas en absoluto, sino miembros de gran tamaño del orden Homópteros, un grupo de insectos predominantemente pequeños que incluye a los áfidos y sus parientes; las langostas, junto con los grillos y los saltamontes forman el orden Ortópteros.) La historia de las cigarras periódicas resulta aún más asombrosa de lo que la mayor parte de la gente cree: durante diecisiete años, las ninfas de las cigarras periódicas viven bajo tierra, chupando los jugos de las raíces de los árboles forestales en toda la mitad oriental de Estados Unidos (a excepción de los estados del Sur, donde un grupo similar o idéntico de especies emerge cada trece años). Después, en un margen de pocas semanas, millones de ninfas maduras surgen del suelo, se transforman en adultos, se aparean, ponen sus huevos y mueren. (Las mejores observaciones del fenómeno, desde el punto de vista evolutivo, pueden encontrarse en una serie de artículos escritos por M. Lloyd y H. S. Dybas, publicados en las revistas *Evolution* en 1966 y *Ecological Monographs* en 1974.) Lo más notable es que no sólo una, sino tres especies de cigarras periódicas siguen precisamente el mismo ciclo, emergiendo con total sincronía. Las diferentes áreas pueden estar fuera de fase: las poblaciones de los alrededores de Chicago no emergen el mismo año que las formas de Nueva Inglaterra. Pero el ciclo de diecisiete años (trece en el Sur) resulta invariable para cada «raza»: las tres especies emergen siempre juntas en el mismo lugar. Janzen reconoce que las cigarras y los bambúes, a pesar de su distancia biológica y geográfica, representan el mismo problema evolutivo.

Según él mismo escribe, estudios recientes «no revelan ninguna diferencia cualitativa conspicua entre estos insectos y el bambú, salvo tal vez en el modo que tienen de contar los años».

Como evolucionistas, buscamos respuestas a la pregunta «¿por qué?». ¿Por qué, en particular, debería desarrollarse tan sorprendente sincronía de floración o emergencia, y por qué debería ser tan largo el período entre los episodios de reproducción sexual? Como argumenté en el caso de los hábitos matricidas de algunas moscas (véase el ensayo 10), la teoría de la selección natural recibe su apoyo máximo de las explicaciones satisfactorias para fenómenos que nos resultan intuitivamente extraños o insensatos.

En este caso, nos enfrentamos con un problema que va más allá de la aparente peculiaridad de semejante desperdicio (ya que tan sólo un pequeño número de semillas pueden germinar sobre el suelo abarrotado). La sincronía en la floración o la emergencia parece reflejar el funcionamiento de un orden y una armonía sobre la especie en su conjunto, no sobre sus miembros individuales. Y no obstante, la teoría darwinista no defiende la existencia de principio alguno por encima de la persecución por parte de los individuos de sus propios intereses (esto es, de la representación de sus genes en las generaciones futuras). Debemos, pues, preguntarnos qué ventaja aporta la sincronización sexual a una cigarra individual o a una planta de bambú.

El problema resulta semejante al que se le planteó a Adam Smith al defender una política de *laissez faire* sin limitaciones como camino más seguro hacia una economía armoniosa. La economía ideal, según Smith, podría parecer ordenada y equilibrada, pero habría emergido «naturalmente» de la interrelación de individuos que no siguen más directriz que la persecución de sus propios intereses. La dirección aparente hacia una mayor armonía, razona Smith en su famosa metáfora, refleja tan sólo la operación de una «mano invisible».

Dado que cada individuo [...] al dirigir su industriosisdad en el sentido de que su producto sea del mayor valor posible, busca tan sólo su propio beneficio, se ve en éste y otros muchos casos guiado por una mano invisible que favorezca un fin que no formaba parte alguna de sus propósitos [...] Al perseguir sus propios intereses a menudo favorece los de la sociedad con mayor efectividad que cuando realmente intenta hacerlo.

Ya que Darwin trasplantó a Adam Smith a la naturaleza para establecer su teoría de la selección natural, debemos buscar una explicación para una armonía aparente en la ventaja que ésta confiere a los individuos. ¿Qué ganan pues, una cigarra o un bambú de disfrutar del sexo tan infrecuentemente y al mismo tiempo que todos sus compatriotas?

Para poder apreciar la explicación más probable, debemos empezar por reconocer que la biología humana a menudo constituye un pobre modelo de la lucha de otros organismos. Los humanos somos animales de crecimiento lento. Invertimos una gran cantidad de energía en la cría de muy pocos descendientes de maduración tardía. Nuestras poblaciones no se ven controladas por la muerte al por mayor de la casi totalidad de sus miembros juveniles. No obstante, muchos organismos siguen una estrategia diferente en su «lucha por la existencia»: producen un enorme número de

semillas o huevos con la esperanza (por así decirlo) de que unos pocos logren sobrevivir a los rigores del comienzo de su existencia. Estos organismos a menudo son controlados por sus depredadores, y su defensa evolutiva debe consistir en una estrategia que minimice los riesgos de ser devorados. Las cigarras y las semillas de bambú parecen resultar particularmente sabrosas a toda una serie de organismos.

La historia natural, en gran medida, es la narración de distintas adaptaciones para eludir la depredación. Algunos individuos se esconden, otros saben mal, otros desarrollan espinas o caparazones duros y otros evolucionan para ser vistosos y parecerse a algún pariente letal; la lista es prácticamente inacabable, un asombroso tributo a la variedad de la naturaleza. Las semillas de bambú y las cigarras siguen una estrategia desusada; están eminente y conspicuamente disponibles, pero tan infrecuentemente y en números tan vastos que los depredadores no tienen la menor posibilidad de consumir todo el botín. Entre los biólogos evolutivos, esta defensa recibe el nombre de «saciación del depredador».

Una estrategia eficiente de saciación del depredador implica dos adaptaciones. En primer lugar, la sincronía en la emergencia o la reproducción ha de ser muy precisa, asegurando así que el mercado quede realmente inundado, y durante un tiempo muy breve. En segundo lugar, esta inundación no puede producirse con frecuencia, ya que los depredadores podrían limitarse a adaptar sus propios ciclos vitales a los períodos predecibles de excedente. Si los bambúes florecieran todos los años, los comedores de semillas seguirían la pista al ciclo y coordinarían la aparición de sus abundantes descendientes con la del botín anual. Pero si el período existente entre los episodios de floración excede en mucho la duración de la vida de cualquier depredador, entonces resulta imposible seguirle la pista al ciclo (excepción hecha de un primate que toma nota de su propia historia). La ventaja de la sincronía para los bambúes y las cigarras individuales está bien clara: todo el que lleve el paso cambiado se ve rápidamente engullido (efectivamente, aparecen «rezagados» de las cigarras fuera de temporada, pero jamás consiguen sobrevivir).

La hipótesis de la saciación del depredador, aunque no verificada, cumple el criterio primario de una explicación satisfactoria: coordina una serie de observaciones que en caso contrario permanecerían inconexas y que, en este caso, resultan notablemente peculiares. Sabemos, por ejemplo, que las semillas de bambú son codiciadas por toda una variedad de animales, incluyendo a muchos vertebrados de larga vida; la escasez de ciclos de floración inferiores a los quince o veinte años tiene sentido en este contexto. Sabemos también que la producción sincrónica de semillas puede inundar el área afectada. Janzen tiene datos acerca de una alfombra de semillas de quince centímetros de espesor bajo la planta madre. Hay dos especies de bambúes malgaches que produjeron 50 kilos de semillas por hectárea sobre una superficie de 100.000 hectáreas en el transcurso de una floración masiva.

La sincronía de tres especies en el caso de las cigarras resulta particularmente impresionante, en especial puesto que los años de emergencia varían de un lugar a otro, mientras que las tres especies emergen invariablemente juntas en un área determinada. ¿Por qué existen cigarras de 13 y 17 años, pero no hay ciclos de 12, 14, 15, 16 o 18? El 13 y el 17 comparten una propiedad en común. Son números lo suficientemente grandes como para exceder la esperanza de vida de cualquier depredador, pero son también números primos (indivisibles por ningún número entero inferior a sí mismos). Muchos depredadores potenciales tienen ciclos vitales de dos a cinco años. Tales ciclos no están determinados por la disponibilidad de las cigarras periódicas (ya que llegan a máximos poblacionales demasiado a menudo en años donde no existe la emergencia de éstas), pero las cigarras podrían ser cosechadas ávidamente en los años en los que coincidieran los ciclos. Consideremos un depredador con un ciclo de cinco años: si las cigarras emergieran cada quince años, cada florecimiento se vería atacado por el depredador. Asignando a su ciclo un número primo elevado, las cigarras minimizan el número de coincidencias (en este caso se producirían cada 5×17 , o sea, 85 años). Los ciclos de 13 y 17 años no pueden ser rastreados por ningún número menor que ellos.

La existencia es, como afirmó Darwin, una lucha para la mayor parte de las criaturas. Las armas de la supervivencia no tienen por qué ser las garras y los dientes; los patrones de reproducción pueden servir a los mismos fines. La superabundancia ocasional constituye una de las vías hacia el éxito. En ocasiones resulta ventajoso poner todos los huevos en la misma cesta..., pero asegúrese de poner un número suficientemente elevado de ellos, y no lo haga demasiado a menudo.

El problema de la perfección, o cómo puede una almeja engarzar un pez

En 1802, el arcediano Paley se dispuso a glorificar a Dios ilustrando la exquisita adaptación de los organismos a sus papeles asignados. La perfección mecánica del ojo de los vertebrados fue la fuente de inspiración de un arrebatado discurso acerca de la benevolencia divina; la asombrosa similitud de algunos insectos a fragmentos de estiércol también excitaba su admiración, porque Dios protegía a todas sus criaturas, grandes y pequeñas. La teoría evolutiva desenmarañó eventualmente el gran designio del arcediano, pero subsisten aún restos de su teología natural.

Los evolucionistas modernos citan aún las mismas obras y los mismos actores; sólo han cambiado las reglas. Ahora nos dicen, con el mismo asombro y admiración, que la selección natural es el agente de un diseño exquisito. Como descendiente intelectual de Darwin, no pongo en duda esta atribución. Pero mi confianza en los poderes de la selección natural no procede de las mismas raíces: no está basada en «órganos de extremada perfección y complejidad», como los llamaba Darwin. De hecho, Darwin consideraba los diseños exquisitos como un problema para su teoría. Escribió:

Suponer que el ojo, con todos sus inimitables dispositivos para ajustar el enfoque a diferentes distancias, para admitir cantidades variables de luz y para corregir las aberraciones esférica y cromática, podría haber sido formado por la selección natural parece, lo confieso, absurdo en grado sumo.

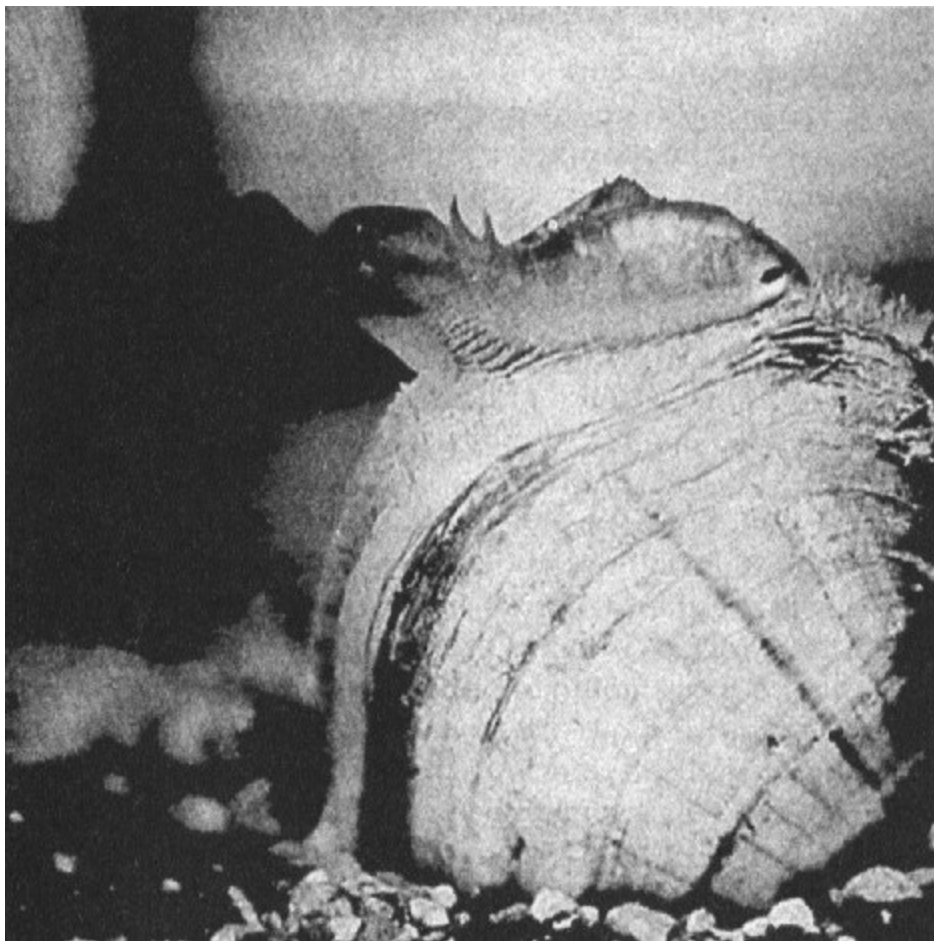
En el ensayo 10, invoqué a los cínifes galígenos para ilustrar el problema opuesto de la adaptación: estructuras y comportamientos que parecen no tener sentido. Pero los «órganos de extremada perfección» proclaman inequívocamente su valor; el problema estriba en saber cómo se desarrollaron. Según la teoría darwiniana, las adaptaciones complejas no aparecen en un solo paso, ya que la selección natural se vería entonces confinada a la tarea meramente destructiva de eliminar a los no adaptados siempre que apareciera una criatura mejor adaptada de forma repentina. La selección natural tiene un papel constructivo en el sistema de Darwin: construye las adaptaciones gradualmente, a través de una secuencia de etapas intermedias, juntando secuencialmente elementos que parecen tener significado tan sólo como partes de un producto final. Pero ¿cómo puede construirse toda una serie de formas intermedias razonables? ¿Qué valor podría tener el primer paso diminuto hacia la formación del ojo para su poseedor? El insecto que imita el estiércol está bien protegido, pero ¿puede ofrecer alguna ventaja el parecerse sólo en un 5 por 100 a una boñiga? Los críticos de Darwin hacían referencia a este dilema

considerando un problema el asignar valores adaptativos a «etapas incipientes de estructuras útiles». Y Darwin les refutaba intentando encontrar las etapas intermedias y especificando su utilidad.

La razón me dice que si puede demostrarse la existencia de numerosas gradaciones entre un ojo simple e imperfecto y uno complejo y perfecto, y que cada gradación tiene utilidad para su poseedor [...] entonces la dificultad de creer que un ojo perfecto y complejo podría ser producto de la selección natural, aunque insuperable por nuestra imaginación, no debería ser considerada como subversiva de la teoría.

La discusión sigue aún al rojo vivo, y los órganos de extremada perfección ocupan puestos destacados entre el arsenal de los creacionistas contemporáneos.

Todo naturalista tiene su ejemplo favorito de adaptación sobrecogedora. El mío es el «pez» que aparece en varias especies de la almeja de agua dulce *Lampsilis*. Como la mayor parte de las almejas, *Lampsilis* vive semienterrada en los sedimentos de los fondos acuáticos, con su extremo posterior al descubierto. Sobre éste hay una estructura que parece en todos los aspectos un pequeño pez. Tiene un cuerpo estilizado, aletas laterales bien diseñadas, con cola y todo, e incluso un ocelo. Y, lo crean o no, las aletas ondulan con un movimiento rítmico que simula la natación.

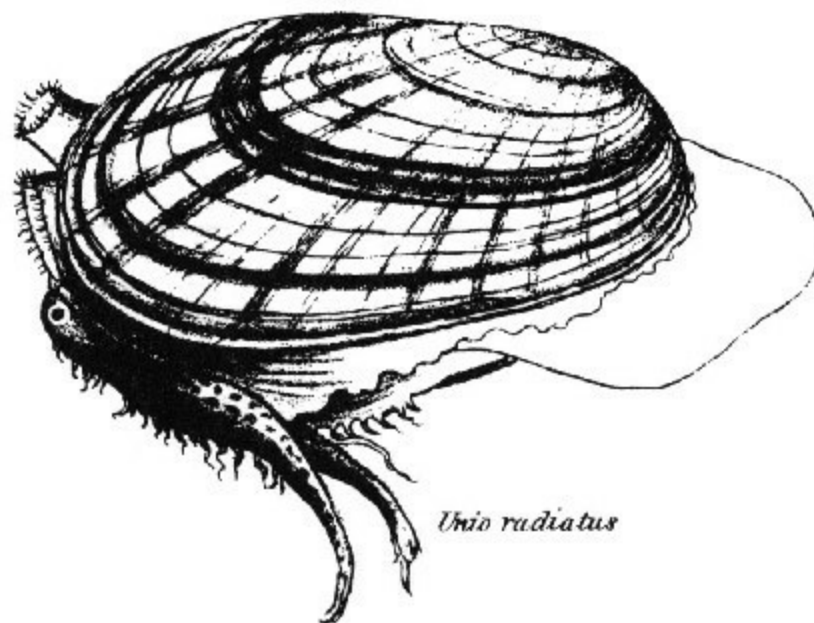


Un «pez» con su ocelo y su cola se agita en lo alto de *Lampsilis ventricosa*. Cuando se aproxima un pez auténtico, la almeja descarga sus larvas; unas serán ingeridas por el pez y se abrirán camino hasta sus branquias, donde alcanzarán la madurez. (John H. Welsh)

La mayor parte de las almejas sueltan sus huevos en el agua que las rodea, donde son fecundados y sufren su desarrollo embrionario. Pero las hembras de uniónidos (nombre técnico de la familia de las almejas de agua dulce) retienen sus huevos en el interior de su cuerpo, donde son fecundados por el esperma que liberan en las aguas los machos cercanos. Los huevos fecundados se desarrollan dentro de tubos en las branquias, formando una bolsa de incubación o marsupio.

En *Lampsilis*, el marsupio hinchado de las hembras grávidas forma el «cuerpo» de su falso pez. Rodeando éste, simétricamente y a ambos lados, existen unas extensiones del manto, la «piel» que recubre todas las partes blandas de todas las almejas y habitualmente llega tan sólo hasta el margen de la concha. Estas extensiones tienen formas elaboradas y están coloreadas de modo que se asemejen a un pez con una «cola» definida, y a menudo ostentosa, en un extremo y un «ocelo» en el otro. Un ganglio especial situado dentro del borde del manto inerva estas aletas. Al moverse éstas rítmicamente, una pulsación, que comienza en la cola, se desplaza lentamente hacia delante para impulsar un abultamiento de las aletas a lo largo de todo el cuerpo. Este intrincado aparato, formado por el marsupio y los pliegues del manto, no sólo parece un pez, sino que se mueve como tal.

¿Por qué iba a querer montarse una almeja un pez sobre su extremo posterior? La biología reproductiva, un tanto desusada, de *Lampsilis* nos da la respuesta. Las larvas de los uniónidos no pueden desarrollarse sin una fase de estancia en peces durante su crecimiento temprano. La mayor parte de las larvas de uniónidos tienen dos pequeños ganchos. Al ser liberadas del marsupio de su madre, caen al fondo del arroyo y esperan el paso de un pez. Pero las larvas de *Lampsilis* carecen de ganchos y no pueden adoptar una actitud activa. Para sobrevivir deben penetrar por la boca de un pez y desplazarse hasta localizaciones favorables dentro de sus branquias. El falso pez de *Lampsilis* es un señuelo animado, que simula tanto la forma como los movimientos del animal que necesita atraer. Al aproximarse un pez, *Lampsilis* descarga larvas de su marsupio; algunas de ellas serán tragadas por éste y se fijarán en sus branquias.



Isaac Lea publicó este dibujo del «pez» señuelo en 1838. Agradezco a John H. Welsh su gentileza al enviármelo.

La estratagema utilizada por *Cyprogenia*, un género relacionado con *Lampsilis*, subraya la importancia de atraer un patrón. Estas almejas «van de pesca» de un modo que posteriormente reinventaron los discípulos de Izaak Walton.* Las larvas se sujetan a una «lombriz» rojo brillante formada por una proteína elaborada dentro del cuerpo de la madre. Las «lombrices» salen a través del sifón exhalante. Varios observadores informan que los peces buscan y devoran estas «lombrices», a menudo tirando de ellas cuando sólo sobresalen en parte del sifón de la hembra.

Difícilmente podemos dudar del valor adaptativo del «pez» señuelo, pero ¿cómo pudo llegar a evolucionar? ¿Cómo se juntaron el marsupio y el manto para dar lugar al engaño? Probablemente resulten más atractivas para nuestra intuición la idea del accidente fortuito o la de una dirección predeterminada antes que la de una construcción gradual a través de la selección natural pasando por formas intermedias que, al menos en sus etapas iniciales, no pudieron tener una gran semejanza con un pez. El intrincado pez de *Lampsilis* constituye un caso clásico, ilustrativo, de un profundo dilema del darwinismo. ¿Podemos concebir de alguna manera una importancia adaptativa para las fases incipientes de esta estructura útil?

El principio general propuesto por los evolucionistas modernos para resolver este dilema recurre a un concepto que posee el desafortunado nombre de «preadaptación». (Digo «desafortunado» porque el término implica que las especies se adaptan de antemano en previsión de sucesos inminentes de su historia evolutiva, cuando lo que se pretende expresar es exactamente lo contrario.) El éxito de una hipótesis científica a menudo comprende un cierto elemento sorpresa. Las soluciones suelen surgir de una sutil reformulación de la pregunta, no del acopio diligente de informaciones nuevas dentro de un marco anticuado. Con la preadaptación, sorteamos el dilema de la función para las

fases incipientes aceptando la objeción típica y admitiendo que las formas intermedias no funcionaban del mismo modo que sus descendientes perfeccionadas. Eludimos la magnífica cuestión, «¿Para qué sirve un 5 por 100 de un ojo?», arguyendo que el poseedor de tal estructura incipiente no la utilizaba para ver.

Por traer a colación un ejemplo típico, los primeros peces no tenían mandíbulas. ¿Cómo pudo un mecanismo tan intrincado, formado por varios huesos entrelazados, evolucionar desde cero? «Desde cero» resulta ser una suposición engañosa. Los huesos estaban presentes en los antecesores de los peces, pero servían para otra función: sustentar un arco branquial situado justamente detrás de la boca. Estaban bien diseñados para su papel respiratorio; habían sido seleccionados exclusivamente para éste y no «sabían» nada acerca de sus futuras funciones. Visto a posteriori, los huesos estaban admirablemente bien preadaptados para convertirse en mandíbulas. El intrincado mecanismo estaba ya configurado, pero estaba siendo utilizado para respirar y no para comer.

De modo similar, ¿cómo fue posible que la aleta de un pez se convirtiera en una extremidad terrestre? La mayor parte de los peces configuran sus aletas a partir de delgados radios paralelos que jamás podrían soportar el peso de un animal en tierra firme. Pero un grupo particular de peces de agua dulce de fondo —nuestros antecesores— desarrollaron una aleta con un eje central fuerte y sólo unas pocas proyecciones radiantes. Estaba admirablemente preadaptada para transformarse en una pata, pero se había desarrollado para cumplir sus propios fines dentro del agua, presumiblemente para escabullirse a lo largo del fondo por medio de una brusca rotación del eje central contra el sustrato.

En pocas palabras, el principio de la preadaptación asevera simplemente que una estructura puede cambiar radicalmente su función sin alterar gran cosa su forma. Podemos, pues, salvar el limbo de las etapas intermedias arguyendo una retención de funciones primitivas mientras se produce el desarrollo de las nuevas.

¿Nos ayudará la preadaptación a comprender cómo obtuvo su pez *Lampsilis*? Podría hacerlo si podemos satisfacer dos condiciones: 1) debemos encontrar alguna forma intermedia que utilice al menos algunos elementos del señuelo para fines distintos; 2) debemos poder especificar funciones distintas a la de señuelo visual para el protopez, que éste pudiera realizar durante el desarrollo de su asombrosa imitación.

Ligumia nasuta, una «prima» de *Lampsilis*, parece satisfacer la primera de las condiciones. Las hembras grávidas de esta especie carecen de pliegues del manto, pero sí poseen membranas de pigmentación oscura acintadas que enlazan el espacio entre las valvas parcialmente abiertas. *Ligumia* utiliza estas membranas para producir un movimiento rítmico desusado. Los bordes opuestos de las cintas se separan para formar un espacio de varios milímetros de longitud en la parte central de la concha. A través de este espacio, el color blanco de las partes blandas interiores destaca sobre el pigmento oscuro de la cinta. Este punto blanco parece moverse hacia la parte trasera de la concha

al propagarse una onda de separación a lo largo de las membranas. Estas ondas pueden repetirse cada dos segundos aproximadamente. J. H. Welsh escribió en el número de mayo de 1969 de *Natural History*:

La regularidad del ritmo es notablemente constante. Para un observador humano, y tal vez también para un pez, el rasgo que más llama la atención es el punto blanco que parece moverse sobre el fondo oscuro de la almeja y del sustrato en el que está medio enterrada. Desde luego, esto podría constituir un reclamo para un pez patrón y podría representar una adaptación especializada a partir de la cual evolucionó el más elaborado señuelo en forma de pez.

Estamos aún hablando de un mecanismo para atraer peces, pero el mecanismo en cuestión es algo abstracto, un movimiento regular, no una imitación visual. Si este sistema estuvo en funcionamiento mientras se desarrollaban los pliegues del manto formando lentamente su pez de imitación, entonces no existe problema de fases incipientes. El movimiento del manto atraía a los peces desde el principio; el lento desarrollo de una «tecnología alternativa» se limita a dar más realce al proceso.

La propia *Lampsilis* satisface la segunda condición. Aunque nadie ha negado el significado de la similitud visual como señuelo, nuestra principal estudiosa de *Lampsilis*, L. R. Kraemer, cuestiona la idea generalizada de que el «aleteo» del cuerpo sirva tan sólo para imitar los movimientos de un pez. Ella cree que el aleteo podría haberse desarrollado bien para airear las larvas del interior del marsupio o para mantenerlas suspendidas en el agua tras su liberación. Una vez más, si el aleteo aportaba efectivamente estas otras ventajas, entonces la similitud fortuita de los pliegues con un pez podría constituir una preadaptación. La imitación inicial, imperfecta, podría haber sido mejorada por la selección natural mientras los pliegues llevaban a cabo otras importantes funciones.

El sentido común es una guía extremadamente pobre de cara a la visión científica, ya que representa más a menudo los prejuicios culturales que la sinceridad nativa de un niño ante un emperador desnudo. El sentido común les dictaba a los críticos de Darwin que un cambio gradual de la forma debía indicar una construcción progresiva de la función. Dado que no podían asignar un valor adaptativo a las fases tempranas e imperfectas de una función, asumían, o bien que esas etapas tempranas jamás habían existido (y que las formas perfectas habían sido creadas de una vez), o bien que no habían surgido por selección natural. El principio de la preadaptación (cambio funcional en el seno de una continuidad estructural) puede resolver este dilema. Darwin puso punto final a su párrafo acerca del ojo con esta perceptiva evaluación del «sentido común».

Cuando se dijo por vez primera que el Sol permanecía inmóvil y que el mundo giraba a su alrededor, el sentido común de la humanidad declaró falsa tal doctrina; pero el viejo dicho de *Vox populi, vox Dei* («La voz del pueblo es la voz de Dios»), como sabe cualquier filósofo, no puede ser tenido en cuenta en el campo de las ciencias.

IV
Pautas y puntuaciones
en la historia de la vida

El pentágono de la vida

Cuando yo tenía diez años, James Arness me aterrorizó en su papel de zanahoria gigantesca y voraz en *El enigma de otro mundo* (1951). Hace unos meses, más maduro, más sabio y un tanto aburrido, contemplé su reposición en televisión con una sensación dominante de irritación. Reconocí en la película lo que realmente era, un documento político que expresaba los peores sentimientos de América durante la guerra fría: su héroe, un rudo militar que tan sólo desea la destrucción total del enemigo; su villano, un ingenuo científico liberal que desea averiguar más acerca de él; la zanahoria y su platillo volante, un obvio sucedáneo de la amenaza roja; las famosas palabras finales de la película —el apasionado ruego de un periodista de «vigilar el cielo»—, una invitación al miedo y el reaccionarismo.

En medio de todo esto, se entrometió una idea científica por analogía y nació este ensayo: el carácter borroso de todas las supuestamente absolutas distinciones taxonómicas. El mundo, se nos dice, está habitado por animales dotados de un lenguaje conceptual (nosotros) y otros que no lo tienen (todos los demás). Pero resulta que los chimpancés hablan (véase el ensayo 5). Todas las criaturas son o bien plantas o bien animales, pero Mr. Arness tenía un aspecto bastante humano (aunque terrorífico) en su papel de vegetal móvil y gigantesco.

O plantas o animales. Nuestra concepción básica de la diversidad de la vida se basa en esta división. Y, no obstante, representa poco más que un prejuicio basado en nuestra condición de animales terrestres de gran tamaño. Ciertamente es que los organismos macroscópicos que nos rodean en tierra pueden clasificarse inequívocamente si consideramos que los hongos son plantas por estar arraigados (a pesar de que no hacen la fotosíntesis). No obstante, si flotáramos como criaturas diminutas del plancton oceánico, careceríamos de semejante distinción. A nivel unicelular, la ambigüedad campa por sus respetos: hay «animales» móviles con cloroplastos funcionales, y células simples como las bacterias, que carecen de relaciones claras con ninguno de los grupos.

Los taxónomos han codificado nuestros prejuicios reconociendo tan sólo dos reinos para todos los seres vivos: *Plantae* y *Animalia*. Tal vez los lectores consideren una clasificación inadecuada como una cuestión trivial; después de todo, si caracterizamos adecuadamente los organismos, ¿qué importa que nuestras categorías básicas no expresen la riqueza y la complejidad de la vida demasiado bien? Pero una clasificación no es un perchero neutral; expresa una teoría de las relaciones, que controla nuestros

conceptos. El rígido sistema de plantas y animales ha distorsionado nuestra visión de la vida y ha impedido que comprendamos algunas de las principales características de su historia.

Hace varios años, el ecólogo de Cornell R. H. Whittaker propuso un sistema de cinco reinos para la organización de la vida (*Science*, 10 de enero de 1969). Su modelo se ha visto recientemente respaldado y expandido por la bióloga de la Universidad de Boston, Lynn Margulis (*Evolutionary Biology*, 1974). Su crítica a la dicotomía tradicional comienza con los organismos unicelulares.

El antropocentrismo tiene un alcance notablemente amplio en sus consecuencias, que va desde la minería a cielo abierto hasta la matanza de ballenas. En la taxonomía popular tan sólo nos lleva a realizar precisas distinciones entre criaturas que nos son próximas y grandes distinciones entre los organismos más distantes y «simples». Cada nuevo bulto en un diente define un nuevo tipo de mamífero, pero tendemos a apolotonar todas las criaturas unicelulares en un solo grupo como organismos «primitivos». No obstante, los especialistas están ahora discutiendo que la distinción fundamental entre los seres vivos no es la existente entre los animales y las plantas «superiores»; es una división *en el seno* de los organismos unicelulares, es decir, las bacterias y las cianofíceas por un lado, y otros grupos de algas y protozoos (amebas, paramecios y similares) por otro. Y ninguno de los dos grupos, según Whittaker y Margulis, puede ser denominado en justicia planta o animal; precisamos dos reinos nuevos para los organismos unicelulares.

Las bacterias y las cianofíceas o algas verdiazules carecen de las estructuras internas u «orgánulos», de las células superiores. Carecen de núcleo, cromosomas y mitocondrias (las «centrales energéticas» de las células superiores). Estas células sencillas se denominan «procariotas» (grosso modo, antes del núcleo, del griego *karyon*, que significa «grano»). Las células con orgánulos se denominan «eucariotas» («con núcleo verdadero»). Whittaker considera esta distinción «la separación más clara y más efectivamente discontinua del mundo vivo». Existen tres argumentos diferentes que acentúan la división:

1. *La historia de los procariotas.* Nuestra evidencia más antigua de vida data de rocas de unos 3.000 millones de años de edad. Desde entonces hasta hace al menos 1.000 millones de años, toda la evidencia fósil apunta hacia la existencia exclusiva de organismos procariotas; durante 2.000 millones de años, las alfombras de algas cianofíceas fueron las formas de vida más complicadas sobre la Tierra. A partir de ahí, las opiniones difieren. El paleobotánico de la UCLA J. W. Schopf cree disponer de evidencias de la existencia de algas eucariotas en rocas australianas de alrededor de 1.000 millones de años de edad. Otros opinan que los orgánulos de Schopf son en realidad los productos de degradación post mórtem de células procariotas. Si estos críticos están en lo cierto, entonces carecemos de evidencia acerca de la

presencia de eucariotas hasta el final mismo del Precámbrico, justamente antes de la gran «explosión» del Cámbrico hace 600 millones de años (véanse ensayos 14 y 15). En cualquier caso, los organismos procariotas ostentaron el dominio de la Tierra durante entre dos tercios y cinco sextos de la historia de la vida. Con toda justicia, Schopf etiqueta al Precámbrico como la «era de las algas verdiazules».

2. *Una teoría acerca del origen de la célula eucariota.* Margulis ha despertado gran interés en los últimos años con su moderna defensa de una vieja teoría. La idea parece manifiestamente absurda al principio, pero rápidamente pasa a retener la atención, si no a obtener el asentimiento. Yo, desde luego, me siento muy atraído por ella. Margulis argumenta que la célula eucariota surgió como una colonia de procariotas y que, por ejemplo, nuestro núcleo y nuestras mitocondrias tuvieron su origen como organismos procariotas independientes. Algunos procariotas modernos pueden invadir células eucariotas y vivir como simbioses en su interior. La mayor parte de las células procariotas tienen un tamaño aproximadamente igual al de los orgánulos de los eucariotas; los cloroplastos de los eucariotas fotosintéticos son notablemente similares a las células de algunas algas verdiazules. Finalmente, algunos orgánulos tienen sus propios genes autorreplicadores, residuos de su primitivo estatus independiente como organismos completos.
3. *La significación evolutiva de la célula eucariota.* Los defensores de la contracepción tienen a la biología firmemente de su lado cuando argumentan que el sexo y la reproducción sirven a fines diferentes. La reproducción propaga una especie, y no existe método más eficaz para hacerlo que la gemación asexual y la fisión que emplean por los procariotas. La función biológica del sexo, por otro lado, es promover la variabilidad mezclando los genes de dos (o más) individuos. (El sexo va normalmente combinado con la reproducción porque resulta práctico llevar a cabo la mezcla en un descendiente.)

No se pueden producir cambios evolutivos de importancia si los organismos no mantienen una gran cantidad de variabilidad genética. El proceso creativo de la selección natural opera preservando variantes genéticas favorables en el seno de una reserva muy amplia. El sexo puede aportar variaciones a esta escala, pero una reproducción sexual eficiente requiere el embalaje del material genético en unidades discretas (cromosomas). Así, en los eucariotas, las células sexuales tienen la mitad de los cromosomas que las células somáticas normales. Cuando se unen dos células sexuales para producir un descendiente, se completa la cantidad original de material genético. El sexo entre los eucariotas, por otra parte, es infrecuente y poco eficiente. (Es unidireccional, e implica la transferencia de unos pocos genes de una célula donante a una receptora.)

La reproducción asexual produce copias idénticas a las células progenitoras, a menos que intervenga una nueva mutación para producir algún cambio de menor cuantía. Pero las mutaciones de este tipo son infrecuentes y las especies asexuales no tienen la

suficiente variabilidad para que el cambio evolutivo sea significativo. Durante 2.000 millones de años, las alfombras de algas siguieron siendo alfombras de algas. Pero la célula eucariota hizo del sexo una realidad; y menos de 1.000 millones de años más tarde aquí estamos (gente, cucarachas, caballitos de mar, petunias y chirilas).

Deberíamos, en resumen, utilizar la distinción taxonómica de orden más elevado de que dispongamos para reconocer la diferencia entre los organismos unicelulares procariotas y eucariotas. Esto establece dos reinos entre los organismos unicelulares: *Monera* para los procariotas (bacterias y algas verdiazules) y *Protista* para los eucariotas.

Entre los organismos multicelulares, *Plantae* y *Animalia* pueden permanecer en su sentido tradicional. ¿De dónde sale entonces el quinto reino? Consideremos los hongos. Nuestra rígida dicotomía nos obligó a introducirlos en el reino *Plantae*, presumiblemente por estar enraizados en un lugar único. Pero su similitud con las verdaderas plantas termina con esta equívoca característica. Los hongos superiores mantienen un sistema de tubos superficialmente similares a los de las plantas; pero mientras que en las plantas fluyen los nutrientes, en los tubos de los hongos fluye el propio protoplasma. Muchos hongos se reproducen combinando los núcleos de varios individuos en un tejido multinucleado carente de fusión nuclear. La lista podría alargarse, pero todo lo que pueda añadirse palidece frente a un hecho capital: los hongos carecen de fotosíntesis. Viven enclavados en su fuente de alimentos y se alimentan por absorción (a menudo excretando enzimas para la digestión externa). Los Hongos, por lo tanto, constituyen el quinto y último reino: *Fungi*.

Como argumenta Whittaker, los tres reinos de la vida multicelular representan una clasificación ecológica además de morfológica. Las tres formas principales de ganarse la vida en nuestro mundo están bien representadas por las plantas (producción), los hongos (reducción), y los animales (consumo). Y como otro clavo más del ataúd de nuestra autoestima, me apresuro a señalar que el ciclo fundamental de la vida va de la producción a la reducción. El mundo podría pasar muy bien sin los consumidores.

Me gusta el sistema de cinco reinos porque desvela una historia sensata acerca de la diversidad orgánica. Distribuye la vida en tres niveles de complejidad creciente: los unicelulares procariotas (*Monera*), los unicelulares eucariotas (*Protista*) y los multicelulares eucariotas (*Plantae*, *Fungi* y *Animalia*). Más aún, según vamos ascendiendo a través de los niveles, la vida se vuelve más diversa (como era de esperar, ya que la complejidad creciente en el diseño produce mayores oportunidades de variación del mismo). El mundo contiene más tipos diferentes de protistas que de móneras. En el tercer nivel, la diversidad es tan grande que necesitamos tres reinos diferentes para abarcarla. Finalmente, me gustaría subrayar que la transición evolutiva de un nivel a otro ocurre más de una vez; las ventajas de una creciente complejidad son tantas que muchas líneas independientes convergen sobre las pocas soluciones posibles. Los miembros de cada reino se unen por una estructura común a todos ellos, no por una unidad de

descendencia. Según el punto de vista de Whittaker, las plantas evolucionaron al menos cuatro veces a partir de antecesores protistas, los hongos al menos cinco veces, y los animales al menos tres veces (los peculiares mesozoos, las esponjas y todo lo demás).

El sistema de tres niveles y cinco reinos puede parecer, a primera vista, un registro de progreso inevitable en la historia de la vida. La diversidad creciente y las transiciones múltiples parecen reflejar una progresión determinada e inexorable hacia cosas más elevadas. Pero el registro paleontológico no ofrece respaldo alguno para tal interpretación. No ha habido progreso regular alguno en el desarrollo más elevado del diseño orgánico. Por el contrario, hemos experimentado vastas extensiones de poco o ningún cambio y una explosión evolutiva que creó la totalidad del sistema. Durante los primeros dos tercios a cinco sextos de la historia de la vida, tan sólo los moneras habitaron la Tierra, y no podemos detectar progreso regular alguno de procariotas «inferiores» a «superiores». De modo similar, no ha habido ninguna adición a los diseños básicos desde que la explosión cámbrica llenó nuestra biosfera (aunque podemos argumentar una mejora limitada *dentro* de algunos diseños; por ejemplo, vertebrados y plantas vasculares).

Más bien, la totalidad del sistema de la vida surgió en el transcurso de alrededor del 10 por 100 de su historia, alrededor de la explosión del Cámbrico hace unos 600 millones de años. Me atrevería a identificar dos acontecimientos fundamentales: la evolución de la célula eucariota (que hizo posible una ulterior complejidad al aportar variabilidad genética a través de una reproducción sexual eficiente) y la ocupación del espacio ecológico por una explosión radiativa de los eucariotas multicelulares.

El mundo de la vida era tranquilo anteriormente y ha sido relativamente tranquilo desde entonces. La reciente evolución de la consciencia debe ser considerada como el evento más cataclísmico desde la explosión del Cámbrico, aunque sólo sea por sus efectos geológicos y ecológicos. Los eventos importantes en la evolución no requieren el origen de nuevos diseños. Los flexibles eucariotas continuarán produciendo novedad y diversidad siempre que uno de sus más recientes productos se controle lo suficientemente bien como para asegurar el futuro del mundo.

Un héroe unicelular sin corona

Ernst Haeckel, el gran divulgador de la teoría evolutiva en Alemania, adoraba acuñar palabras. La inmensa mayoría de sus creaciones murieron con él hace medio siglo, pero entre las supervivientes se encuentran palabras como «ontogenia», «filogenia» y «ecología». Esta última se enfrenta ahora a un destino radicalmente opuesto (ha perdido significado por extensión y utilización excesiva). El uso común amenaza con convertir la palabra «ecología» en una etiqueta aplicable a todo lo bueno que pueda ocurrir lejos de las ciudades o a todo aquello que no lleve incorporados productos químicos sintéticos. En su sentido más restringido y técnico, la ecología es el estudio de la diversidad orgánica. Se centra en las interacciones entre los organismos y sus ambientes para abordar la que podría ser la cuestión más importante de la biología evolutiva: «¿Por qué existen tantas clases de seres vivos?».

Durante el primer siglo de darwinismo, los ecólogos intentaron dar respuesta a este interrogante con escaso éxito. A la vista de la abrumadora complejidad de la vida, escogieron el camino empírico y amasaron enormes contingentes de datos acerca de sistemas sencillos en áreas limitadas. Ahora, casi veinte años después del centenario de *El origen de las especies* de Darwin, esta hermana pobre entre las disciplinas evolutivas se ha convertido en punta de lanza. Alentados por los esfuerzos de los científicos inclinados hacia las matemáticas, los ecólogos han construido modelos teóricos de la interacción orgánica y los han aplicado con éxito para explicar datos procedentes de las investigaciones de campo. Por fin empezamos a comprender (y a cuantificar) las causas de la diversidad orgánica.

Un adelanto científico importante suele extender su campo de influencia aportando la clave para la resolución de problemas persistentes de otros campos del conocimiento relacionados con él. La ecología teórica, que trabaja sobre la mínima dimensión de tiempo «ecológico» (la interacción orgánica en el transcurso de las estaciones o, como máximo, de los años), ha comenzado a influir sobre la paleontología, disciplina custodia de la máxima dimensión temporal (3.000 millones de años de historia de la vida). En el ensayo 16 planteo la posibilidad de que una teoría ecológica que relaciona la diversidad orgánica con la superficie habitable haya resuelto el gran misterio de la extinción del Pérmico. En el presente artículo, argumentaré que otra teoría ecológica, la relación entre diversidad y depredación, puede aportar la clave para la resolución del segundo gran dilema de la paleontología: la «explosión» de vida del Cámbrico.

Hace unos 600 millones de años, al comienzo de lo que los geólogos denominan el período Cámbrico, aparecieron la mayor parte de los *phyla* de animales invertebrados en el breve período de unos pocos millones de años. ¿Qué había ocurrido en el transcurso de los 4.000 millones de años previos de la historia de la Tierra? ¿Qué tenía el mundo del Cámbrico para inspirar semejante explosión de actividad evolutiva?

Estos interrogantes han desasosegado a los paleontólogos desde que la teoría evolutiva se impuso hace más de un siglo. Porque, aunque las explosiones evolutivas rápidas, así como las extinciones masivas en oleadas no son inconsecuentes con la teoría darwiniana, un prejuicio profundamente arraigado en el pensamiento occidental nos predispone a la búsqueda de continuidad y de cambios graduales: «*Natura non facit saltum*» («la naturaleza no da saltos»), como proclamaban los antiguos naturalistas.

La explosión del Cámbrico preocupaba tanto a Darwin que en la última edición del *Origen* escribió: «Por el momento, el caso debe seguir inexplicado; y puede ser planteado como argumento válido contra los criterios aquí expuestos». La situación era, en efecto, mucho peor aún en tiempos de Darwin. Por aquel entonces no se había encontrado ni un solo fósil precámbrico, y la explosión cámbrica de invertebrados complejos aportaba la única evidencia existente de las primeras formas de vida en la Tierra. Si tantas formas de vida habían surgido al mismo tiempo y con tal complejidad inicial ¿acaso no podría argumentarse que Dios había escogido como base el Cámbrico para Su momento (o seis días) de creación?

La dificultad con la que se enfrentaba Darwin ha sido parcialmente superada. Disponemos hoy de registros de la vida precámbrica que se extienden hasta hace más de 3.000 millones de años. Las bacterias y algas verdiazules fósiles descubiertas en varios lugares, en rocas que datan de entre 2.000 y 3.000 mil millones de años.

No obstante, estos excitantes hallazgos en la paleontología del Precámbrico no eliminan los problemas de la explosión del Cámbrico, ya que tan sólo comprenden las sencillas bacterias y algas verdiazules (véase el ensayo 13), y algunas plantas superiores tales como las algas verdes. La evolución de los complejos Metazoos (animales multicelulares) sigue pareciendo igual de repentina. En Ediacara, en Australia, ha aparecido una fauna precámbrica única. Incluye algunos parientes de las modernas plumas de mar (*Pennatularia*), medusas, organismos vermiformes, artrópodos y dos formas crípticas distintas a cualquier ser vivo conocido en nuestros tiempos. No obstante, las rocas de Ediacara yacen justamente debajo de la base del Cámbrico y sólo por un estrecho margen pueden ser calificadas de precámbricas. Algunos otros hallazgos aislados en todo el mundo son asimismo exactamente precámbricos. En todo caso, el problema se ve incrementado, ya que el estudio exhaustivo de cada vez más rocas precámbricas destruye la vieja y popular creencia de que los metazoos complejos están ahí realmente, y que simplemente no hemos dado con ellos aún.

Todo un siglo de discusiones ha producido tan sólo dos estrategias básicas para la explicación científica de la explosión del Cámbrico.

En primer lugar, puede argumentarse que se trata de una falsa apariencia. La evolución fue en realidad lenta y gradual, como dictan los prejuicios occidentales. La llamada explosión tan sólo marca la primera aparición en el registro fósil de unas criaturas que llevaban viviendo durante un largo período del Precámbrico. Pero ¿qué fue lo que impidió la fosilización de tan rica fauna? Aquí nos encontramos con toda una diversidad de propuestas que van desde lo absurdamente *ad hoc* a lo eminentemente plausible. Por citar algunas:

1. El Cámbrico representa la primera preservación de rocas sin alterar; los sedimentos precámbricos se han visto sometidos a tales temperaturas y presiones que sus restos fósiles se han obliterado. Esto es, más allá de toda duda, empíricamente falso.
2. La vida evolucionó en lagos terrestres. El Cámbrico representa la migración de esta fauna al mar.
3. Todos los primeros metazoos eran de cuerpo blando. El Cámbrico representa la evolución de partes duras fosilizables.

La popularidad de la primera estrategia se ha venido abajo con el descubrimiento de depósitos de fósiles abundantes de origen precámbrico desprovistos por completo de formas de vida más complejas que las algas. No obstante, la argumentación basada en la existencia de partes duras probablemente contenga parte de la verdad, aunque no pueda suministrarnos la respuesta completa. Una almeja sin concha no es un animal viable; no es posible arropar cualquier organismo de cuerpo blando con una concha para obtener una almeja. Las delicadas branquias y la compleja musculatura evolucionaron obviamente en asociación con una cubierta exterior dura. Las partes duras rara vez requieren una modificación simultánea y compleja de cualquier posible antecesor de cuerpo blando; su repentina aparición en el Cámbrico, por lo tanto, implica una evolución realmente rápida del animal al que recubren.

Como segunda estrategia, podríamos afirmar que la explosión del Cámbrico fue un suceso real que representó una evolución extremadamente rápida de la complejidad. Algo debió de suceder en el ambiente de los precursores simples de cuerpo blando de los metazoos del Cámbrico para engendrar semejante explosión de evolución. Disponemos tan sólo de dos posibilidades que se solapan: cambios en el ambiente físico o en el biológico.

En 1965, Lloyd V. Berkner y Lauriston C. Marshall, dos físicos de Dallas, publicaron un famoso artículo en el que proponían que los niveles de oxígeno de la atmósfera de la Tierra ejercieron un control físico directo sobre la explosión de vida del Cámbrico. Los geólogos coinciden en afirmar que la atmósfera original de la Tierra contenía escaso o ningún oxígeno libre. El oxígeno se fue acumulando gradualmente como resultado de la actividad orgánica (la fotosíntesis de las algas precámbricas). Los Metazoos requieren niveles altos de oxígeno libre por dos motivos: directamente, para la respiración; indirectamente, porque el oxígeno, en forma de ozono, absorbe las letales

radiaciones ultravioleta en las capas superiores de la atmósfera antes de que alcancen la vida de la superficie del planeta. Berkner y Marshall se limitaron a proponer que la base del Cámbrico marca el momento en que la cantidad de oxígeno atmosférico alcanzó por vez primera el nivel suficiente para permitir la respiración y la protección contra las radiaciones dañinas.

Pero esta atractiva idea ha embarrancado en la evidencia geológica. Los organismos fotosintéticos probablemente fueran abundantes hace más de 2.580 millones de años. ¿Resulta pues razonable suponer que fueron necesarios 2.000 millones de años para la acumulación del oxígeno suficiente para la respiración? Más aún, muchos depósitos extensos de entre 1.000 y 2.000 millones de años de edad contienen grandes volúmenes de rocas fuertemente oxidadas.

La hipótesis de Berkner y Marshall encarna una actitud enormemente frecuente entre los no biólogos que carecen de una apreciación suficiente de la complejidad que hace que una máquina sea un pobre modelo de un organismo viviente. Los modelos físicos a menudo emplean objetos simples e inertes, como bolas de billar, que responden automáticamente al impacto de las fuerzas físicas. Pero un organismo no puede ser manipulado tan fácilmente; desde luego no evoluciona automáticamente. La hipótesis de Berkner y Marshall se sustenta en el pensamiento de las bolas de billar que yo llamo «físicismo»: los Metazoos surgen inmediata y automáticamente al desaparecer la barrera física que impedía su desarrollo. La presencia de oxígeno suficiente, no obstante, no garantiza la evolución inmediata de todo aquello capaz de respirarlo. El oxígeno es un requisito necesario pero penosamente insuficiente para la evolución de los Metazoos. De hecho, probablemente existiera suficiente oxígeno durante 1.000 millones de años antes de la explosión cámbrica. Tal vez deberíamos buscar controles biológicos.

Steven M. Stanley, de la Universidad John Hopkins, ha argumentado recientemente que una popular teoría ecológica (el «principio de la poda») podría suministrar ese control (*Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1973). El gran geólogo Charles Lyell argumentaba que una teoría científica es elegante y excitante en la medida en la que contradiga al sentido común. El principio de la poda es precisamente una idea antiintuitiva. Al considerar las causas de la diversidad orgánica, podríamos esperar que la introducción de un «podador» (ya sea herbívoro o carnívoro) reduciría el número de especies de un área dada: después de todo, si un animal recolecta alimento de un área previamente virgen, debería reducir la diversidad y eliminar por completo las especies más escasas.

De hecho, un estudio de cómo se distribuyen los organismos nos da el resultado opuesto a estas expectativas. En las comunidades de productores primarios (organismos que elaboran sus propios nutrientes por medio de la fotosíntesis y que no se alimentan de otras criaturas), una o unas pocas especies serán competitivamente superiores y monopolizarán el espacio. Tales comunidades pueden tener una biomasa enorme, pero se ven habitualmente empobrecidas en cuanto a número de especies. Ahora bien, un

podador en un sistema tal tiende a cebarse en las especies abundantes, limitando así su capacidad de dominación y dejando espacios libres para otras especies. Un podador bien evolucionado diezma —pero no destruye— su especie presa favorita (ya que si no se vería inevitablemente abocado a la inanición). Un ecosistema bien podado es máximamente diverso, con multitud de especies y pocos individuos de cada una de ellas. Planteado de otro modo, la introducción de un nuevo nivel en la pirámide ecológica tiende a ensanchar el nivel inferior de éste.

El principio de la poda está respaldado por muchos estudios de campo: la introducción de peces depredadores en un estanque artificial produce un incremento de la diversidad del zooplancton; la eliminación de los erizos de mar hervíboros de una comunidad diversa de algas lleva a la dominancia de la comunidad por una única especie.

Consideremos la comunidad precámbrica de algas que persistió durante 2.500 millones de años. Consistía exclusivamente en productores primarios simples. No era consumida y, por lo tanto, era biológicamente monótona. Evolucionó con exagerada lentitud, sin alcanzar jamás una gran diversidad, porque su espacio físico estaba fuertemente monopolizado por unas pocas formas abundantes. La clave de la explosión cámbrica, argumenta Stanley, es la evolución de herbívoros apacentadores (protistas unicelulares que devoraban otras células). Los herbívoros creaban espacio para una mayor diversidad de productores y esta diversidad permitía la aparición de podadores más especializados. La pirámide ecológica explotó en ambas direcciones, añadiendo multitud de especies en los niveles inferiores de producción y aportando nuevos niveles superiores de carnivorismo.

¿Cómo puede demostrarse semejante idea? El protista podador original, tal vez el héroe sin corona de la historia de la vida, probablemente no quedara fosilizado. Existe, no obstante, cierta evidencia indirecta sugestiva. Las comunidades productoras más abundantes del Precámbrico han quedado preservadas como estromatolitos (alfombras de algas verdiazules que atrapan y compactan sedimentos). Los estromatolitos hoy en día florecen tan sólo en medios hostiles en gran medida desprovistos de metazoos hervíboros (por ejemplo, en lagunas hipersalinas). Peter Garrett averiguó que estas alfombras persisten en los ambientes marinos más normales tan sólo cuando los herbívoros son eliminados artificialmente. Su abundancia precámbrica probablemente reflejara la ausencia de herbívoros.

Stanley no desarrolló su teoría a partir de estudios empíricos sobre comunidades precámbricas. Es una argumentación deductiva basada en un principio establecido en la ecología que no contradice ningún hecho conocido acerca del mundo precámbrico y parece resultar particularmente consecuente con algunas pocas observaciones. En un franco párrafo de conclusión, Stanley presenta cuatro razones para que su teoría sea aceptada: 1) «parece explicar los datos de que disponemos acerca de la vida

precámbrica»; 2) «es sencilla, en lugar de ser compleja o elaborada»; 3) «es puramente biológica, eludiendo la invocación *ad hoc* de controles externos; y 4) «es, en gran medida, producto de la deducción directa a partir de un principio ecológico establecido».

Tales justificaciones no se corresponden con las ideas simplistas acerca del método científico que se imparten en la mayor parte de las facultades universitarias y que plantean la mayor parte de los medios de comunicación. Stanley no invoca la existencia de pruebas o de información nueva obtenida a través de experimentos rigurosos. Su segundo criterio es una presunción metodológica, el tercero una preferencia filosófica, el cuarto una aplicación de una teoría preexistente. Sólo la primera razón planteada por Stanley hace referencia a los datos del Precámbrico, y se limita a señalar débilmente que su teoría «explica» lo que se conoce (hay otras muchas teorías que hacen lo mismo).

Pero el pensamiento creativo en las ciencias es exactamente esto, no una recolección mecánica de datos y una inducción de teorías, sino un proceso complejo que implica intuiciones, inclinaciones y percepciones procedentes de otros campos. La ciencia, en el mejor de los casos, interpone el juicio y el ingenio humanos sobre todos sus procesos. Es, después de todo (aunque en ocasiones lo olvidemos), una práctica humana.

¿Es la explosión cámbrica un fraude sigmoideo?

Roderick Murchison, espoleado por su esposa, abandonó los gozos de la caza de zorros por los placeres más sublimes de la investigación científica. Este geólogo aristócrata dedicó gran parte de su segunda carrera a la documentación de la historia inicial de la vida. Descubrió que el primer poblamiento de los océanos no se produjo gradualmente con la adición sucesiva de formas cada vez más complejas de vida. Por el contrario, parecía que la mayor parte de los grupos fundamentales aparecían simultáneamente en lo que los geólogos denominan hoy en día la base del período Cámbrico, hace alrededor de 600 millones de años. Para Murchison, un devoto creacionista que escribió sus obras en la década de 1830, este episodio no podía representar más que la decisión inicial de Dios de poblar la Tierra.

Charles Darwin contemplaba estas observaciones con inquietud. Asumía, como exigía la evolución, que los mares habían estado «repletos de criaturas» antes del período Cámbrico. Para explicar la ausencia en el registro fósil procedente de eras anteriores especulaba, un tanto a modo de disculpa, que nuestros continentes modernos no acumularon sedimento alguno en las eras precámbricas por estar cubiertos de mares transparentes.

Nuestra actitud de hoy en día sintetiza estas dos ideas. Darwin, por supuesto, ha sido vindicado en su presupuesto cardinal: la vida del Cámbrico surgió efectivamente de antecedentes orgánicos, no de la mano de Dios. Pero la observación básica de Murchison refleja una realidad biológica, no las imperfecciones de la evidencia geológica: el registro fósil precámbrico está formado (salvo en sus últimos tiempos) por poco más que 2.500 millones de años de bacterias y algas verdiazules. La vida compleja surgió, en efecto, con sorprendente rapidez cerca de la base del Cámbrico. (Los lectores deben tener presente que los geólogos tienen un criterio peculiar de la rapidez. Según los estándares comunes, una mecha que arde durante 10 millones de años es una mecha francamente lenta. No obstante, 10 millones de años no son más que 1/450 de la historia de la Tierra; tan sólo un instante, para un geólogo.)

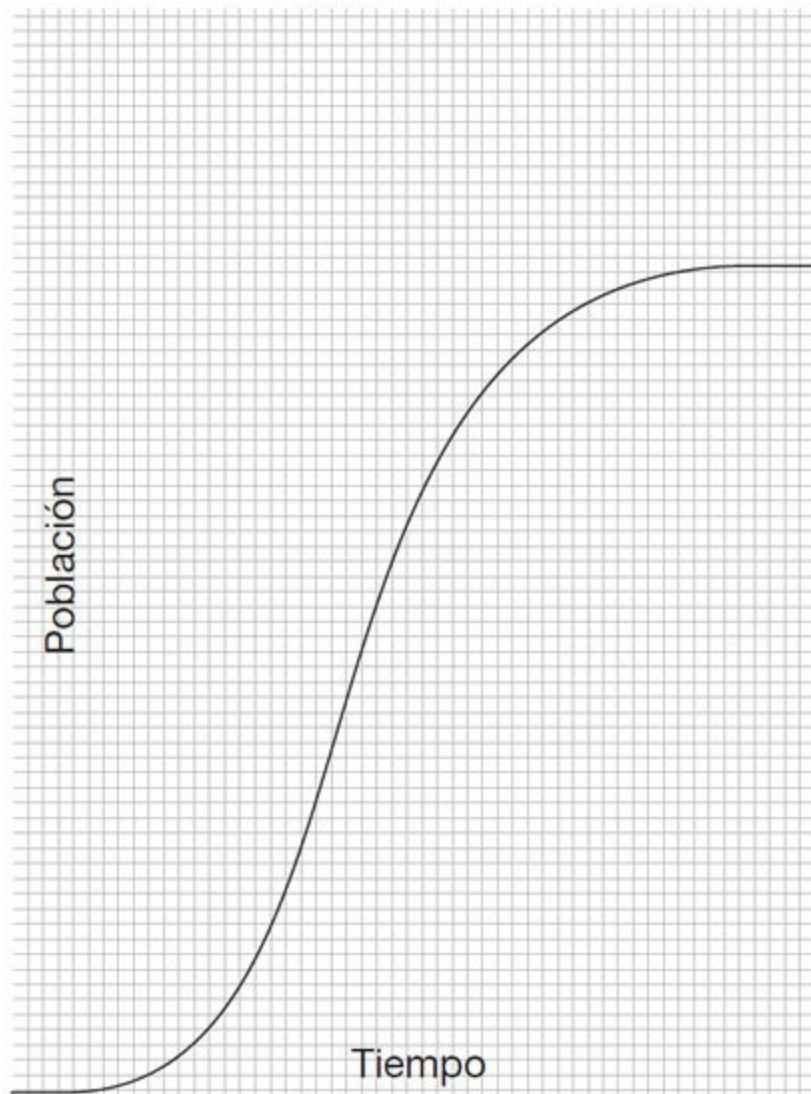
Los paleontólogos han consumido un siglo, en gran medida infructuoso, intentando explicar la «explosión» del Cámbrico, el vertiginoso crecimiento en diversidad producido en los primeros 10 a 20 millones de años del período Cámbrico (véase el ensayo 14). Han asumido, universalmente, que el evento desconcertante es la propia explosión. Por lo tanto, cualquier teoría adecuada tendría que explicar por qué los comienzos del

Cámbrico fueron un período tan desusado: tal vez representen la primera acumulación suficiente de oxígeno atmosférico capaz de permitir la respiración, o el enfriamiento de una Tierra excesivamente calurosa como para permitir la aparición de vida compleja (las algas simples sobreviven a temperaturas muy superiores a las que pueden soportar los animales complejos), o un cambio en la química oceánica que permitió la deposición de carbonato cálcico para recubrir animales, que anteriormente habían tenido un cuerpo blando, con un esqueleto preservable.

Percibo hoy que está a punto de producirse en mi profesión un cambio fundamental de actitudes. Posiblemente hayamos estado observando este importante problema desde una perspectiva equivocada. Tal vez la propia explosión no fuera más que el resultado predecible de un proceso inexorablemente iniciado por un suceso anterior, en el Precámbrico. En tal caso, no tendríamos por qué creer que los principios del Cámbrico fueran «especiales» en modo alguno; las causas de la explosión se encontrarían en algún suceso anterior que inició la evolución de la vida compleja. Recientemente me he convencido de que esta nueva perspectiva probablemente sea la correcta. El esquema de la explosión cámbrica parece seguir una ley general del crecimiento. Esta ley predice una fase de aceleración rápida; la explosión no resulta más fundamental (ni necesita más explicación especial) que su período antecedente de crecimiento lento o su subsiguiente equilibrio. Lo que quiera que fuese que inició este período antecedente garantizó virtualmente la posterior explosión. Para apoyar esta nueva perspectiva ofrezco dos argumentos basados en una cuantificación del registro fósil. Espero no sólo sustentar mi posición particular sino también ilustrar el papel que la cuantificación puede desempeñar en la verificación de hipótesis en el seno de profesiones que antiguamente despreciaban tal rigurosidad.

El trabajo cotidiano de la geología de campo es un metódico ejercicio sobre aparentes minucias de detalle: la cartografía de estratos; su correlación temporal por medio de fósiles y «superposiciones» físicas (lo más reciente sobre lo más antiguo); el registro de tipos de roca, de los tamaños de grano y de los ambientes de deposición. Esta actividad es a menudo despreciada por los jóvenes teóricos pagados de sí mismos que la consideran el trabajo de perro de zánganos sin imaginación. No obstante, careceríamos de ciencia sin la base que suministran estos datos. En este caso, nuestra perspectiva revisada de la explosión cámbrica reposa sobre un refinamiento de la estratigrafía del Cámbrico temprano establecida primordialmente por científicos soviéticos en los últimos años. El Cámbrico inferior ha sido subdividido en cuatro etapas y las primeras apariciones de fósiles han sido registradas con mucha mayor precisión. Podemos ahora tabular una secuencia exquisitamente dividida de primeras apariciones donde los anteriores estratígrafos tan sólo podían registrar «Cámbrico inferior» para todos los grupos (acentuando así la aparente explosión).

J. J. Sepkoski, un paleontólogo de la Universidad de Rochester, ha descubierto hace poco que una gráfica de la diversidad orgánica creciente con respecto al tiempo desde finales del Precámbrico hasta el final de la «explosión» se conforma con nuestro modelo general de crecimiento, la llamada curva sigmoidea (en forma de S). Consideremos el crecimiento de una colonia típica de bacterias en un medio anteriormente no habitado: cada célula se divide una vez cada veinte minutos para formar dos bacterias hijas. El crecimiento de la población es lento al principio. (La tasa de división celular es todo lo rápida que puede llegar a ser, pero las células fundadoras son pocas en número y la población crece lentamente hacia el período de explosión.) Esta fase de «latencia» forma el segmento inicial de lento crecimiento de la curva sigmoidea. La fase explosiva, o «logarítmica» viene después, al producir cada célula de una población sustancial dos células hijas cada veinte minutos. Está claro que este proceso no puede continuar indefinidamente: una extrapolación no demasiado descabellada llenaría el universo de bacterias. Eventualmente, la colonia garantiza su propia estabilidad (o su desaparición) saturando el espacio disponible, agotando sus nutrientes, contaminando su nido con productos de desecho, y así sucesivamente. Esta nivelación impone un techo a la fase logarítmica y completa la S de la distribución sigmoidea.



Una curva sigmoidea típica (en forma de S). Obsérvese el lento comienzo (fase de latencia), el período central de desarrollo rápido (fase logarítmica) y la nivelación final.

Hay un gran paso entre las bacterias y la evolución de la vida, pero el crecimiento sigmoideo es una propiedad general de ciertos sistemas y la analogía parece sostenerse en este caso. En lugar de división celular, léase especiación; en lugar del sustrato de agar de una placa de laboratorio, léase océanos. La fase de latencia de la vida es el ascenso inicial lento de los últimos tiempos del Precámbrico. (Disponemos ahora de una modesta fauna de la época, fundamentalmente celentéreos: corales blandos y medusas, y lombrices. La famosa explosión no es más que la fase logarítmica de este proceso continuo, mientras que la nivelación poscámbrica representa la ocupación inicial de roles ecológicos en los océanos del mundo (la vida terrestre evolucionó más adelante).

Si las leyes del crecimiento sigmoideo regularon la diversificación primitiva de la vida, entonces la explosión del Cámbrico no tiene nada de especial. No es más que la fase logarítmica de un proceso determinado por dos factores: 1) el evento que puso en

marcha la fase de latencia en tiempos del Precámbrico, y 2) las propiedades de un ambiente que hicieron posible un crecimiento sigmoideo.

Como escribió S. M. Stanley, paleontólogo de Johns Hopkins, en un reciente artículo (*American Journal of Science*, 1976): «Podemos abandonar la idea tradicional de que los orígenes de los principales taxones fósiles a comienzos del Cámbrico [...] representan un enigma de gran magnitud. Lo que sigue siendo el “Problema del Cámbrico” es saber por qué se retrasó el origen de la multicelularidad hasta que la Tierra tuvo casi 4.000 millones de años de edad». Podemos negar el problema del Cámbrico proyectándolo aún más atrás en el tiempo, pero la naturaleza y las causas de ese episodio aún más antiguo siguen siendo el enigma de los enigmas paleontológicos. El origen precámbrico tardío de la célula eucariota debe proporcionar un determinante de importancia. (Argumenté en el ensayo 13 que una reproducción sexual eficiente requiere la presencia de células eucariotas con cromosomas diferenciados, y que los organismos complejos no pueden evolucionar sin la variabilidad genética que aporta el modo de reproducción sexual.) Pero no tenemos ni la más ligera idea de por qué surgió la célula procariotas en el momento en que lo hizo, del mismo modo que desconocemos por qué surgió cuando surgió, más de 2.000 millones de años después de la aparición de sus antecesores procariotas. En el ensayo 14 yo abogaba por la teoría de «la poda» de Stanley para explicar el inicio del crecimiento sigmoideo que habría seguido a la evolución de las células eucariotas. Stanley argumenta que las algas procariotas del Cámbrico habían usurpado la totalidad del espacio disponible en su hábitat potencial, impidiendo así la evolución de nada más complejo al negar todo espacio vital a cualquier competidor. El primer herbívoro eucariota, en el transcurso de su copioso (aunque monótono) banquete a nivel mundial, dejó libre el espacio suficiente para que pudieran evolucionar nuevos competidores.

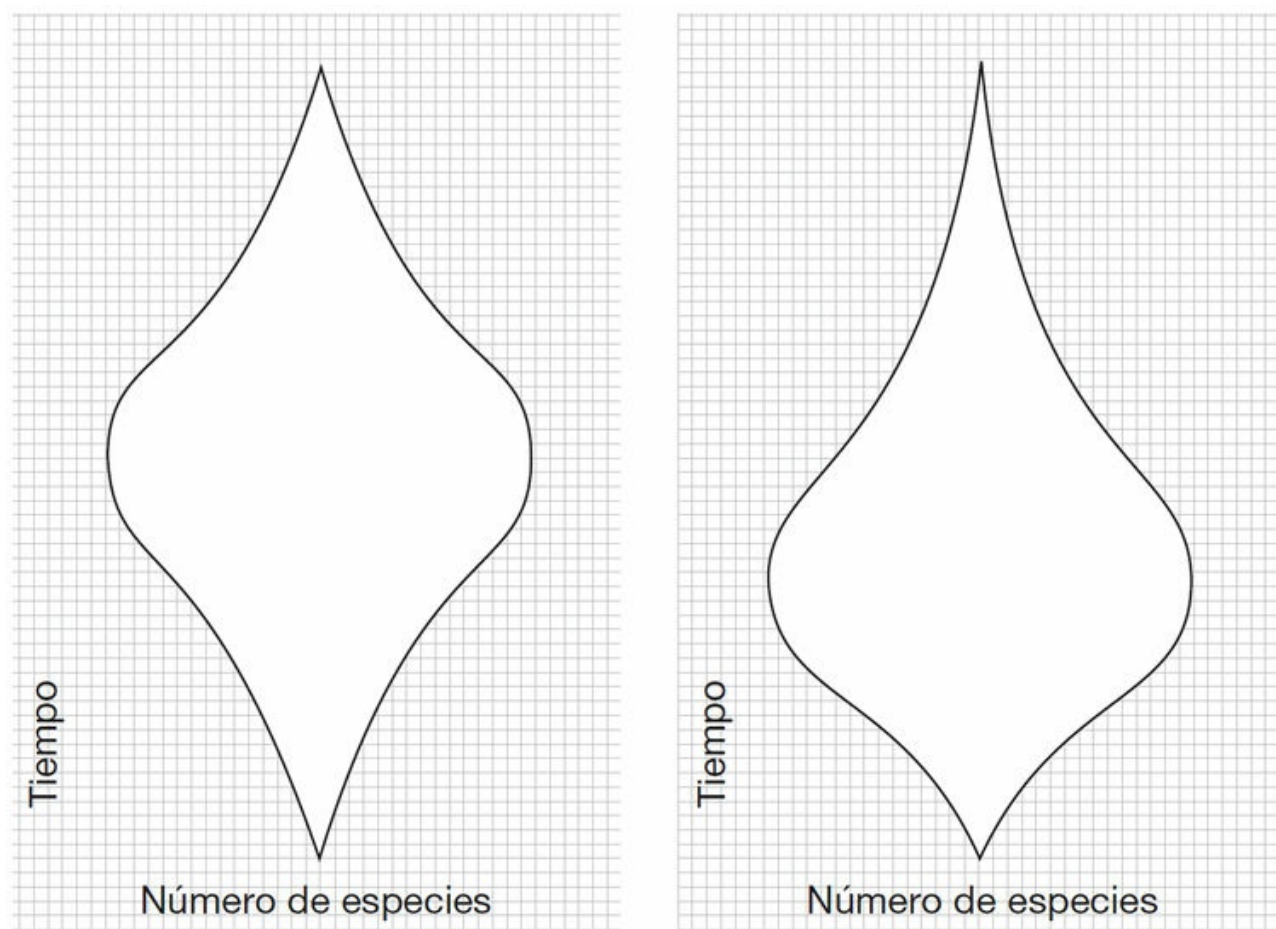
La especulación puede resultar fascinante, pero tenemos poco que decir en defensa del primer factor (la causa que inició el crecimiento sigmoideo). No obstante, en el caso del segundo factor, las cosas están más claras (la naturaleza del ambiente que lo permitió). El crecimiento sigmoideo no es una propiedad universal de los sistemas naturales. Se produce exclusivamente en un tipo de ambiente. Nuestras bacterias de laboratorio no habrían crecido según una curva en forma de S si no hubieran dispuesto de un medio vacío o si éste hubiera carecido de nutrientes. Los modelos sigmoideos se producen tan sólo en sistemas abiertos y sin constricciones, en los que la alimentación y el espacio resultan tan abundantes que los organismos crecen hasta que sus propios números limitan todo ulterior crecimiento. Los océanos del Precámbrico configuraban sin lugar a dudas un sistema así, un ecosistema «vacío», caracterizado por espacio abundante, comida suficiente y ausencia de competidores. (Los eucariotas primitivos podrían agradecer a sus antecesores no sólo que constituyeran una fuente inmediata de alimentos, sino también su anterior servicio de aportar oxígeno a la atmósfera a través de

la fotosíntesis.) La curva sigmoidea (con la explosión cámbrica como su fase logarítmica) representa la primera población de los océanos del mundo, un patrón predecible de la evolución en ecosistemas abiertos.

Los animales que evolucionaran en el transcurso de la fase logarítmica deberían presentar modelos evolutivos diferentes a los de aquellos que surgieron más tarde en un régimen de equilibrio autorregulador. Gran parte de mis investigaciones han estado dedicadas a definir esas diferencias. Mis colegas (T. J. M. Schopf, de la Universidad de Chicago, D. M. Raup y J. J. Sepkoski, de la Universidad de Rochester, y D. S. Simberloff, de la Universidad Estatal de Florida) y yo hemos venido modelando árboles evolutivos como un proceso al azar. Tras «desarrollar» un árbol, lo dividimos en sus «ramas» principales y consideramos la historia de cada una de ellas (llamada técnicamente un «clado») a lo largo del tiempo. Representamos cada clado según el llamado diagrama en huso. Los diagramas de esta clase se construyen del siguiente modo: no hay más que contar el número de especies pertenecientes a cada período de tiempo y variar la anchura del diagrama con arreglo a este número.

Seguidamente medimos diversas propiedades de estos diagramas. Una medida, denominada C. G., define la posición del centro de gravedad (a grandes rasgos, el lugar en el que el clado es más ancho o más diversificado). Si esta posición de diversidad máxima se produce a la mitad de la duración del clado, damos al C. G. un valor de 0,5 (a mitad del camino de la existencia del clado). Si un clado alcanza su máxima diversificación antes de su punto medio, tiene un C. G. inferior a 0,5.

En nuestro sistema aleatorio, el C. G. está casi siempre cerca del valor de 0,5 (el clado ideal es un rombo con la anchura máxima en el centro). Pero nuestro mundo de azar es un mundo en perfecto equilibrio. No permite fases logarítmicas de crecimiento sigmoideo; se mantiene un número constante de especies a través del tiempo, dado que las tasas de extinción se equiparan con las de originación.



Diagramas en huso. El diagrama de la izquierda tiene un C. G. de 0,5 (tiene su anchura máxima en el punto medio de su duración); el diagrama de la derecha tiene un C. G. inferior a 0,5.

Pasé una parte sustancial del año 1975 contando géneros de fósiles y registrando su longevidad para poder construir diagramas de huso para clados reales. Dispongo ahora de más de 400 clados de grupos que surgieron y desaparecieron *después* de la fase logarítmica de la explosión cámbrica. Su valor medio es de 0,4993 (no se podía pedir nada más próximo a nuestro 0,5 del mundo idealizado en equilibrio). Dispongo también de un número equivalente de diagramas de huso para clados surgidos *durante* la fase logarítmica que murieron después de ella. Su C. G. medio es significativamente inferior a 0,5. Registran un mundo atípico de diversidad creciente, y sus valores pueden utilizarse para estimar tanto la temporización como la fuerza de la fase logarítmica del Cámbrico. Sus valores son inferiores a 0,5 porque surgieron en el transcurso de una época de diversificación rápida, pero murieron después en el transcurso de tiempos estables de orígenes y extinciones más lentas. Así pues, alcanzaron un máximo de diversidad a comienzos de su historia, puesto que sus primeros representantes participaron en una fase logarítmica de crecimiento incontrolado, pero desaparecieron más lentamente en el mundo estabilizado que vino después.

El enfoque cuantitativo nos ha ayudado a comprender la explosión del Cámbrico de dos maneras. En primer lugar podemos reconocer su naturaleza de crecimiento sigmoideo e identificar sus causas en algún suceso anterior; el problema del Cámbrico, *per se*, desaparece. En segundo lugar, podemos definir la duración y la intensidad de la fase logarítmica del Cámbrico estudiando las estadísticas de los diagramas de huso.

A mi modo de ver, el resultado más notable de este ejercicio no es el C. G. bajo de los clados cámbricos, sino la correspondencia del C. G. de los clados posteriores con un modelo idealizado de mundo en equilibrio. ¿Podría ser que la diversidad de la vida marina hubiera permanecido en equilibrio a través de todas las vicisitudes de una Tierra en movimiento, todas las extinciones en masa, las colisiones de los continentes, la desaparición y la creación de océanos? La fase logarítmica del Cámbrico pobló los océanos de la Tierra. Desde entonces, la evolución ha producido variaciones incontables sobre una serie limitada de diseños básicos. La vida marina ha sido copiosa en variedad, ingeniosa en sus adaptaciones, y (si se me permite un comentario antropocéntrico) maravillosa en su belleza. No obstante, en un sentido importante, la evolución desde el Cámbrico para acá no ha hecho más que reciclar los productos básicos de su propia fase explosiva.

La gran muerte

Hace alrededor de 225 millones de años, a finales del período Pérmico, prácticamente la mitad de las familias de organismos marinos perecieron en el breve espacio de tiempo de unos pocos millones de años (un prodigioso espacio de tiempo para la mayor parte de los estándares, pero tan sólo unos breves minutos para un geólogo). Las víctimas de esta extinción en masa incluyeron la totalidad de los trilobites supervivientes, todos los corales antiguos, todos los linajes de ammonites menos una y la mayor parte de los briozoos, braquiópodos y crinoideos.

Esta gran muerte fue la más profunda de las numerosas extinciones en masa que han puntuado la evolución de la vida durante los últimos 600 millones de años. La extinción de finales del Cretácico, hace alrededor de 70 millones de años, ocupa el segundo lugar. Destruyó el 25 por 100 de las familias de animales terrestres dominantes, eliminándolos del planeta. Nos referimos a los dinosaurios y sus parientes. La gran muerte dejó así el terreno libre para la implantación de los mamíferos y la eventual evolución del hombre.

No existe problema paleontológico que haya atraído más atención ni que haya producido mayores frustraciones que la búsqueda de causas para estas extinciones. El catálogo de propuestas ocuparía el espacio de una guía telefónica de Manhattan, e incluiría casi cualquier causa imaginable: aparición de montañas a nivel mundial, variaciones en el nivel de los océanos, extracción de sal de los océanos, supernovas, vastos influjos de radiación cósmica, pandemias, restricción de los hábitats, cambios abruptos del clima, y así sucesivamente. Tampoco ha escapado el problema a una cierta notoriedad pública. Recuerdo perfectamente mi primer contacto con él a los cinco años de edad: los dinosaurios de *Fantasia*, de Walt Disney, jadeando hacia la muerte a través de un paisaje reseco con la música de *La consagración de la primavera* de Stravinsky de fondo.



Los dinosaurios de *Fantasia* de Walt Disney jadean hacia su extinción a través de un paisaje reseco. (© 1940 Walt Disney Productions.)

Dado que la extinción del Pérmico deja pequeñas todas las demás, hace tiempo que constituye el centro de atención de todas las investigaciones. Si pudiéramos explicar ésta, la mayor de todas las extinciones en masa, podríamos encontrar la clave para comprender las extinciones en masa en general.

En el transcurso de la pasada década se han combinado importantes adelantos tanto en la geología como en la biología evolutiva para aportar una probable respuesta. Esta solución se ha desarrollado tan gradualmente que algunos paleontólogos prácticamente no se han dado cuenta de que su más antiguo y profundo dilema ha quedado resuelto.

Hace diez años, los geólogos en general creían que los continentes se habían formado en el lugar que ahora ocupan. Podían surgir grandes bloques de tierra, o hundirse, y los continentes podían «crecer» por agregación de cadenas montañosas en sus perímetros, pero los continentes no se dedicaban a vagar de acá para allá sobre la superficie de la Tierra; sus posiciones habían quedado fijadas por los siglos de los siglos. A comienzos del siglo se había propuesto una teoría alternativa de deriva continental, pero la ausencia de un mecanismo para desplazar los continentes había asegurado su rechazo casi universal.

Hoy en día, los estudios realizados sobre los fondos oceánicos han dado con un mecanismo en la teoría de la tectónica de placas. La superficie de la Tierra está dividida en un pequeño número de placas bordeadas de dorsales y zonas de subducción. En las dorsales se forma nuevo suelo oceánico al ser desplazadas partes más antiguas de las placas. Para equilibrar esta adición, las partes antiguas de las placas son atraídas al interior de la Tierra en las zonas de subducción.

Los continentes reposan pasivamente sobre las placas y se desplazan con ellas; no se «abren camino» a través del sólido suelo oceánico como proponían las teorías anteriores. La deriva continental, por lo tanto, no es más que una de las consecuencias de la tectónica de placas. Otras importantes consecuencias incluyen los terremotos en las zonas limítrofes de las placas (como la falla de San Andrés que atraviesa San Francisco) y la formación de cadenas montañosas cuando colisionan dos placas que transportan continentes (el Himalaya se formó cuando la «balsa» de la India chocó contra Asia).

Cuando reconstruimos la historia de los movimientos continentales, nos damos cuenta de que a finales del Pérmico se produjo una situación única: todos los continentes se aglutinaron para formar el supercontinente único de Pangea. En pocas palabras, las consecuencias de esta agregación fueron la causa de la gran extinción del Pérmico.

Pero ¿qué consecuencias y por qué? Tal fusión de fragmentos produciría todo un abanico de resultados, desde cambios climáticos y de la circulación oceánica a la interacción entre ecosistemas hasta entonces aislados. Aquí debemos volver la mirada a los adelantos de la biología evolutiva; es decir, a la ecología teórica y nuestra nueva comprensión de la diversidad de las formas vivas.

Tras varias décadas de trabajo altamente descriptivo y en gran medida sin base teórica, la ciencia de la ecología se ha visto enriquecida por enfoques cuantitativos que buscan una teoría general de la diversidad orgánica. Estamos obteniendo una mejor comprensión de las influencias de diferentes factores ambientales sobre la abundancia y la distribución de la vida. Hoy en día, multitud de estudios indican que la diversidad —el número de especies diferentes presentes en un área dada— se ve fuertemente influida, y tal vez en gran medida controlada, por la propia cantidad de superficie habitable. Si, por ejemplo, contamos el número de especies de hormigas que viven en cada isla de un archipiélago que sólo difieren entre sí en su tamaño (y por lo demás similares en propiedades tales como el clima, la vegetación y la distancia del continente), nos encontramos con que, en general, cuanto más grande sea la isla, mayor será el número de especies.

Hay un gran trecho entre las hormigas de las islas tropicales y la biota marina completa del Pérmico. No obstante, tenemos buenas razones para sospechar que el área puede haber interpretado un papel fundamental en la gran extinción. Si podemos estimar la diversidad orgánica y el área en diversos continentes, entonces podremos poner a prueba la hipótesis del control por el área habitable.

Debemos comprender antes de nada dos cosas acerca de la extinción del Pérmico y el registro fósil en general. En primer lugar, la extinción del Pérmico afectó esencialmente a organismos marinos. Las relativamente pocas plantas y vertebrados terrestres que vivían por aquel entonces no se vieron tan fuertemente afectados. En segundo lugar, el registro fósil tiene una fuerte tendencia en favor de la preservación de la vida marina en aguas poco profundas. Carecemos casi por completo de fósiles de organismos habitantes de las profundidades del océano. Así pues, si deseamos poner a prueba la teoría de que un área reducida interpretó un papel relevante en la extinción del Pérmico, debemos volver la vista al área ocupada por mares poco profundos.

Podemos identificar, de modo cualitativo, dos razones por las que un aglutinamiento de continentes reduciría drásticamente el área de los mares poco profundos. La primera es geometría básica: si cada masa terrestre de los tiempos prepérmicos estaba rodeada de mares poco profundos, su unión a las demás eliminaría toda el área correspondiente a las suturas. Si hacemos un cuadrado único con cuatro galletas cuadradas, la periferia total queda reducida en un 50 por 100. La segunda razón implica la mecánica de la tectónica de placas. Cuando las dorsales oceánicas están produciendo activamente nuevos fondos marinos que se extienden hacia fuera, entonces las propias dorsales se yerguen en lo alto, muy por encima de las partes más profundas del océano. Esto desplaza el agua de las cuencas oceánicas, se eleva el nivel del mar y los continentes se ven parcialmente inundados. Por contra, si la expansión disminuye o se detiene, las dorsales empiezan a hundirse y el nivel de los océanos desciende.

Cuando colisionaron los continentes a finales del Pérmico, las placas que los acarreaban quedaron «trabadas» entre sí. Esto impuso un freno a nuevas expansiones. Las dorsales oceánicas se hundieron y los mares poco profundos se retiraron de los continentes. La drástica reducción del número de mares poco profundos no fue causada por un descenso en el nivel del mar *per se*, sino más bien por la configuración del fondo marino sobre el que se produjo el descenso. El fondo oceánico no se hunde uniformemente desde la línea costera hasta las profundidades abisales. Los continentes de hoy en día están generalmente bordeados por una plataforma continental muy ancha de aguas persistentemente poco profundas. De la plataforma hacia mar adentro está el talud continental, de inclinación mucho mayor. Si el nivel del mar descendiera lo suficiente como para dejar al descubierto la totalidad de la plataforma continental, la mayor parte de los mares someros del mundo desaparecerían. Esto bien podría haber sido lo que ocurrió a finales del Pérmico.

Thomas Schopf, de la Universidad de Chicago, ha puesto a prueba hace poco la hipótesis de la extinción por reducción del área. Estudió la distribución de aguas poco profundas y rocas terrestres para inferir los márgenes continentales y la extensión de los mares poco profundos en momentos distintos del Pérmico mientras se aglutinaban los continentes. Seguidamente, por medio de una revisión exhaustiva de la literatura paleontológica, contó el número de diferentes especies de organismos vivientes en el transcurso de cada uno de estos períodos del Pérmico. Daniel Simberloff, de la Universidad del Estado de Florida, procedió entonces a mostrar que la ecuación estándar que relaciona el número de especies con el área disponible se ajusta muy bien a estos datos. Más aún, Schopf demostró que la extinción no afectó diferencialmente a determinados grupos; sus resultados estaban dispersos regularmente entre todos los habitantes de aguas poco profundas. En otras palabras, no hay necesidad de buscar las causas específicas relacionadas con las peculiaridades de unos pocos grupos de animales. El efecto fue general. Al desaparecer los mares poco profundos, el rico ecosistema de tiempos anteriores del Pérmico pasó a carecer del espacio necesario para sustentar a todos sus miembros. La bolsa se hizo más pequeña y hubo que prescindir de la mitad de las canicas.

La respuesta no es sólo la cuestión del área. Un suceso tan trascendental como la fusión en un único supercontinente tuvo que tener otras consecuencias perniciosas para el precario equilibrio del ecosistema del período Pérmico. Pero Schopf y Simberloff han aportado evidencias convincentes para atribuir un papel importante al factor básico del espacio.

Resulta gratificante que haya surgido una respuesta al dilema destacado de la paleontología con el producto colateral de emocionantes adelantos en dos disciplinas relacionadas con ella, la ecología y la geología. Cuando un problema ha resultado insoluble durante más de un centenar de años, no es probable que ceda ante una mayor

acumulación de datos recogidos al modo antiguo y bajo la vieja rúbrica. La ecología teórica nos permitió hacer la pregunta correcta y la tectónica de placas suministró la base adecuada en la que plantearlas.

V
Teorías acerca de la Tierra

El pequeño y sucio planeta del reverendo Thomas

«No parecemos habitar el mismo planeta que habitaron nuestros antepasados [...] Para que un hombre esté a gusto, diez deben trabajar y pasar penalidades [...] La tierra no nos da alimento más que a cambio de grandes trabajos e industriosidad [...] El aire a menudo resulta impuro o infeccioso.»

Esto no es activismo ecológico moderno. El sentimiento que hay detrás está muy bien, pero el estilo lo delata. Es, por el contrario, el lamento del reverendo Thomas Burnet, autor del trabajo geológico más popular del siglo XVII: *The Sacred Theory of the Earth*. Sus palabras retratan un planeta caído de la gracia original del Edén, no un mundo agotado por demasiados hombres codiciosos.

Entre los trabajos de geología basados en las escrituras, *The Sacred Theory* de Burnet es, sin lugar a dudas, el más famoso, el más vituperado y el más sometido a todo tipo de malentendidos. En él intentó aportar una razón fundamental geológica para todos los eventos bíblicos pasados y futuros. Ahora bien, adoptemos un punto de vista simplista pero amplio acerca de la relación entre la ciencia y la religión: son antagonistas naturales y la historia de su interacción registra el creciente avance de la ciencia en territorios intelectuales previamente ocupados por la religión. En este contexto, ¿qué podía representar Burnet más que un fútil dedo intentando taponar el agujero de un dique que se estaba haciendo pedazos?

Pero hoy en día la relación entre la religión y la ciencia es mucho más compleja y variada. A menudo, la religión ha apoyado activamente a la ciencia. Si existe algún enemigo consistente de la ciencia, no es la religión, sino el irracionalismo. De hecho, Burnet, el divino, cayó presa de las mismas fuerzas que persiguieron a Scopes, el profesor de ciencias, casi trescientos años más tarde en Tennessee. A través del examen del caso de Burnet en un tiempo y un mundo tan diferentes a los nuestros, tal vez podamos adquirir una más amplia comprensión de las fuerzas persistentemente opuestas a la ciencia.

Empezaré por dibujar a grandes rasgos la teoría de Burnet. Desde nuestro punto de vista parecerá sin duda tan estúpida y elaborada que la asignación de un puesto para Burnet entre los dogmáticos anticientíficos puede parecer indiscutible. Pero seguidamente examinaré sus métodos de investigación para situarle entre los racionalistas científicos de su tiempo. Al dar cuenta de su persecución por parte de la teología dogmática, nos

limitamos a observar de nuevo el debate Huxley-Wilberforce o la controversia acerca de la creación que tuvo lugar en California, interpretados por los mismos actores con diferentes atuendos.

Burnet inició sus investigaciones para averiguar de dónde había venido el agua del diluvio universal. No estaba convencido de que los océanos modernos pudieran anegar las montañas de la Tierra. «Me resulta más fácil creer que un hombre pueda ahogarse en su propia saliva que el mundo pueda ser inundado por el agua que contiene», escribió un coetáneo de Burnet. Burnet rechazaba la idea de que el diluvio pudiera haber sido un evento meramente local, falsamente magnificado por testigos a los que les habría resultado imposible viajar a grandes distancias, ya que ello contravendría la autoridad de las sagradas escrituras. Pero rechazaba con aún más vehemencia la idea de que Dios se hubiera limitado simplemente a crear el agua necesaria como milagro, ya que ello entraría en contradicción con el mundo racional de la ciencia. En consecuencia se vio guiado a la siguiente visión de la historia de la Tierra.

A partir del caos del vacío primigenio, nuestra Tierra se precipitó como una esfera perfectamente ordenada. Sus materiales se clasificaron por sí mismos con arreglo a sus densidades. Las rocas pesadas y los metales formaron un núcleo sólido esférico en su centro con una capa líquida por encima y una esfera de productos volátiles por encima del líquido. La capa volátil consistía en su mayor parte en aire, pero incluía también partículas terrestres. Éstas precipitaron con el tiempo para formar una superficie perfectamente lisa y sin accidentes sobre la capa líquida.

En esta Tierra lisa se produjeron las primeras escenas del mundo, y la primera generación de la humanidad; disfrutaba de la belleza de la juventud y la naturaleza en florecimiento, fresca y fructífera, y sin una arruga, cicatriz o fractura en toda su superficie; ni rocas ni montañas, sin huecas cavernas ni desgarrados canales, sino que era lisa y uniforme en toda su superficie.

En medio de esta perfección original no existían las estaciones, ya que el eje de la Tierra se erguía perfectamente perpendicular y el jardín del Edén, adecuadamente situado en una latitud media, disfrutaba de una perpetua primavera.

Pero la evolución de la propia Tierra requería la destrucción de este paraíso sobre ella instalado, y ésta se produjo, naturalmente, justo en el momento en el que la desobediente humanidad estaba necesitada de un castigo. La lluvia se hizo escasa, y la tierra empezó a secarse y agrietarse. El calor del sol evaporó parte del agua que había debajo de su superficie. Ésta salió a través de las grietas, se formaron nubes, y comenzaron las lluvias. Pero ni siquiera cuarenta días y cuarenta noches podían aportar la cantidad suficiente de agua, y tuvo que surgir más de los abismos. La lluvia selló las grietas, formándose una olla a presión sin válvula de seguridad al subir a la superficie el agua que se vaporizaba bajo tierra. La presión fue en aumento, y la superficie reventó al fin, produciendo inundaciones, olas de marea, y la ruptura y desplazamiento de la superficie original de la Tierra para formar las montañas y las cuencas oceánicas. Tan violentas fueron estas disrupciones que la Tierra se vio sacudida a su posición actual de

inclinación axial (véase Velikovsky, ensayo 19). Las aguas se retiraron finalmente a las cavernas abisales dejando tras de sí «una gigantesca y horrorosa ruina [...] un destrozado y confuso montón de cuerpos». El hombre, desdichado él, había sido hecho para el Edén, y la duración patriarcal de la vida, de cerca de novecientos años, quedó reducida a menos de la décima parte.

Y así, de acuerdo con el reverendo Thomas, nosotros, habitantes de un «sucio y pequeño planeta», esperamos su transformación tal como nos fue prometida por las escrituras y razonada a partir de la física planetaria. Los volcanes de la Tierra harán erupción todos a la vez, y la conflagración universal dará comienzo. La Inglaterra protestante, con sus reservas de carbón (por aquel entonces prácticamente sin explotar) arderá con furia, pero el fuego estallará sin duda en Roma, el hogar papista del anticristo. Las partículas calcinadas se precipitarán lentamente de vuelta sobre la Tierra, formando de nuevo una esfera perfecta y carente de relieves. Y así comenzará el reinado de mil años de Cristo. A su término, los gigantes Gog y Magog aparecerán, forzando una nueva batalla entre el bien y el mal. Los santos ascenderán al seno de Abraham, y la Tierra, finalizado su camino, se convertirá en una estrella.

¿Absolutamente fantástico? Desde luego, para 1975; pero no para 1681. De hecho, para el tiempo en que vivía, Burnet era un racionalista que respaldaba la preeminencia del mundo de Newton en una era de fe, porque la primera preocupación de Burnet consistía en describir una historia de la Tierra configurada, no a golpe de milagro o de capricho divino, sino por medio de procesos naturales, físicos. La visión de Burnet puede parecer fantasiosa, pero sus intérpretes son las fuerzas físicas comunes y corrientes de la desecación, evaporación, precipitación y combustión. Desde luego, él creía que los hechos de la historia de la Tierra estaban inequívocamente expuestos en las escrituras, pero no obstante debían resultar consecuentes con la ciencia, ya que si no, la palabra de Dios sería contraria a sus obras. La razón y la revelación son dos guías infalibles hacia la verdad, pero

es harto peligroso invocar la autoridad de las escrituras en las disputas acerca del Mundo Natural, como oposición a la Razón; bien puede ocurrir que el Tiempo, que todo lo ilumina, descubra como evidentemente falso aquello que nosotros hicimos aseverar a las Escrituras.

Más aún, el Dios de Burnet no es el actor continuo y milagroso de una era precientífica, sino el relojero imperial de Newton, que, habiendo creado la materia y organizado sus leyes, dejaba que la naturaleza siguiera su propio camino:

Consideramos mejor artista a aquel que hace un reloj que da las horas regularmente, gracias a los muelles y ruedas que pone en su trabajo, que a aquel que necesita poner su dedo sobre él cada hora para hacerlo sonar; y si se pudiera idear una pieza de relojería capaz de tañer todas las horas y realizar todos sus movimientos durante un tiempo dado, y si llegado el fin de ese tiempo, ante una señal dada, o por el toque de un muelle, esa pieza se hiciera pedazos por sí misma, ¿acaso no sería esto considerado como una pieza de mayor arte que si el fabricante llegara en ese momento prefijado, rompiéndola con un gran martillo?

Por supuesto, no pretendo argüir que Burnet fuera un científico en el sentido actual del término. No realizó experimento alguno ni observaciones sobre rocas y fósiles (aunque varios de sus coetáneos sí lo hicieran). Utilizaba un método de razón «pura» (que nosotros llamaríamos «de poltrona»), y escribió acerca de un futuro inverificable con la misma confianza como lo había hecho acerca de un pasado verificable. De modo similar, su procedimiento no es seguido por ningún científico moderno que yo conozca, excepción hecha de Immanuel Velikovsky (véase el ensayo 19), ya que Burnet asumió la verdad de las escrituras e ideó un mecanismo físico para explicar lo narrado en ellas, del mismo modo que Velikovsky inventó una nueva física planetaria para preservar literalmente las historias narradas en documentos antiguos.

No obstante, Burnet no era un pilar del *establishment* teísta. De hecho, tuvo considerables problemas en torno a la teoría sagrada. Con el mejor estilo de la Inquisición, el obispo de Hereford atacó la confianza de Burnet en la razón: «O bien su cerebro se ha derrumbado bajo el peso del amor a sus propias invenciones, o su corazón está podrido por algún malvado propósito», esto es, la subversión de la Iglesia. En una aseveración anticientífica clásica, otro crítico eclesiástico afirmaba: «Aunque contamos con Moisés, considero que debemos esperar a Elías para que nos explique el verdadero *modus* filosófico de la creación y el diluvio». (La referencia bíblica es al profeta Elías, que volverá a la Tierra para anunciar el advenimiento del Mesías; es decir, que la ciencia no puede discutir estas cuestiones y debemos esperar alguna futura revelación acerca de su solución). John Keill, un matemático de Oxford, argumentaba que las explicaciones naturales de Burnet eran peligrosas porque animaban a pensar que Dios era superfluo.

No obstante, Burnet prosperó un tiempo. Se convirtió en funcionario del clóset en la corte de Guillermo III. (El título no es un nombre imaginativo para los limpiadores de letrinas, sino una designación del confesor real, al ser el clóset una capilla para las devociones privadas del rey.) Según los rumores fue incluso considerado para la sucesión del arzobispo de Canterbury. Pero Burnet fue demasiado lejos. En 1692 publicó una obra en la que defendía una interpretación alegórica de los seis días del Génesis y perdió inmediatamente su puesto, a pesar de sus profusas disculpas por cualquier ofensa sin mala intención.

Finalmente fueron los dogmáticos y los antirracionalistas los que destruyeron a Burnet, y no los teístas (no había ateos reputados fuera del armario en la Inglaterra del siglo XVII). Cien años más tarde, esa misma gente obligó a Buffon a retractarse de su teoría acerca de la antigüedad de la Tierra. Ciento cincuenta años más tarde, desataron una pomposa campaña contra John Scopes, sin resultados. Hoy en día, utilizando la retórica liberal de la igualdad de tiempos, intentan expurgar la teoría evolutiva de los libros de texto de la nación.

La ciencia, qué duda cabe, ha sido también autora de transgresiones. Hemos perseguido disidentes, recurrido al catecismo, y hemos intentado extender nuestra autoridad a un terreno moral en el que carece de fuerza. No obstante, sin un compromiso

en favor de la ciencia y la racionalidad en sus propios terrenos, no puede hallarse respuesta a los problemas que nos rodean. Aun así, los patanes no descansan.

Uniformidad y catástrofe

La Gideon Society, esos abastecedores de consuelo espiritual para una nación móvil, insisten en registrar la fecha de la creación en el año 4004 a. C. en sus anotaciones marginales al Génesis 1. Los geólogos opinan que nuestro planeta es al menos un millón de veces más antiguo —alrededor de 4.500 millones de años.

Cada una de las principales ciencias ha aportado un ingrediente esencial a nuestra larga retirada de la creencia inicial en nuestra propia importancia cósmica. La astronomía definió nuestro hogar como un planeta pequeño escondido en un rincón de una galaxia vulgar entre millones de galaxias; la biología nos retiró el estatus de seres supremos creados a imagen y semejanza de Dios; la geología nos describió la inmensidad del tiempo y nos enseñó la diminuta parcela del mismo que nuestra especie ha ocupado hasta ahora.

En 1975 celebramos el centenario de la muerte de Charles Lyell, héroe convencional de la revolución geológica, «el espejo de todo aquello que realmente tenía importancia en el pensamiento geológico», según un biógrafo actual. La exposición habitual de los logros de Lyell suele ser la siguiente: a comienzos del siglo XIX, la geología estaba dominada por los catastrofistas (apologistas teológicos que pretendían comprimir el registro geológico ajustándolo a las limitaciones de la cronología bíblica). Para hacerlo, imaginaron una profunda discordancia entre los modos de cambio en el pasado y en el presente. El modo presente puede ser lento y gradual al realizar su trabajo las olas, los ríos y demás agentes; los sucesos del pasado fueron abruptos y cataclísmicos: ¿cómo si no iban a haberse producido en unos pocos miles de años? Las montañas se alzaron en un solo día, y los cañones se abrieron de golpe. Así, el Señor interpuso su voluntad para romper el imperio de las leyes naturales y situar el pasado fuera de la esfera de las explicaciones científicas. Loren Eiseley escribe: «[Lyell] penetró en el reino de la geología cuando era un extraño y sombrío paisaje de gigantescas convulsiones, inundaciones, creaciones y extinciones sobrenaturales de la vida. Hombres distinguidos habían prestado el poder de sus nombres a estas fantasías teológicas».

En 1830, Lyell publicó el primer volumen de su revolucionario libro *Principles of Geology*. Según la versión estándar, proclamó audazmente que el tiempo no tenía límite. Una vez abolida esta restricción fundamental, abogaba por una filosofía de «uniformismo»: la doctrina que convirtió la geología en una ciencia. La ley natural es

invariable. Con tanto tiempo a nuestra disposición, no necesitamos invocar más que el funcionamiento regular y lento de las causas de hoy en día para obtener el panorama completo de los eventos pasados. El presente es la clave del pasado.

Esta versión del papel de Lyell no se diferencia de la mayor parte de las narraciones habituales en la historia de la ciencia: es de gran inspiración y escasa precisión.

Hace pocos meses, mientras hojeaba textos de la antigua biblioteca de Harvard, descubrí la copia anotada de Louis Agassiz de los *Principles of Geology* de Lyell (hay más cosas enterradas en las bibliotecas de las que el mundo pueda imaginar). Agassiz era el principal biólogo estadounidense, además de ser su catastrofista más inmovible. No obstante, estas anotaciones marginales incluyen una contradicción imposible si aceptamos la narración habitual de los logros de Lyell. Las anotaciones a lápiz de Agassiz incluyen todas las críticas estándar de la escuela catastrofista. Registran, en concreto, la convicción de Agassiz de que la suma de las causas presentes a lo largo del tiempo geológico no puede explicar la magnitud de algunos sucesos del pasado; en su opinión sigue siendo necesaria la idea de cataclismo. No obstante, como valoración final escribe: «Los *Principles of Geology* del señor Lyell son sin duda el trabajo más importante que haya aparecido acerca de esta ciencia desde que se hizo acreedora a tal nombre». (Se me ocurrió pensar que tal vez Agassiz hubiera estado citando la valoración de alguna otra persona publicada en alguna revista, pero he consultado a varios historiadores y hemos llegado a la conclusión de que esta anotación expone su opinión personal.)

Si los catastrofistas llevaban bigotes negros, si los uniformistas exhibían estrellas plateadas y sombrero blanco y si Lyell era el infalible *sheriff* que echaba a todos los malos de la ciudad a patadas (la versión maniquea o de película del Oeste de la historia de la ciencia), entonces las afirmaciones de Agassiz son absurdas, porque ¿cómo iba a alabar al *sheriff* un cuatrero en libertad de modo tan obsequioso? O el guión del western está equivocado o Agassiz estaba loco.

¿Por qué, entonces, alababa Agassiz a Lyell? Para responder a tal pregunta debo analizar el llamado uniformitarismo de Lyell, para poder afirmar posteriormente que la geología de Lyell es en realidad una amalgama de conceptos procedentes tanto de Lyell como de los catastrofistas.

Charles Lyell era abogado de profesión, y su libro constituye uno de los resúmenes más brillantes jamás publicados por abogado alguno. Es una *mélange* de documentación precisa, argumentaciones incisivas y unas pocas de las «sutilezas, distinguos [...] y trucos» que Hamlet adscribió a la profesión al exhumar la calavera de un abogado en el cementerio. Lyell se apoyó en dos pequeñas astucias para establecer su uniformismo como única geología verdadera.

En primer lugar, eligió un hombre de paja al que demoler. Ya en 1830, ningún catastrofista científico serio creía que los cataclismos tuvieran un origen sobrenatural ni que la Tierra tuviera 6.000 años de edad. No obstante, estas ideas eran acariciadas por muchos legos, y eran defendidas por algunos teólogos cuasi científicos. Una geología

científica hacía necesaria su derrota, pero estas ideas habían sido ya destrozadas dentro de la profesión, tanto por los catastrofistas como por los uniformistas. Agassiz alababa a Lyell por haber llevado el consenso geológico al público de modo tan impactante.

No es culpa de Lyell que las posteriores generaciones aceptaran a su hombre de paja como representación adecuada de la oposición *científica* al uniformismo. No obstante, todos los grandes catastrofistas del siglo XIX —Cuvier, Agassiz, Sedgwick y Murchison en particular— aceptaban la idea de una Tierra de mucha antigüedad, y todos ellos buscaban una base natural para los cambios cataclísmicos ocurridos en el pasado. Una Tierra de 6.000 años de edad requiere desde luego la creencia en las catástrofes para comprimir el registro geológico en un tiempo tan breve. Pero lo contrario es decididamente falso: la creencia en las catástrofes no impone la de una Tierra de 6.000 años de edad. La Tierra podría tener 4.500 millones de años o 100.000 millones y seguir construyendo sus montañas con gran rapidez.

De hecho, los catastrofistas eran de un sesgo mucho más empírico que Lyell. El registro geológico parece registrar catástrofes: las rocas están fracturadas y retorcidas; desaparecen faunas completas (véase el ensayo 16). Para eludir esta apariencias literal, Lyell impuso su imaginación sobre la evidencia. Según él, el registro geológico es extremadamente imperfecto y debemos interpolar en él lo que podamos inferir razonablemente aunque no lo veamos. Los catastrofistas eran los empiristas irreductibles de su época, no unos apologistas teológicos cegados.

En segundo lugar, la «uniformidad» de Lyell es todo un compendio de aseveraciones. Una de ellas es una afirmación metodológica que debe ser aceptada por cualquier científico, sea o no catastrofista. Las otras son ideas sustantivas que han sido ya comprobadas y desechadas. Lyell les dio a todas un nombre común y realizó una treta de auténtico virtuosismo: intentó argumentar que la proposición metodológica tenía que ser aceptada, ya que si no «veríamos revivir el antiguo espíritu de la especulación, y la manifestación del deseo de cortar, en lugar de desatar pacientemente el nudo gordiano».

El concepto de uniformidad de Lyell tiene cuatro componentes fundamentales muy distintos:

1. Las leyes naturales son constantes (uniformes) en el espacio y en el tiempo. Como demostró John Stuart Mill, esto no es una afirmación acerca del mundo; es una afirmación apriorística acerca del método que deben utilizar los científicos para seguir adelante con un análisis del pasado. Si el pasado es caprichoso, y si Dios viola la ley natural a voluntad, entonces la ciencia no puede desenmarañar la historia. Agassiz y los catastrofistas estuvieron de acuerdo; también ellos buscaban una causa natural para los cataclismos, y alabaron la defensa básica de Lyell de la ciencia frente a la intromisión teológica.

2. Los procesos que operan en el modelo de la superficie de la Tierra hoy en día deberían ser los invocados para explicar los acontecimientos del pasado (uniformidad de los procesos a lo largo del tiempo). Sólo pueden observarse los procesos presentes. Por lo tanto, mejor estaremos si explicamos los eventos pasados como resultado de procesos aún activos. Una vez más, esto no es un razonamiento acerca del mundo; es una afirmación acerca del procedimiento científico. Y una vez más, ningún científico estuvo en desacuerdo. Agassiz y los catastrofistas preferían también los procesos actuales, y aplaudieron la exquisita documentación de Lyell acerca de todo lo que estos procesos pueden lograr. Su desacuerdo era relativo a otra cuestión. Lyell creía que los procesos actuales bastaban para explicar el pasado; los catastrofistas mantenían que en todo caso debían preferirse siempre los procesos actuales, pero que algunos sucesos del pasado requerían la inferencia de causas que ya no estaban en acción o que actuaban a ritmos marcadamente inferiores a los del pasado.
3. El cambio geológico es lento, gradual y continuo, no cataclísmico o paroxístico (uniformidad de ritmo). Aquí nos encontramos por fin ante una afirmación sustantiva que puede ser comprobada, y un punto de divergencia real entre Agassiz y Lyell. Los geólogos modernos argumentarían que ha prevalecido en gran medida el punto de vista de Lyell, aunque también señalarían que su insistencia original en una casi total uniformidad del ritmo resultaba asfixiante para la imaginación. (Lyell, por ejemplo, jamás aceptó la teoría glacial que desarrolló Agassiz; se negaba a aceptar que las cantidades de hielo y las tasas de flujo hubieran sido tan diferentes en el pasado.)
4. La Tierra ha sido fundamentalmente la misma desde su formación (uniformidad de configuración). Este último componente de la uniformidad de Lyell raramente surge en las discusiones. Después de todo, es una afirmación empírica, y además, en gran medida incorrecta. ¿A quién le gusta dejar al descubierto los pasos en falso de un héroe? No obstante, en mi opinión, esta uniformidad era la que más íntimamente apoyaba Lyell y la que más central resultaba en su concepción de la Tierra. La Tierra de Newton gira incesantemente en torno a una estrella sin orientación alguna respecto a su historia. Un momento es como cualquier otro momento. ¿Acaso no podría aplicarse tan grandiosa visión al registro geológico de nuestro planeta? La tierra y el mar pueden cambiar de posición, pero tanto la una como el otro existen en el tiempo en aproximadamente las mismas proporciones; las especies vienen y se van, pero la complejidad media de la vida permanece eternamente invariable. Los detalles cambian continuamente, pero el aspecto permanece constante, en un estado estable dinámico (por utilizar la jerga de la teoría de la información de nuestros días).

La visión de Lyell le llevó a proponer, oponiéndose a toda evidencia, que se encontrarían mamíferos en los lechos fosilíferos más antiguos. Para reconciliar la apariencia de dirección con la constancia dinámica en la historia de la vida, supuso que la totalidad del registro fósil representa tan sólo una parte de un «gran año», es decir, un ciclo grandioso que se producirá de nuevo, cuando «el enorme iguanodonte pudiese reaparecer en los bosques, y el ictiosaurio en los mares, mientras que el pterodáctilo podría volar de nuevo a través de umbrosos macizos de helechos arbóreos».

Los catastrofistas adoptaron la interpretación literal. Vieron una dirección en la historia de la vida y creyeron en ella. Visto retrospectivamente, tenían razón.

La mayor parte de los geólogos nos dirían que su ciencia representa el total triunfo de la uniformidad de Lyell sobre el catastrofismo acientífico. El resumen de Lyell obtuvo la victoria en su nombre, pero la geología moderna es en realidad una mezcla, a partes iguales de dos escuelas científicas: el uniformismo original, rígido, de Lyell, y el catastrofismo científico de Cuvier y Agassiz. Aceptamos las dos primeras uniformidades de Lyell, pero también lo hicieron los catastrofistas. La tercera uniformidad de Lyell, adecuadamente flexibilizada, constituye su gran contribución sustantiva; la cuarta (y más importante) ha sido graciosamente olvidada.

No obstante, hay mucho que decir en favor de la visión del estado estable. La constancia dinámica puede parecer contradictoria con los aspectos claramente direccionales de la historia de la vida y de la Tierra. Pero la cristiandad medieval era capaz de abarcar ambos en su concepto de la historia. En las vidrieras de Chartres, la historia humana es expuesta como una secuencia lineal que comienza en el transepto norte y discurre a lo largo de la nave hasta el transepto sur. Es un proceso direccional: una creación, un advenimiento de Cristo, una resurrección de los muertos. Pero también la correspondencia impregna el sistema, dándole una aparente intemporalidad a la dirección aparente. El Nuevo Testamento es una nueva versión del Antiguo. María es como el arbusto flamígero porque ambos tenían dentro de sí el fuego de Dios, y aun así, no fueron consumidos. Cristo es como Jonás porque ambos surgieron de nuevo tras tres días *in extremis*. Las dos visiones (el direccionalismo y la constancia dinámica) no son irreconciliables. También la geología podría buscar su síntesis creativa.

Velikovsky en colisión

No hace mucho, Venus emergió de Júpiter como Atenea de la frente de Zeus (¡literalmente!). A continuación asumió la forma y la órbita de un cometa. El año 1500 a. C., en tiempos del éxodo judío de Egipto, la Tierra pasó dos veces a través de la cola de Venus, lo que trajo consigo tanto bendiciones como caos; maná del cielo (o más bien de los carbohidratos de la cola de un cometa) y los ríos sangrientos de las plagas mosaicas (hierro procedente de la misma cola). Continuando su curso errático, Venus colisionó con Marte (o lo rozó), perdió su cola y se lanzó a su órbita actual. Marte abandonó entonces su posición regular y estuvo a punto de colisionar con la Tierra aproximadamente en el año 700 a. C. Tan grandes fueron los terrores de aquellos tiempos, y tan ardiente nuestro deseo colectivo de olvidarlos, que han sido borrados de nuestra mente consciente. Pero no obstante se ciernen sobre nuestra memoria heredada e inconsciente produciendo miedo, neurosis, agresión y sus manifestaciones sociales en forma de guerras.

Esto puede sonar como el guión de una muy mala película de la televisión de madrugada; no obstante, representa la seria teoría de Immanuel Velikovsky, *Worlds in Collision*. Y Velikovsky no es ni un chiflado ni un charlatán (aunque, expresando mi opinión y citando a uno de mis colegas, esté al menos gloriosamente equivocado).

Worlds in Collision, publicado hace veinticinco años, sigue engendrando intensos debates. También ha engendrado una serie de cuestiones marginales a los argumentos puramente científicos. Velikovsky fue desde luego maltratado por ciertos académicos que pretendían suprimir la publicación de su trabajo. Pero un hombre no adquiere la estatura de Galileo meramente por ser perseguido; además tiene que estar en lo cierto. Las cuestiones científicas y sociológicas son diferentes. Y además, los tiempos y el trato a los herejes han cambiado. Bruno fue quemado vivo. Galileo, tras ver los instrumentos de tortura, languideció en su arresto domiciliario. Velikovsky obtuvo tanto publicidad como derechos de autor. Torquemada era malvado; los enemigos académicos de Velikovsky, tan sólo estúpidos.

Por sorprendentes que puedan resultar sus afirmaciones específicas, me siento más interesado por el heterodoxo método de investigación y por la teoría física de Velikovsky. Empieza con la hipótesis de trabajo de que todas las historias transmitidas como observaciones directas en las antiguas crónicas son estrictamente ciertas: si la Biblia dice que el sol se detuvo, entonces es que fue así (al detener brevemente la atracción de Venus la rotación de la Tierra). Seguidamente intenta encontrar alguna explicación física, por extraña que pueda parecer, capaz de convertir todas estas historias en algo no sólo

consistente, sino cierto. La mayor parte de los científicos harían exactamente lo contrario, utilizando los límites de las posibilidades físicas para juzgar cuáles de las antiguas leyendas *podrían* ser literalmente precisas. (Dediqué el ensayo 17 al último trabajo científico importante que utilizó el método de Velikovsky: *The Sacred Theory of the Earth* de Thomas Burnet, publicado por vez primera en la década de 1680.) En segundo lugar, Velikovsky es perfectamente consciente de que las leyes del universo de Newton, en las que las leyes de la gravitación gobiernan el movimiento de los grandes cuerpos, no permiten que los planetas vaguen a su antojo. Por lo tanto, propone una física fundamentalmente nueva de fuerzas electromagnéticas para los grandes cuerpos. En pocas palabras, Velikovsky está dispuesto a reconstruir la ciencia de la mecánica celeste para salvaguardar la precisión literal de las antiguas leyendas.

Una vez pergeñada una teoría cataclísmica de la historia del hombre, Velikovsky pasó a intentar generalizar su física extendiéndola a lo largo del tiempo geológico. En 1955 publicó *Earth in Upheaval*, su tratado sobre geología. Con Newton y la física moderna ya asediadas, se enfrentó a Charles Lyell y la geología moderna. Argumentó que si nos habían visitado planetas vagabundos dos veces en el transcurso de tan sólo 3.500 años, entonces la historia de la Tierra debería caracterizarse por sus catástrofes, no por el cambio lento y gradual que requiere el uniformismo de Lyell.

Velikovsky registró la literatura geológica de los últimos cien años en busca de informes acerca de sucesos cataclísmicos tales como inundaciones, terremotos, volcanes, aparición de montañas, extinciones en masa y variaciones climáticas. Al encontrarlos en abundancia, buscó una causa común para todos ellos:

Súbito y violento debe de haber sido el agente; debe también de haber sido recurrente, pero a intervalos altamente erráticos; y debe de haber sido de un poder titánico.

Como era de esperar, invocó las fuerzas electromagnéticas de cuerpos celestes exteriores a la Tierra. En particular, argumentaba que estas fuerzas perturban rápidamente la rotación de la Tierra y le dan literalmente la vuelta en casos extremos e intercambian los polos por el ecuador. Velikovsky nos ofrece una narración harto colorista acerca de los efectos que podrían acompañar tal desplazamiento repentino del eje de rotación de la Tierra:

En ese momento, el globo se vería estremecido por un terremoto. El aire y el agua continuarían su movimiento a causa de la inercia; la Tierra se vería barrida por huracanes y los mares se abalanzarían sobre los continentes [...] Se produciría calor, las rocas se fundirían, los volcanes entrarían en erupción, la lava fluiría a través de fisuras en la tierra desgarrada y cubriría vastas superficies. De las planicies se elevarían montañas.

Si el testimonio de narradores humanos constituyó la evidencia utilizada para *Worlds in Collision*, el propio registro geológico tuvo que ser suficiente para *Earth in Upheaval*. Toda la argumentación de Velikovsky se deriva de sus lecturas de literatura geológica. En

mi opinión realizó éstas mal y descuidadamente. Me concentraré en los defectos generales de sus procedimientos, no en la refutación de afirmaciones específicas.

En primer lugar, el presupuesto de que la similitud en la forma refleja una simultaneidad en los acontecimientos: Velikovsky discute los peces fósiles de la Old Red Sandstone (Vieja Arenisca Roja), una formación del Devónico de Inglaterra (350-400 millones de años de edad). Cita evidencias de una muerte violenta (retorcimiento de los cuerpos, ausencia de depredación, incluso señales de «sorpresa y terror» grabados para siempre en los rostros fósiles). Infiere que alguna súbita catástrofe debió de extirpar todos estos peces; no obstante, por desagradable que pueda resultar la muerte de cualquier individuo, ¡estos peces están distribuidos a través de decenas de metros de sedimentos que representan varios millones de años de depósitos! Del mismo modo, los cráteres de la Luna tienen todos un aspecto similar, y cada uno de ellos se formó por el impacto súbito de un meteorito. No obstante, este influjo abarca miles de millones de años, y la hipótesis favorita de Velikovsky de un origen simultáneo por burbujeo en la superficie de una luna fundida ha sido concluyentemente desautorizada por los alunizajes del Apolo.

En segundo lugar, la suposición de que los sucesos son repentinos por ser grandes sus resultados: Velikovsky describe gráficamente los cientos de metros de agua de los océanos que se evaporaron para formar los grandes casquetes de hielo del Pleistoceno. Tan sólo puede imaginar el proceso como resultado de una ebullición del océano seguida de una refrigeración general.

Fue necesaria una desacostumbrada secuencia de eventos: los océanos tuvieron que hervir y el agua vaporizada caer en forma de nieve en latitudes de climas templados. Esta secuencia de calor y frío tuvo que producirse en rápida sucesión.

Y no obstante, los glaciares no se producen de un día para otro. Se formaron «rápidamente» para los estándares geológicos, pero los pocos miles de años de su crecimiento permitieron tiempo más que suficiente para una acumulación gradual de nieve por precipitaciones sucesivas año tras año. No es necesario hacer hervir los océanos; aún sigue nevando en el norte del Canadá.

En tercer lugar, la inferencia de globalidad a partir de catástrofes locales: ningún geólogo ha negado jamás que las catástrofes *locales* se produzcan por inundaciones, terremotos o erupciones volcánicas. Pero estos sucesos no tienen nada que ver, de ningún modo, con la idea de Velikovsky de catástrofes globales causadas por desplazamientos súbitos del eje de rotación de la Tierra. No obstante, la mayor parte de los «ejemplos» de Velikovsky son precisamente esos sucesos locales combinados con una gratuita extrapolación al resto del globo. Escribe, por ejemplo, acerca de la Agate Springs Quarry (Cantera de Agate Springs), de Nebraska, un «cementerio» local de mamíferos que contiene (según una estimación) los huesos de cerca de 20.000 grandes animales. Pero esta gran agregación puede no registrar ningún evento catastrófico, los ríos y los océanos pueden acumular gradualmente vastas cantidades de huesos y conchas

(yo he caminado sobre playas compuestas exclusivamente de grandes conchas y residuos coralinos). También, incluso aunque una inundación local hubiera ahogado a estos animales, carecemos por completo de pruebas de que sus hermanos coetáneos de otros continentes sufrieran la más mínima molestia.

En cuarto lugar, la utilización exclusiva de fuentes periclitadas: anteriormente a 1850, la mayor parte de los geólogos invocaban catástrofes generales como agente fundamental del cambio geológico. Estos hombres no eran estúpidos, y argumentaban su posición con cierta coherencia. Si nos limitamos a leer sus obras, sus conclusiones parecen obvias. La totalidad de la discusión de Velikovsky acerca de la muerte catastrófica de los peces fósiles europeos cita tan sólo los trabajos de Hugh Miller en 1841 y de William Buckland en 1820 y 1837. Supongo que los últimos cien años, con su voluminosa literatura, contienen algo digno de mención. De modo similar, Velikovsky se apoya en el trabajo de John Tyndall de 1883 para exponer sus ideas meteorológicas acerca del origen de las eras glaciales. Y no obstante, pocos temas pueden haber sido más profusamente discutidos en los círculos geológicos en el transcurso del presente siglo.

En quinto lugar están la falta de meticulosidad, la imprecisión y los juegos de manos: *Earth in Upheaval* está salpicada de errores menores y verdades a medias, carentes de importancia por sí mismas, pero que reflejan, o una actitud arrogante hacia la literatura geológica o, más sencillamente, una incapacidad para comprenderla. Así, Velikovsky ataca el postulado uniformista de que las causas presentes pueden explicar el pasado argumentando que hoy en día no se está formando fósil alguno. Quienquiera que haya desenterrado huesos viejos de lechos lacustres o conchas de las playas sabe que esta afirmación es simple y llanamente absurda. Del mismo modo, Velikovsky refuta el gradualismo darwiniano con el argumento de que «algunos organismos, como los foraminíferos, han sobrevivido a todas las eras geológicas sin participar en la evolución». Esta afirmación se hacía ocasionalmente en la literatura más antigua, escrita antes de que nadie hubiera estudiado seriamente estos organismos unicelulares. Pero nadie ha mantenido semejante postura desde la publicación del voluminoso trabajo descriptivo de J. A. Cushman en la década de 1920. Por último, nos enteramos de que las rocas ígneas —granito y basalto— «tienen incluidos en su seno incontables organismos vivos». Esto constituye para mí una novedad, como lo es para todos aquellos que se dedican a la profesión de la paleontología.

Pero todas estas críticas palidecen hasta la insignificancia ante la refutación más concluyente de los ejemplos de Velikovsky: su explicación como consecuencia de la deriva continental y de la tectónica de placas. Y en este punto no se puede echar la culpa a Velikovsky. Tan sólo ha sido víctima —como tantos otros, detentadores de las opiniones más ortodoxas entre las anteriormente citadas— de esta gran revolución en el pensamiento geológico. En *Earth in Upheaval*, Velikovsky rechazaba, de manera bastante razonable, la deriva continental como explicación alternativa a los fenómenos

más importantes que apoyaban su teoría catastrófica. Y la rechazó por las razones más habitualmente esgrimidas por los geólogos, como la ausencia de un mecanismo capaz de mover los continentes. Ese mecanismo ha sido ya descubierto con la verificación de la extensión del fondo oceánico (véanse los ensayos 16 y 20). El valle del Rift africano no es una grieta formada cuando la Tierra giró sobre sí misma rápidamente, sino que forma parte del sistema de fosas de hundimiento de la Tierra, la zona de conjunción de dos placas de la corteza. El Himalaya no se elevó al desplazarse el eje de la Tierra, sino cuando la placa India se apretó lentamente contra Asia. Los volcanes del Pacífico, un «anillo de fuego», no son producto de ninguna fusión ocurrida en el transcurso del último desplazamiento axial, sino que delimitan los márgenes entre dos placas. Existen corales fósiles en las regiones polares, carbón en la Antártida, y evidencias de una glaciación pérmica en la Sudamérica tropical. Pero la Tierra no necesita darse la vuelta para explicar todo esto; sólo es necesario que los continentes deriven desde zonas climáticas diferentes a las que ocupan actualmente.

Irónicamente, Velikovsky ha perdido más que su mecanismo de desplazamiento axial a causa de la tectónica de placas; probablemente haya perdido la totalidad de la razón fundamental de su posición catastrofista. Como argumenta Walter Sullivan en su reciente libro acerca de la deriva continental, la teoría de la tectónica de placas ha aportado una abrumadora confirmación de las preferencias uniformistas de adscribir los eventos del pasado a causas presentes que actuarían sin grandes desviaciones de su actual intensidad. Porque las placas están en movimiento hoy en día, llevando consigo sus continentes. Y el amplio panorama de sucesos con ello relacionados —el cinturón mundial de terremotos y volcanes, la colisión de continentes, las extinciones en masa de faunas completas (véase el ensayo 16)— puede explicarse por el continuo movimiento de esas placas gigantescas a un ritmo de tan sólo algunos centímetros por año.

El asunto Velikovsky plantea lo que tal vez podría ser la pregunta más inquietante acerca del impacto de la ciencia sobre el público. ¿Cómo puede el lego juzgar entre afirmaciones contrapuestas de supuestos expertos? Cualquier persona con el don de la palabra puede elaborar una argumentación persuasiva acerca de cualquier tema que no entre dentro del dominio de la experiencia del lector. Hasta Von Däniken suena bien si se limita uno a leer *Chariots of the Gods*. No me encuentro en posición de juzgar la argumentación histórica de *Worlds in Collision*. Sé más bien poco de mecánica celeste y menos aún acerca de la historia del Reino Medio egipcio (aunque he oído aullar a expertos al leer la heterodoxa cronología de Velikovsky). No deseo asumir que el no profesional tiene que estar equivocado. No obstante, cuando veo lo pobremente que Velikovsky utiliza datos con los que estoy familiarizado, no puedo por menos de albergar dudas acerca de su utilización de los materiales que no me resultan familiares. Pero ¿qué puede hacer una persona que no entienda de astronomía, ni de egiptología, ni de geología, especialmente al encontrarse frente a una hipótesis tan intrínsecamente excitante e inclinarse, sospecho que junto a todos nosotros, a apoyar al perseguido?

Sabemos que muchas de las creencias fundamentales de la ciencia moderna surgieron como especulaciones heréticas planteadas por no profesionales. Aun así, la historia proporciona un filtro sesgado para basar en ella nuestros juicios. Cantamos las alabanzas del héroe heterodoxo, pero por cada hereje que tuvo éxito, existen un centenar de hombres olvidados que desafiaron las ideas dominantes y perdieron. ¿Acaso alguien que no sea especialista en la historia de la ciencia ha oído hablar nunca de Eimer, Cuénot, Trueman o Lang, los principales defensores de la ortogénesis (evolución dirigida) contra la marea darwinista? No obstante, sigo sintiendo simpatías por la herejía practicada por no profesionales. Por desgracia, no creo que Velikovsky vaya a formar parte de los vencedores en este juego, que es uno de los más difíciles de ganar que existen.

La validación de la deriva continental

Al extenderse a través de Europa la nueva ortodoxia darwinista, su más brillante oponente, el anciano embriólogo Karl Ernst von Baer comentó con amarga ironía que toda teoría triunfante atraviesa tres fases: en primer lugar es rechazada como falsa; seguidamente es rechazada como contraria a la religión, y finalmente es aceptada como dogma, y todos los científicos afirman haber sido conscientes de su validez desde hace largo tiempo.

Me topé por primera vez con la teoría de la deriva continental cuando atravesaba trabajosamente la inquisición de la fase dos. Kenneth Caster, el único paleontólogo de prestigio de Estados Unidos que osaba respaldarla abiertamente, vino a dar una conferencia a mi alma máter, el Antioch College. No éramos precisamente conocidos como un bastión de conservadurismo, pero la mayoría de nosotros rechazamos sus ideas como algo casi demencial. (Dado que me encuentro ahora en la tercera fase de Von Baer, tengo el claro recuerdo de que Caster sembró la semilla de la duda en mi mente.) Pocos años más tarde, como graduado, y mientras estudiaba en la Universidad de Columbia, recuerdo el desprecio jocosos exhibido a priori por mi distinguido profesor de estratigrafía hacia un defensor australiano de la deriva continental. Prácticamente orquestó el coro de burlas de una sicofántica multitud de estudiantes leales. (Una vez más, desde mi atalaya de la tercera fase, recuerdo aquel episodio como algo divertido pero de mal gusto.) Como tributo a mi profesor, debo dejar constancia de que experimentó una rápida conversión dos años más tarde y que pasó el resto de su carrera rehaciendo alegremente el trabajo de toda su vida.

Hoy, tan sólo diez años más tarde, mis propios estudiantes rechazarían con más desprecio aún a cualquiera que osara negar la verdad evidente de la deriva continental. Un demente profético resulta por lo menos divertido; un quisquilloso obsoleto no es más que lamentable. ¿Por qué se ha producido un cambio tan profundo en tan sólo una década?

La mayor parte de los científicos mantienen —o al menos arguyen para consumo público— que su profesión camina hacia la verdad por medio de la acumulación de más y más datos, bajo la guía de algo infalible denominado «el método científico». Si esto fuera cierto, mi pregunta tendría una fácil respuesta. Los hechos, tal y como eran conocidos hace diez años, hablaban en contra de la deriva continental; desde entonces

hemos descubierto más información y hemos revisado nuestras opiniones correlativamente. Yo pretendo argumentar, no obstante, que esta imagen es a la vez inaplicable en términos generales y totalmente inexacta en este caso.

En el transcurso del período de rechazo casi universal, la evidencia directa en favor de la deriva continental —esto es, los datos recogidos de rocas puestas al descubierto en nuestros continentes— era tan buena como la que existe hoy en día. Era rechazada porque nadie había conseguido imaginar un mecanismo físico que permitiera a los continentes desplazarse a través de lo que parecía ser el sólido suelo oceánico. En ausencia de un mecanismo plausible, la idea de la deriva continental fue rechazada como algo absurdo. Los datos que parecían respaldarla siempre podían ser explicados de alguna manera. Si estas explicaciones parecían demasiado elaboradas o forzadas, no resultaban ni la mitad de improbables que su alternativa, la aceptación de la deriva continental. En el transcurso de los últimos diez años hemos recogido toda una nueva serie de datos, esta vez del fondo de las cuencas oceánicas. Con estos datos, una gran dosis de imaginación creativa y una mejor comprensión del interior de la Tierra, hemos desarrollado una nueva teoría de la dinámica planetaria. Bajo esta teoría de la tectónica de placas, la deriva continental constituye una consecuencia indiscutible. Los antiguos datos procedentes de las rocas continentales, en tiempos sólidamente rechazados, han sido exhumados y exaltados como prueba concluyente de la deriva. En pocas palabras, aceptamos hoy la deriva continental porque constituye la expectativa de una nueva ortodoxia.

En mi opinión, esta historia es representativa del progreso científico. Los datos nuevos, recolectados por medios antiguos bajo las directrices de teorías antiguas, rara vez llevan a una revisión sustancial del pensamiento. Los hechos no «hablan por sí mismos»; son leídos a la luz de la teoría. El pensamiento creativo, tanto en la ciencia como en las artes, es el motor del cambio. La ciencia es una actividad consustancialmente humana, no una acumulación mecanizada y robotizada de información objetiva que lleva, por las leyes de la lógica, a interpretaciones indiscutibles. Intentaré ilustrar esta tesis con dos ejemplos extraídos de los datos «clásicos» en favor de la deriva continental. Ambos constituyen viejas historias que tenían que ser minadas en tanto que la deriva siguiera siendo impopular.

I. La glaciación de finales del Paleozoico. Hace unos 240 millones de años, parte de lo que hoy es Sudamérica estaba cubierta de glaciares, así como lo que hoy son la Antártida, India, África y Australia. Si los continentes fueran estables, esta distribución presentaría dificultades aparentemente insuperables:

- A. La orientación de las estrías en Sudamérica oriental indica que los glaciares penetraron en el continente a través de lo que es hoy el océano Atlántico (las estrías son marcas en el lecho de roca producidas por rocas incluidas en el hielo del fondo

de los glaciares al discurrir éstos sobre una superficie). Los océanos del mundo forman un sistema único, y el transporte de calor desde las áreas tropicales garantiza que una parte importante de mar abierto no pueda congelarse.

- B. Los glaciares africanos cubrieron lo que hoy en día son áreas tropicales.
- C. Los glaciares indios tuvieron que desarrollarse en regiones semitropicales del hemisferio norte; más aún, sus estrías indican una fuente en las aguas tropicales del océano Índico.
- D. No existieron glaciares en ninguno de los continentes del norte. Si la Tierra se enfrió hasta el punto de congelar África tropical, ¿por qué no hubo glaciares en el norte de Canadá o en Siberia?

Todas estas dificultades desaparecen si los continentes del sur (incluyendo la India) estuvieron unidos durante este período glacial, y situados más al sur, cubriendo el polo sur; los glaciares sudamericanos penetraron desde África, y no desde el océano abierto; el África «tropical» y la India «semitropical» estaban cerca del polo sur; el polo norte se encontraba en medio de un gran océano, y los glaciares no pudieron desarrollarse en el hemisferio norte. Suena bien si lo que tenemos en mente es la deriva continental; de hecho, nadie lo pone en duda hoy en día.

II. La distribución de los trilobites del Cámbrico (artrópodos fósiles que vivieron hace entre quinientos y seiscientos millones de años). Los trilobites cámbricos de Europa y Norteamérica se dividieron en dos faunas bastante diferentes con la consiguiente y peculiar distribución según los mapas modernos. Los trilobites de la provincia «atlántica» vivieron por toda Europa y algunas áreas muy localizadas del borde oriental de Norteamérica, como el este de Terranova (pero no en el oeste) y el sudeste de Massachusetts, por ejemplo. Los trilobites de la provincia del «Pacífico» vivían por toda América y en algunas pocas zonas locales de la costa occidental de Europa (el norte de Escocia y el noroeste de Noruega, por ejemplo). Resulta endiablidamente difícil encontrar sentido a semejante distribución si los dos continentes estuvieron siempre a 4.800 kilómetros de distancia.

Pero la deriva continental sugiere una solución sorprendente. En tiempos del Cámbrico, Europa y Norteamérica estaban separadas: los trilobites atlánticos vivían en las aguas en torno a Europa; los trilobites del Pacífico, en las que rodeaban a América. Los continentes (incluyendo ahora sedimentos con trilobites enterrados en ellos) derivaron el uno hacia el otro y finalmente a lo largo de la línea por la que se habían unido. Trozos sueltos de la antigua Europa que llevaban trilobites atlánticos permanecieron adheridos al margen oriental de Norteamérica, mientras que unos pocos fragmentos de Norteamérica quedaron adheridos al borde más occidental de Europa.

Ambos ejemplos son ampliamente citados hoy como «prueba» de la deriva, pero fueron definitivamente rechazados en años anteriores, no porque los datos fueran más incompletos sino tan sólo porque nadie había sido capaz de imaginar un mecanismo

adecuado para mover los continentes. Todos los defensores originales de la deriva imaginaban que los continentes se abrían camino a través de un fondo oceánico estático. Alfred Wegener, padre de la deriva continental, argumentó a comienzos de nuestro siglo que tan sólo la gravedad podía ser capaz de poner en movimiento los continentes. Los continentes derivan lentamente hacia el oeste, por ejemplo, porque las fuerzas de atracción del Sol y la Luna los frenan mientras la Tierra gira por debajo de ellos. Los físicos respondieron con mofas y demostraron matemáticamente que las fuerzas gravitatorias son excesivamente débiles como para patrocinar tan monumental migración. De modo que Alexis du Toit, el defensor sudafricano de Wegener, intentó un enfoque diferente. Argumentó a favor de la fusión local y radiactiva del fondo oceánico en los márgenes de los continentes, que permitiría a éstos deslizarse a través de ellos. Esta hipótesis *ad hoc* no aportó plausibilidad alguna a la especulación de Wegener.

Dado que la deriva parecía una idea absurda en ausencia de un mecanismo para su funcionamiento, los geólogos ortodoxos se dedicaron a presentar la evidencia en su favor como una serie de coincidencias inconexas.

En 1932, el famoso geólogo americano Bailey Willis intentó hacer compatible la evidencia de las glaciaciones con la idea de unos continentes estáticos. Invocó el *deus ex machina* de los «enlaces ístmicos», es decir, estrechos puentes de tierra firme tendidos con total desamparo a lo largo de 4.800 kilómetros de océano. Situó uno de ellos entre el este de Brasil y el oeste de África, otro desde África hasta la India pasando por la República Malgache, y un tercero desde Vietnam, pasando por Borneo y Nueva Guinea hasta Australia. Su colega, el profesor de Yale Charles Schuchert, añadió uno más desde Australia a la Antártida y otro desde Australia hasta Sudamérica, completando así el aislamiento de un océano meridional separado del resto de las aguas del mundo. Un océano así, aislado, podría congelarse a lo largo de su margen meridional, permitiendo que los glaciares fluyeran hasta Sudamérica. Sus frías aguas también servirían para alimentar los glaciares de África austral. Los glaciares de la India, situados sobre el ecuador a 4.800 kilómetros al norte de cualquier hielo austral, exigían una explicación distinta. Willis escribió: «No puede asumirse razonablemente ninguna conexión directa entre estas ocurrencias. El caso debe ser considerado sobre la base de una causa general y de las condiciones topográficas y geográficas locales». La imaginación de Willis estuvo a la altura de la tarea: se limitó a postular una topografía tan elevada que las aguas cálidas del sur precipitaban sus productos en forma de nieve. Para explicar la ausencia de hielo en las zonas templada y ártica del hemisferio norte, Willis reconstruyó un sistema de corrientes oceánicas que le permitían postular «una corriente submarina cálida que fluía hacia el norte bajo una capa de aguas superficiales más frías, que emergía en el Ártico como un sistema de calefacción por agua caliente». Schuchert se sintió encantado con la solución aportada por los istmos:

Concédanle a la biogeografía la existencia de Holarctis, un puente de tierra firme que unía el norte de África con Brasil, otro desde Sudamérica hasta la Antártida (casi sigue existiendo hoy en día), y aún otro desde esta tierra polar hasta Australia y desde aquí hasta Borneo, atravesando el mar de Arafura, y Sumatra y así sucesivamente hasta Asia, además de los medios de dispersión aceptados, a lo largo de los mares de las plataformas continentales y por medio del viento y las corrientes de agua y las aves migratorias, y dispondrá de todo lo necesario para explicar la dispersión y los reinos oceánicos y terrestres a todo lo largo del tiempo geológico sobre la base de la actual distribución de los continentes.

La única propiedad común que compartían todos estos puentes intercontinentales era su naturaleza absolutamente hipotética; no existía ni la más mínima partícula de evidencia en favor de ninguno de ellos. No obstante, para que no parezca que la saga de los enlaces ístmicos fue tan sólo un retorcido cuento de hadas inventado por unos dogmáticos en apoyo de una ortodoxia insostenible, me gustaría señalar que para Willis, Schuchert y cualquier geólogo sensato de la década de 1930, había algo que parecía legítimamente ser diez veces más absurdo que unos puentes de tierra firme de miles de kilómetros de longitud: la propia deriva continental.

A la luz de imaginaciones tan fértiles, los trilobites del Cámbrico no podían suponer un problema insuperable. Las provincias del Atlántico y del Pacífico fueron interpretadas como ambientes diferentes, más que como lugares diferentes: agua poco profunda en el caso del Pacífico, y aguas más profundas para el Atlántico. Con la libertad de inventar casi cualquier geometría hipotética concebible para las cuencas oceánicas del Cámbrico, los geólogos trazaron sus mapas y se dedicaron a reforzar su ortodoxia.

Cuando la deriva continental se puso de moda a finales de la década de 1960, los datos clásicos de las rocas continentales no tuvieron papel alguno: la deriva entró a caballo de una nueva teoría, respaldada por nuevos tipos de pruebas. Los absurdos físicos de la teoría de Wegener descansaban en su convicción de que los continentes se abrían camino a través del fondo oceánico. Pero ¿de qué otro modo si no iba a producirse la deriva continental? El fondo oceánico, la corteza terrestre, tenía que ser estable. Después de todo, ¿adónde iba a ir, si se movía por fragmentos, sin dejar grandes agujeros en la Tierra? Nada podía estar más claro, ¿o no?

La «imposibilidad» suele quedar definida por nuestras propias teorías, no viene dada por la naturaleza. Las teorías revolucionarias se alimentan de lo inesperado. Si los continentes se ven obligados a derivar a través de los océanos, entonces la deriva no puede producirse; supongamos, no obstante, que los continentes están fijos sobre la corteza oceánica y se desplazan pasivamente al desplazarse los trozos de la corteza. Pero acabamos de afirmar que la corteza no puede moverse sin dejar agujeros. Llegamos así a un compás de espera que debe ser resuelto por medio del pensamiento creativo, no sólo por medio de otra temporada de investigación de campo en los plegamientos de los Apalaches; debemos modelar la Tierra de un modo fundamentalmente diferente.

Podemos eludir el problema de los agujeros con un audaz postulado que además parece ser válido. Si se separan entre sí dos piezas del fondo oceánico, no dejarán agujero alguno si emerge material del interior de la Tierra para rellenarlo. Podemos ir aún

más lejos invirtiendo la implicación causal de esta argumentación: la emergencia de nuevos materiales del interior de la Tierra podría ser la fuerza motriz que desplaza el fondo de los océanos. Pero ya que la Tierra no está en expansión, también deben existir zonas en las que el antiguo fondo oceánico se hunda en el interior de la Tierra, preservando así el equilibrio entre creación y destrucción.

De hecho, la superficie de la Tierra parece estar dividida en menos de diez grandes «placas», rodeadas en todo su perímetro por estrechas zonas de creación (dorsales oceánicas) y de destrucción (fosas). Los continentes están fijos sobre estas placas, desplazándose con ellas al separarse el fondo oceánico de las zonas de creación. La deriva continental no constituye ya una orgullosa teoría por derecho propio; se ha convertido en una consecuencia pasiva de nuestra nueva ortodoxia: la tectónica de placas.

Disponemos ahora de una ortodoxia nueva y movilista, considerada tan definitiva e irrefutable como el estaticismo al que reemplazó. A su luz, los datos clásicos en favor de la deriva han sido exhumados y proclamados prueba definitiva. No obstante, estos datos no interpretaron papel alguno en la validación de la idea del movimiento de los continentes; la deriva triunfó tan sólo cuando se convirtió en la consecuencia necesaria de otra teoría.

La nueva ortodoxia da color a nuestra percepción de todos los datos; no existen «hechos puros» en nuestro complejo mundo. Hace unos cinco años, los paleontólogos encontraron en la Antártida un reptil fósil llamado *Lystrosaurus*. Vivió también en África del Sur, y probablemente en Sudamérica (no se han encontrado rocas de la edad apropiada en Sudamérica). Si alguien hubiera utilizado este dato en favor de la deriva continental en presencia de Willis y Schuchert, le habrían callado a voces, y con razón. Sudamérica y la Antártida están prácticamente unidas por una cadena de islas, y con seguridad estuvieron conectadas por medio de un puente de tierra firme en diversos momentos en el pasado (un pequeño descenso del nivel del mar produciría ese istmo en nuestros días). *Lystrosaurus* pudo perfectamente llegar cómodamente andando de un lado a otro, y además ni siquiera hubiera sido un viaje largo. Y aun así, el *New York Times* publicó un artículo proclamando, sobre esta base, que la deriva continental había quedado demostrada.

Muchos lectores tal vez se sientan desasosegados por mi argumentación acerca del papel primordial de la teoría. ¿Acaso no conduce al dogmatismo y la falta de respeto a los hechos? Por supuesto, puede hacerlo, pero no necesariamente. La lección que nos ofrece la historia es que las teorías son destronadas por teorías opuestas, no que las ortodoxias sean inexpugnables. Mientras tanto, no me siento incómodo por el celo de cruzado de los defensores de la tectónica de placas, y por dos razones. Mi intuición, evidentemente ligada a una cultura, me dice que es una teoría cierta en sus aspectos básicos. Mis tripas me dicen que es enormemente emocionante, tanto como para

demostrar que la ciencia convencional puede resultar el doble de interesante que todo lo inventado por todos los Von Däniken y acerca de todos los triángulos de las Bermudas de ésta y las precedentes eras de la credulidad humana.

VI

Tamaño y forma, desde las iglesias
a los cerebros y los planetas

21

Tamaño y forma

¿Quién podría creer en una hormiga teórica?
¿En el plano de una jirafa?
Diez mil doctores de lo posible
Podrían razonar la inexistencia de la mitad de la jungla.

Estos versos de John Ciardi reflejan la creencia de que la exuberante diversidad de la vida siempre frustrará nuestras arrogantes presunciones de omnisciencia. No obstante, por mucho que celebremos la diversidad y nos regocijemos en las peculiaridades de los animales, también debemos admitir la existencia de una sorprendente «legitimidad» en el diseño básico de los organismos. Esta regularidad resulta especialmente evidente en la correlación entre el tamaño y la forma.

Los animales son objetos físicos. Tienen una forma beneficiosa para ellos elaborada por la selección natural. Por consiguiente, deben asumir aquellas formas que estén mejor adaptadas a su tamaño. La fuerza relativa de muchas fuerzas fundamentales (por ejemplo, la gravedad) varía con arreglo al tamaño de un modo regular, y los animales responden a ella alterando sistemáticamente sus formas.

La geometría del propio espacio es la razón fundamental de las correlaciones entre tamaño y forma. *Por el mero hecho de aumentar de tamaño*, cualquier objeto verá disminuir su superficie relativa si su forma se mantiene constante. Este decrecimiento se produce porque el volumen aumenta según el cubo de la longitud ($\text{longitud} \times \text{longitud} \times \text{longitud}$), mientras que la superficie aumenta con arreglo a su cuadrado ($\text{longitud} \times \text{longitud}$): en otras palabras, el volumen crece más rápidamente que la superficie.

¿Qué importancia tiene esto para los animales? Multitud de funciones que dependen de la superficie deben servir al volumen total del cuerpo. La comida digerida penetra en el cuerpo a través de superficies; el oxígeno en la respiración es absorbido a través de superficies; la resistencia del hueso de una pata depende del área de su sección transversal, pero las patas deben sostener un cuerpo que crece en peso con arreglo al cubo de su longitud. Galileo fue el primero en reconocer este principio en su *Discorsi* de 1638, la obra maestra que escribió estando bajo el arresto domiciliario impuesto por la

Inquisición. Argumentaba que el hueso de un animal grande debía engrosarse desproporcionadamente para proveer la misma resistencia relativa que el delgado hueso de un animal pequeño.

Una de las soluciones al decrecimiento de la superficie ha resultado particularmente importante en la evolución progresiva de los organismos grandes y complejos: el desarrollo de órganos internos. El pulmón es, esencialmente, una bolsa abundantemente plegada de gran área superficial para el intercambio de gases; el sistema circulatorio distribuye materiales a un espacio interior que no puede ser directamente accesible por difusión a través de la superficie externa del animal de grandes dimensiones; las vellosidades de nuestro intestino delgado incrementan la superficie total de absorción de alimentos (los mamíferos pequeños ni las tienen ni las necesitan).

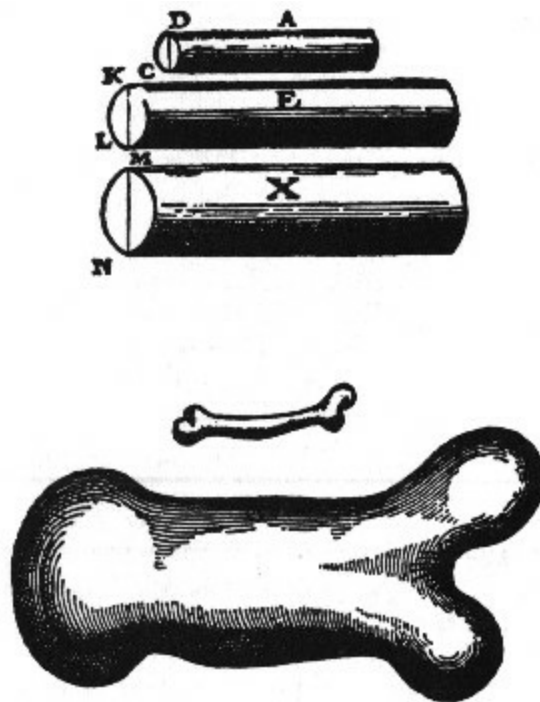


Ilustración original de Galileo que muestra la relación entre tamaño y forma. Para mantener la misma resistencia, los cilindros grandes deben ser relativamente más gruesos que los pequeños. Por la misma razón, los grandes animales tienen los huesos de las patas relativamente gruesos.

Algunos animales más sencillos jamás han llegado a desarrollar órganos internos; si aumentan de tamaño, deben alterar su forma de modo tan drástico que la plasticidad para una futura evolución queda sacrificada en aras de una especialización extrema. Así, una tenia puede medir tres metros, pero su grosor no puede ser superior a unos cuantos milímetros ya que el alimento y el oxígeno deben penetrar directamente a través de su superficie exterior en todas las partes del cuerpo.

Otros animales se ven obligados a seguir siendo pequeños. Los insectos respiran a través de invaginaciones de su superficie exterior. El oxígeno debe pasar a través de estas superficies para alcanzar la totalidad del volumen del cuerpo. Dado que estas

invaginaciones deben ser tanto más numerosas y arrolladas cuanto más grande sea el cuerpo, imponen un límite al tamaño del insecto: con las dimensiones de incluso un mamífero pequeño, un insecto sería «todo invaginaciones» y no dispondría de espacio para sus órganos interiores.

Somos prisioneros de las percepciones propias de nuestro tamaño, y rara vez percibimos lo diferente que debe de parecer el mundo a los animales pequeños. Dado que nuestra superficie corporal relativa es muy pequeña por nuestro gran tamaño, nos vemos gobernados por las fuerzas gravitatorias que actúan sobre nuestro peso. Pero la gravedad resulta despreciable para los animales muy pequeños con relaciones entre superficie y volumen elevadas; viven en un mundo dominado por las fuerzas superficiales y valoran los placeres y los peligros de su entorno de forma totalmente ajena a nuestra experiencia.

Un insecto no está realizando ningún milagro cuando camina por una pared o sobre la superficie de un estanque; la diminuta fuerza gravitatoria que tira de él hacia abajo se ve fácilmente contrarrestada por la tensión superficial y la adherencia a la superficie. Desprendan a un insecto del techo y flotará suavemente hacia el suelo al sobreponerse la fricción del aire a la débil influencia de la gravedad.

La relativa debilidad de las fuerzas gravitatorias permite también unos modos de crecimiento inaccesibles a los grandes animales. Los insectos tienen un esqueleto externo y tan sólo pueden crecer deshaciéndose de él y segregando uno nuevo que dé cabida al cuerpo crecido. Durante un cierto período entre la pérdida y el crecimiento del nuevo esqueleto, el cuerpo debe ser blando. Un mamífero grande carente de estructuras de apoyo se derrumbaría convirtiéndose en una masa informe bajo la influencia de las fuerzas gravitatorias; un pequeño insecto puede mantener su cohesión (sus parientes las langostas y los cangrejos pueden llegar a ser mucho más grandes porque atraviesan sus fases «blandas» en la flotabilidad casi ingrátida del agua). He aquí otra razón más del pequeño tamaño de los insectos.

Los creadores de películas de horror y ciencia ficción parecen no tener la más mínima noción de la relación entre el tamaño y la forma. Estos «extrapoladores de lo posible» no son capaces de librarse de los prejuicios de sus percepciones. Las personas diminutas que aparecen en *Doctor Cíclope*, *La novia de Frankenstein*, *El increíble hombre menguante* y *Viaje alucinante* actúan del mismo modo que sus contrapartidas de dimensiones normales. Caen de lo alto de riscos o escaleras abajo con sonoros golpes; esgrimen armas y nadan con agilidad olímpica. Los grandes insectos de incontables películas siguen subiendo por las paredes o volando, incluso a tamaños comparables a los de los dinosaurios. Cuando el bondadoso entomólogo de *La humanidad en peligro* descubría que las gigantescas hormigas reina habían partido en su vuelo nupcial, calculaba rápidamente esta simple relación: una hormiga normal mide fracciones de centímetro de largo y puede volar centenares de metros; estas hormigas miden varios metros de longitud y deben por lo tanto ser capaces de volar al menos 1.600 kilómetros.

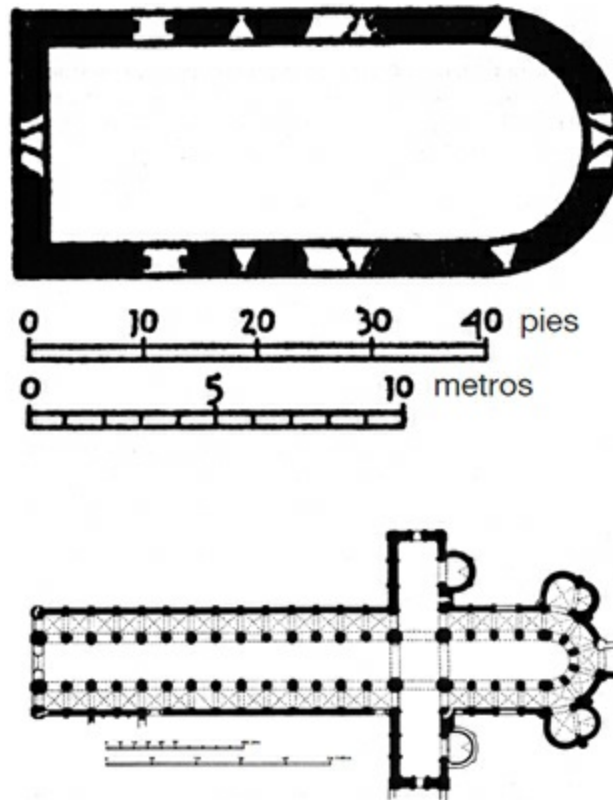
¡Válgame!, podrían haber llegado incluso hasta Los Ángeles. (Donde efectivamente estaban, acechando en las cloacas.) Pero la capacidad para el vuelo depende del área superficial de las alas, mientras que el peso que debe ser sustentado por ellas crece con el cubo de la longitud. Podemos tener la seguridad de que incluso aunque las hormigas gigantes hubieran conseguido soslayar de algún modo los problemas de la respiración y los del crecimiento con mudas, su enorme volumen las habría dejado encadenadas a la tierra de modo permanente.

Existen otros rasgos fundamentales de los organismos que cambian aún más rápidamente con el crecimiento en tamaño que la razón entre superficie y volumen. La energía cinética, en algunas situaciones, crece como la longitud elevada a la quinta potencia. Si un niño de la mitad del tamaño del lector cae al suelo, su cabeza no golpeará contra éste con la mitad de fuerza que la suya en caso de que sufriera una caída similar, sino con $1/32$ de la misma. El niño está más protegido por su tamaño que por su «blanda» cabeza. Por contra, nosotros estamos protegidos de la fuerza física de sus pataletas, ya que un niño tan sólo puede golpearnos con $1/32$ de la fuerza de la que nosotros podemos hacer acopio. Siempre he sentido especial simpatía por los enanos que padecen bajo el látigo del cruel Alberich en *El oro del Rin*, de Wagner. Con su diminuto tamaño, no tienen la más mínima posibilidad de extraer, con picos de minero, los preciosos minerales que Alberich exige, a pesar del industrioso e incesante *leitmotiv* de sus fútiles intentos.⁴

Este sencillo principio de escalas diferenciales con el incremento de las dimensiones podría ser el determinante de mayor importancia de la forma orgánica. J. B. S. Haldane escribió en una ocasión que «la anatomía comparada es en gran medida la historia de la lucha por incrementar la superficie en relación con el volumen». No obstante, en general se extiende más allá de las fronteras de la vida, ya que la geometría espacial obliga del mismo modo a los animales, los barcos, los edificios y las máquinas.

Las iglesias medievales constituyen un buen campo de comprobación de los efectos del tamaño y la forma, ya que fueron construidas en un enorme abanico de tamaños antes de la invención de las vigas de acero, de la iluminación interna y del aire acondicionado, lo que permitió a los arquitectos modernos desafiar las leyes del tamaño. La pequeña iglesia parroquial del siglo XII de Little Tey, en el condado de Essex, en Inglaterra, es un edificio ancho, sencillo y rectangular con un ábside semicircular. La luz penetra en su interior a través de las ventanas situadas en las paredes exteriores. Si quisiéramos construir una catedral limitándonos a aumentar de tamaño este diseño, el área de las ventanas exteriores y de las paredes aumentaría con arreglo al cuadrado de la longitud, mientras que el volumen a iluminar crecería con arreglo a su cubo. En otras palabras, el área de las ventanas crecería mucho más lentamente que el volumen que hay que iluminar. Las velas tienen limitaciones; el interior de semejante catedral hubiera sido más negro que el pecado de Judas. Las iglesias medievales, como las tenias, carecen de sistemas internos y deben alterar sus formas para producir una mayor superficie exterior

al ir aumentando de tamaño. Además, las grandes iglesias tenían que ser relativamente estrechas porque los techos estaban abovedados en piedra, y no podían cubrirse grandes anchuras sin soportes intermedios. La sala capitular del monasterio de Batalha, Portugal —una de las bóvedas de piedra más anchas de la arquitectura medieval— se derrumbó dos veces en el transcurso de su construcción y fue finalmente construida por prisioneros condenados a muerte.



La enorme variedad de diseños entre las iglesias medievales puede ser en parte atribuida al tamaño. La iglesia parroquial del siglo XII de Little Tey, en el condado de Essex (Inglaterra), medía tan sólo 17 metros de largo y tenía una planta sencilla (arriba), mientras que la planta de la catedral de Norwich, también del siglo XII, muestra adaptaciones —transepto, capillas— necesarias para un edificio de 137 metros de longitud. La necesidad de luz y apoyos dictaba unas complicadas disposiciones estructurales en las catedrales. (A. W. Clapham, *English Romanesque Architecture: After the Conquest*, Clarendon Press Oxford, 1934. Impreso con la autorización de Oxford University Press.)

Consideremos la gran catedral de Norwich, tal y como aparecía en el siglo XII. En comparación con Little Tey, el rectángulo de la nave se ha vuelto mucho más estrecho; se han añadido capillas al ábside, y el eje principal aparece atravesado por un transepto perpendicular a éste. Todas estas «adaptaciones» incrementan la relación entre la superficie de las paredes exteriores y de las ventanas y el volumen interior. A menudo se afirma que los transeptos se añadieron para dar la forma de una cruz latina. Tal vez la posición de estos añadidos viniera dictada por motivos teológicos, pero las leyes de las

dimensiones hacían necesaria su presencia. Hay muy pocas iglesias pequeñas que dispongan de transeptos. Los arquitectos medievales tenían sus reglas intuitivas pero, por lo que sabemos, ningún conocimiento explícito de las leyes del tamaño.

Los grandes organismos, como las grandes iglesias, disponen de pocas opciones. Por encima de un determinado tamaño, los grandes animales terrestres tienen básicamente el mismo aspecto, con patas gruesas y cuerpo relativamente corto y también grueso. Las grandes iglesias medievales son relativamente largas y disponen de abundantes «evaginaciones». La «invención» de órganos internos permitió a los animales retener la forma enormemente satisfactoria de un exterior simple que encierra un gran volumen interior; la invención de la iluminación interior ha permitido a los arquitectos modernos diseñar grandes edificios de forma esencialmente cúbica. Los límites se han visto expandidos, pero las leyes siguen vigentes. No existe ninguna catedral gótica que sea más ancha que larga; ningún animal grande tiene una parte media caída como la del perro salchicha.

En una ocasión escuché accidentalmente una conversación entre niños en un campo de juegos en Nueva York. Dos niñas discutían el tamaño de los perros. Una de ellas preguntó: «¿Puede un perro ser tan grande como un elefante?». Su amiga le respondió: «No: si fuera tan grande como un elefante se parecería a un elefante». Gran verdad.

Cuantificación de la inteligencia humana

A. El cuerpo humano

«El tamaño —comentó en una ocasión Julian Huxley— tiene su propia fascinación.» Llenamos nuestros zoos de elefantes, hipopótamos, jirafas y gorilas; ¿quién de entre todos ustedes no se sentía solidario con King Kong en sus diversas batallas en lo alto de grandes edificios? Esta concentración en los pocos animales existentes que son mayores que nosotros ha distorsionado la percepción de nuestro propio tamaño. La mayor parte de las personas piensa que *Homo sapiens* es una criatura de dimensiones modestas. De hecho, los humanos estamos entre los animales más grandes de la Tierra; más del 99 por 100 de las especies animales son más pequeñas que nosotros. De 190 especies que componen nuestro orden de mamíferos primates, sólo el gorila nos supera regularmente en tamaño.

En nuestro autoasignado papel de gobernador planetario, nos hemos tomado un gran interés en catalogar las características que nos permitieron acceder a tan elevado rango. Nuestro cerebro, la postura erguida, el desarrollo de un lenguaje y la caza en grupo (por citar tan sólo unas pocas) son las más citadas, pero me ha llamado la atención la escasa frecuencia con que se cita nuestro gran tamaño como factor controlador de nuestro proceso evolutivo.

A pesar de su escasa reputación en ciertos círculos, la inteligencia autoconsciente es sin duda alguna el *sine qua non* de nuestro estatus actual. ¿Podríamos haberla desarrollado con un tamaño corporal mucho menor? Un día, estando en la Feria Mundial de Nueva York, entré en el Salón de la Libre Empresa huyendo de la lluvia. En su interior, prominentemente expuesta, había una colonia de hormigas que ostentaba la siguiente leyenda: «Veinte millones de años de estancamiento evolutivo. ¿Por qué? Porque la colonia de hormigas es un sistema socialista y totalitario». Semejante afirmación no merece atención alguna; no obstante, debo señalar que las hormigas se las arreglan extraordinariamente bien, y que es su tamaño, más que su estructura social, lo que imposibilita la aparición en ellas de una capacidad mental elevada.

En esta era de los transistores podemos introducir radios en relojes de pulsera e intervenir teléfonos con diminutos aparatos electrónicos. Semejante miniaturización podría llevarnos a creer, falsamente, que el tamaño absoluto carece de relevancia alguna para el funcionamiento de maquinarias complejas. Pero la naturaleza no miniaturiza las neuronas (o, ya que estamos en ello, tampoco las demás células). La gama de tamaños

celulares entre los organismos resulta incomparablemente más pequeño que la gama de las dimensiones corporales. Los animales pequeños tienen simplemente muchas menos células que los animales grandes. El cerebro humano contiene varios miles de millones de neuronas; una hormiga se ve obligada por su tamaño a tener una cantidad de neuronas cientos de veces menor.

Desde luego, es cierto que no existe ninguna relación demostrada entre el tamaño del cerebro y la inteligencia en los humanos (el caso de Anatole France, que tenía un cerebro de menos de 1.000 centímetros cúbicos, frente al de Oliver Cromwell, que superaba de largo los 2.000 centímetros cúbicos, es un ejemplo citado frecuentemente). Pero esta observación no puede hacerse extensiva a las diferencias entre las especies y desde luego no al abanico de dimensiones que separa a las hormigas de los humanos. Una computadora eficiente necesita miles de millones de circuitos y una hormiga simplemente no puede contener los suficientes porque la constancia en el tamaño de las células hace insoslayable que los cerebros pequeños contengan pocas neuronas. Así pues, el gran tamaño de nuestro cuerpo fue un prerrequisito para nuestra inteligencia autoconsciente.

Podemos plantear una argumentación más fuerte y afirmar que los humanos disponen del tamaño justo para funcionar como lo hacen. En un divertido y provocativo artículo (*American Scientist*, 1968), F. W. Went exploró la imposibilidad de la vida humana, tal y como la conocemos, al tamaño de una hormiga (asumiendo, por el momento, que pudiéramos soslayar —que no podemos— el problema de la inteligencia y el diminuto tamaño del cerebro). Dado que el peso crece mucho más deprisa que la superficie al aumentar de tamaño un objeto, los animales pequeños tienen una relación superficie/volumen muy elevada: viven en un mundo dominado por fuerzas superficiales que a nosotros no nos afectan prácticamente en nada (véase el ensayo anterior).

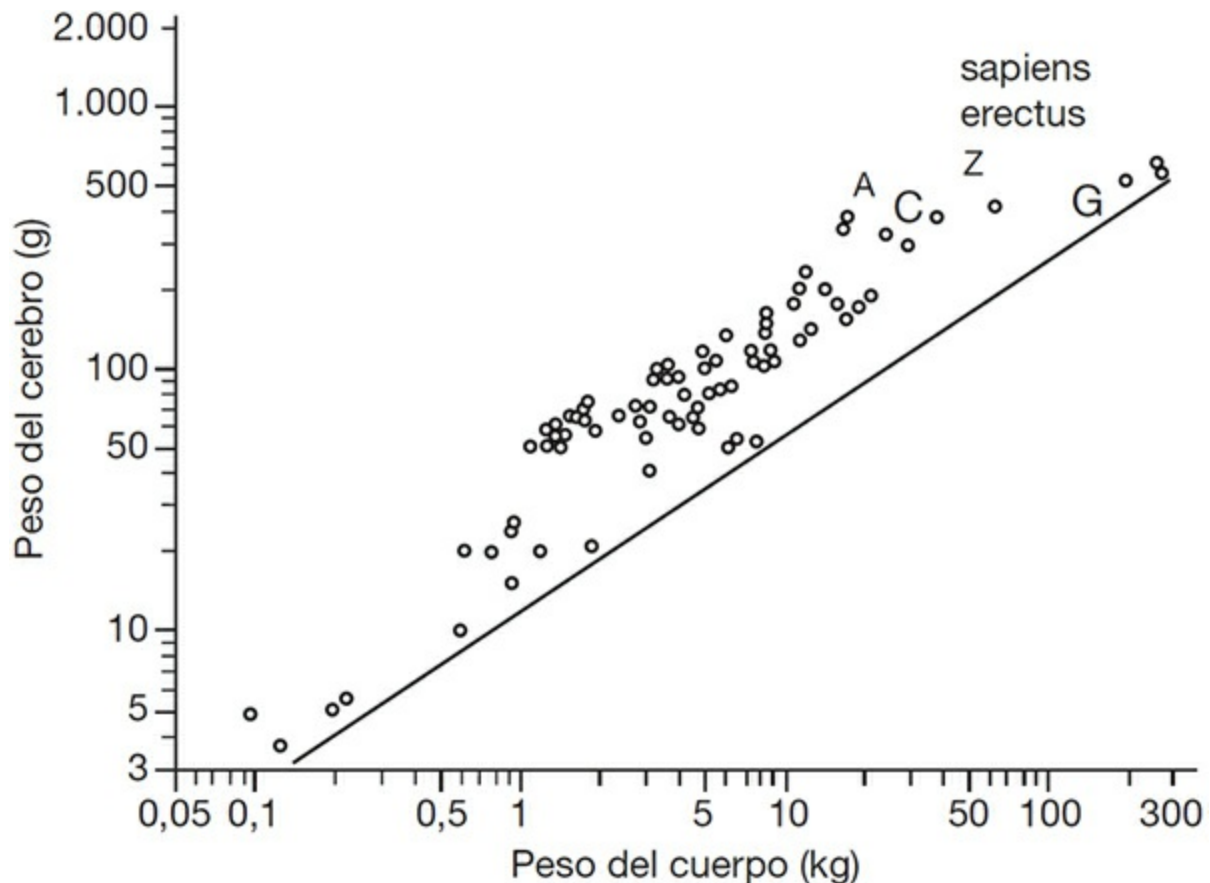
Un hombre del tamaño de una hormiga podría ponerse ropas, pero las fuerzas de adherencia superficial impedirían que se las pudiera quitar. El límite inferior del tamaño de las gotas haría imposible que se pudiera duchar; cada gota le golpearía con la fuerza de un peñasco de considerables dimensiones. Si nuestro homúnculo consiguiera mojarse e intentara secarse con una toalla, se quedaría adherido a ella durante el resto de sus días. No podría verter ningún líquido, ni encender fuego (ya que una llama estable debe tener varios milímetros de longitud). Podría moldear pan de oro hasta un grosor suficiente como para elaborar un libro adecuado a su tamaño, pero la adherencia superficial le impediría pasar las hojas.

Nuestras habilidades y comportamientos están finamente sintonizados con nuestro tamaño. No podríamos medir el doble de lo que medimos, porque la energía cinética de una caída sería de 16 a 32 veces mayor de lo que es, y nuestro peso (que aumentaría ocho veces) sería superior a lo que nuestras piernas pueden sustentar. Los gigantes humanos de dos metros y medio o más de estatura, o bien han muerto jóvenes, o bien se han visto incapacitados a temprana edad por daños en las articulaciones y los huesos.

Con la mitad de nuestro tamaño no podríamos esgrimir una maza con la fuerza suficiente para cazar grandes animales (ya que la energía cinética disminuiría entre 16 y 32 veces); no podríamos impartir el impulso suficiente a las lanzas o las flechas; no podríamos cortar o abrir la madera con herramientas primitivas ni extraer minerales con picos y barrenas. Dado que todas éstas fueron actividades esenciales en nuestro desarrollo histórico, debemos concluir que el camino de nuestra evolución tan sólo podría haberlo seguido un animal de nuestro tamaño aproximado. No pretendo decir que habitamos en el mejor de los mundos posibles, tan sólo que nuestro tamaño ha limitado nuestras actividades y, en gran medida, ha dado forma a nuestra evolución.

B. El cerebro humano

El cerebro humano medio pesa alrededor de 1.300 gramos; para dar cabida a tan gran órgano, tenemos una cabeza bulbosa, en forma de globo, que no se asemeja a la de ningún otro gran mamífero. ¿Podemos medir la superioridad por el tamaño de nuestro cerebro?



Criterio correcto para evaluar la superioridad en tamaño de nuestro cerebro. La línea continua representa la relación media entre el peso cerebral y el corporal en toda la gama de pesos de los mamíferos en general. La superioridad en tamaño se mide por la desviación ascendente de esta curva (es decir, «más» cerebro que un mamífero medio del mismo peso corporal). Los círculos representan primates (todos ellos tienen un cerebro

superior a la media de los mamíferos). C es el chimpancé, G el gorila y A el homínido fósil *Australopithecus erectus* corresponde a toda la variación de *Homo erectus* (hombre de Java y de Pekín); *Sapiens* corresponde al ámbito de los humanos modernos. Nuestro cerebro presenta la máxima desviación entre los mamíferos. (F. S. Szalay, *Approaches to Primate Paleobiology*, Contrib. Primat. Vol. 5, 1975, p. 267. Reproducido con la autorización de S. Karger AG, Basilea.)

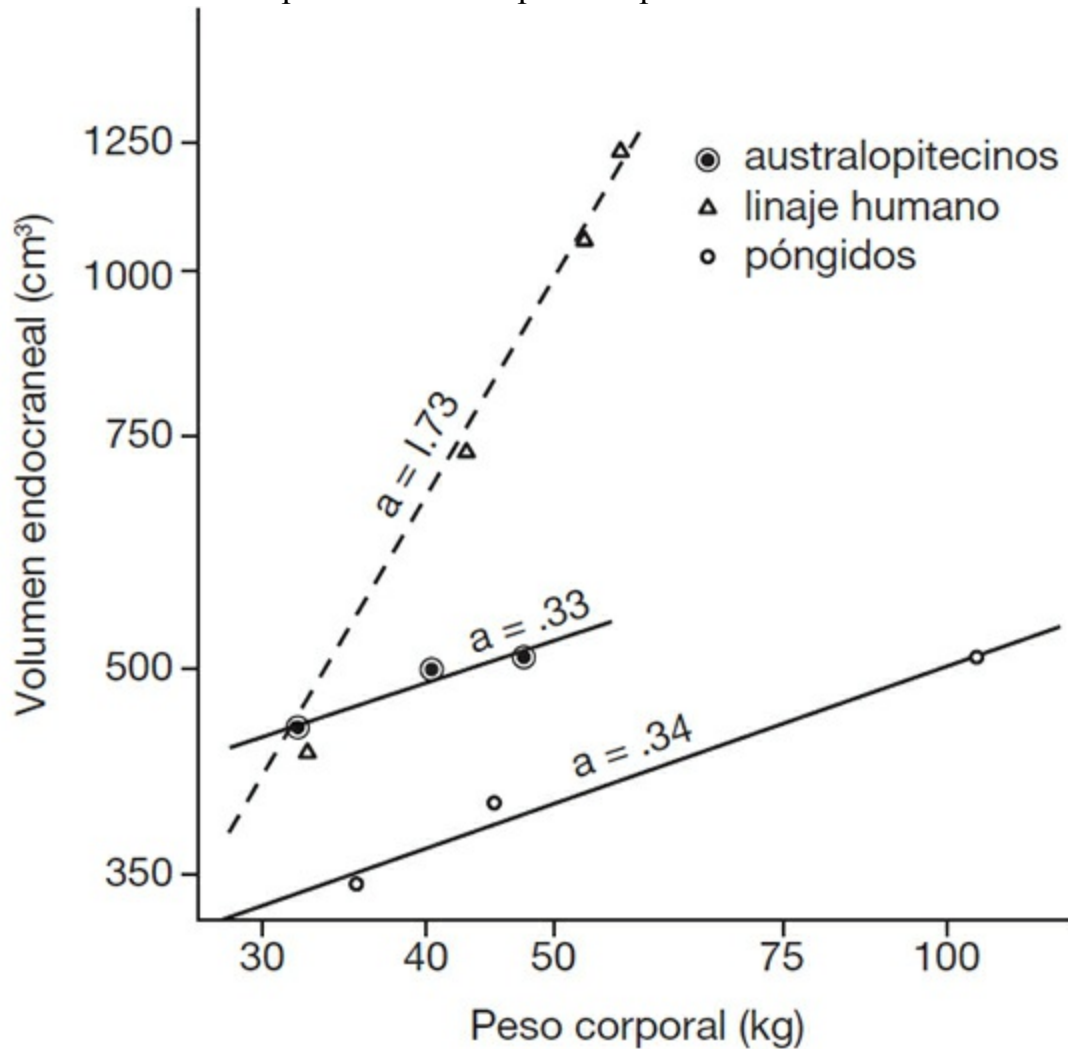
Los elefantes y las ballenas tienen un cerebro mayor que el nuestro. Pero este hecho no confiere una habilidad mental superior a los mamíferos de mayor tamaño. Los cuerpos grandes requieren cerebros grandes para coordinar sus actividades. Debemos encontrar un modo de eliminar el factor de confusión del tamaño del cuerpo de nuestros cálculos. La computación de una sencilla relación entre peso del cerebro y peso corporal no sirve. Los mamíferos de tamaño muy pequeño tienen por lo general una relación superior a la de los humanos; esto es, tienen más cerebro por unidad de peso corporal. El tamaño del cerebro crece con el del cuerpo, pero *a un ritmo muy inferior*.

Si hacemos una gráfica del peso del cerebro frente al corporal para todas las especies de mamíferos adultos, nos encontramos con que el cerebro crece aproximadamente a dos tercios de la velocidad que el cuerpo. Dado que las áreas superficiales del cuerpo crecen también a aproximadamente dos tercios de la velocidad del peso corporal, podemos conjeturar que el peso del cerebro no está regulado por el peso del cuerpo, sino fundamentalmente por la superficie corporal que sirve de punto final a un determinado número de inervaciones. Esto quiere decir que los grandes animales pueden tener un cerebro mayor que el humano en valor absoluto (dado que su cuerpo es de mayor tamaño), y que los animales pequeños a menudo tienen un cerebro relativamente mayor que el humano (ya que el cuerpo disminuye de tamaño a mayor velocidad que el cerebro).

Una gráfica del peso corporal frente al cerebral para mamíferos adultos resuelve nuestra paradoja. El criterio correcto no es ni el tamaño absoluto ni el relativo del cerebro, sino la diferencia entre el tamaño de hecho del cerebro y el que podría esperarse para un mamífero medio de nuestro peso corporal. Con este criterio somos, de largo, el mamífero de mayor cerebro. No existe especie alguna que esté tan por encima del peso cerebral esperado como nosotros.

Esta relación entre el peso corporal y el cerebral nos ofrece importantes perspectivas acerca de la evolución de nuestro cerebro. Nuestro antecesor africano (o al menos primo carnal), *Australopithecus africanus*, tenía una capacidad craneana en el adulto de tan sólo 450 centímetros cúbicos. Los gorilas tienen a menudo un cerebro de mayor tamaño, y muchas autoridades han utilizado este hecho para inferir una mentalidad distintivamente prehumana en *Australopithecus*. Un libro de texto recientemente aparecido afirma: «El hombre mono bípedo original de África austral tenía un cerebro poco mayor que el de otros simios y presumiblemente tuvo capacidades de comportamiento equivalentes». Pero *A. africanus* pesaba tan sólo entre 22 y 40 kilos (hembra y macho, respectivamente, según estimación del antropólogo de Yale, David Pilbeam), mientras que los gorilas machos de mayor tamaño pueden llegar a pesar más

de 250 kilos. Podemos afirmar sin problemas que *Australopithecus* tenía un cerebro mucho mayor que otros primates no humanos utilizando el criterio de comparación correcto con los valores esperados dado el peso corporal.



Incremento evolutivo en el tamaño del cerebro humano (línea de trazos). Los cuatro triángulos representan una secuencia evolutiva aproximada: *Australopithecus africanus*, ER-1470 (el reciente hallazgo de Richard Leakey con una capacidad craneana justamente por debajo de los 800 centímetros cúbicos), *Homo erectus* (hombre de Pekín) y *Homo sapiens*. La pendiente es la más acusada de las calculadas para cualquier secuencia evolutiva. Las dos líneas continuas representan la gradación más convencional del tamaño del cerebro en los australopitecinos (arriba) y los grandes simios (abajo). («Size and Scaling in Human Evolution», Pilbeam, David, y Gould, Stephen Jay, *Science*, vol. 186, pp. 892-901, fig. 2, 6 de diciembre de 1974. Copyright 1974 de la American Association for the Advancement of Science.)

El cerebro humano es hoy en día alrededor de tres veces mayor que el de *Australopithecus*. Este incremento ha sido a menudo calificado como el suceso más rápido y más importante de la historia de la evolución. Pero nuestro cuerpo también ha aumentado mucho en tamaño. ¿Es este crecimiento del cerebro una simple consecuencia del crecimiento del cuerpo o marca acaso un nuevo nivel de inteligencia?

Para responder a este interrogante, he hecho la gráfica de la capacidad craneana frente al peso corporal inferido para los siguientes homínidos fósiles (que tal vez representen nuestra línea evolutiva): *Australopithecus africanus*, el notable hallazgo de Richard Leakey, que tiene una capacidad craneana de casi 800 centímetros cúbicos y una antigüedad de más de dos millones de años (peso estimado por David Pilbeam a partir de las dimensiones del fémur); *Homo erectus* de Choukoutien (Hombre de Pekín) y *Homo sapiens* moderno. El gráfico indica que nuestro cerebro ha crecido mucho más rápidamente que cualquier predicción basada en compensaciones por el peso del cuerpo.

La conclusión a la que llego no tiene nada de poco convencional, y refuerza de hecho un ego que nos vendría bien deshinchar. No obstante, nuestro cerebro ha sufrido un verdadero incremento de tamaño no relacionado con las exigencias de nuestro mayor cuerpo. Somos, efectivamente, más listos de lo que éramos.

Historia del cerebro de los vertebrados

La naturaleza desvela los secretos de su pasado con gran reticencia. Nosotros, los paleontólogos, tejemos nuestras interpretaciones a partir de fragmentos fósiles mal conservados en secuencias incompletas de rocas sedimentarias. La mayor parte de los fósiles de mamíferos se conocen tan sólo por sus dientes —la sustancia más resistente de nuestros cuerpos— y unos pocos huesos dispersos. Un famoso paleontólogo comentó en una ocasión que la historia de los mamíferos, tal y como la conocíamos a partir de los fósiles, presentaba poco más que el apareamiento de dientes para producir dientes descendientes ligeramente modificados.

Nos regocijamos ante la infrecuente preservación de partes blandas, como por ejemplo mamuts congelados preservados en el hielo o alas de insecto conservadas como películas carbonizadas sobre lechos de esquisto. No obstante, la mayor parte de nuestra información referente a las partes blandas de los fósiles no procede de estos raros accidentes, sino de evidencias que suelen quedar preservadas en el hueso (las huellas de la inserción de los músculos o los orificios a través de los cuales pasan los nervios). Afortunadamente, el cerebro ha dejado también su huella en los huesos que lo rodean. Cuando muere un vertebrado, su cerebro se descompone con rapidez, pero el hueco que deja puede rellenarse de sedimentos que se endurecen produciendo un molde natural. Este molde no puede preservar traza alguna de la estructura interna del cerebro, pero tanto su tamaño como su superficie exterior pueden constituir una copia fidedigna del original.

Lamentablemente, no podemos limitarnos a utilizar el volumen de un molde fósil como medida precisa de la inteligencia de un animal; la paleontología nunca resulta tan sencilla. Debemos tomar en consideración dos problemas.

En primer lugar, ¿qué significa el tamaño del cerebro? ¿Tiene alguna correlación real con la inteligencia? No existe evidencia alguna en favor de esta hipótesis, de la relación entre la inteligencia y el margen normal de variabilidad del tamaño del cerebro *dentro* de una especie dada (los cerebros humanos totalmente funcionales oscilan entre menos de 1.000 y más de 2.000 centímetros cúbicos de volumen). Las variaciones entre individuos dentro de una misma especie, no obstante, no son el mismo fenómeno que la variación de los valores medios del tamaño cerebral entre especies diferentes. Hemos de asumir que, por ejemplo, las diferencias medias en el tamaño cerebral de los humanos y los

atunes responden a alguna diferencia para un concepto significativo de la inteligencia. Además, ¿qué otra cosa pueden hacer los paleontólogos? Tan sólo podemos trabajar sobre aquello de lo que disponemos, y el tamaño cerebral es casi todo lo que tenemos.

En segundo lugar, el principal determinante del tamaño cerebral no es la capacidad mental, sino el tamaño del cuerpo. Un gran cerebro puede no representar más que las necesidades de un gran cuerpo en el que estuvo alojado. Más aún, la relación entre el tamaño cerebral y el tamaño corporal no es una relación sencilla (véase el ensayo anterior). Al ir creciendo en tamaño los animales, los cerebros van aumentando, pero a una velocidad menor. Los animales pequeños presentan un cerebro relativamente grande; esto es, la relación entre el peso de su cerebro y el de su cuerpo es elevada. Debemos encontrar algún modo de eliminar la influencia del tamaño corporal. Esto se hace trazando una ecuación para la relación «normal» entre el peso cerebral y el corporal.

Supongamos que nos dedicamos al estudio de los mamíferos. Recopilamos una lista de pesos medios cerebrales y corporales de adultos de todas las especies diferentes que podamos. Estas especies forman los puntos de nuestra gráfica; la ecuación que corresponde a estos puntos indica que el peso cerebral se incrementa a aproximadamente $2/3$ de la velocidad del peso corporal. Podemos seguidamente comparar el peso cerebral de cualquier especie dada con el peso cerebral de un mamífero «medio» de ese peso corporal. Esta comparación suprime la influencia de éste. Un chimpancé, por ejemplo, tiene un peso cerebral medio de 395 gramos. Un mamífero medio del mismo peso corporal debería tener un cerebro de 152 gramos, de acuerdo con la ecuación. El cerebro del chimpancé es, por lo tanto, 2,6 veces más pesado de lo que «debería» ser ($395/152$ gramos). Podemos denominar a este coeficiente «coeficiente de encefalización»; los valores superiores a 1 indican un cerebro superior a la media, y los valores inferiores a 1 marcan a los cerebros más pequeños que el cerebro medio.

Pero este método impone a los paleontólogos otra dificultad. Debemos ahora estimar el peso corporal además del cerebral. Los esqueletos completos son verdaderamente escasos y las evaluaciones se realizan frecuentemente a partir de tan sólo unos pocos huesos grandes. Para poner aún más difíciles las cosas, tan sólo las aves y los mamíferos disponen de un cerebro que ocupe plenamente su cavidad craneana. En estos grupos, un molde craneano reproduce fielmente el tamaño y la forma del cerebro. Pero en los peces, anfibios y reptiles, el cerebro ocupa tan sólo parte de la cavidad, y el molde fosilizado es más grande que el cerebro. Debemos estimar qué parte del molde habría ocupado el cerebro en vida del animal. Y aun así, a pesar de esta plétora de supuestos, dificultades y evaluaciones, hemos podido establecer, e incluso verificar, una historia coherente e intrigante acerca de la evolución del cerebro en los vertebrados.

El psicólogo californiano Harry J. Jerison ha recopilado recientemente todas las pruebas disponibles —gran parte de ellas recogidas como fruto de sus propios trabajos durante más de una década— en un libro titulado *The Evolution of the Brain and Intelligence* (Nueva York, Academic Press, 1973).

El objetivo principal de Jerison constituye un ataque contra la idea muy extendida de que las clases de vertebrados pueden ordenarse con arreglo a una escala de perfección que iría de los peces a los mamíferos pasando por las etapas intermedias de anfibios, reptiles y aves. Jerison prefiere una perspectiva funcional que relaciona los volúmenes cerebrales con los requerimientos específicos de un modo de vida determinado, no con ninguna tendencia predeterminada o intrínseca hacia el crecimiento en el transcurso de la evolución. El «espacio cerebro-cuerpo» potencial de los vertebrados modernos está lleno tan sólo en dos áreas; una de ellas está ocupada por los vertebrados de sangre caliente (aves y mamíferos), y la otra por sus parientes de sangre fría (peces, anfibios y reptiles modernos). Los tiburones suponen la única excepción a esta regla general. Sus cerebros son con mucho demasiado grandes —algo bastante sorprendente en el caso de estos peces supuestamente «primitivos»—, pero ya hablaremos de esto más tarde. Los vertebrados de sangre caliente, desde luego, tienen un cerebro más grande que sus parientes de sangre fría de tamaño equivalente, pero no existe ningún progreso regular hacia ningún estadio más elevado, tan sólo una correlación entre tamaño cerebral y fisiología básica. De hecho, Jerison cree que los mamíferos desarrollaron sus cerebros de mayor tamaño para hacer frente a exigencias funcionales específicas en el transcurso de su existencia original como criaturas pequeñas que competían en la periferia de un mundo dominado por los dinosaurios. Sostiene que los primeros mamíferos eran nocturnos y que necesitaban un cerebro de mayor tamaño para traducir las percepciones de los oídos y el olfato en esquemas espaciales que los animales diurnos podrían detectar por medio de la visión y ningún otro sentido.

Jerison presenta toda una variedad de piececillas intrigantes en el seno de este andamiaje. Detesto refutar un reconfortante fragmento de dogma recibido, pero me veo en la obligación de informarles de que los dinosaurios no tenían un cerebro pequeño, sino del tamaño exacto que cabría esperar de reptiles de sus enormes dimensiones. Jamás debimos esperar más de *Brontosaurus*, ya que los grandes animales tienen cerebros relativamente pequeños, y los reptiles, sea cual sea su peso corporal, tienen el cerebro más pequeño que los mamíferos.

La distancia entre los vertebrados de sangre fría y de sangre caliente de nuestros días se ve limpiamente ocupada por formas fósiles intermedias. *Archaeopteryx*, la primera ave, es conocido a través de menos de media docena de especímenes, pero uno de ellos tiene un molde cerebral bien conservado. Esta forma intermedia con plumas y dientes reptilianos disponía de un cerebro que cae justamente en medio del área vacía que existe entre los reptiles modernos y las aves. Los mamíferos primitivos que evolucionaron tan rápidamente después de la extinción de los dinosaurios tenían un cerebro de un tamaño intermedio entre el de los reptiles y los mamíferos modernos de peso corporal equivalente.

Podemos incluso empezar a comprender el mecanismo de este incremento evolutivo en el tamaño cerebral siguiendo uno de los circuitos de realimentación que lo inspiraron. Jerison calculó los coeficientes de encefalización de los carnívoros y sus presas probables entre los herbívoros ungulados para cuatro grupos separados: mamíferos «arcaicos» de principios del Terciario (el Terciario es la «era de los mamíferos» convencional, y representa los últimos setenta millones de años de la historia de la Tierra); mamíferos avanzados de comienzos del Terciario y mamíferos modernos. Recordemos que un coeficiente de encefalización de 1,0 denota el tamaño cerebral esperado de un mamífero moderno medio.

| | Herbívoros | Carnívoros |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Comienzos del Terciario (arcaicos) | 0,18 | 0,44 |
| Comienzos del Terciario (avanzados) | 0,38 | 0,61 |
| Mediados-finales del Terciario | 0,63 | 0,76 |
| Modernos | 0,95 | 1,1 |

Tanto los herbívoros como los carnívoros experimentan un incremento continuo en el tamaño de su cerebro durante el transcurso de su evolución, pero los carnívoros estuvieron en cabeza en todo momento. Los animales que se ganan la vida capturando una presa de movimientos rápidos parecen necesitar un cerebro mayor que el de los comedores de plantas. Y al ir aumentando de tamaño el cerebro de los herbívoros (presumiblemente como resultado de una presión selectiva intensa impuesta por sus depredadores carnívoros), los carnívoros evolucionaron a su vez hacia un cerebro aún mayor para preservar el diferencial.

Sudamérica aporta un experimento natural para poner a prueba esta afirmación. Hasta que se alzó el istmo de Panamá, hace un par de millones de años, Sudamérica constituía un continente insular aislado. Los carnívoros avanzados jamás llegaron a esta isla, y los papeles de depredación estaban asignados a carnívoros marsupiales con un coeficiente de encefalización bajo. En Sudamérica, los herbívoros no muestran indicios de un incremento en el tamaño cerebral con el transcurso del tiempo. Su coeficiente de encefalización medio se mantuvo por debajo de 0,5 a todo lo largo del Terciario; más aún, estos herbívoros nativos fueron rápidamente eliminados cuando los carnívoros avanzados cruzaron el istmo desde Norteamérica. Una vez más, el tamaño cerebral constituye una adaptación funcional a determinados modos de vida, no una cantidad con una tendencia inherente a crecer. Cuando documentamos un incremento podemos referirlo a requerimientos específicos de roles ecológicos. Así pues, no deberíamos sorprendernos de que los «primitivos» tiburones tengan un cerebro tan grande; después de todo son los principales carnívoros marinos, y el tamaño cerebral refleja modos de

vida, no duraciones del tiempo evolutivo. De modo similar, los dinosaurios carnívoros como *Allosaurus* y *Tyrannosaurus* tenían un cerebro de mayor tamaño que los herbívoros como *Brontosaurus*.

Pero ¿qué hay acerca de nuestra preocupación por nosotros mismos; existe algo en la historia de los vertebrados que explique por qué una especie en particular tiene que ser tan cerebrada? He aquí un dato final para la meditación. El molde cerebral más antiguo de un primate pertenece a una criatura de 55 millones de años de edad llamada *Tetoniuss homunculus*. Jerison ha calculado que su coeficiente de encefalización era de 0,68. Desde luego, esto sólo representa dos tercios del tamaño de un mamífero medio *vivo* del mismo peso corporal, pero es con mucho el cerebro más grande de su tiempo (haciendo las correcciones oportunas para compensar su peso corporal); de hecho, es más de tres veces superior al cerebro de un mamífero medio de su período. Los primates han estado en cabeza desde el primer momento; nuestro gran cerebro no es más que la exageración de un esquema instaurado al comienzo de la era de los mamíferos. Pero ¿por qué pudo evolucionar un cerebro tan grande en un grupo de mamíferos pequeños y arborícolas, más parecido a las ratas y las musarañas que a los mamíferos considerados convencionalmente como más avanzados? Con esta provocativa pregunta pongo punto final, ya que simplemente carecemos de respuesta a una de las cuestiones más importantes que podemos hacernos.

Tamaños y superficies planetarias

Charles Lyell expresó en términos inequívocos el concepto fundamental de su revolución geológica. En 1929 escribió una carta a su colega y oponente científico Roderick Murchison:

Mi obra [...] intentará establecer *el principio del razonamiento* en la ciencia [...] que *no existe causa alguna*, desde los tiempos más antiguos a los que podamos remontarnos, hasta el presente, que no sea la misma que actúa hoy en día; y que jamás ha actuado con un grado diferente de energía que el que actualmente muestra.

La doctrina de los ritmos lentos, majestuosos y esencialmente uniformes en el cambio, tuvo una profunda influencia en el pensamiento del siglo XIX. Darwin la adoptó treinta años más tarde, y desde entonces los paleontólogos andan a la busca de casos de evolución lenta y continua en el registro fósil. Pero ¿dónde se originó la preferencia de Lyell por el cambio gradual?

Todas las generalizaciones cósmicas tienen raíces complejas. En parte, Lyell se limitó a «descubrir» sus propios prejuicios políticos en la naturaleza; por ejemplo, si la Tierra proclama que el cambio ha de efectuarse lenta y gradualmente, lastrado por el peso de eventos acaecidos largo tiempo atrás, entonces los liberales podrían sentirse reconfortados en un mundo cada vez más amenazado por el desasosiego social. No obstante, la naturaleza no es simplemente un escenario vacío sobre el que los científicos exhiben sus preferencias; la naturaleza también responde. Gran parte de las fuerzas que conforman la superficie de nuestro planeta actúan, en efecto, lenta y continuamente. Lyell podía medir la acumulación de sedimentos en el fondo de los ríos y la erosión gradual de las laderas de las colinas. El gradualismo de Lyell, si bien excesivamente extremado en su formulación, expresa, en efecto, una buena parte de la historia de la Tierra.

Los procesos graduales de nuestro planeta surgen de la acción de lo que mis colegas Frank Press y Raymond Siever denominan las máquinas térmicas interna y externa de la Tierra. El Sol alimenta la máquina externa, pero su influencia depende de la atmósfera de la Tierra. Press y Siever escriben:

La energía solar impulsa la atmósfera en un complejo dibujo de vientos que tienen como resultado nuestros climas y meteorología, y propulsa la circulación de las aguas de los océanos con arreglo a un trazado que corresponde al de la atmósfera. El agua y los gases de los océanos y de la atmósfera reaccionan químicamente con la superficie sólida y transportan físicamente materiales de un lugar a otro.

La mayor parte de estos procesos operan gradualmente, al modo lyelliano clásico; sus grandes resultados son una acumulación de cambios diminutos. El agua corriente arrastra la tierra; las dunas se desplazan sobre el desierto; las olas destruyen la línea de costa en algunos lugares mientras que en otros las corrientes depositan la arena que arrastran.

El calor procedente de la descomposición radiactiva es el que alimenta la máquina interior. Algunos de sus resultados —los terremotos y las erupciones volcánicas, por ejemplo— nos parecen repentinos y catastróficos, pero el proceso básico descubierto hace tan sólo una década debe constituir una fuente de regocijo para la sombra de Lyell. El calor interior pone en movimiento la superficie de la Tierra, separando los continentes a un imperceptible ritmo de algunos centímetros por año. Este movimiento gradual a lo largo de doscientos millones de años, dividió el continente único de Pangea en nuestros actuales continentes, ampliamente dispersos.

No obstante, nuestra Tierra es decididamente atípica comparada con los demás planetas interiores de nuestro sistema solar: Mercurio, Marte y nuestra propia Luna. (Excluyo Venus porque no sabemos nada prácticamente acerca de su superficie; sólo una sonda rusa ha conseguido penetrar con éxito en esa atmósfera enviando de vuelta únicamente dos ambiguas fotografías. Excluyo también Júpiter y los grandes planetas más allá de él. Son tanto más grandes y menos densos que los planetas interiores que pertenecen a una clase muy diferente de cuerpos cósmicos.) Ningún geólogo, al margen de sus ideas preconcebidas, podría haber predicado una doctrina de uniformidad en la superficie de ninguno de los planetas interiores, excepción hecha de la Tierra.

Los cráteres producidos por el bombardeo de meteoritos dominan las superficies de Marte, Mercurio y la Luna. De hecho, la superficie de Mercurio es poco más que un campo de cráteres apretados y superpuestos. La superficie de la Luna está dividida en dos regiones fundamentales: las tierras altas, densas en cráteres, y los mares, con pocos cráteres («mares» de lava basáltica). El gradualismo de Lyell, tan aplicable a nuestro planeta, no puede describir en modo alguno la historia de nuestros planetas vecinos.

Consideremos, por ejemplo, la historia de nuestra Luna, tal y como puede inferirse según los datos recogidos por las misiones Apolo y como fueron resumidos por el geólogo de la Universidad de Columbia, W. Ian Ridley: la corteza de la Luna se rigidificó hace más de cuatro mil millones de años. Hace ya 3.900 millones de años, finalizó el principal período de bombardeo meteorítico, las cuencas de los mares habían sido excavadas, y se habían formado los principales cráteres. Hace entre 3.800 y 3.100 millones de años, el calor generado por la radiactividad produjo la lava basáltica que llenó las cuencas de los mares. Después, la generación de calor no consiguió compensar las pérdidas producidas en la superficie lunar y su corteza se volvió rígida; hace ya 3.100 millones de años, la corteza se volvió excesivamente gruesa como para permitir el

ascenso de más basalto y finalizó esencialmente la actividad en la superficie. Desde entonces no ha ocurrido gran cosa aparte del muy fortuito impacto de un gran meteorito y el influjo constante de meteoritos muy pequeños.

Vemos hoy en día la Luna bajo el aspecto que tenía hace tres mil millones de años. Carece de atmósfera que pueda erosionar y reciclar el material de su superficie, y no puede generar el calor interno necesario para remover y cambiar su rostro. La Luna no está muerta, pero sí quiescente. La concentración de terremotos lunares a 800-1.000 kilómetros por debajo de la superficie, sugiere una corteza rígida de este espesor, en contraste con los aproximadamente 70 kilómetros de la litosfera terrestre. Puede existir una zona parcialmente fundida bajo la corteza lunar, pero está a demasiada profundidad como para influir en la superficie. Ésta es de enorme antigüedad, y registra la historia de sus catástrofes (enormes meteoritos y erupciones de lava). Su historia primitiva se vio marcada por los cambios violentos; sus últimos tres mil millones de años, por apenas nada.

¿Por qué es tan diferente la Tierra de sus vecinos, y registra una historia caracterizada en gran parte por procesos graduales acumulativos en lugar de antiguas catástrofes? Los lectores podrían tener la tentación de pensar que la respuesta se encuentra en alguna compleja diferencia en su composición. Pero todos los planetas interiores son esencialmente similares, por lo que sabemos, tanto en densidad como en contenido mineral: mi deseo es argumentar que esta diferencia obedece a un hecho asombrosamente simple, su propio *tamaño, y nada más*: la Tierra es considerablemente más grande que sus vecinos.

Galileo fue el primero en discutir la importancia cardinal del tamaño en la determinación de la forma y el funcionamiento de todos los objetos físicos (véanse los ensayos 21 y 22). Como dato básico de la geometría, los objetos de gran tamaño no se ven sometidos al mismo equilibrio de fuerzas que los objetos pequeños de la misma forma (todos los planetas son, necesariamente, más o menos esféricos). Consideremos la relación entre superficie y volumen en dos esferas de diferente radio. La superficie es equivalente a una constante multiplicada por el radio elevado al cuadrado; el volumen, a un valor constante diferente multiplicado por el radio elevado al cubo. Por lo tanto, los volúmenes aumentan a mayor velocidad que las superficies al crecer en tamaño objetos de la misma forma.

Yo mantengo que la percepción de Lyell es un resultado contingente de la relación entre superficie y volumen relativamente baja de la Tierra, y no una característica general de todo cambio, como habría argumentado él. Comenzamos asumiendo que la historia primitiva de la Tierra no fue muy diferente de la de sus vecinos. En tiempos, nuestro planeta debió de estar cubierto por numerosos cráteres, pero éstos desaparecieron hace miles de millones de años, destruidos por las dos máquinas térmicas de la Tierra: revueltos por la maquinaria interna (elevados en forma de montañas, cubiertos de lava o

enterrados en las profundidades de la Tierra por la subducción de los bordes descendentes de las placas litosféricas), o rápidamente destruidos por la erosión atmosférica o fluvial producida por la máquina externa.

Estas dos máquinas térmicas funcionan tan sólo porque la Tierra es lo suficientemente grande como para poseer una superficie relativamente pequeña y un gran campo gravitatorio. Mercurio y la Luna carecen tanto de atmósfera como de superficie activa. La máquina externa requiere para su funcionamiento una atmósfera. La ecuación de Newton aquilata la fuerza de la gravedad estableciendo que es directamente proporcional a la masa de dos cuerpos dados e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Para calcular la fuerza gravitatoria que mantiene una molécula de vapor de agua sobre la Tierra o sobre la Luna, necesitamos tomar en consideración tan sólo la masa del planeta (dado que la masa de la molécula es constante) y la distancia desde la superficie del planeta hasta su centro. Al ir aumentando de tamaño un planeta, su masa crece proporcionalmente al cubo de su radio, mientras que el cuadrado de la distancia de su superficie a su centro es simplemente el cuadrado de su radio. Por lo tanto, al aumentar de tamaño un planeta, su atracción gravitatoria sobre una partícula atmosférica aumenta con arreglo a la proporción r^3/r^2 (siendo r el radio del planeta). En la Luna y Mercurio esta fuerza es demasiado pequeña para retener la atmósfera; incluso las partículas más pesadas no permanecen en ellos demasiado tiempo. La gravedad de la Tierra es lo suficientemente fuerte como para retener una atmósfera grande y permanente que actúa de medio para su maquinaria térmica externa.

El calor interno se genera radiactivamente en todo el volumen de un planeta. Es irradiado hacia el espacio a través de su superficie. Los planetas pequeños, con su alta relación superficie/volumen, pierden rápidamente el calor y solidifican sus capas exteriores hasta profundidades relativamente grandes. Los planetas mayores retienen su calor y la movilidad de sus superficies.

La comprobación ideal de esta hipótesis sería un planeta de tamaño intermedio, ya que predécimos que tal planeta exhibiría una combinación de catástrofes primigenias y procesos graduales. Marte, complaciente, es exactamente del tamaño apropiado, intermedio entre el de la Tierra y nuestra Luna y Mercurio. Alrededor de la mitad de la superficie marciana muestra cráteres; el resto refleja la actividad de unas máquinas térmicas interna y externa un tanto limitadas. La gravedad marciana es débil comparada con la de la Tierra, pero es lo suficientemente intensa como para mantener una atmósfera tenue (unas doscientas veces más tenue que la nuestra). La superficie marciana es recorrida por vientos y se han observado campos de dunas. La evidencia en favor de una erosión fluvial resulta aún más impresionante, si bien un tanto misteriosa dada la pobreza en vapor de agua de la atmósfera marciana. (El misterio se ha visto bastante aliviado por el descubrimiento de que los casquetes polares de Marte están predominantemente formados por vapor de agua, y no por dióxido de carbono como se había conjeturado previamente. Parece también probable que exista una considerable cantidad de agua en

forma de permafrost en el suelo marciano. Carl Sagan me ha mostrado fotos de cráteres relativamente pequeños con extensiones lobuladas en todas las direcciones. Es difícil interpretar estos rasgos más que como barro licuado fluyendo sobre el cráter tras una fusión localizada, por impacto, del permafrost. No pueden ser de lava porque los meteoritos que formaron los cráteres eran demasiado pequeños como para generar el calor suficiente para fundir la roca.)

La evidencia en favor del calor interno es también abundante (y bastante espectacular), mientras que recientes especulaciones la relacionan de modo plausible con los procesos que ponen en movimiento las placas de la Tierra. Marte tiene una provincia volcánica con gigantescas montañas que sobrepasan todo lo existente en la Tierra. El Olympus Mons tiene una base de 500 kilómetros de anchura, una altura de 8 kilómetros y un cráter de 70 kilómetros de diámetro. El Vallis Marineris, que está cerca, pone en ridículo cualquier cañón de la Tierra: mide 120 kilómetros de ancho, 6 de profundidad y más de 5.000 kilómetros de longitud.

Y ahora vienen las especulaciones: muchos geólogos opinan que las placas de la Tierra son desplazadas por penachos de calor y material fundido que surgen de las profundidades del interior de la Tierra (tal vez incluso del límite del núcleo-manto, a 3.200 kilómetros de la superficie). Estos penachos emergen a la superficie en «puntos calientes» relativamente fijos, y las placas de la Tierra cabalgan sobre ellos. Las islas hawaianas, por ejemplo, son una cadena esencialmente lineal cuya edad va en aumento según nos dirigimos hacia el noroeste. Si la placa del Pacífico se está desplazando lentamente sobre un penacho fijo, entonces las islas hawaianas deberían haberse ido formando una por una.

Marte, con su tamaño intermedio, debería ser más dinámico que la Luna y menos que la Tierra. La corteza lunar es demasiado gruesa para moverse en absoluto; el calor interno no llega a la superficie. La corteza terrestre es lo suficientemente delgada como para descomponerse en placas y estar en continuo movimiento. Supongamos que la corteza de Marte es lo suficientemente delgada como para permitir que el calor suba hasta ella, pero demasiado gruesa como para romperse y moverse extensivamente. Supongamos también que los penachos existen tanto en la Tierra como en Marte. El gigantesco Olympus Mons podría representar la localización de un penacho, elevándose sobre una corteza que no puede desplazarse (el Olympus Mons, si quieren, podría ser como todas las islas hawaianas puestas una sobre otra). El Vallis Marineris podría representar un «intento» frustrado de establecer una tectónica de placas (la corteza se fracturó, pero no fue capaz de moverse).

La ciencia, en el mejor de los casos, es unificadora. Resulta atractivo para mi fantasía intelectual descubrir que el principio que regula la presencia de una mosca en el techo de mi habitación determina también la singularidad de nuestra Tierra entre los planetas inferiores (las moscas, como animales pequeños, tienen una elevada proporción entre superficie y volumen; las fuerzas gravitatorias que actúan sobre el volumen no son

lo suficientemente fuertes como para superar la fuerza de adherencia superficial que sostiene a la mosca bajo el techo). Pascal comentó en una ocasión, en una metáfora planetaria, que el conocimiento es como una esfera en el espacio; cuanto más aprendemos —es decir, cuando más grande es la esfera—, tanto mayor es nuestro contacto con lo desconocido (la superficie del planeta). Esto es cierto, pero no olvidemos el principio de las superficies y los volúmenes. Cuanto más grande es la esfera, tanto mayor es la relación de lo conocido (volumen) con respecto a lo desconocido (superficie). Ojalá pueda seguir floreciendo un crecimiento absoluto de la ignorancia gracias a un incremento relativo del conocimiento.

VII
Ciencia y sociedad:
una perspectiva histórica

Héroes y botarates en las ciencias

Como quinceañero romántico estaba convencido de que mi futura vida como científico quedaría justificada si conseguía descubrir un solo hecho nuevo, añadiendo un ladrillo más al esplendoroso templo del conocimiento humano. Mi convicción era noble, la metáfora tan sólo estúpida. Y, no obstante, esa misma metáfora sigue gobernando la actitud de multitud de científicos respecto a su disciplina.

En el modelo convencional del «progreso» científico, comenzamos nuestra andadura llenos de supersticiosa ignorancia y nos dirigimos hacia la verdad por la sucesiva acumulación de datos. En esta prepotente perspectiva, la historia de la ciencia tiene un interés poco más que anecdótico, ya que tan sólo puede constituir una crónica de errores pasados y dar crédito a los constructores por discernir atisbos de la verdad final. Es algo tan transparente como un melodrama antiguo: la verdad (tal y como la percibimos hoy en día) es el único árbitro, y el mundo de los científicos del pasado se divide en buenos (los que estaban en lo cierto) y malos (los que estaban equivocados).

Los historiadores de la ciencia han desacreditado por completo este modelo en el transcurso de la pasada década. La ciencia no es una persecución desalmada de información objetiva. Es una actividad humana creativa, en la que sus genios actúan más como artistas que como procesadores de información. Los cambios en las teorías no son tan sólo los resultados derivados de nuevos descubrimientos, sino el trabajo de una imaginación creativa influida por las fuerzas sociales y políticas de su época. No deberíamos juzgar el pasado a través de las lentes anacrónicas de nuestras propias convicciones, designando como héroes a los científicos que en nuestra opinión estaban en lo cierto sobre la base de criterios que no tenían nada que ver con sus propias preocupaciones. Actuaremos como unos estúpidos si consideramos un evolucionista a Anaximandro (siglo VI a. C.) porque, al abogar por un papel fundamental del agua entre los cuatro elementos, mantenía que la vida habitaba originalmente los mares; aun así, la mayor parte de los libros de texto así le consideran.



Joseph Scrofani. Reproducido con la autorización de *Natural History Magazine*, agosto-septiembre 1974. (© The American Museum of Natural History, 1974.)

En este ensayo, tomaré los más notorios de los malos que aparecen en los libros de texto e intentaré mostrar que sus teorías eran tan razonables en sus tiempos como reveladoras en el nuestro. Nuestros villanos son los «preformacionistas» del siglo XVIII, defensores de una embriología pasada de moda. Según los libros de texto, los preformacionistas creían que el óvulo (o espermatozoide) humano estaba habitado por un perfecto homúnculo en miniatura y que el desarrollo embriológico no implicaba nada más que su aumento de tamaño. El absurdo de esta afirmación, continúan los textos, se ve incrementado por el necesario corolario del *emboîtement* o encajamiento, porque si el óvulo de Eva contenía un homúnculo, entonces el óvulo de este homúnculo debía contener otro homúnculo más pequeño y así sucesivamente hasta llegar a lo inconcebible (un ser humano totalmente formado más pequeño que un electrón). Los preformacionistas debieron de ser unos dogmáticos ciegos y antiempíricos que defendían una doctrina de inmutabilidad apriorística que iba en contra de la evidencia de los sentidos, ya que no hay más que abrir un huevo de gallina para ser testigo del paso de la simplicidad a la complejidad de un embrión. De hecho, su principal portavoz, Charles Bonnet, había proclamado que el «preformacionismo es el mayor triunfo de la razón sobre los sentidos». Los héroes de nuestros libros de texto eran, por otra parte, los «epigenetistas»; se pasaban el tiempo mirando huevos en lugar de inventarse fantasías.

Demostraron a través de la observación que la complejidad de la forma adulta aparecía gradualmente en el embrión. A mediados del siglo XIX ya habían triunfado. Un triunfo más para la observación pura sobre los prejuicios y el dogma.

En realidad, la historia no es tan sencilla. Los preformacionistas eran tan meticulosos y precisos en sus observaciones empíricas como los epigenetistas. Mas, si realmente necesitamos héroes, ese honor bien podría asignarse a los preformacionistas, que sostenían, contrariamente a los epigenetistas, una visión de la ciencia muy compatible con la nuestra.

La imaginación de unas pocas figuras periféricas no debe identificarse con las creencias de toda una escuela. Todos los grandes preformacionistas —Malpighi, Bonnet y Von Haller— sabían perfectamente bien que el embrión de pollo parecía ser inicialmente un tubo sencillo que se iba haciendo cada vez más complejo al irse diferenciando los órganos dentro del huevo. Habían estudiado y dibujado la embriología del pollo en una serie de astutas observaciones comparables a todo lo logrado por sus coetáneos epigenetistas.

Los preformacionistas y los epigenetistas no estaban en desacuerdo acerca de sus observaciones; pero mientras que los epigenetistas estaban dispuestos a tomar esas observaciones literalmente, los preformacionistas insistían en indagar «tras las apariencias». Afirmaban que las manifestaciones visuales en el desarrollo eran engañosas. El embrión es inicialmente tan diminuto, tan gelatinoso y tan transparente, que las estructuras preformadas no podían discernirse por medio de los primitivos microscopios de la época. Bonnet escribió en 1762: «No determinen el momento en que un ser organizado empieza a existir por el instante en que empieza a ser visible, y no restrinjan la naturaleza a los límites estrictos de nuestros sentidos y nuestros instrumentos». Más aún, los preformacionistas jamás creyeron que las estructuras preformadas estuvieran organizadas en un homúnculo perfecto en miniatura dentro del propio huevo. Desde luego, existían en éste sus rudimentos, pero en posiciones y proporciones relativas que tenían poca o ninguna relación con la morfología del adulto. Seguimos con la cita de Bonnet: «Mientras el pollo es aún un germen, todas sus partes tienen una forma, proporciones y posición que difieren grandemente de aquellas que adquieren en el transcurso del desarrollo. Si pudiéramos ver el germen ampliado, tal y como es cuando es pequeño, nos resultaría imposible reconocer en él a un polluelo. Las partes del germen no se desarrollan simultánea y uniformemente».

Pero ¿cómo explicaban los preformacionistas la *reductio ad absurdum* del encajamiento, es decir, la encapsulación de la totalidad de nuestra historia en los ovarios de Eva? Muy sencillo: este concepto no resultaba absurdo en el contexto del siglo XVIII.

En primer lugar, los científicos creían que el mundo había existido —e iba a durar— tan sólo unos pocos miles de años. Por lo tanto había que encapsular exclusivamente unas pocas generaciones, no los productos potenciales de los varios millones de años de un esquema de cronología geológica del siglo XX.

En segundo lugar, el siglo XVIII carecía de una teoría celular capaz de imponer un límite inferior a las dimensiones de un organismo. Hoy en día parece absurdo postular un homúnculo totalmente formado de un tamaño inferior al de una célula. Pero un científico del siglo XVIII carecía de razón alguna para postular un límite inferior al tamaño posible de un organismo. De hecho, era una creencia muy extendida que los animálculos de Leeuwenhoek, las criaturas microscópicas unicelulares que tanto habían excitado la imaginación de Europa, tenían juegos completos de órganos en miniatura. Así, Bonnet, respaldando la teoría corpuscular (que afirmaba que la luz se compone de partículas discretas), escribía exaltadamente acerca de la inconcebible pequeñez de los varios millones de glóbulos de luz que penetran de golpe y a la vez en los hipotéticos ojos de los animálculos. «La naturaleza opera a un tamaño tan diminuto como pueda desear. Desconocemos por completo el límite inferior de división de la materia, pero podemos discernir que ésta ha sido pródigamente dividida. Desde el elefante al ácaro, desde la ballena hasta el animálculo 27 millones de veces más pequeño que el ácaro, desde el orbe solar hasta el glóbulo de luz, ¡qué inconcebible multitud de grados intermedios!»

¿Por qué sentían los preformacionistas tal necesidad de penetrar más allá de las apariencias? ¿Por qué se resistían a aceptar la evidencia directa de sus sentidos? Consideremos las alternativas. O bien las partes están presentes desde un principio, o el huevo fecundado es totalmente informe. Si el huevo es informe, entonces debe existir alguna fuerza exterior que imponga infaliblemente un diseño sobre la materia sólo potencialmente capaz de realizarlo. Pero ¿qué clase de fuerza podía ser ésta? ¿Y debía acaso existir una fuerza diferente para cada clase de animal? ¿Cómo podemos hacer averiguaciones acerca de ella, verificar su existencia, percibirla, tocarla o comprenderla? ¿Cómo podría representar otra cosa que una insustancial apelación a un misterioso y místico vitalismo?

El preformacionismo representaba lo mejor de la ciencia newtoniana. Estaba ideado para salvaguardar una actitud general, que hoy en día reconoceríamos como «científica», frente al vitalismo implicado por la evidencia de las sensaciones al desnudo. Si el huevo estuviera realmente sin organizar, si fuera un material homogéneo carente de partes preformadas, ¿cómo podría entonces producir tan fabulosa complejidad en ausencia de una misteriosa fuerza directriz? La produce, y puede hacerlo tan sólo porque la estructura (no meramente la materia prima) necesaria para la construcción de esta complejidad reside ya en el huevo. Bajo este prisma, la afirmación de Bonnet acerca del triunfo de la razón sobre los sentidos parece bastante más razonable.

Finalmente, ¿quién puede decir que nuestra actual comprensión de la embriología refleje el triunfo de la epigénesis? La mayor parte de los grandes debates quedan resueltos en el dorado punto medio de Aristóteles, y éste no constituye una excepción. Desde nuestra perspectiva actual, los epigenetistas tenían razón; los órganos se diferencian secuencialmente a partir de rudimentos más simples en el transcurso del desarrollo embrionario; no existen partes preformadas. Pero los preformacionistas tenían

también razón en tanto en cuanto insistían en que la complejidad no puede surgir de una materia prima informe, que debe existir algo dentro del huevo que regule su desarrollo. Todo lo que podemos decir (como si tuviera alguna importancia) es que identificaron incorrectamente este «algo» como partes preformadas, mientras que hoy en día lo identificamos como las instrucciones codificadas en el ADN. Pero ¿qué más podía esperarse de los científicos del siglo XVIII, que no sabían nada de la existencia futura de las pianolas, por no hablar de los programas de ordenador? La idea de un programa codificado no formaba parte de su equipamiento intelectual.

Y, puestos a pensar en ello, ¿qué podría resultar más fantástico que la afirmación de que un huevo contiene miles de instrucciones, escritas sobre moléculas que le dicen a la célula que ponga en marcha y detenga la producción de determinadas sustancias que regulan la velocidad de procesos químicos? La idea de partes preformadas me parece algo mucho menos artificial. Lo único que respalda la idea de las instrucciones codificadas es que parece ser que están ahí.

La postura hace al hombre

Ningún suceso contribuyó más al establecimiento del prestigio y la fama del Museo Americano de Historia Natural que las expediciones al desierto de Gobi de la década de 1920. Los descubrimientos entonces realizados, incluyendo los primeros huevos de dinosaurio, fueron excitantes y numerosos, y la aventura encajaba a la perfección en el más heroico molde hollywoodiano. Sigue siendo difícil encontrar una historia de aventuras más apasionante que el libro de Roy Chapman Andrews (con su título chovinista): *The New Conquest of Central Asia*. No obstante, las expediciones fracasaron estrepitosamente en cuanto a su objetivo manifiesto: encontrar en Asia Central a los antecesores del hombre. Y fracasaron por una razón muy elemental: nosotros evolucionamos en África, como había supuesto Darwin cincuenta años antes.

Nuestros antecesores africanos (o al menos nuestros primos más próximos) fueron descubiertos en depósitos hallados en cuevas en la década de 1920, pero estos australopitecinos no encajaban en las ideas preconcebidas acerca del aspecto que debía tener un «eslabón perdido», y muchos científicos se negaron a aceptarlos de buena fe como miembros de nuestro linaje. La mayor parte de los antropólogos habían imaginado una transformación razonablemente armoniosa del mono en humano, impulsada por una inteligencia creciente. Un eslabón perdido debía de ser algo intermedio, tanto en cuerpo como en cerebro, algo como Alley Oop* o las viejas (y falsas) representaciones de los neandertales de hombros caídos. Pero los australopitecinos se negaban a conformarse a esta imagen. Desde luego su cerebro era mayor que el de cualquier simio de tamaño corporal equivalente, pero no mucho mayor (véanse los ensayos 22 y 23). La mayor parte del incremento evolutivo en tamaño de nuestro cerebro se produjo después de que alcanzáramos el nivel de los australopitecinos. Y no obstante, estas criaturas de pequeño cerebro caminaban tan erguidas como usted o como yo. ¿Cómo podía ser? Si nuestra evolución se vio impulsada por un agrandamiento de nuestro cerebro, ¿cómo era posible que la postura erguida —otra «seña de identidad de la hominización», y no simplemente un rasgo incidental— se hubiera originado con anterioridad? En un ensayo escrito en 1963, George Gaylord Simpson utilizó este dilema para ilustrar

el a veces espectacular fracaso en la predicción de descubrimientos incluso cuando existe alguna base sólida para realizar la predicción. Un ejemplo evolutivo es el fracaso en predecir el descubrimiento de un «eslabón perdido», hoy en día conocido [*Australopithecus*], que presentara una postura erguida y fabricara herramientas, pero que tuviera la fisonomía y la capacidad craneal de un simio.

Debemos atribuir este «espectacular fracaso» principalmente a un sutil prejuicio que llevó a la siguiente extrapolación, totalmente invalidada: dominamos a los demás animales por medio de nuestra capacidad mental (y poco más); por lo tanto, el crecimiento del cerebro debe de haber sido la fuerza motriz de nuestro desarrollo en todas las etapas. La tradición de subordinación de la postura erguida al crecimiento del cerebro puede ser seguida a lo largo de toda la historia de la antropología. Karl Ernst von Baer, el mayor embriólogo del siglo XIX (y que sólo cede el puesto a Darwin en mi panteón personal de héroes científicos), escribió en 1828: «La postura erguida es tan sólo la consecuencia del mayor desarrollo del cerebro [...] todas las diferencias existentes entre el hombre y los demás animales dependen de la construcción del cerebro». Cien años más tarde, el antropólogo inglés G. E. Smith escribió: «No fue la adopción de una postura erguida o la invención de un lenguaje articulado lo que separó al hombre del mono, sino el perfeccionamiento gradual del cerebro y la lenta construcción de su estructura mental, de los cuales la posición erguida y el lenguaje no son más que algunas de sus manifestaciones incidentales».

En contra de este coro de voces que ponían todo el énfasis en el cerebro, unos pocos científicos sostenían la preponderancia de la postura erguida. Sigmund Freud basó gran parte de su muy idiosincrásica teoría acerca del origen de la civilización en ella. Comenzando por sus cartas a Wilhelm Fliess en la década de 1890, y culminando en su ensayo de 1930 *El malestar en la cultura*, Freud argumentaba que nuestra asunción de la postura erguida había reorientado nuestras sensaciones primarias del olfato a la vista. Esta devaluación del olfato desplazó el objeto de la estimulación sexual en los machos de los olores cíclicos del estro a la visibilidad continuada de los genitales femeninos. El deseo continuo en los machos llevó a la evolución de la receptividad continua en las hembras. La mayor parte de los mamíferos copulan exclusivamente en las fechas próximas al período de la ovulación; los humanos son sexualmente activos en todo momento (lo que lo convierte en un tema favorito de los que escriben acerca de la sexualidad). La sexualidad continuada ha sentado las bases de la familia humana y ha hecho posible la civilización; los animales con una copulación fuertemente cíclica carecen de ímpetu en favor de una estructura familiar estable. «El proceso, cargado de significado, de la civilización se habría puesto pues en marcha con la adopción, por parte del hombre, de la posición erguida», concluye Freud.

Aunque las ideas de Freud no obtuvieron apoyo entre los antropólogos, sí surgió otra tradición minoritaria en apoyo de la importancia de la posición erguida. (Constituye, dicho sea de paso, el argumento que tendemos a aceptar hoy en día para explicar la morfología de los australopitecinos y la ruta seguida por la evolución humana.) El cerebro no puede empezar a crecer en el vacío. Hay que aportarle un ímpetu inicial en forma de un modo de vida alterado que impusiera una fuerte ventaja selectiva sobre la inteligencia. La postura erguida libera a las manos de su función locomotriz y permite su uso para la manipulación (literalmente, de *manus*, mano). Por vez primera pueden fabricarse, y con

facilidad, herramientas y armas. El incremento de la inteligencia es, en gran medida, una respuesta al enorme potencial inherente a la disposición libre de las manos para la manufactura de objetos una vez más, literalmente. (Resulta innecesario decir que ningún antropólogo ha sido jamás tan ingenuo como para creer que la postura y el cerebro sean totalmente independientes en el aspecto evolutivo, que uno de ellos alcanzó su estatus totalmente humano antes de que el otro empezara siquiera a cambiar. Estamos enfrentándonos a un caso de interacción y mutuo reforzamiento. No obstante, nuestra evolución temprana sí que implicó un cambio más rápido en la postura que en el tamaño del cerebro; la liberación completa de nuestras manos para el uso de herramientas precedió a la mayor parte del crecimiento evolutivo de nuestro cerebro.)

En otra demostración de que la sobriedad no implica acierto, el místico y oracular colega de Von Baer, Lorenz Oken, dio con la argumentación «correcta» en 1809, mientras que Von Baer se vio desviado del camino pocos años más tarde. «El hombre obtiene su carácter de caminar erguido, las manos quedan libres y pueden acceder a todos los demás usos [...] Con la libertad del cuerpo vino también la liberación de la mente», escribe Oken. Pero el campeón indiscutible de la posición erguida en el siglo XIX fue el bulldog alemán de Darwin, Ernst Haeckel. Sin el más mínimo atisbo de evidencia directa, Haeckel reconstruyó a nuestro antecesor e incluso le dio un nombre científico, *Pithecanthropus alalus*, el hombre mono erguido, incapaz de hablar y de cerebro pequeño. (*Pithecanthropus*, dicho sea de paso, probablemente sea el único nombre científico asignado a un animal antes de su descubrimiento. Cuando Du Bois descubrió al Hombre de Java en la década de 1890, adoptó el nombre genérico ideado por Haeckel, pero le dio la nueva designación específica de *Pithecanthropus erectus*. Hoy en día, solemos incluir esta criatura en nuestro propio género como *Homo erectus*.)

Pero ¿por qué, a pesar de las objeciones de Oken y Haeckel, se había arraigado tan profundamente la idea de la primacía cerebral? Algo es seguro; el asunto no tenía nada que ver con la existencia de evidencia directa, dado que no existía prueba alguna en favor de ninguna de las dos posiciones. Con la excepción del Neanderthal (una variación geográfica de nuestra propia especie, según la mayor parte de los antropólogos), no se descubrió ningún fósil humano hasta los últimos años del siglo XIX, mucho después de que quedara establecido el dogma de la primacía cerebral. Pero los debates basados en evidencias ausentes figuran entre los más reveladores de la historia de la ciencia, ya que en ausencia de restricciones factuales, los prejuicios culturales que afectan a todo pensamiento (y que los científicos tan asiduamente tratan de negar) quedan expuestos en toda su crudeza.

De hecho, el siglo XIX produjo una brillante revelación procedente de una fuente que sin duda sorprenderá a la mayor parte de los lectores: Friedrich Engels. (Un poco de reflexión debería disminuir esta sorpresa. Engels tenía un gran interés en las ciencias naturales, e intentaba basar su filosofía general del materialismo dialéctico en fundamentos «positivos». No vivió para llevar a término su «dialéctica de la naturaleza»,

pero incluyó largos comentarios en torno a la ciencia en tratados tales como el *Anti-Dühring*.) En 1876, Engels escribió un ensayo titulado *El papel del trabajo en la transición del simio al hombre*. Fue publicado póstumamente en 1896 y, por desgracia, no tuvo impacto alguno en la ciencia occidental.

Engels considera tres características fundamentales de la evolución humana: el lenguaje, un cerebro de grandes dimensiones y la postura erguida. Argumenta que el primer paso debió de ser el descenso de los árboles, con la subsiguiente evolución a una postura erguida en nuestros antecesores que vivían sobre el suelo. «Estos simios, al desplazarse sobre un terreno llano, empezaron a abandonar el hábito de utilizar las manos y fueron adoptando una locomoción cada vez más erguida. Éste fue el paso decisivo de la transición del simio al hombre.» La posición erguida dejaba las manos libres para la utilización de herramientas (trabajo, por emplear la terminología de Engels); el aumento de la inteligencia y el lenguaje vinieron después.

Así pues, la mano no es tan sólo el órgano del trabajo, es también el producto del trabajo. Sólo a través del trabajo, a través de la adaptación a operaciones siempre diferentes [...] por el empleo siempre renovado de estas mejoras heredadas en operaciones nuevas y cada vez más complicadas, ha alcanzado la mano humana el elevado grado de perfección que le ha permitido crear los cuadros de Rafael, las estatuas de Thorwaldsen o la música de Paganini.

Engels expone sus conclusiones como si fueran las consecuencias lógicas de las premisas de su filosofía materialista, pero estoy convencido que se las pisó a Haeckel. Ambas formulaciones son prácticamente idénticas, y Engels cita las páginas relevantes de la obra de Haeckel por otros motivos en un ensayo escrito en 1874. Pero no importa. La importancia del ensayo de Engels no yace en sus conclusiones sustantivas, sino en su lacerante análisis político acerca de por qué la ciencia occidental dependía tanto de la afirmación apriorística de la supremacía del cerebro.

Al aprender los humanos a dominar su entorno material, argumenta Engels, se añadieron nuevas habilidades a la de la caza primitiva, como agricultura, hilado, alfarería, navegación, artes y ciencias, leyes y política y, finalmente, «el reflejo fantástico de lo humano en la mente humana: la religión». Al irse acumulando la riqueza, pequeños grupos de hombres se adueñaron del poder obligando a otros a trabajar para ellos. El trabajo, fuente de toda riqueza e ímpetu primario de la evolución humana, asumió el mismo estatus inferior de aquellos que trabajaban para los gobernantes. Dado que éstos gobernaban por su voluntad (o sea, por hazañas de la mente), los actos del cerebro parecieron asumir una fuerza motriz propia. La profesión de la filosofía no perseguía ningún inmaculado ideal de verdad. Los filósofos dependían del estado o del patrocinio de la religión. Incluso aunque Platón no conspirara conscientemente para reafirmar los privilegios de los gobernantes por medio de una filosofía supuestamente abstracta, su propia posición de clase le animaba a considerar el pensamiento como algo primario, dominante, y en todo concepto más noble e importante que el trabajo que supervisaba. Esta tradición idealista dominó la filosofía en todo momento hasta tiempos de Darwin. Su

influencia era tan sutil y omnipresente que incluso los materialistas científicos, aunque apolíticos, como Darwin, cayeron bajo su embrujo. Antes de poder cuestionar un prejuicio hay que haberlo reconocido como tal. La primacía cerebral parecía algo tan obvio y normal que se aceptaba como algo natural, y no como un prejuicio social profundamente arraigado, relacionado con la posición de clase de los pensadores profesionales y sus patrocinadores. Engels escribe:

Todo el mérito del rápido avance de la civilización le fue atribuido a la mente, al desarrollo y actividad del cerebro. Los hombres se acostumbraron a explicar sus acciones a partir de sus pensamientos, en lugar de sus necesidades.

Y así surgió, con el transcurrir del tiempo, esa perspectiva idealista del mundo que, en especial a partir del derrumbamiento del mundo antiguo, ha venido dominando las mentes de los hombres. Sigue aún gobernándolas en grado tal que incluso los científicos naturalistas más materialistas de la escuela de Darwin siguen siendo incapaces de hacerse una idea clara acerca de los orígenes del hombre, porque bajo esa influencia ideológica no reconocen el papel que en esto ha desempeñado el trabajo.

La importancia del ensayo de Engels no reside en el feliz resultado de que *Australopithecus* confirmara una teoría propuesta por él (a través de Haeckel), sino más bien en su perspicaz análisis del papel político de la ciencia y de los prejuicios sociales que afectan necesariamente a todo pensamiento.

De hecho, el tema de Engels acerca de la separación de la cabeza y la mano ha hecho mucho por establecer un límite y fijar el curso de la ciencia a través de la historia. La ciencia académica, en particular, se ha visto constreñida por un ideal de investigación «pura», que en tiempos mantuvo a los científicos alejados de la experimentación extensiva y de la comprobación empírica. La antigua ciencia griega trabajaba bajo la restricción de que los pensadores patricios no podían realizar el trabajo manual de los artesanos plebeyos. Los barberos y cirujanos medievales que tenían que enfrentarse a las bajas del campo de batalla aportaron más al avance de la medicina que los médicos académicos que rara vez examinaban a un paciente y que basaban sus tratamientos en su conocimiento de Galeno y otros textos aprendidos. Incluso en nuestros días, los investigadores «puros» tienden a desestimar lo práctico, y se oyen términos despectivos hacia este enfoque en círculos académicos. Si aceptáramos el mensaje de Engels y reconociéramos nuestra inclinación a creer en la superioridad intrínseca de la investigación pura como lo que es —a saber, un prejuicio social—, tal vez podríamos forjar la unión, entre los científicos, de la teoría y de la práctica, que un mundo que se tambalea peligrosamente al borde del precipicio necesita tan desesperadamente.

Racismo y recapitulación

El adulto que más rasgos fetales [o] infantiles retiene [...] es incuestionablemente inferior a aquel cuyo desarrollo ha progresado más allá de ellos. Medida con este rasero, la raza europea o blanca se halla a la cabeza de la lista, la africana o negra en su base.

D. G. BRINTON, 1890

Sobre la base de mi teoría, estoy obviamente convencido de la desigualdad de las razas [...] En este desarrollo fetal, el negro atraviesa una fase que se ha convertido ya en la fase final del hombre blanco. Si continúa el retardo en el negro, lo que sigue siendo una fase de transición para esta raza podría convertirse también en etapa final. Es posible que todas las demás razas alcancen el cenit de desarrollo ocupado hoy por la raza blanca.

L. BOLK, 1926

Los negros son inferiores, según nos cuenta Brinton, porque conservan rasgos juveniles. Los negros son inferiores, afirma Bolk, porque se desarrollan más allá de los rasgos juveniles que conservan los blancos. No puedo por menos de dudar que sea posible elaborar dos argumentaciones más contradictorias en apoyo de una misma opinión.

Estos argumentos surgen de diferentes lecturas de un tema bastante técnico de la teoría evolutiva: la relación entre la ontogenia (el crecimiento de los individuos) y la filogenia (la historia evolutiva de los linajes). Mi objetivo aquí no es explicar este tema, sino más bien establecer una opinión acerca del racismo pseudocientífico. Nos agrada pensar que el progreso científico elimina la superstición y los prejuicios. Brinton ligaba su racismo a la teoría de la recapitulación, la convicción de que los individuos, en su propio desarrollo embrionario y juvenil, repiten las fases adultas de sus antecesores, que cada individuo, en su propio desarrollo, asciende a lo largo de su árbol genealógico. (Para los defensores de la recapitulación, las hendiduras branquiales embrionarias de los fetos humanos representan al pez adulto del que descendemos. Y, en una lectura racista, los niños atraviesan y trascienden las etapas intelectuales que caracterizan a los adultos de las razas «inferiores»). En el transcurso de los últimos años del siglo XIX, la recapitulación aportó una de las dos o tres principales argumentaciones «científicas» del arsenal racista.

No obstante, a finales de la década de 1920, la teoría de la recapitulación se había venido totalmente abajo. De hecho, como expongo en el ensayo 7, los antropólogos empezaron a interpretar la evolución humana del modo exactamente contrario. Bolk iba a

la cabeza del movimiento, argumentando que los humanos habían evolucionado conservando los rasgos juveniles de sus antecesores y perdiendo estructuras anteriormente propias de los adultos, un proceso denominado neotenia. Con esta inversión, cabría esperar que se hubiera producido una total desaparición del racismo blanco; al menos, una cuidadosa marginación de anteriores afirmaciones. En el mejor de los casos, una admisión honesta de que las antiguas evidencias, bajo el prisma de la nueva teoría de la neotenia, afirmaba la superioridad de los negros (dado que la retención de rasgos juveniles se convertía, según ella, en una característica progresiva). Nada de esto ocurrió. La vieja evidencia fue silenciosamente olvidada, y Bolk emprendió la búsqueda de nuevos datos para contradecir la antigua información y volver a dar un respaldo «científico» a la inferioridad de los negros. Con arreglo a la neotenia, las razas «superiores» deben retener más rasgos juveniles al llegar a adultos; de modo que Bolk descartó los embarazosos «datos» utilizados antaño por los recapitulacionistas y alistó en apoyo de su postura las pocas características juveniles de los blancos adultos.

Está claro que la ciencia no influyó en las actitudes raciales en este caso. Más bien fue al contrario: una creencia apriorística en la inferioridad de los negros fue lo que determinó la selección tendenciosa de la «evidencia». A partir de una masa abundante de datos, capaces de respaldar casi cualquier aseveración racial, los científicos seleccionaron los datos que pudieran confirmar sus conclusiones, elegidas con arreglo a las teorías de moda. Existe, en mi opinión, todo un mensaje de índole general en esta lamentable historia. No existe hoy ni ha existido jamás prueba inequívoca alguna que respalde una determinación genética de los rasgos que pueda tentarnos a realizar distinciones raciales (diferencias entre las razas en los valores medios de tamaño cerebral, inteligencia, discernimiento moral, y así sucesivamente). No obstante, esta falta de evidencia no ha evitado que se expresaran opiniones científicas. Debemos por lo tanto llegar a la conclusión de que esta expresión es un acto político, y no científico, y de que los científicos tienden a actuar de un modo conservador, aportando «objetividad» a lo que la sociedad en general desea escuchar.

Volviendo a mi historia, Ernst Haeckel, el más importante divulgador de Darwin, vio una gran promesa en la teoría evolutiva como arma social. Escribió:

La evolución y el progreso se yerguen de un lado, reunidos bajo el esplendoroso estandarte de la ciencia; del otro lado, bajo la negra bandera de la jerarquía, se yerguen el servilismo y la falsedad espirituales, la carencia de la razón y la barbarie, la superstición y lo reaccionario [...] La evolución es la artillería pesada de la batalla por la verdad; batallones enteros de sofismas dualistas caen ante [ella] [...] como ante una salva de artillería.

La recapitulación era el argumento favorito de Haeckel (él la llamaba «ley biogenética» y acuñó la frase «la ontogenia recapitula la filogenia»). La utilizaba para atacar la exigencia de un estatus especial por parte de la nobleza —¿acaso no somos

todos peces cuando no somos más que embriones?— y para ridiculizar la inmortalidad del alma, porque ¿dónde iba a estar el alma en nuestra condición embrionaria vermiforme?

Haeckel y sus colegas invocaban también la recapitulación para reafirmar la superioridad racial de los blancos noreuropeos. Rastrear la evidencia de la anatomía y el comportamiento humanos, utilizando todo lo que encontraban, desde el cerebro hasta los ombligos. Herbert Spencer escribió que «las características intelectuales de los seres incivilizados [...] son características que se repiten en los niños de los seres civilizados». Carl Vogt lo planteó más agresivamente en 1864: «El negro adulto participa, en lo referente a sus facultades intelectuales, de la naturaleza de un niño [...] Algunas tribus han fundado estados que poseen una organización peculiar, pero, en cuanto a lo demás, podemos afirmar descarnadamente que la raza en su conjunto no ha realizado nada, ni en el presente ni en el pasado, tendente al progreso de la humanidad o digno de ser preservado». Y el anatomista francés Etienne Serres llegó a sostener que los machos negros son primitivos porque la distancia entre su ombligo y su pene sigue siendo pequeña (en relación con su estatura) durante la totalidad de su vida, mientras que los niños blancos empiezan presentando una distancia pequeña, pero que va en aumento en el transcurso de su crecimiento; es decir, la elevación del ombligo como señal de progreso.

Esta argumentación general resultó tener multitud de usos sociales. Edward Drinker Cope, más conocido por su «batalla de los fósiles» con Othniel Charles Marsh, comparó el arte rupestre del hombre de la Edad de Piedra con el de los niños blancos y el de los adultos «primitivos» de hoy en día: «Descubrimos que los esfuerzos de las razas más antiguas de las que tenemos noticia fueron similares a aquellos que la mano no adiestrada de la infancia traza sobre su pizarra o que el salvaje inscribe sobre las paredes rocosas de las colinas». Toda una escuela de «antropología criminal» (véase el siguiente ensayo) estigmatizaba a los malhechores blancos como seres genéticamente retardados y los comparaba una vez más con los niños y los africanos o los indios adultos: «Algunos de ellos [criminales blancos] hubieran constituido el ornamento y la aristocracia moral de una tribu de pieles rojas», escribió un fanático defensor de la idea. Havelock Ellis señaló que los criminales blancos, los niños blancos y los indios sudamericanos no suelen sonrojarse.

La recapitulación tuvo su máximo impacto político como argumentación en apoyo del imperialismo. Rudyard Kipling, en su poema acerca de la «carga del hombre blanco», se refería a los nativos vencidos diciendo que eran «mitad demonios y mitad niños». Si la conquista de tierras distantes alteró algunas creencias religiosas cristianas, la ciencia siempre podía aliviar alguna conciencia afectada señalando que los pueblos primitivos, como los niños blancos, eran incapaces de gobernarse a sí mismos en un mundo moderno. Durante la guerra hispano-estadounidense de 1898, se planteó un gran debate en Estados Unidos acerca de si teníamos derecho a anexionarnos las Filipinas. Cuando

los antiimperialistas citaron la afirmación de Henry Clay de que el Señor no habría creado una raza incapaz de autogobernarse, el reverendo Josiah Strong replicó: «La concepción de Clay fue formada antes de que la ciencia moderna demostrara que las razas se desarrollan en el transcurso de siglos del mismo modo que los individuos lo hacen en el transcurso de años, y que una raza subdesarrollada, que es incapaz de autogobernarse, no constituye una mácula para el Todopoderoso como tampoco lo hace un niño subdesarrollado incapaz de gobernarse a sí mismo». Otros adoptaron un punto de vista «liberal» y modelaron su racismo al modo paternalista: «Sin pueblos primitivos, el mundo en general sería en gran medida lo que a menor escala es sin la bendición de los niños [...] Debemos ser tan justos con la “raza traviesa de ultramar” como lo somos con el “niño travieso” de nuestros hogares».



La edición de 1874 de la *Anthropogenie* de Ernst Haeckel contiene esta ilustración racista de la evolución.
(Cortesía del American Museum of Natural History.)

Pero la teoría de la recapitulación contenía un defecto fatal. Si los rasgos adultos de los antecesores se convierten en rasgos juveniles de sus descendientes, entonces su desarrollo deberá acelerarse para dejar hueco a la adición de nuevos caracteres adultos al

final de la ontogenia del descendiente. Con el redescubrimiento de la genética mendeliana en 1900, esta «ley de la aceleración» se derrumbó, arrastrando consigo la totalidad de la teoría de la recapitulación, ya que si los genes elaboran enzimas y los enzimas controlan los ritmos de determinados procesos, entonces la evolución puede actuar o bien acelerando, o retardando el ritmo del desarrollo. La recapitulación necesita una aceleración universal, pero la genética proclama que el retardo es igual de probable. Cuando los científicos empezaron a buscar evidencia de algún retardo, nuestra propia especie se hizo con el escenario. Como argumentaba en el ensayo 7, los humanos, en muchos aspectos, han evolucionado conservando rasgos juveniles comunes a los primates e incluso a los mamíferos en general; por ejemplo, nuestro cráneo bulboso y nuestro cerebro relativamente grande, la posición ventral de nuestro *foramen magnum* (que permite la postura erguida), las mandíbulas pequeñas y nuestra relativa alopecia.

Durante medio siglo, los defensores de la recapitulación recolectaron «pruebas» en favor del racismo; todas se basaban en que los adultos de las razas «inferiores» eran como los niños blancos. Cuando se vino abajo la teoría de la recapitulación, los defensores de la neotenia humana seguían disponiendo de estos datos. Una reinterpretación objetiva de los mismos debería haberles llevado a la conclusión de que las razas «inferiores» son superiores; porque tal y como escribió Havelock Ellis (uno de los primeros defensores de la neotenia): «El progreso de nuestra raza ha sido un progreso de la juventud». Finalmente, el nuevo criterio fue aceptado, la raza más infantil sería, en adelante, la que ostentaría el manto de la superioridad. Pero la antigua evidencia fue simplemente descartada, y Bolk se dedicó a rastrear alguna evidencia contraria con el fin de demostrar que los adultos blancos son como los niños negros. La encontró, por supuesto (siempre es posible hacerlo si se desea lo suficiente): los negros adultos tienen cráneos alargados, piel oscura, mandíbulas acentuadamente prognatas y una «dentición ancestral», mientras que los blancos adultos y los niños negros tienen cráneos cortos, piel clara (o al menos más clara), y mandíbulas pequeñas y no prominentes (pasaremos por alto los dientes). «La raza blanca parece ser la más progresiva, por ser la más retardada», decidió Bolk. Havelock Ellis había dicho prácticamente lo mismo en 1894: «El niño de muchas de las razas africanas es poco menos o igual de inteligente que el niño europeo, pero mientras que el africano al crecer se vuelve estúpido y obtuso, cayendo toda su vida social en un estado de inamovible rutina, el europeo retiene gran parte de su vivacidad infantil».

Para que no pasemos por alto estas afirmaciones considerándolas un lapsus de tiempos pasados, me gustaría señalar que la argumentación neoténica fue invocada en 1971 por un importante genetista determinista en el debate acerca del CI. H. Eysenck afirma que los niños negros africanos y norteamericanos exhiben un desarrollo sensorial y motor más rápido que el de los blancos. También argumenta que un desarrollo sensorial y motor rápido en el primer año de la vida está correlacionado con una posterior inferioridad en el CI. Éste es un ejemplo clásico de una correlación no causal y

potencialmente no significativa: supongamos que las diferencias en el CI están totalmente determinadas por el entorno; en ese caso, el rápido desarrollo motor no produce una disminución del CI, que no es más que otra medida de identificación racial (y mucho más pobre que el color de la piel). No obstante, Eysenck invoca la neotenia para respaldar su interpretación genética: «Estos hallazgos resultan importantes a causa de un criterio muy extendido en la biología, según el cual cuanto más prolongada sea la infancia tanto mayores en general serán las capacidades cognitivas e intelectuales de la especie».

Pero hay un cepo en la argumentación neoténica que los racistas blancos han decidido ignorar. Dificilmente puede negarse que las razas humanas más juvenilizadas no son las blancas sino las mongoloides (algo que los militares estadounidenses jamás entendieron al afirmar que el Vietcong formaba sus ejércitos con «quinceañeros», muchos de los cuales resultaron tener treinta y cuarenta años). Bolk escurrió el bulto frente a este dato; Havelock Ellis se enfrentó con él y admitió su derrota (si bien no la inferioridad).

Si los recapitulacionistas racistas perdieron la batalla por su teoría, tal vez los neotenistas racistas la pierdan por mor de los hechos (aunque la historia sugiere que los hechos son simple y llanamente seleccionados para que se ajusten a teorías preestablecidas). Existe otro punto embarazoso en los datos de la neotenia; a saber, el estatus de las mujeres. Todo iba bien bajo el recapitulacionismo. Las mujeres son de anatomía más juvenil que los hombres, en lo que era una clara muestra de inferioridad, como argumentaba vociferante Cope en la década de 1880. No obstante, según la hipótesis de la neotenia, las mujeres deberían ser superiores por ese motivo precisamente. Una vez más, Bolk decidió ignorar la cuestión. Y una vez más, Havelock Ellis se enfrentó a ella honestamente admitiendo la posición posteriormente encabezada por Ashley Montagu en su tratado acerca de «la superioridad natural de las mujeres». En 1894, Ellis escribió: «Ella lleva en sí las características especiales de la humanidad en mayor grado que el hombre [...] Esto es cierto con respecto a los caracteres físicos: el hombre urbano de cabeza grande, rostro delicado y huesos pequeños está mucho más cerca de la mujer típica que el salvaje. No sólo por el gran tamaño de su cerebro, sino por su gran pelvis, el hombre moderno está siguiendo un sendero que ha sido abierto por la mujer». Ellis incluso llegó a sugerir que podríamos buscar nuestra salvación en las líneas finales de Fausto:

Eterna feminidad
Llévanos a lo más alto.

El criminal como error de la naturaleza,
o el mono que algunos llevamos dentro

W. S. Gilbert dirigió su poderosa sátira contra toda forma de pretensión tal y como él la veía. En la mayor parte de los casos continuamos aplaudiéndole: los aristócratas pomposos y los poetas amanerados siguen siendo blancos legítimos. Pero Gilbert era un victoriano acomodado de corazón, y buena parte de lo que él etiquetaba como pretencioso nos parece hoy en día brillante; en particular, la educación superior para las mujeres.

¡Una escuela superior para mujeres! ¡Locura de locuras!
¿Qué pueden las muchachas aprender entre sus cuatro paredes digno de conocerse?

En *Princess Ida*, la profesora de humanidades de Castle Adamant invoca una justificación biológica para su proposición de que el «hombre es la única equivocación de la naturaleza». Cuenta la historia de un simio que amaba a una mujer bellísima. Para ganarse su afecto, intentó vestirse y actuar como un caballero, pero necesariamente en vano, ya que:

El hombre darwiniano, aun con buenos modales
Sólo es, en el mejor de los casos, un mono afeitado.

Gilbert produjo *Princess Ida* en 1884, ocho años después de que un médico italiano, Cesare Lombroso, iniciara uno de los movimientos sociales más poderosos de su época con una afirmación similar, realizada con toda seriedad acerca de un grupo de hombres: los criminales natos son esencialmente simios que viven entre nosotros. Ya más entrado en años, Lombroso rememoraba el momento de la revelación:

En 1870 llevaba yo varios meses realizando investigaciones en las cárceles y manicomios de Pavía sobre cadáveres y personas para determinar la existencia de diferencias sustanciales entre los dementes y los criminales, sin demasiado éxito. Súbitamente, una sombría mañana de diciembre, descubrí en el cráneo de un delincuente una gran serie de anomalías atávicas [...] El problema de la naturaleza y el origen de los criminales quedó para mí resuelto; los caracteres de los hombres primitivos y de los animales inferiores debían estar reproducidos en nuestros tiempos.

Las teorías biológicas sobre la criminalidad no eran precisamente algo novedoso, pero Lombroso otorgó a la cuestión un sesgo novedoso, evolutivo. Los criminales natos no son personas simplemente alteradas o enfermas; son, literalmente, saltos hacia atrás

hacia una fase evolutiva anterior. Los caracteres hereditarios de nuestros antecesores simioscos y primitivos permanecen en nuestro repertorio genético. Algunos hombres desafortunados nacen con un número desacostumbradamente grande de estos caracteres ancestrales. Su comportamiento podría haber resultado apropiado en el salvaje del pasado; hoy en día, lo consideramos criminal. Podemos compadecernos del criminal nato, ya que no puede evitar serlo; pero no podemos tolerar sus actividades. (Lombroso creía que el 40 por 100 de los criminales pertenecían a esta categoría de lo biológicamente innato, a los criminales de nacimiento. Otros cometían felonías por causa de la ambición, los celos, la ira exacerbada y así sucesivamente, hasta llegar a los criminales ocasionales.)

Cuento esta historia por tres razones que se combinan para hacer de ella mucho más que un ejercicio de anticuario sobre un pequeño rincón de la olvidada historia de finales del siglo XIX:

1. Una generalización acerca de la historia social: ilustra la enorme influencia de la teoría evolutiva en terrenos muy alejados de su núcleo biológico. Hasta los científicos más abstractos distan de ser agentes independientes. Las grandes ideas tienen extensiones notablemente sutiles y de enorme alcance. Los habitantes de un mundo nuclearizado deberían saberlo a la perfección, pero hay aún muchos científicos que no han captado el mensaje.
2. Un aspecto político: la invocación de la biología innata en busca de explicaciones del comportamiento humano ha sido algo que se ha producido con frecuencia en nombre del conocimiento. Los defensores del determinismo biológico argumentan que la ciencia puede solventar el problema de la superstición y el sentimentalismo instruyéndonos acerca de nuestra verdadera naturaleza. Pero sus afirmaciones han tenido normalmente un efecto fundamental bien diferente: han sido utilizadas por los líderes de sociedades estratificadas en clases para aseverar que debe prevalecer un orden social determinado, al ser una ley de la naturaleza. Por supuesto, no debe rechazarse ningún punto de vista simplemente porque nos disgusten sus implicaciones. La verdad, tal y como la comprendemos, debe ser el criterio fundamental. Pero las afirmaciones de los deterministas siempre han resultado ser especulaciones cargadas de prejuicios, no datos verificados, y la antropología criminal de Lombroso es el mejor ejemplo que conozco.
3. Una nota contemporánea: el tipo de antropología criminal de Lombroso está muerto y enterrado, pero su postulado básico sigue vivo en la idea de genes o cromosomas de la criminalidad. Estas encarnaciones modernas tienen aproximadamente el mismo valor que la versión original de Lombroso. Su capacidad de llamar nuestra atención ilustra tan sólo el desafortunado atractivo del determinismo biológico en nuestro continuo intento de exonerar a una sociedad, en la que tantos de nosotros florecemos, a base de culpar a la víctima.

El año 1976 marcó el centenario del documento fundacional de Lombroso, posteriormente ampliado en el famoso *L'uomo delinquente*. Lombroso comienza narrando una serie de anécdotas para afirmar que el comportamiento habitual de los animales inferiores es criminal con arreglo a nuestros patrones. Los animales asesinan para apaciguar revueltas; eliminan a sus rivales sexuales; matan guiados por la ira (una hormiga, impacientada por un áfido recalcitrante, lo mató y lo devoró) y forman asociaciones criminales (tres castores comunales compartían el territorio con un individuo solitario; el trío visitó al solitario y fue bien tratado; cuando éste devolvió la visita, fue asesinado por su solicitud). Lombroso llega incluso a calificar la captura de moscas por parte de las plantas carnívoras de «equivalente a un crimen» (aunque no alcanzo a ver en qué se diferencia de cualquier otra forma de comer).

En la siguiente sección, Lombroso examina la anatomía de los criminales y encuentra los signos físicos (estigmas) de su condición primitiva, como un salto atrás hacia nuestro pasado evolutivo. Dado que ya ha definido como criminal el comportamiento normal de los animales, las acciones de estos primitivos vivientes deben surgir de su propia naturaleza. Los rasgos simiescos de los criminales natos incluyen unos brazos relativamente largos, pies prensiles con pulgares móviles, una frente baja y estrecha, grandes orejas, cráneo grueso, mandíbula grande y prognata, abundancia de pelo en el pecho del varón y una baja sensibilidad al dolor. Pero los saltos atrás no se detienen al nivel de los primates. Unos grandes caninos y un paladar plano traen a la mente un pasado aún más distante entre los mamíferos. ¡Lombroso llega incluso a comparar el incremento en la asimetría facial de los criminales natos con la condición normal de los peces planos (con los dos ojos al mismo lado de la cabeza)!

Pero los estigmas no son solamente físicos. El comportamiento social del criminal nato le alía también con los simios y los salvajes humanos vivientes. Lombroso puso especial énfasis en los tatuajes, una práctica común tanto entre las tribus primitivas como entre los criminales europeos. Produjo voluminosas estadísticas acerca del contenido de los tatuajes de los criminales y consideró que éste era obsceno, sin ley o exculpatorio (aunque uno de ellos rezaba, como tuvo que admitir, «*Vive la France et les pommes de terre frites*», «Viva Francia y las patatas fritas»). En el argot criminal encontró un lenguaje, por derecho propio, muy similar al lenguaje de las tribus salvajes en rasgos tales como las onomatopeyas y la personalización de los objetos inanimados: «Hablan de modo diferente porque no sienten igual; hablan como salvajes, porque son verdaderos salvajes en el seno de nuestra esplendorosa civilización europea».

La teoría de Lombroso no era un trabajo científico abstracto. Fundó y encabezó de modo activo una escuela internacional de «antropología criminal» que fue la cabeza de lanza de uno de los más influyentes movimientos sociales de finales del siglo XIX. La escuela «nueva» o «positiva» de Lombroso hacía vigorosas campañas en favor de una modificación de los mecanismos de imposición de la ley y de las prácticas penales. Consideraba sus criterios mejorados para el reconocimiento de los criminales natos como

una contribución fundamental a la imposición de la ley. Lombroso llegó incluso a sugerir una criminología preventiva, pues la sociedad no tenía por qué esperar (y sufrir) la comisión del acto delictivo en sí, ya que los estigmas físicos y sociales definen al criminal en potencia. Puede ser identificado y apartado de la sociedad a la primera manifestación de su naturaleza irrevocable (Lombroso, que era un liberal, prefería el exilio antes que la muerte). Enrico Ferri, el colega más próximo a Lombroso, recomendaba que «los tatuajes, la antropometría, la fisonomía [...] la actividad refleja, las reacciones vasomotrices [los criminales, según él, no se sonrojan], y el horizonte de visión» fueran utilizados como criterios de juicio por los magistrados.

Los antropólogos criminalistas también hacían campaña en favor de una reforma básica en las prácticas penales. Una ética cristiana ya obsoleta mantenía que los criminales debían ser sentenciados por sus acciones, pero la biología declaraba que debían ser juzgados por su naturaleza. Adecuar el castigo al criminal, no al crimen cometido. Los criminales ocasionales, carentes de estigmas y capaces de reformarse, debían ser encarcelados el tiempo necesario para garantizar su arrepentimiento. Pero los criminales natos están condenados de antemano por su naturaleza: «La ética teórica pasa por alto el cerebro enfermo, como aceite sobre mármol, sin penetrar en él». Lombroso recomendaba la detención irrevocable y de por vida (en un entorno agradable, pero aislado) para todo reincidente estigmatizado. Algunos de sus colegas eran menos generosos. Un influyente jurista escribió a Lombroso:

Nos ha mostrado usted lúbricos y feroces orangutanes de rostro humano. Es obvio que como tales no pueden actuar de otro modo. Si violan, roban y matan es por virtud de su propia naturaleza y de su pasado, pero esto constituye aún mayor razón para destruirlos, una vez demostrado que siempre seguirán siendo orangutanes.

Y el propio Lombroso no descartaba la «solución final»:

El hecho de que existan seres como los criminales natos, dotados originariamente para el mal, reproducciones atávicas, no ya de hombres salvajes tan sólo, sino incluso de los animales más feroces, lejos de hacernos sentir una mayor compasión hacia ellos, como ha venido manteniéndose, nos endurece frente a toda misericordia.

Debemos mencionar otro impacto social de la teoría de Lombroso y su escuela. Si los salvajes humanos, como los criminales natos, conservaban rasgos simiescos, entonces las tribus primitivas —«razas inferiores carentes de ley»— podían ser consideradas esencialmente criminales. Así, la antropología criminal suministró un poderoso argumento en favor del racismo y el imperialismo en el momento culminante de la expansión colonial europea. Lombroso, dando cuenta de la reducción de la sensibilidad al dolor entre los criminales, escribió:

Su insensibilidad física recuerda mucho la de los pueblos salvajes capaces de soportar, en los ritos de la pubertad, torturas que un hombre blanco jamás sería capaz de tolerar. Todos los viajeros conocen la indiferencia de los negros y los salvajes americanos al dolor: los primeros se cortan las manos y se ríen para

poder huir del trabajo; los segundos, atados al poste del tormento, cantan alegremente las alabanzas de su tribu mientras son quemados a fuego lento. [No puede derrotarse *a priori* a un racista. Piensen en la cantidad de héroes occidentales que murieron valientemente en medio de dolores insoportables, como santa Juana quemada, San Sebastián atravesado por flechas, otros mártires descuartizados. Pero cuando un indio se niega a gritar y suplicar misericordia, tan sólo puede significar que no siente el dolor.]

Si Lombroso y sus colegas hubieran sido un fanático grupo de protonazis, podríamos dejar de lado el problema como una manipulación de unos demagogos conscientes de lo que estaban haciendo. No transmitiría entonces otro mensaje que una petición de vigilancia en contra de los ideólogos que hacen mal uso de la ciencia. Pero los líderes de la antropología criminalista eran socialistas «iluminados» y socialdemócratas que consideraban su teoría como cabeza de lanza de una sociedad racional y científica basada en las realidades humanas. La determinación genética de la actividad criminal, argumentaba Lombroso, es tan sólo la ley de la naturaleza y de la evolución:

Estamos gobernados por leyes no manifiestas que jamás dejan de operar y que gobiernan la sociedad con mayor autoridad que las leyes escritas en nuestros libros de estatutos. El crimen parece ser un fenómeno natural [...] como el nacimiento o la muerte.

Vista retrospectivamente, la «realidad» científica de Lombroso resultó ser la imposición de sus prejuicios sociales sobre un estudio supuestamente objetivo, antes incluso de haber sido éste emprendido. Sus ideas condenaron a multitud de inocentes a un enjuiciamiento *a priori* que a menudo funcionaba como una profecía autorrealizadora. Su intento de comprender el comportamiento humano a base de cartografiar unas potencialidades innatas retratadas en nuestra anatomía tan sólo sirvió como arma en contra de la reforma social, al depositar toda la culpa sobre la herencia de un criminal.

Por supuesto, nadie toma en serio hoy en día las afirmaciones de Lombroso. Sus estadísticas eran defectuosas hasta lo increíble; tan sólo una fe ciega en la inevitabilidad de las conclusiones pudo llevarle a tanta manipulación y ocultamiento. Además, nadie consideraría hoy en día un signo de inferioridad el tener los brazos largos o una mandíbula prominente; los deterministas modernos buscan una señal más definitiva en los genes y los cromosomas.

En los cien años transcurridos entre *L'uomo delinquente* y nuestra celebración del Bicentenario han pasado muchas cosas. Nadie que defienda en serio la criminalidad innata recomienda la detención o el asesinato de los desafortunados afligidos, ni siquiera afirma que una inclinación natural al comportamiento criminal pueda llevar necesariamente a actos criminales. Aun así, el espíritu de Lombroso sigue estando con nosotros. Cuando Richard Speck asesinó a ocho enfermeras en Chicago, la defensa argumentó que no pudo evitarlo porque tenía un cromosoma Y supernumerario. (Las hembras normales tienen dos cromosomas X, los machos normales un cromosoma X y otro Y. Un pequeño porcentaje de machos tiene un cromosoma Y de más, XYY.) Esta revelación inspiró toda una epidemia de especulaciones, y los artículos acerca del

«cromosoma criminal» inundaron nuestras revistas populares. El planteamiento, ingenuamente determinista, tenía pocas cosas a su favor aparte de lo siguiente: los machos tienden a ser más agresivos que las hembras, y esta característica podría ser genética. Caso de serlo, debe residir en el cromosoma Y. Todo aquel que posea dos cromosomas Y tiene una dosis doble de agresividad y podría verse inclinado hacia la violencia y la criminalidad. Pero la información recogida a toda prisa acerca de los machos XYY en las cárceles parece ser desesperantemente ambigua, e incluso el propio Speck resultó ser después de todo un varón XY. Una vez más, el determinismo biológico da la nota, crea una oleada de discusiones y charlas de café y seguidamente se disipa por falta de corroboración. ¿Por qué nos intrigan tanto las hipótesis acerca de las disposiciones innatas? ¿Por qué queremos trasladar la responsabilidad de nuestra violencia y nuestro sexismo a los genes? Las señas de identidad de la humanidad no son sólo nuestra capacidad mental sino también nuestra flexibilidad mental. Hemos construido nuestro mundo y también podemos cambiarlo.

VIII
La ciencia y la política
de la naturaleza humana

A
Raza, sexo y violencia

Razones biológicas por las que no deberíamos poner nombres a las razas humanas

La taxonomía es el estudio de las clasificaciones. Aplicamos reglas taxonómicas rigurosas a otras formas de vida, pero cuando llegamos a la especie que mejor deberíamos conocer, nos encontramos con problemas de toda índole.

Normalmente dividimos nuestra propia especie en razas. Bajo las leyes de la taxonomía, todas las subdivisiones formales de las especies son denominadas subespecies. Las razas humanas, por consiguiente, son subespecies de *Homo sapiens*.

En el transcurso de la pasada década, la práctica de dividir las especies en subespecies ha ido siendo gradualmente abandonada en muchos sectores, ya que la introducción de técnicas cuantitativas sugiere métodos diferentes para el estudio de la variabilidad geográfica en el seno de las especies. La designación de las razas humanas no puede y no debe quedar desligada de las cuestiones sociales y éticas que conciernen exclusivamente a nuestra especie. No obstante, estos nuevos procedimientos taxonómicos añaden una argumentación general y puramente biológica a un antiguo debate.

Yo defiendo la idea de que la clasificación racial, que aún continúa vigente, de *Homo sapiens* representa un enfoque obsoleto al problema general de la diferenciación dentro de una especie. En otras palabras, rechazo la clasificación racial de los humanos por las mismas razones por las que prefiero no dividir en subespecies a los caracoles terrestres, prodigiosamente variables, de las Antillas que constituyen el tema de mis propias investigaciones.

Se ha planteado esta argumentación en contra de las clasificaciones raciales en multitud de ocasiones, de modo notable por parte de once autores en *The Concept of Race*, libro editado por Ashley Montagu en 1964 y reeditado en 1969 como edición rústica por Collier-Macmillan. Y no obstante, estos puntos de vista no lograron una aquiescencia general porque las prácticas taxonómicas de hace una década seguían apoyando la designación rutinaria de subespecies. Por ejemplo, en 1962, Theodosius Dobzhansky expresó su sorpresa ante el hecho de que «¡algunos autores se hayan convencido a sí mismos de que la especie humana carece por completo de razas! [...] Del mismo modo que los zoólogos observan una gran diversidad de animales, los antropólogos se ven confrontados por una variedad de seres humanos [...] Las razas son un tema de estudio científico y de análisis simplemente porque constituyen un hecho de la naturaleza». Y Grant Bogue, en su debate con Ashley Montagu, escribió

recientemente: «Algunos académicos inadaptados han dicho que no, que todo esto es un error [...] y algunos de ellos han llegado incluso a sugerir que hasta el concepto mismo de raza existe tan sólo en nuestras cabezas [...] Ante semejante afirmación existen varias respuestas posibles. Una de ellas se expresa a menudo: las razas son evidentes por sí mismas».

En todas estas argumentaciones existe una falacia escandalosa. La variabilidad geográfica, y no las razas, es lo que es evidente por sí mismo. Nadie puede negar que *Homo sapiens* es una especie fuertemente diferenciada; pocos combatirán la observación de que las diferencias en el color de la piel constituyen el signo externo más llamativo de esta diferenciación. Pero el hecho de la variabilidad no requiere la designación de razas. Existen mejores modos de estudiar las diferencias entre los humanos.

La categoría de especie tiene una condición especial en la jerarquía taxonómica. Bajo los principios del «concepto de especie biológica» cada especie representa una unidad «real» en la naturaleza. Su definición refleja esta condición: «Una población de organismos que pueden entrecruzarse potencial o realmente y que comparte el mismo acervo génico». Por encima del nivel de la especie, nos encontramos con cierta arbitrariedad. El género de un hombre puede constituir la familia de otro. No obstante, existen ciertas reglas que hay que seguir en la construcción de jerarquías. Así, no se pueden situar dos miembros del mismo taxón (por ejemplo, del mismo género) en diferentes taxones de rango más elevado (familia u orden, por ejemplo).

Por debajo del nivel de la especie, tan sólo disponemos de la subespecie. En *Systematics and the Origin of Species*, Ernst Mayr definió esta categoría: «La subespecie, o raza geográfica, es una subdivisión geográficamente localizada de la especie, que difiere genética y taxonómicamente de otras subdivisiones de la especie». Necesitamos satisfacer dos criterios: 1) una subespecie debe ser reconocible por rasgos morfológicos, fisiológicos o de comportamiento, esto es, debe ser «taxonómicamente» (y, por inferencia, genéticamente) diferente de otras subespecies; y 2) una subespecie debe ocupar una subdivisión de la distribución geográfica total de la especie. Cuando decidimos caracterizar la variación en el seno de una especie estableciendo subespecies, dividimos todo un espectro de variaciones en paquetes discretos con límites geográficos definidos y características reconocibles.

Las subespecies difieren de todas las demás categorías taxonómicas en dos aspectos fundamentales: 1) sus límites nunca pueden ser fijos y definidos ya que, por norma, un miembro de una subespecie puede hibridarse con los miembros de cualquier otra subespecie dentro de su especie (un grupo que no pueda hibridarse con otras formas cercanas a él deberá ser designado como especie); 2) la categoría no tiene por qué ser necesariamente utilizada. Todos los organismos deben pertenecer a una determinada especie, cada especie a un género, cada género a una familia, y así sucesivamente. Pero no existe necesidad alguna de que la especie sea dividida en subespecies. La subespecie es una categoría de conveniencia. La utilizamos tan sólo cuando juzgamos que nuestra

comprensión de la variabilidad se verá incrementada al establecer paquetes discretos, geográficamente determinados, en el seno de una especie. Hoy en día muchos biólogos argumentan que no sólo resulta inconveniente, sino también definitivamente engañoso imponer una nomenclatura formal a los esquemas dinámicos de variabilidad que observamos en la naturaleza.

¿Cómo podemos hacernos cargo de la rica variabilidad geográfica que caracteriza a tantas especies, incluyendo la nuestra? Como ejemplo del enfoque antiguo, se publicó una monografía en 1942 acerca de la variación geográfica del caracol arborícola hawaiano *Achatinella apexfulva*. El autor dividió esta especie asombrosamente variable en 78 subespecies formales y sesenta «razas microgeográficas» adicionales (aplicada a unidades demasiado indistintas como para ostentar un rango subespecífico). Cada subdivisión recibió un nombre y una descripción formal. El resultado constituye un voluminoso y casi ilegible tomo que entierra uno de los fenómenos más interesantes de la biología evolutiva bajo una maraña impenetrable de nombres y descripciones estáticas.

Y aun así, existen esquemas de variación en el seno de esta especie que fascinarían a cualquier biólogo: correlaciones entre la forma de la concha con la altitud y las precipitaciones, variaciones finamente ajustadas a las condiciones climáticas, rutas de migración reflejadas en la distribución de marcas coloreadas de la concha. ¿Acaso nuestra aproximación a semejantes variaciones ha de ser la de un catalogador? ¿Debemos dividir artificialmente un esquema tan dinámico y continuo en unidades disjuntas con nombres formales? ¿Acaso no sería mejor trazar un mapa de esta variabilidad de un modo objetivo sin imponer sobre él el criterio subjetivo de subdivisión formal que todo taxónomo se ve obligado a utilizar al nombrar subespecies?

En mi opinión, la mayor parte de los biólogos responderían hoy «sí» a esta pregunta; creo también que habrían respondido lo mismo hace treinta años. ¿Por qué entonces continuaron abordando la variación geográfica estableciendo subespecies? Lo hicieron así porque no se habían desarrollado aún técnicas objetivas para trazar el mapa de la variación continua de una especie. Podían, desde luego, trazar la distribución de caracteres únicos, por ejemplo, el peso corporal. Pero la variación en rasgos aislados es un pálido reflejo de los esquemas de variación que afectan simultáneamente a multitud de caracteres. Más aún aparece el problema clásico de la «incongruencia». Los mapas contruidos para rasgos únicos casi invariablemente presentan distribuciones diferentes: el tamaño puede ser grande en los climas fríos y pequeño en los cálidos, mientras que el color puede ser claro en el campo abierto y oscuro en los bosques.

Un mecanismo satisfactorio para la elaboración de mapas exige que se trate simultáneamente la variación en multitud de caracteres. Este tratamiento simultáneo se denomina «análisis multivariante». Los estadísticos desarrollaron las teorías básicas del análisis multivariante hace muchos años, pero su uso rutinario no pudo ser contemplado

antes de la invención de las grandes computadoras electrónicas. Las computaciones que implica son extremadamente laboriosas y están fuera de la capacidad de las calculadoras de mesa y de la paciencia humana; pero una computadora puede realizarlas en segundos.

En el transcurso de la última década, los estudios de la variación geográfica se han visto transformados por la utilización del análisis multivariante. Casi la totalidad de los defensores de este tipo de análisis han declinado la nominación de subespecies. No puede trazarse un mapa de una distribución continua si todos los especímenes deben ser previamente asignados a subdivisiones discretas. ¿Acaso no es mejor limitarse a caracterizar cada muestra local por su propia morfología y buscar regularidades interesantes en los mapas que así surgen?



Mapa generado y trazado por ordenador que muestra la distribución por tamaño de los machos de gorrión común en Norteamérica. Las cifras mayores indican tamaños mayores, basados en una medida compleja compuesta por dieciséis mediciones efectuadas en los esqueletos de las aves.

El gorrión común, por ejemplo, fue introducido en Norteamérica en la década de 1850. Desde entonces, se ha extendido geográficamente y se ha diferenciado morfológicamente hasta un grado notable. Previamente, esta variación se abordaba por medio de la creación de subespecies. R. F. Johnston y R. K. Selander (en *Science*, 1964, p. 550) se negaron a utilizar este procedimiento. «No estamos convencidos — argumentaban— de que la estasis de la nomenclatura resulte deseable para un sistema evidentemente dinámico». Por el contrario, hicieron un mapa de los patrones de variación multivariantes. He reproducido uno de sus mapas, que refleja una combinación

de 16 caracteres morfológicos que representan el tamaño general del cuerpo. La variación es continua y ordenada. Los gorriones grandes tienden a vivir en las áreas tierra adentro del norte, mientras que los gorriones pequeños habitan en las zonas del sur y las costeras. La fuerte relación entre el tamaño corporal y los climas invernales fríos es evidente. Pero ¿la habríamos visto con la misma claridad si la variación se hubiera visto expresada por una serie de nombres en latín que dividieran artificialmente el continuo? Más aún, este patrón de variación refleja la operación de un principio fundamental de la distribución de los animales. La regla de Bergmann asevera que los miembros de una especie de sangre caliente tienden a ser de mayor tamaño en climas fríos. La explicación habitual de este fenómeno invoca la relación entre el tamaño y la superficie relativa (discutida en los ensayos de la parte VI). Los animales grandes tienen relativamente menos área superficial que los pequeños. Dado que los animales pierden calor por radiación a través de su superficie externa, una reducción de la superficie total relativa contribuye a que puedan mantener su cuerpo caliente. Por supuesto, los patrones de variación geográfica no son siempre tan ordenados. En muchas especies, ciertas poblaciones son notablemente diferentes a grupos inmediatamente adyacentes. Sigue siendo mejor trazar objetivamente los mapas de estos patrones que asignar nombres estáticos.

El análisis multivariante empieza a tener el mismo efecto en los estudios de la variación humana. En las últimas décadas, por ejemplo, J. B. Birdsell escribió varios distinguidos libros que dividían la humanidad en razas, siguiendo la práctica aceptada por aquel entonces. Recientemente, ha aplicado el análisis multivariante a las frecuencias de los genes de los grupos sanguíneos entre los aborígenes australianos. Rechaza toda subdivisión en unidades discretas y escribe: «Bien podría ocurrir que la investigación de la naturaleza y la intensidad de las fuerzas evolutivas sea el objetivo a perseguir, mientras que los placeres de clasificar al hombre se desvanecen, tal vez para siempre».

La no ciencia de la naturaleza humana

Cuando un grupo de muchachas sufrían ataques simultáneos en presencia de un acusado de brujería, los jueces de Salem, en el siglo XVII, no acertaban a ofrecer otra explicación que la de una posesión demoníaca. Cuando los seguidores de Charlie Manson atribuyeron a su cabecilla la posesión de poderes ocultos, ningún juez les tomó en serio. En los casi trescientos años que separan ambos incidentes hemos aprendido bastante acerca de los determinantes económicos, sociales y psicológicos del comportamiento grupal. Una interpretación crudamente literal de tales acontecimientos resulta hoy en día ridícula.

Un literalismo igualmente crudo era el que solía prevalecer en la interpretación de la naturaleza humana y de las diferencias entre los grupos humanos. El comportamiento humano era atribuido a una biología innata; hacemos lo que hacemos porque así estamos hechos. La primera lección de un texto primario del siglo XVIII exponía esta posición de modo sucinto: con la caída de Adán pecamos todos. En la ciencia y la cultura del presente siglo se ha hecho patente una tendencia a alejarse de este determinismo biológico. Hemos llegado a considerarnos a nosotros mismos como un animal que aprende; hemos llegado a creer que las influencias de clase y cultura sobrepasan con mucho las débiles predisposiciones de nuestra constitución genética.

Aun así, en el transcurso de la última década nos hemos visto inundados por un determinismo biológico resurgido, que abarca desde la «etología *pop*» hasta el racismo descarnado.

Con Konrad Lorenz como padrino, Robert Ardrey como dramaturgo y Desmond Morris como narrador, se nos presenta al hombre, «el mono desnudo», descendiente de un carnívoro africano, innatamente agresivo e intrínsecamente territorial.

Lionel Tiger y Robin Fox pretenden encontrar una base biológica a los anticuados ideales occidentales de hombres audaces y agresivos y mujeres dóciles y limitadas. Al discutir las diferencias interculturales entre los hombres y las mujeres, proponen una química hormonal heredada de los requerimientos de nuestros supuestos roles primigenios de cazadores en grupo y criadoras de niños.

Carleton Coon ofreció un prelude a los sucesos por venir con su afirmación (*The Origin of Races*, 1962) de que cinco razas humanas básicas evolucionaron independientemente de *Homo erectus* (hombre de Java y Pekín) hasta llegar a *Homo sapiens*, siendo el pueblo negro el último en realizar la transición. Más recientemente se ha utilizado (mal) el test de CI para inferir diferencias genéticas en la inteligencia entre las

razas (Arthur Jensen y William Shockley) y las clases (Richard Herrnstein), siempre, no puedo por menos de constatar, en beneficio del grupo en particular al que el autor casualmente pertenece (véase el ensayo siguiente).

Todos estos criterios han sido cabalmente criticados sobre una base individual; y no obstante, rara vez han sido abordados conjuntamente como expresión de una filosofía común: un burdo determinismo biológico. Uno puede, por supuesto, aceptar una afirmación específica y rechazar las demás. La creencia en la naturaleza innata de la violencia humana no le califica a uno automáticamente como racista. Y aun así, todas estas afirmaciones tienen un sustrato común en tanto en cuanto postulan una base genética directa para nuestros rasgos más fundamentales. Si estamos programados para ser lo que somos, entonces estos rasgos constituyen algo ineluctable. En el mejor de los casos, podremos canalizarlos, pero no cambiarlos, ni por medio de la voluntad, ni de la educación, ni de la cultura.

Si aceptamos las trivialidades habituales acerca del «método científico» por lo que aparentan ser, entonces el resurgir coordinado del determinismo biológico debe atribuirse a la aparición de información nueva que refuta los hallazgos anteriores del presente siglo. La ciencia, nos dicen, progresa por medio de la acumulación de informaciones nuevas y utiliza éstas para mejorar o reemplazar las teorías antiguas. Pero el nuevo determinismo biológico no se apoya en ningún hallazgo reciente de información y no puede citar en su apoyo ni un solo dato inequívoco. Sus renovadas fuerzas deben gozar de alguna otra base, lo más probable es que de naturaleza social o política.

La ciencia siempre se ve influida por la sociedad, pero opera también bajo la fuerte cortapisa de los datos. La Iglesia hizo eventualmente las paces con Galileo porque la Tierra gira, efectivamente, en torno al Sol. Al estudiar los componentes genéticos de características humanas tan complejas como la inteligencia o la agresividad, nos vemos, no obstante, libres de las limitaciones impuestas por los hechos, ya que no sabemos prácticamente nada acerca de ellas. En estas cuestiones, la «ciencia» sigue (y expone) las influencias sociales y políticas que sobre ella actúan.

¿Cuáles son entonces las razones no científicas que han favorecido el resurgimiento del determinismo biológico? En mi opinión van desde la pedestre persecución de unos derechos de autor, de elevada consideración, a través de bestsellers, hasta perniciosos intentos de reintroducir el racismo como ciencia respetable. Su denominador común debe encontrarse en nuestra actual enfermedad. Cuán satisfactorio resulta endosarle la responsabilidad de las guerras y la violencia a nuestros presumiblemente carnívoros antecesores. Qué conveniente resulta culpar a los pobres y hambrientos de su propia condición, ya que, si no, nos veríamos obligados a echarle la culpa a nuestro sistema económico o a nuestro gobierno por su abyecto fracaso en el intento de lograr una vida decente para todo el mundo. Y qué conveniente resulta como argumento para aquellos que controlan el gobierno y, de paso, aportan el dinero necesario para la existencia misma de la ciencia.

Los argumentos deterministas pueden dividirse limpiamente en dos grupos: los basados en la supuesta naturaleza de nuestra especie en general y los que invocan supuestas diferencias entre «grupos raciales» de *Homo sapiens*. Discutiré aquí el primer grupo y abordaré el segundo en mi siguiente ensayo.

Resumida en pocas palabras, la etología *pop*, en sus principales manifestaciones, afirma que el África del Pleistoceno estaba habitada por dos linajes de homínidos. Uno de ellos, un carnívoro pequeño y territorial, evolucionó hasta llegar a nosotros; el otro, un herbívoro de mayor tamaño y presumiblemente más bondadoso, se extinguió. Algunos llevan la analogía de Caín y Abel a su extremo, acusando a nuestros antepasados de fratricidio. La «transición depredadora» a la caza estableció un modelo de violencia innata y engendró nuestras tendencias territoriales: «Con el advenimiento de la vida como cazador del homínido emergente llegó también la dedicación al territorio» (Ardrey, *The Territorial Imperative*). Podemos andar vestidos, ser civilizados y estar ciudadanizados, pero llevamos muy dentro de nosotros los esquemas genéticos de comportamiento que sirvieron a nuestro antecesor, el «mono asesino». En *African Genesis*, Ardrey se erige en campeón de la idea de Raymond Dart de que «la transición depredadora y la fijación de las armas explicaban la sangrienta historia del hombre, su eterna agresión, su persecución irracional, autodestructiva e inexorable de la muerte por la muerte».

Tiger y Fox extienden el tema de la caza en grupo para proclamar una base biológica de las diferencias entre los hombres y las mujeres que las culturas occidentales tanto han valorado tradicionalmente. Los hombres se encargaban de la caza; las mujeres se quedaban en casa con los niños. Los hombres son agresivos y combativos, pero establecen también fuertes lazos entre sí que reflejan la antigua necesidad de cooperar para la caza de piezas de gran tamaño y que ahora encuentra expresión en el rugby a un toque y los clubes de rotarios. Las mujeres son dóciles y están entregadas a sus propios hijos. No establecen lazos fuertes entre sí porque sus antecesoras no tuvieron necesidad de ellos para atender sus hogares y a sus hombres: la hermandad entre las mujeres no es más que una ilusión. «Estamos contruidos para la caza [...] Seguimos perteneciendo al Paleolítico Superior como cazadores, máquinas de precisión diseñadas para la persecución efectiva de la presa» (Tiger y Fox, *The Imperial Animal*).

La historia de la etología *pop* se ha construido sobre dos líneas de supuesta evidencia, ambas muy discutibles:

1. *Analogías con el comportamiento de otros animales* (datos abundantes pero imperfectos). Nadie pone en duda que muchos animales (incluyendo algunos primates, pero no todos) exhiben modelos innatos de comportamiento agresivo y territorial. Dado que nosotros exhibimos un comportamiento similar, ¿acaso no podemos inferir una causa semejante? La falacia de este supuesto refleja una cuestión básica de la teoría evolutiva. Los evolucionistas dividen las similitudes entre

dos especies en rasgos *homólogos* compartidos por una ascendencia común y una constitución genética común, y los rasgos *análogos* que evolucionaron independientemente.

Las comparaciones entre los humanos y los demás animales llevan a afirmaciones causales acerca de la genética de nuestro comportamiento sólo si están basadas en rasgos homólogos. Pero ¿cómo podemos saber si las similitudes son homólogas o análogas? Resulta algo difícil de establecer incluso cuando tratamos de estructuras concretas, tales como músculos o huesos. De hecho, la mayor parte de las discusiones clásicas del estudio de la filogenia implican la confusión entre homología y analogía, dado que las estructuras análogas pueden resultar notablemente similares (llamamos a este fenómeno convergencia evolutiva). ¡Cuánto más difícil será establecer esta diferencia cuando los rasgos similares no son más que los gestos externos del comportamiento! Los babuinos pueden ser territoriales; sus machos pueden estar organizados en una jerarquía de dominancia, pero ¿es realmente nuestra búsqueda del *Lebensraum* y la jerarquía de nuestros ejércitos una expresión de la misma conformación genética, o meramente un patrón análogo, que podría ser exclusivamente cultural en su origen? Y cuando Lorenz nos compara con los gansos y los peces, nos perdemos aún más en el terreno de la conjetura; los babuinos, al menos, son primos segundos nuestros.

2. *Evidencia basada en los fósiles de homínidos* (datos escasos pero directos). La aseveración de territorialidad de Ardrey se basa en el supuesto de que nuestro antecesor africano, *Australopithecus africanus*, era un carnívoro. Deriva su «evidencia» de la acumulación de huesos y herramientas en las excavaciones de las cuevas de Sudáfrica, y en el tamaño y forma de los dientes. Los apilamientos de huesos no los tiene ya en cuenta nadie seriamente; resulta más probable que sean el resultado de la actividad de las hienas que el de la de los homínidos.

Se otorga una mayor prominencia a los dientes, pero en mi opinión, la evidencia es igual de pobre, si no absolutamente contradictoria. Toda la argumentación descansa sobre el tamaño relativo de los dientes masticadores (premolares y molares). Los herbívoros necesitan una mayor área superficial para moler su áspera y abundante comida. *Australopithecus robustus*, el supuesto herbívoro bondadoso, poseía unos dientes masticadores relativamente mayores que los de su pariente carnívoro, nuestro antecesor *Australopithecus africanus*.

Pero *Australopithecus robustus* era un animal de mayor tamaño que *Australopithecus africanus*. Al crecer el tamaño, un animal debe alimentar un cuerpo que crece con arreglo al cubo de su longitud masticando con unas superficies dentarias que crecen tan sólo con arreglo al cuadrado de su longitud si mantienen las mismas dimensiones relativas (véanse los ensayos de la parte VI). Esto no es suficiente, y los mamíferos de mayor tamaño necesitan dentaduras diferencialmente mayores que sus parientes de menor tamaño. He puesto a prueba esta aseveración

midiendo superficies dentarias y tamaños corporales de especies pertenecientes a diversos grupos de mamíferos (roedores, herbívoros del grupo de los cerdos, ciervos y diversos grupos de primates). Invariablemente me he encontrado con que los animales de mayor tamaño tienen dientes relativamente mayores, pero no porque coman alimentos diferentes, sino simplemente porque son más grandes.

Más aún, los «pequeños» dientes de *Australopithecus africanus* no son lo que se dice diminutos. Son *absolutamente* mayores que los nuestros (aunque nosotros seamos tres veces más pesados), y tienen unas dimensiones que se aproximan grandemente a las de los gorilas, ¡que pesan casi diez veces más! La evidencia del tamaño de los dientes indica, para mí, que *Australopithecus africanus* era fundamentalmente herbívoro.

La cuestión del determinismo biológico no es algo abstracto que deba debatirse en el seno de los claustros académicos. Estas ideas tienen consecuencias importantes, y han encontrado ya su camino a los medios de comunicación de masas. La dudosa teoría de Ardrey es un tema prominente en la película de Stanley Kubrick *2001: Una odisea en el espacio*. La herramienta de hueso de nuestro simiesco antepasado aplasta primero el cráneo de un tapir y seguidamente gira en el espacio para acabar transformándose en una estación espacial perteneciente a nuestra siguiente fase evolutiva, mientras que el tema del superhombre de *Así habló Zaratustra* de Richard Strauss cede el paso al *Danubio azul* de Johann. La siguiente película de Kubrick, *La naranja mecánica*, sigue explorando el tema e indaga inspirada por las afirmaciones acerca de la violencia innata humana. (¿Debemos aceptar controles totalitarios para una desprogramación en masa, o debemos seguir siendo desagradables y violentos en el seno de una democracia?) Pero el impacto más inmediato lo sentiremos cuando los privilegios machistas se levanten las mangas para combatir una creciente movilización de las mujeres. Como señala Kate Millett en *Sexual Politics*: «El patriarcado tiene una presa tenaz y poderosa gracias a su tan exitoso hábito de hacerse pasar por la naturaleza».

Los argumentos racistas y el CI

Louis Agassiz, el biólogo estadounidense más importante de mediados del siglo XIX, argumentaba que Dios había creado a los negros y a los blancos como especies separadas. Los defensores de la esclavitud encontraron gran consuelo en esta aseveración, ya que las conminaciones bíblicas en favor de la caridad y la igualdad no tenían por qué atravesar la frontera de la especie. ¿Qué podía responder a esto un abolicionista? La ciencia había iluminado con su fría y desapasionada luz la cuestión; la esperanza y el sentimentalismo cristianos no podían refutarla.

Continuamente se han invocado argumentaciones similares, con el aparente beneplácito de la ciencia, en un intento de equiparar el igualitarismo con la esperanza sentimental y la ceguera emocional. Las personas que no son conscientes de este esquema histórico tienden a aceptar cada recurrencia por lo que aparenta ser: es decir, asumen que cada afirmación surge de los «datos» aparecidos de hecho, y no de las condiciones sociales que realmente la inspiran.

Los argumentos racistas del siglo XIX estaban basados principalmente en la craneometría, la medición de cráneos humanos. Hoy en día, estas proposiciones han quedado totalmente desacreditadas. Lo que en el siglo XIX fue la craneometría, es hoy la evaluación de la inteligencia. La victoria del movimiento eugenésico en la Ley de Restricción de la Inmigración de 1924 fue el heraldo de sus desafortunados efectos, ya que las severas restricciones impuestas a los no europeos, así como los europeos del sur y del este, gozaron de gran respaldo como resultado de la primera aplicación extensiva y uniforme de test de inteligencia en Estados Unidos: los test mentales del ejército de la primera guerra mundial. Estos test fueron ideados y aplicados por el psicólogo Robert M. Yerkes, que llegó a la conclusión de que «la educación por sí misma no podrá poner a la raza negra [sic] a la altura de sus competidores caucásicos». Hoy en día está claro que Yerkes y sus colegas no conocían modo alguno de separar las componentes genéticas de las ambientales a la hora de postular causas para los diferentes resultados de los test.

El más reciente episodio en este drama recurrente comenzó en 1969, cuando Arthur Jensen publicó un artículo titulado «How Much Can We Boost IQ and Scholastic Achievement?» («¿Hasta qué punto podemos mejorar el CI y los logros escolares?») en la *Harvard Educational Review*. Una vez más se difundió la afirmación de que habían aparecido nuevas e incómodas informaciones, y que la ciencia tenía que decir la «verdad» incluso aunque refutara algunas acariciadas ideas de una filosofía liberal. Pero

una vez más, como demostraré, Jensen carecía de datos nuevos; y lo que presentó estaba plagado de defectos más allá de toda posible recomposición, de inconsistencias y afirmaciones ilógicas.

Jensen asume que los test de CI miden adecuadamente algo que denominamos «inteligencia». Seguidamente pasa a intentar separar los factores genéticos y ambientales que producen diferencias en el rendimiento. Hace esto basándose fundamentalmente en el único experimento natural del que disponemos: gemelos idénticos educados por separado, ya que la diferencia en CI de dos personas genéticamente idénticas tan sólo puede ser ambiental. La diferencia media en CI en los gemelos univitelinos es inferior a la diferencia entre dos individuos no relacionados educados en entornos similarmente diversos. A partir de los datos obtenidos con los gemelos, Jensen obtiene una estimación de la influencia del ambiente. Llega a la conclusión de que el CI tiene una heredabilidad de alrededor de 0,8 (o del 80 por 100) *dentro* de la población de blancos americanos y europeos. La diferencia media entre los blancos y los negros americanos es de 15 puntos de CI (una desviación estándar). Asegura que esta desviación es demasiado grande como para ser atribuida al entorno, dada la elevada heredabilidad del CI. Por si alguien pudiera pensar que Jensen escribe según la tradición del academicismo abstracto, me limitaré a transcribir la primera línea de su famosa obra: «Se ha probado una educación compensadora y, al parecer, ha fracasado».

En mi opinión, este argumento puede ser refutado de un modo «jerárquico»; es decir, podemos desacreditarlo a un nivel y seguidamente demostrar que falla a un nivel aún más completo incluso aunque aceptemos el argumento de Jensen para los primeros dos niveles:

Nivel 1: La ecuación de CI con la inteligencia. ¿Quién sabe qué mide el CI? Es útil para predecir el «éxito» en la escuela, pero ¿es ese éxito un resultado de la inteligencia, de lustrar la manzana que se regala al profesor o de la asimilación de los valores preferidos de los líderes de la sociedad? Algunos psicólogos obvian este argumento definiendo la inteligencia operacionalmente como los resultados obtenidos en los test de «inteligencia». Un buen truco. Pero habiendo llegado hasta donde hemos llegado, la definición técnica de la inteligencia ha quedado tan alejada de la común que podemos ya definir la cuestión. Pero permítanme que conceda (aunque no lo creo así), con propósitos dialécticos, que el CI mide algún aspecto significativo de la inteligencia en su sentido común.

Nivel 2: La heredabilidad del CI. Una vez más nos enfrentamos a una confusión entre el significado común y el técnico de la misma palabra. «Heredado», para el lego, significa «fijo», «inexorable» o «inalterable». Para un genetista, «heredado» hace referencia a una estimación de la similitud entre individuos relacionados basada en los genes que tienen en común. El término no lleva consigo implicación alguna de

inevitabilidad o de entidades inmutables más allá del alcance de la influencia del entorno. Las gafas corrigen una variedad de problemas de visión heredados; la insulina puede poner coto a la diabetes.

Jensen insiste en que el CI es heredable en un 80 por 100. El psicólogo de Princeton Leon J. Kamin ha realizado el tedioso trabajo de comprobar meticulosamente todos los detalles de los estudios de los gemelos idénticos que forman la base de esta estimación. Ha encontrado un asombroso número de inconsistencias y simples imprecisiones. Por ejemplo, el difunto sir Cyril Burt, que generó el cuerpo de datos más extenso existente acerca de gemelos univitelinos criados por separado, se dedicó a sus estudios acerca de la inteligencia durante más de cuarenta años. Aunque incrementó el tamaño de su muestreo en una variedad de versiones «mejoradas», algunos de sus coeficientes de correlación permanecen inalterados hasta el tercer decimal (una situación estadísticamente imposible).⁵ El CI depende en parte del sexo y la edad; y otros estudios no conseguían estandarizar estos factores adecuadamente. Una corrección inadecuada puede producir valores más elevados entre los gemelos, no porque tengan en común genes de la inteligencia, sino simplemente porque comparten la misma edad y sexo. Los datos resultan tan defectuosos que no puede realizarse ninguna estimación válida de la heredabilidad del CI a partir de ellos. Pero permítanme asumir (aunque no existen datos que lo corroboren), a los fines del ejemplo, que la heredabilidad del CI es nada menos que 0,8.

Nivel 3: La confusión entre variación intra e intergrupar. Jensen establece una conexión causal entre sus dos principales afirmaciones: que la heredabilidad intragrupal del CI es de 0,8 para los blancos americanos, y que la diferencia media en CI entre los negros y los blancos americanos es de 15 puntos. Asume que el «déficit» de los negros es en gran medida genético dada la gran heredabilidad del CI. Esto constituye un *non sequitur* de la peor especie, ya que no existe necesariamente relación alguna entre la heredabilidad en el seno de un grupo y las diferencias en valores medios de dos grupos diferentes.

Un sencillo ejemplo será suficiente para ilustrar esta falla del argumento de Jensen. La estatura tiene una heredabilidad mucho mayor en el seno de los grupos que la que nadie haya solicitado jamás para el CI. Supongamos que la estatura tenga un valor medio de 170 centímetros y una heredabilidad de un 0,9 (un valor realista) dentro de un grupo de granjeros indios nutritivamente necesitados. La alta heredabilidad significa tan sólo que los granjeros de baja estatura tenderán a tener hijos de baja estatura, y los altos, de mayor estatura. No dice nada en absoluto en contra de la posibilidad de que una nutrición adecuada pudiera elevar la estatura media a los 2 metros (una media más elevada que la de los americanos blancos). Tan sólo significa que, en esta mejor situación, los granjeros de estatura inferior a la media (podrían medir ahora 190 centímetros) seguirían tendiendo a tener hijos de estatura inferior a la media.

No afirmo que la inteligencia, comoquiera que la definamos, carezca de base genética, pues considero algo trivialmente cierto, nada interesante y sin importancia alguna el que la tenga. La expresión de cualquier rasgo representa una compleja interacción entre la herencia y el ambiente. Nuestra tarea consiste simplemente en suministrar la mejor situación ambiental posible para la realización de las potencialidades valiosas de todos los individuos. Me limito a señalar que una afirmación específica que pretendidamente demuestra una deficiencia genética media en la inteligencia de los negros americanos carece por completo de datos nuevos y no puede citar prueba alguna en su apoyo. Es igual de probable que los negros americanos tengan ventaja genética sobre los blancos. Y, sea como sea, no importa un ardite. Un individuo no puede ser juzgado por la media de su grupo.

Si el determinismo biológico actual referido al estudio de la inteligencia humana no se apoya en ningún dato nuevo (de hecho, sobre ningún dato), entonces ¿por qué se ha vuelto tan popular en los últimos tiempos? La respuesta tiene que ser social y política. Los años sesenta fueron buenos años para el liberalismo; se gastó una cantidad razonable de dinero en programas de lucha contra la pobreza y ocurrieron relativamente pocas cosas. Entran los nuevos líderes y con ellos unas nuevas prioridades. ¿Por qué no funcionaron los programas anteriores? Existen dos posibilidades: 1) no gastamos el dinero suficiente en ellos, no realizamos suficientes esfuerzos creativos, o (y esto hace que cualquier líder establecido se eche a temblar) no podemos resolver estos problemas sin una transformación social y económica fundamental de nuestra sociedad; o 2) los programas fracasaron porque sus beneficiarios son intrínsecamente lo que son; o sea, la culpa es de las víctimas. ¿Qué alternativa será la escogida por los hombres del poder en una era de atrincheramiento?

Espero haber demostrado que el determinismo biológico no es simplemente una materia divertida para hacer inteligentes y agudos comentarios en los cócteles. Es un concepto general con implicaciones filosóficas importantes y consecuencias políticas de gran alcance. Como escribió John Stuart Mill en una afirmación que debería ser el lema de la oposición: «De todos los modos vulgares de evitar tomar en consideración los efectos de las influencias sociales y morales sobre la mente humana, el más vulgar consiste en atribuir las diversidades de la conducta y del carácter a atributos naturales intrínsecos».

B
Sociobiología

Potencialidades biológicas *versus* determinismo biológico

En 1758, Linneo se enfrentó con la difícil decisión de cómo clasificar a su propia especie en la edición definitiva de su *Systema Naturae*. ¿Debía limitarse a incluir a *Homo sapiens* entre todos los demás animales o debía acaso crear para nosotros una condición separada? Linneo buscó una solución intermedia. Nos situó dentro de su clasificación (cerca de los monos y los murciélagos), pero nos dejó aparte por medio de su descripción. Definió a nuestros parientes por los caracteres mundanos y distintivos de tamaño, forma y número de dedos de las manos y de los pies. Para *Homo sapiens* escribió tan sólo el imperativo socrático: «*Nosce te ipsum*», «conócete a ti mismo».

Para Linneo, *Homo sapiens* era, a la vez, especial y no especial. Resulta lamentable que esta resolución tan eminentemente sensata se haya visto polarizada y totalmente deformada por la mayor parte de los comentaristas posteriores. «Especial» y «no especial» han acabado significando «no biológico» y «biológico», o «crianza» y «naturaleza». Estas polarizaciones posteriores son absolutamente disparatadas. Los humanos somos animales y todo lo que hacemos yace dentro de nuestras potencialidades biológicas. Nada pone más en son de guerra a este ardiente (aunque de momento desplazado) neoyorquino que las afirmaciones de algunos autodenominados «ecoactivistas» o «activistas ecologistas» acerca de que las grandes ciudades son los heraldos «antinaturales» de nuestra inminente destrucción. Pero —y aquí va el *pero* más grande del que puedo hacer acopio— la afirmación de que los seres humanos son animales no implica que nuestros modelos específicos de comportamiento y de disposiciones sociales estén en modo alguno determinados por nuestros genes. La *potencialidad* y la *determinación* son conceptos diferentes.

La intensa discusión generada por *Sociobiology* de E. O. Wilson, (Harvard University Press, 1975) me ha llevado a abordar este tema. El libro de Wilson ha sido recibido por un coro de alabanzas y de publicidad. Yo, en cambio, me encuentro dentro del grupo, admitidamente menos numeroso, de sus detractores. La mayor parte de *Sociobiology* merece, según mi punto de vista, las mismas alabanzas que se le han dedicado casi universalmente. Como exposición lúcida de principios evolutivos e infatigable y meticulosa discusión del comportamiento social en todos los grupos de animales, *Sociobiology* será el texto más importante escrito durante aún muchos años. Pero el último capítulo de Wilson, «From Sociobiology to Sociology» («De la sociobiología a la sociología») me produce una gran pena. Tras 26 capítulos de cuidadosa

documentación para los animales no humanos, Wilson concluye su obra con una extensa especulación acerca de la base genética de comportamientos supuestamente universales en el ser humano. Por desgracia, dado que este capítulo constituye una afirmación acerca del tema que más de cerca nos toca a todos, ha atraído también más del 80 por 100 de los comentarios de la prensa popular.

Aquellos que hemos criticado este último capítulo hemos sido acusados de negar totalmente la relevancia de la biología con respecto al comportamiento humano, de revivir una superstición ancestral situándonos a nosotros mismos fuera del resto de «la creación». ¿Acaso somos «criancistas» puros? ¿Es que permitimos que una perspectiva política de la perfección humana nos ciegue a las evidentes constricciones que nos impone nuestra naturaleza biológica? La respuesta a ambas preguntas es que no. La cuestión no es el enfrentamiento biología universal *versus* a singularidad humana, sino potencialidad biológica *versus* a determinismo biológico.

En respuesta a una crítica aparecida en *The New York Times Magazine* a su artículo (12 de octubre de 1975), Wilson escribió:

No existe ninguna duda acerca de que los patrones de comportamiento social humano, incluyendo el comportamiento altruista, están bajo un control genético, en el sentido de que representan un subgrupo restringido de patrones posibles que son muy diferentes a los propios de los tercos, los chimpancés y otras especies animales.

Si esto es todo lo que quiere decir Wilson al hablar de control genético, difícilmente podemos estar en desacuerdo. Desde luego no hacemos todas las cosas que hacen otros animales, y con la misma seguridad, el horizonte de nuestro comportamiento potencial está restringido por nuestra biología. Podríamos llevar una vida social muy diferente si fotosintetizáramos nuestros alimentos (no habría agricultura ni recolección ni caza, los determinantes fundamentales de nuestra evolución social) o si tuviéramos un ciclo vital semejante al de los cecidomíidos, descrito en el ensayo 10. (Cuando se alimentan de una seta sin aglomeraciones, estos insectos se reproducen en su fase larvaria o de pupa. Los jóvenes crecen en el interior del cuerpo de la madre, la devoran desde dentro y emergen de su cascarón vacío dispuestos a alimentarse, alimentar a la siguiente generación y realizar el sacrificio supremo.)

Pero Wilson hace afirmaciones mucho más fuertes. El capítulo 27 no es una exposición acerca del horizonte de los comportamientos potenciales humanos, ni siquiera una argumentación en favor de la restricción de ese horizonte a partir de un horizonte total mucho más grande que abarcaría a todos los animales. Es, fundamentalmente, una extensa especulación acerca de la existencia de genes para caracteres específicos y variables en el comportamiento humano que incluye el despecho, la agresividad, la xenofobia, el conformismo, la homosexualidad y las diferencias características de comportamiento entre hombres y mujeres en la sociedad occidental. Por supuesto, Wilson no niega el papel del aprendizaje no genético en el comportamiento humano; incluso llega a afirmar en un momento dado que «los genes han cedido la mayor parte de

su soberanía». Pero, añade rápidamente, los genes «mantienen un cierto grado de influencia, al menos sobre las cualidades conductuales que subyacen a las variaciones interculturales». Y en el párrafo siguiente pasa a solicitar la creación de una «disciplina de la genética antropológica».

El determinismo biológico es el tema primordial de la discusión de Wilson acerca del comportamiento humano; el capítulo 27 no tiene sentido en ningún otro contexto. El objetivo fundamental de Wilson, según mi lectura, es sugerir que la teoría darwiniana podría reformular las ciencias humanas del mismo modo en que transformó previamente tantas otras disciplinas biológicas. Pero los procesos darwinianos no pueden operar en ausencia de genes que seleccionar. A menos que las propiedades «interesantes» del comportamiento humano estén bajo un control genético específico, la sociología no tiene por qué temer invasión alguna de su territorio. Al decir interesante, me refiero a los temas acerca de los cuales se pelean con mayor frecuencia los sociólogos y los antropólogos: la agresividad, la estratificación social y las diferencias de comportamiento entre hombres y mujeres. Si los genes especifican exclusivamente que seamos lo suficientemente grandes como para vivir en un mundo de fuerzas gravitatorias, que necesitemos dar descanso a nuestros cuerpos por medio del sueño y que no seamos capaces de efectuar la fotosíntesis, entonces el reino del determinismo genético resultará relativamente poco inspirador.

¿Qué evidencia directa existe a favor del control genético de un comportamiento social específico humano? De momento, la respuesta es que ninguna en absoluto. (No sería imposible, en teoría, obtener tal evidencia por experimentos controlados estándar sobre reproducción, pero no criamos personas en botellas para *Drosophila*, estableciendo stirpes puras, ni controlamos ambientes para una crianza invariable.) La sociobiología debe, por lo tanto, presentar argumentaciones indirectas basadas en la plausibilidad. Wilson utiliza tres estrategias fundamentales: universalidad, continuidad y adaptatividad.

1. *Universalidad*. Si ciertos comportamientos aparecen invariablemente en nuestros parientes primates más próximos y en los propios seres humanos, puede plantearse un caso circunstancial en favor de un control genético común heredado. El capítulo 27 abunda en afirmaciones acerca de supuestos universales humanos. Por ejemplo, «Los seres humanos son absurdamente fáciles de adoctrinar; *buscan* serlo». O bien: «Los hombres prefieren creer antes que conocer». Sólo puedo decir que mi experiencia no concuerda con la de Wilson.

Cuando Wilson se ve obligado a reconocer la diversidad, a menudo obvia las «excepciones» incómodas como aberraciones temporales y carentes de importancia. Dado que Wilson cree que nuestro destino genético se ha visto configurado por guerras repetidas y a menudo genocidas, la existencia de pueblos no agresivos le

supone una fuente de problemas. Pero escribe: «Es de esperar que algunas culturas aisladas puedan escapar al proceso durante generaciones seguidas, revirtiendo, a todos los efectos, a lo que los etnógrafos clasifican como estado pacífico».

En cualquier caso, incluso aunque pudiéramos recopilar una lista de características de comportamiento compartidas por los humanos y nuestros parientes primates más próximos, esto no avalaría el caso en favor de un control genético común. Los resultados similares no implican causas similares; de hecho, los evolucionistas son tan agudamente conscientes de este problema que han desarrollado una terminología para expresarlo. Los rasgos similares debidos a una ascendencia genética común son «homólogos», mientras que las similitudes debidas a una función común, pero de diferente historia evolutiva, son «análogas» (las alas de las aves y de los insectos, por ejemplo; el antecesor común de ambos grupos carecía de alas). Argumentaré más adelante que existe una característica básica de la biología humana que respalda la idea de que muchas similitudes en el comportamiento de los humanos y los demás primates son análogas, y que carecen de especificación genética directa en los humanos.

2. *Continuidad.* Wilson afirma, con toda justicia en mi opinión, que la explicación darwiniana del altruismo en la teoría de la «selección consanguínea» propuesta por W. D. Hamilton en 1964 forma la base de una teoría evolutiva de las sociedades animales. Los actos altruistas son el mortero de las sociedades estables, y no obstante, parecen desafiar toda explicación darwiniana. Según los principios darwinistas, todos los individuos son seleccionados para maximizar su propia contribución genética a las futuras generaciones. ¿Cómo entonces pueden sacrificarse voluntariamente o poner su vida en peligro realizando actos altruistas en beneficio de terceros?

La solución resulta encantadoramente sencilla como concepto, aunque resulta compleja en sus detalles técnicos. Al beneficiar a los parientes, los actos altruistas preservan los genes del altruista aunque éste no sea el encargado de perpetuarlos. Por ejemplo, en la mayor parte de los organismos de reproducción sexual, un individuo comparte (por término medio) la mitad de los genes de sus crías y una octava parte de los genes de sus primos carnales. Por lo tanto, si se ve frente a la elección de salvarse él solo o sacrificarse por salvar más de dos de sus crías u ocho de sus primos carnales, el cálculo darwiniano favorecerá el sacrificio altruista; ya que con su acción, el altruista favorece de hecho la presencia de sus genes en futuras generaciones.

La selección natural favorecerá la preservación de tales genes altruistas autopreservadores. Pero ¿qué hay de los actos altruistas en favor de no parientes? Aquí los sociobiólogos se ven obligados a invocar un concepto, relacionado con el primero, de «altruismo recíproco» para poder preservar una explicación genética. El acto altruista lleva consigo algo de peligro y no supone ningún beneficio inmediato,

pero si evoca un acto recíproco por parte del beneficiario en algún momento futuro, podría compensar a la larga: una encarnación genética del viejo adagio: hoy por ti, mañana por mí (aunque no seamos parientes).

El argumento procedente de la continuidad sigue a partir de aquí. Los actos altruistas en otras sociedades animales pueden ser explicados de modo plausible como ejemplos de selección consanguínea darwiniana. Los humanos también realizan actos altruistas, y éstos probablemente tengan una base genética similarmente directa. Pero, de nuevo, la similitud en los resultados no implica la identidad en las causas (véase más adelante para una explicación alternativa basada en la potencialidad biológica en lugar de hacerlo en el determinismo biológico).

3. *Adaptatividad*. La adaptación es la seña de identidad de los procesos darwinianos. La selección natural opera continua e implacablemente para ajustar a los organismos a su ambiente. Las estructuras sociales desventajosas, del mismo modo que las estructuras morfológicas mal diseñadas, no pueden sobrevivir largo tiempo.

Las prácticas sociales humanas son claramente adaptativas. Marvin Harris se ha deleitado demostrando la lógica y sensatez de aquellas prácticas sociales en las culturas que más extrañas nos parecían a los prepotentes occidentales (*Vacas, cerdos, guerras y brujas*). El comportamiento social humano está atestado de altruismo; es también claramente adaptativo. ¿Acaso no es esto un argumento *prima facie* en favor del control genético directo? Mi respuesta es definitivamente «no», y el mejor modo en que puedo ilustrar esta afirmación es narrando una discusión que mantuve recientemente con un eminente antropólogo.

Mi colega insistía en que la clásica historia de los esquimales sobre fragmentos flotantes de hielo aporta las pruebas necesarias de la existencia de genes altruistas mantenidos por medio de la selección consanguínea. Aparentemente, entre los pueblos esquimales las unidades sociales están dispuestas a modo de grupos familiares. Si empiezan a escasear los recursos alimentarios y la familia se ve obligada a desplazarse para sobrevivir, los abuelos ancianos se quedan atrás voluntariamente y de buen grado (para morir) antes que poner en peligro la supervivencia de la totalidad de su familia retardando lo que es de por sí una ardua y peligrosa migración. Los grupos familiares privados de genes altruistas han sucumbido ante la selección natural, ya que las migraciones lastradas por los ancianos y los enfermos llevan a la muerte a familias enteras. Los abuelos con genes altruistas incrementan las posibilidades de supervivencia de parientes próximos que comparten sus mismos genes.

La explicación de mi colega es plausible, desde luego, pero difícilmente concluyente, dado que existe también una explicación eminentemente simple y no genética: no existen genes altruistas en absoluto; de hecho, ni siquiera existen diferencias genéticas de importancia entre las familias de esquimales. El sacrificio de los abuelos es un rasgo

cultural adaptativo pero no genético. Las familias carentes de tradición de sacrificios no sobreviven durante muchas generaciones. En otras familias, el sacrificio es celebrado en canciones e historias; los ancianos abuelos que se quedan atrás se convierten en los más grandes héroes del clan. Los niños son socializados desde el primer momento en la gloria y el honor de semejante sacrificio.

No puedo demostrar mi puesta en escena, pero mi colega tampoco puede demostrar la suya. Pero en el contexto actual de falta de pruebas, son al menos igual de plausibles. Del mismo modo, el altruismo recíproco existe, sin lugar a dudas, en las sociedades humanas, pero esto no aporta evidencia alguna en favor de su fundamento genético. Como dijo Benjamin Franklin: «Debemos todos permanecer unidos, si no, tengamos la seguridad de que nos ahorcarán por separado». Las sociedades pueden necesitar para su funcionamiento del altruismo recíproco. Pero estos actos no tienen por qué estar codificados en nuestra consciencia por medio de genes; pueden ser inculcados igual de bien por medio de la educación.

Vuelvo, pues, a la solución de compromiso de Linneo: somos a la vez vulgares y especiales. El rasgo central de nuestra singularidad biológica aporta también la mayor razón para poner en duda que nuestro comportamiento esté codificado directamente por genes específicos. Ese rasgo es, por supuesto, nuestro voluminoso cerebro. El tamaño en sí es un determinante fundamental de la función y la estructura de cualquier objeto. Lo grande y lo pequeño no pueden funcionar del mismo modo (véase la parte VI). El estudio de los cambios que acompañan al incremento del tamaño se llama «alometría». Los mejor conocidos son los cambios estructurales que compensan el decrecimiento de la relación entre superficie y volumen en los animales grandes: patas relativamente gruesas y superficies internas plegadas (los pulmones y las vellosidades intestinales, por ejemplo). Pero el acentuado aumento en el tamaño del cerebro en el caso de la evolución humana bien podría haber tenido las consecuencias alométricas más profundas de todas, ya que añadió las suficientes conexiones neurales para convertir un mecanismo inflexible y un tanto rígidamente programado en un órgano lábil, dotado de la suficiente lógica y memoria como para tomar el relevo de la especificación directa, sustituyéndola por el aprendizaje programado como base del comportamiento social. La flexibilidad podría ser el determinante de mayor importancia de la consciencia humana (véase el ensayo 7); la programación directa del comportamiento probablemente se haya vuelto inadaptativa.

¿Por qué pensar que la presencia de genes específicos del despecho, la agresión o la dominancia tienen alguna importancia cuando sabemos que la enorme flexibilidad del cerebro nos permite ser agresivos o pacíficos, dominantes o sumisos, despechados o generosos? La violencia, el sexismo y el mal carácter en general *son* biológicos, ya que representan un subgrupo de todo un abanico de comportamientos posibles. Pero la tranquilidad, la igualdad y la bondad son igualmente biológicas, y podríamos ver crecer su influencia si creáramos estructuras sociales que les permitieran florecer. Así, mi crítica a Wilson no invoca un «ambientalismo» no biológico; se limita a oponer el concepto de

potencialidad biológica —un cerebro capaz de poner en práctica la totalidad del horizonte de posibles comportamientos humanos y no dispuesto rigurosamente hacia ninguno— a la idea del determinismo biológico (genes específicos para determinadas características del comportamiento).

Pero ¿por qué resulta esta cuestión académica tan delicada y explosiva? No existen pruebas fehacientes en favor de ninguna de las dos posturas, y qué más da, por ejemplo, que nos conformemos porque se ha producido una selección de genes de la conformidad o porque nuestra constitución genética general permite la presencia de la conformidad como una estrategia más entre muchas?

El largo e intenso debate despertado por el determinismo biológico ha surgido como función de su mensaje social y político. Como planteo en el grupo precedente de ensayos, el determinismo biológico se ha utilizado siempre en defensa de las disposiciones sociales existentes como algo biológicamente inevitable, desde «los pobres siempre estarán con vosotros» hasta el imperialismo del siglo XIX y el sexismo moderno. ¿Por qué si no iba a obtener una serie de ideas tan totalmente carente de base tangible un respaldo tan consistentemente elogioso por parte de los medios establecidos a través de los siglos? Esta manipulación está totalmente fuera de todo control posible por parte de los científicos que plantean actitudes deterministas por toda una hueste de razones, a menudo benevolentes.

No pretendo atribuir motivos al caso de Wilson ni al de ningún otro. Tampoco rechazo el determinismo porque me desagrade su manipulación política. La verdad científica, tal y como la conocemos, debe constituir nuestro principal criterio. Vivimos ya con varias verdades biológicas desagradables, entre las cuales la muerte es la más innegable e ineluctable. Si el determinismo genético es cierto, aprenderemos también a vivir con él. Pero reitero mi afirmación de que no existe evidencia alguna que lo respalde, que las versiones más toscas del mismo expuestas en los siglos pasados han sido totalmente desautorizadas, y que la pervivencia de su popularidad está en función de los prejuicios sociales de aquellos que más se benefician con el mantenimiento del *statu quo*.

Pero no carguemos a *Sociobiology* con los pecados de los deterministas del pasado. ¿Cuáles han sido sus primeros resultados en la primera marea de su excelente lanzamiento publicitario? En el mejor de los casos, vemos despuntar los comienzos de una línea de investigación social que tan sólo promete absurdos por su negativa a considerar factores no genéticos inmediatos. El número del 30 de enero de 1976 de *Science* (la principal revista técnica para científicos) contiene un artículo acerca de la mendicidad que habría merecido una sátira si hubiera aparecido tal cual en el *National Lampoon*. Sus autores instaban a los «mendigos» a solicitar monedas para varios «objetivos». Los resultados son discutidos exclusivamente en el contexto de la selección consanguínea, el altruismo recíproco y los hábitos de repartición de comida de los chimpancés y los babuinos (pero no dice nada acerca de las realidades urbanas del momento en América). Como una de las principales conclusiones, descubren que los

mendigos varones tienen «mucho más éxito cuando abordan a una hembra solitaria o a una pareja de hembras que cuando abordan a una pareja formada por varón y hembra; tuvieron especialmente poco éxito cuando abordaron a un varón solitario o a una pareja de varones». Pero no dicen ni una sola palabra acerca del miedo urbano ni la política del sexo, sino que se limitan a hacer algunas afirmaciones acerca de los chimpancés y la genética del altruismo (aunque admiten finalmente que el altruismo recíproco probablemente no sea aplicable después de todo, argumentan lo siguiente: ¿qué futuro beneficio puede esperarse de un mendigo?).

En el primer comentario negativo acerca de *Sociobiology* el economista Paul Samuelson (*Newsweek*, 7 de julio de 1975) instaba a los sociobiólogos a andarse con cuidado en los terrenos de la raza y el sexo. No veo muestra alguna de que se le haya prestado la menor atención a sus consejos. En su artículo del *New York Times Magazine* del 12 de octubre de 1975, Wilson escribe:

En las sociedades de cazadores-recolectores los hombres cazan y las mujeres se quedan en casa. Esta marcada inclinación persiste en la *mayor parte* (la cursiva es mía) de las sociedades industriales y agrarias y, ya sólo sobre esta base, parece tener un origen genético [...] Opino que la inclinación genética es lo suficientemente intensa como para causar una división sustancial del trabajo incluso en la más libre e igualitaria de las sociedades futuras. Aun con una educación idéntica y un acceso igual a todas las profesiones, probablemente los hombres continúen desempeñando un papel desproporcionado en la vida política, los negocios y las ciencias.

Somos a la vez semejantes y diferentes a los demás animales. En distintos contextos culturales, el énfasis aplicado a un lado u otro de esta verdad fundamental desempeña un papel social útil. En tiempos de Darwin, la afirmación de nuestra similitud rompió con siglos de dañina superstición. Hoy en día podemos vernos obligados a subrayar nuestra diferencia como animales flexibles con un vasto horizonte de comportamiento potencial. Nuestra naturaleza biológica no se interpone en el camino de la reforma social. Somos, como dice Simone de Beauvoir, «*l'être dont l'être est de n'être pas*», «el ser cuya esencia está en no tener esencia».

Un animal inteligente y bondadoso

En *El malestar en la cultura*, Sigmund Freud examinaba el agónico dilema de la vida social humana. Somos por naturaleza egoístas y agresivos, pero toda civilización, para tener éxito, exige que suprimamos nuestras inclinaciones biológicas y actuemos de modo altruista por el bien común y la armonía. Freud iba más allá argumentando que al irse volviendo las civilizaciones cada vez más complejas y «modernas» nos vemos obligados a renunciar, cada vez más, a nuestro yo innato. Esto es algo que sólo sabemos hacer de modo imperfecto, cargados de culpabilidad, dolor y dificultades; el precio de la civilización es el sufrimiento del individuo.

Es imposible pasar por alto hasta qué punto la civilización está construida sobre la renuncia a los instintos, hasta qué punto presupone precisamente la no satisfacción [...] de instintos poderosos. Esta «frustración cultural» domina el enorme campo de las relaciones sociales entre seres humanos.

La argumentación de Freud constituye una variación notablemente poderosa sobre un tema ubicuo en las especulaciones acerca de «la naturaleza humana»: lo que criticamos en nosotros mismos lo atribuimos a nuestro pasado animal. Éstos son los grilletes de nuestra ascendencia simiesca: brutalidad, agresividad, egoísmo; en general, un carácter desagradable. Aquello que atesoramos y perseguimos (con éxito lamentablemente limitado) es considerado por nosotros como un logro único, concebido por nuestra racionalidad e impuesto a un cuerpo reticente. Nuestras esperanzas de un futuro mejor yacen en la razón y la bondad, la trascendencia mental de nuestras limitaciones biológicas: «Construye tú más majestuosas mansiones, oh alma mía».

Esta creencia común viene respaldada por poco más que un prejuicio ancestral. Desde luego, no obtiene justificación alguna en la ciencia (tan profundo es nuestro desconocimiento acerca de la biología del comportamiento humano). Surge de fuentes tales como la teología del alma humana y el «dualismo» de los filósofos que pretendían crear reinos separados para la mente y el cuerpo. Tiene raíces en una actitud que he atacado en varios de estos ensayos: nuestro deseo de ver la historia de la vida como algo progresivo y situarnos a nosotros mismos en lo más alto de la pirámide (con todas las prerrogativas de la dominación). Buscamos un criterio de nuestra singularidad, nos quedamos (naturalmente) con nuestra mente, y definimos los nobles resultados de la consciencia humana como algo intrínsecamente diferente de la biología. Pero ¿por qué?

¿Por qué tiene que ser nuestro mal carácter el bagaje que arrastramos de un pasado simiesco y nuestra bondad exclusivamente humana? ¿Por qué no podemos buscar una continuidad con los demás animales también en nuestras características más «nobles»?

Existe un argumento científico recalcitrante que parece, en efecto, respaldar este prejuicio primigenio. El ingrediente esencial de la bondad humana es el altruismo, el sacrificio de nuestra comodidad personal, incluso de nuestras vidas en casos extremos, en beneficio de otros. Y no obstante, si aceptamos el mecanismo darwiniano de la evolución, ¿cómo puede ser el altruismo parte de la biología? La selección natural dicta que los organismos deben actuar en su propio beneficio. No saben nada de conceptos abstractos tales como «el bien de la especie». «Pugnan» continuamente por incrementar la participación de sus genes a expensas de sus compañeros. Y eso, a pesar de su crudeza, es todo lo que hay. No hemos descubierto ningún otro principio más elevado en la naturaleza. Las ventajas individuales, argumenta Darwin, constituyen el único criterio de éxito en la naturaleza. La armonía de la vida no va más allá. El equilibrio de la naturaleza surge de la interacción de grupos en competencia, cada uno de los cuales intenta hacerse con el premio para su exclusivo beneficio, y no de compartir cooperativamente unos recursos limitados. ¿Cómo pudo entonces evolucionar algo que no fuera puro egoísmo como rasgo biológico del comportamiento? Si el altruismo es el aglutinante de las sociedades estables, entonces la sociedad humana debe estar fundamentalmente apartada de la naturaleza. Existe una forma de soslayar este dilema. ¿Puede un acto aparentemente altruista ser «egoísta» en sentido darwiniano? ¿Puede el sacrificio de un individuo llevar en alguna circunstancia a la perpetuación de sus propios genes? La respuesta a esta proposición aparentemente contradictoria es «sí». Debemos la resolución de esta paradoja a la teoría de la «selección familiar o de parentesco» desarrollada a comienzos de la década de 1960 por W. D. Hamilton, un biólogo teórico británico. Se le ha dado una gran importancia como piedra fundacional de una teoría biológica de la sociedad en la obra *Sociobiology* de E. O. Wilson. (Ya critiqué los aspectos deterministas de las especulaciones de Wilson acerca del comportamiento humano en el anterior ensayo. Alabé también su teoría general del altruismo y continúo ahora con este tema.)

El legado de los hombres brillantes incluye previsiones no desarrolladas. El biólogo inglés J. B. S. Haldane probablemente se anticipara a todas las buenas ideas que los teóricos evolucionistas puedan inventar en el transcurso de este siglo. Haldane, mientras discutía acerca del altruismo una noche en un pub, hizo, al parecer, unos cuantos cálculos rápidos en el dorso de un sobre y anunció: «Estoy dispuesto a dar mi vida a cambio de las de dos hermanos u ocho primos». ¿Qué es lo que quería decir Haldane con tan críptico comentario? Los cromosomas humanos van por parejas: recibimos un juego del óvulo de nuestra madre. El otro del espermatozoide de nuestro padre. Por consiguiente, poseemos una copia materna y otra paterna de cada gen (esto no es cierto en el caso de los genes de los cromosomas sexuales en los varones, ya que el cromosoma

X de la madre es mucho más largo que el del padre; es decir, tiene muchos más genes, y la mayor parte de los genes del cromosoma X no tienen copia correspondiente en el corto cromosoma Y). ¿Cuál es la probabilidad de que cualquier gen humano sea compartido por un hermano? Supongamos que está situado en un cromosoma materno (el razonamiento funciona igual en el caso de los cromosomas paternos). Cada célula ovárica contiene un cromosoma de cada par, esto es, la mitad de los genes de la madre. El óvulo que dio vida al hermano, o bien tenía el mismo cromosoma recibido por el otro, o bien contenía el otro cromosoma de la pareja. La probabilidad de compartir el gen del hermano es de un 50 por 100. El hermano de uno comparte la mitad de sus genes y, en términos darwinianos, es equivalente a la mitad de uno mismo.

Supongamos entonces que vamos caminando por una carretera con tres hermanos. Un monstruo se aproxima con intenciones evidentemente asesinas. Nuestros hermanos no lo ven. No tenemos más que dos alternativas: acercarnos a él y dar un estruendoso alarido poniendo sobre aviso a nuestros hermanos, que se esconden y salen bien librados, con lo que aseguramos nuestra propia defunción; o escondernos y contemplar cómo el monstruo se atiborra con nuestros tres hermanos. Como experto aficionado al juego darwiniano, ¿qué sería lo que habría que hacer? La respuesta es acercarse y gritar, porque lo único que así se pierde es uno mismo, mientras que los tres hermanos representan una vez y media lo que nosotros. Más vale que vivan ellos para propagar un 150 por 100 de los genes. Nuestro acto aparentemente altruista es genéticamente «egoísta», ya que maximiza nuestra contribución genética a la siguiente generación.

De acuerdo con la teoría de la selección de parentesco, los animales desarrollan comportamientos que los ponen en peligro o los llevan a sacrificarse sólo si tales actos altruistas incrementan su propio potencial genético beneficiando a sus propios familiares. El altruismo y la sociedad de parentesco deben ir de la mano; los beneficios de la selección de parentesco pueden incluso impulsar la evolución de la interacción social. Si bien mi absurdo ejemplo de los cuatro hermanos y el monstruo resulta simplista, la situación se torna mucho más compleja con los primos cuartos. La teoría de Hamilton no se limita sólo a machacar sobre lo obvio.

La teoría de Hamilton ha tenido un éxito asombroso en la explicación de algunos enigmas biológicos persistentes en la evolución del comportamiento social de los himenópteros (hormigas, abejas y avispas). ¿Por qué ha evolucionado independientemente la socialidad al menos once veces en los Himenópteros y tan sólo una entre los demás insectos (los termes)? ¿Por qué son las castas trabajadoras y estériles siempre hembras en los Himenópteros, pero están compuestas tanto por machos como por hembras en los termes? Las respuestas parecen encontrarse en el funcionamiento de la selección de parentesco dentro del desusado sistema genético de los Himenópteros.

La mayor parte de los animales de reproducción sexual son diploides; sus células contienen dos juegos de cromosomas, uno procedente de la madre y el otro del padre. Los termites, al igual que la mayor parte de los insectos, son diploides. Los Himenópteros sociales, por otra parte, son haplodiploides. Las hembras se desarrollan a partir de huevos fecundados como individuos diploides normales con su correspondiente juego de cromosomas paternos y maternos. Pero los machos se desarrollan a partir de huevos sin fecundar y poseen tan sólo el juego de cromosomas maternos; son, en términos técnicos, haploides (tienen la mitad del número normal de cromosomas).

En los organismos diploides, las relaciones genéticas de los hermanos y los padres son simétricas: los padres comparten la mitad de sus genes con sus hijos, y cada hermano (por término medio) comparte la mitad de sus genes con los demás hermanos, sean éstos machos o hembras. Pero en las especies haplodiploides las relaciones genéticas son asimétricas, lo que permite que la selección de parentesco opere de una manera insólita y potente. Considérese la relación de una hormiga reina con sus hijos e hijas, y la relación de dichas hijas con sus hermanas y hermanos:

1. La reina está relacionada por $1/2$ tanto con sus hijos como con sus hijas; cada uno de sus descendientes lleva la mitad de sus cromosomas y, por lo tanto, la mitad de sus genes.
2. Las hermanas están relacionadas con sus hermanos no por $1/2$, como en los organismos diploides, sino tan sólo por $1/4$. Tomemos cualquiera de los genes de una hermana. Hay un 50 por 100 de probabilidades de que el gen sea paterno. Si es así, no puede tenerlo en común con su hermano (que carece de genes paternos). Si es un gen materno, entonces las probabilidades de que su hermano lo tenga también son de $1/2$. Su relación total con su hermano es la media entre 0 (para los genes paternos) y $1/2$ (para los genes maternos), lo que es equivalente a $1/4$.
3. Las hermanas están relacionadas entre sí por $3/4$. Tomemos de nuevo un gen cualquiera. Si es paterno, su hermana tiene que tenerlo también (ya que los padres tienen tan sólo un juego de cromosomas que transmitir a sus hijas). Si es materno, entonces su hermana tiene una probabilidad de un 50 por 100 de compartirlo, como ocurría en el caso anterior. Las hermanas están relacionadas por la media entre 1 (por los genes paternos) y $1/2$ (de los genes maternos), lo que da una media de $3/4$.

Estas asimetrías parecen aportar una explicación simple y satisfactoria del más altruista de los comportamientos animales, como la «disposición» de las obreras hembras estériles a prescindir de su propia reproducción con el fin de ayudar a sus madres a producir más hermanas. Mientras una obrera pueda invertir preferentemente en sus hermanas, perpetuará un mayor número de sus genes ayudando a su madre a producir hermanas fértiles (relación de $3/4$) que produciendo ella misma hermanas fértiles (relación de $1/2$). Pero el macho carece de inclinación alguna hacia la esterilidad y el

trabajo. Prefiere con mucho producir hijas, que comparten todos sus genes, antes de ayudar a las hermanas que comparten con él tan sólo la mitad. (No pretendo atribuir una voluntad consciente a criaturas dotadas de un cerebro tan rudimentario. Utilizo frases tales como «prefiere con mucho» tan sólo como atajo conveniente para ahorrarme la frase de «En el transcurso de la evolución, los machos que no se comportaban de este modo se han visto sometidos a una desventaja selectiva y han sido gradualmente eliminados».)

Mis colegas R. L. Trivers y H. Hare han informado hace poco de un importante descubrimiento en *Science* (23 de enero de 1976): argumentan que las reinas y las obreras deberían tener preferencia por una proporción diferente entre los sexos de la descendencia fértil. La reina prefiere una relación entre machos y hembras de 1 a 1, dado que está igualmente relacionada (por 1/2) con sus hijos y sus hijas. Pero las obreras son las que crían a los descendientes y pueden imponer sus preferencias a la reina por una crianza selectiva de los huevos. Las obreras prefieren criar hermanas fértiles (relación 3/4) que hermanos (relación 1/4). Pero deben criar necesariamente algunos hermanos para evitar que sus hermanas se queden sin pareja. Por lo tanto llegan a una solución de compromiso favoreciendo a sus hermanas en toda la extensión de su mayor relación con ellas. Dado que están tres veces más relacionadas con sus hermanas que con sus hermanos, deberían invertir tres veces más energía en la cría de hermanas. Las obreras invierten energía en la alimentación; el grado de alimentación queda reflejado en el peso adulto de la descendencia fértil. Trivers y Hare midieron por lo tanto la relación de peso entre la hembra y el macho para todos los descendientes fértiles, extraídos conjuntamente en nidos de veintiuna especies diferentes de hormigas. La razón media de peso —o razón de inversión— es notablemente cercana a la razón 3:1. Esto ya resulta suficientemente impresionante, pero el remate del argumento procede de estudios realizados sobre las hormigas esclavistas. En este caso, las trabajadoras son miembros capturados de otras especies. No tienen relación genética alguna con las hijas de la reina que les ha sido impuesta y no tienen por qué favorecerlas más que a los hijos de la reina. En efecto, en estas situaciones, la razón de peso entre la hembra y el macho es de 1:1, aunque vuelve a ser 3:1 cuando las obreras de la especie esclavizada no son capturadas sino que por el contrario trabajan para su propia reina.

La selección consanguínea, al operar sobre la peculiar genética de la haplodiploidía, parece explicar los rasgos fundamentales del comportamiento social en las hormigas, las abejas y las avispas. Pero ¿qué puede hacer por nosotros? ¿Cómo puede ayudarnos a comprender la amalgama de impulsos contradictorios, egoístas y altruistas que configuran nuestras propias personalidades? Estoy dispuesto a admitir —y aquí me guío sólo por mi intuición, ya que no disponemos de datos que nos limiten— que probablemente resuelva el dilema que Freud exponía en el primer párrafo. Nuestros impulsos egoístas y agresivos pueden haber evolucionado por la ruta darwiniana del beneficio individual, pero nuestras tendencias altruistas no tienen por qué representar un producto único impuesto por las

exigencias de la civilización. Estas tendencias pueden haber surgido por el mismo camino darwiniano a través de la selección de parentesco. La bondad humana básica podría ser tan «animal» como el mal carácter humano.

Pero aquí me detengo sin llegar a ninguna especulación determinista que atribuya comportamientos *específicos* a la posesión de genes altruistas u oportunistas específicos. Nuestra constitución genética da pábulo a un amplio horizonte de comportamientos, desde Ebenezer Scrooge antes a Ebenezer Scrooge después. No creo que el miserable avaro acapare a causa de genes oportunistas ni que el filántropo dé porque la naturaleza le haya dotado de un complemento superior a lo normal de genes altruistas. La educación, la cultura, la clase, la condición social, y toda esa multitud de intangibles que denominamos «libre albedrío», determinan de qué modo restringimos nuestros comportamientos a partir del amplio espectro —del altruismo extremo al egoísmo extremo— que permiten nuestros genes.

Como ejemplo de especulaciones deterministas basadas en el altruismo y la selección de parentesco, E. O. Wilson ha propuesto una explicación genética de la homosexualidad (*New York Times Magazine*, 12 de octubre 1975). Dado que los homosexuales exclusivos no tienen hijos, ¿cómo podría haber sido seleccionado un gen de la homosexualidad en un mundo darwiniano? Suponemos que nuestros antecesores se organizaron socialmente como grupos pequeños y en competencia con familiares muy próximos. Algunos grupos contaban tan sólo con miembros heterosexuales. Otros contaban con homosexuales que funcionaban como «ayudantes» en la caza o en la crianza de los niños: no tenían hijos propios pero ayudaban a sus familiares a criar a sus parientes genéticos próximos. Si los grupos con ayudantes homosexuales lograron prevalecer en la competencia contra los grupos exclusivamente heterosexuales, los genes de la homosexualidad se habrían visto preservados por la selección de parentesco. No hay nada ilógico en esta proposición, pero tampoco hay ningún dato en su favor. No hemos identificado ningún gen de la homosexualidad y no sabemos nada acerca de la organización social de nuestros antecesores que pueda resultar relevante para esta hipótesis.

La intención de Wilson es admirable; intenta reafirmar la dignidad intrínseca de un comportamiento sexual común y muy difamado con la argumentación de que para algunas personas constituye un comportamiento natural y, para rematar las cosas, adaptativo (al menos bajo una forma ancestral de organización social). Pero la estrategia es peligrosa, ya que si la especulación genética es errónea, el tiro nos sale por la culata. Si defendemos un comportamiento argumentando que las personas están directamente programadas para él, ¿cómo se puede seguir defendiéndolo si la especulación es errónea, ya que el comportamiento se convierte entonces en antinatural y condenable? Vale más adherirse resueltamente a una posición filosófica acerca de la libertad humana: lo que los adultos libres hagan entre sí en su vida privada es asunto suyo y sólo de ellos. No es necesario vindicarlo —y no debe ser condenado— por especulaciones genéticas.

Aunque me preocupen enormemente las utilizaciones deterministas de la selección de parentesco, aplaudo la perspectiva que ofrece para mi tema favorito de la potencialidad biológica. Porque extiende el reino del potencial genético aún más allá, incluyendo la capacidad para la bondad, en otros tiempos considerada como algo intrínsecamente propio de la cultura humana. Sigmund Freud argumentaba que la historia de nuestras mayores percepciones científicas ha supuesto, irónicamente, una retirada continua de nuestra especie del centro del escenario del cosmos. Antes de Copérnico y Newton estábamos convencidos de que vivíamos en el eje del universo. Antes de Darwin creíamos que habíamos sido creados por un Dios benevolente. Antes de Freud nos considerábamos criaturas racionales (lo que sin duda constituye una de las afirmaciones menos modestas de la historia del intelecto). Si la selección de parentesco marca otra etapa de esta retirada, nos hará un buen servicio al impulsar nuestro pensamiento, alejándolo de la dominación, hacia una idea de respeto y unidad con el resto de los animales.

Epílogo

¿Hacia dónde va el darwinismo? ¿Qué perspectivas hay para su segundo siglo de existencia? No soy adivino, tan sólo puedo jactarme de un cierto conocimiento del pasado. Pero sí creo que una estimación de futuras direcciones debe estar ligada a una comprensión de lo que ha ocurrido ya, particularmente en relación con los tres principales ingredientes de la visión del mundo del propio Darwin: su insistencia en el individuo como principal agente evolutivo, su identificación de la selección natural como mecanismo de adaptación y su creencia en la naturaleza gradual del cambio evolutivo.

¿Mantenía Darwin que la selección natural era el agente exclusivo del cambio evolutivo? ¿Creía que todos los productos de la evolución eran adaptativos? A finales del siglo XIX, se planteó un debate en círculos biológicos acerca de quién podía ostentar con pleno derecho el título de «darwiniano». August Weissmann, un seleccionista estricto que no atribuía prácticamente ningún papel a ningún otro mecanismo, reclamaba la toga de único y verdadero descendiente de Darwin. G. J. Romanes, que otorgaba a Lamarck y a una hueste de aspirantes más una igualdad de derechos con respecto a la selección natural, exigía para sí el capote. Ambos y ninguno de los dos estaban en lo cierto. La perspectiva de Darwin era pluralista y acomodaticia (la única postura razonable para un mundo tan complejo). Desde luego, le atribuía una importancia primordial a la selección natural (Weissmann), pero no rechazaba la influencia de otros factores (Romanes).

El debate Weissmann-Romanes está teniendo lugar de nuevo, mientras que los dos movimientos más ampliamente discutidos de los últimos años se alinean detrás de los viejos defensores. Sospecho que la posición intermedia de Darwin prevalecerá una vez más, ya que las formulaciones extremas de ambos lados tendrán que batirse en retirada entre la multiplicidad de la naturaleza. De un lado, los «sociobiólogos» humanos están planteando una serie de complejas especulaciones enraizadas en la premisa de que todos los esquemas fundamentales de comportamiento deben ser adaptativos como producto de la selección natural. He tenido ocasión de escuchar argumentos adaptativos (e incluso genéticos) para fenómenos tales como la herencia de riquezas y propiedades y la mayor incidencia de la felación y el cunnilingus entre las clases superiores.

Con suprema confianza en la adaptación universal, los sociobiólogos defienden el atomismo definitivo, esto es, la reducción a un nivel inferior incluso al del aparentemente irreducible individuo de Darwin. Samuel Butler, en un comentario famoso, afirmó en cierta ocasión que una gallina no es más que el mecanismo que tiene el huevo para producir otro huevo. Algunos sociobiólogos adoptan este epigrama de modo literal y argumentan que los individuos no son más que instrumentos que utilizan los genes para

hacer más genes como ellos. Los individuos se convierten en receptáculos temporales de las unidades «reales» de la evolución. En el mundo de Darwin, los individuos pugnan por perpetuar su estirpe. Aquí, los propios genes son generales en la batalla por la supervivencia. En tan intensos combates, tan sólo los más aptos pueden triunfar; todo cambio ha de ser adaptativo.

Wolfgang Wickler comenta: «Se sigue de la teoría evolutiva que los genes hacen funcionar al individuo con arreglo a sus propios intereses». Confieso que no puedo tomarme semejante afirmación más que como una estupidez metafórica. No me preocupa la falsa atribución de un propósito consciente; esto no constituye más que una licencia literaria y yo mismo soy culpable de utilizarla. Me preocupa la idea errónea de que los genes son partículas discretas y divisibles, que utilizan los rasgos que construyen en los organismos como arma para su propia propagación. El individuo no es divisible en partículas independientes de codificación genética. Las partículas carecen de significado fuera del medio del cuerpo al que pertenecen, y no codifican directamente ninguna parte delimitada de su morfología ni ningún comportamiento específico. La morfología y el comportamiento no son rígidamente configurados por unos genes en combate; no son necesariamente adaptativos en todos los casos.

Mientras que los sociobiólogos intentan ser más weismannianos que Weissmann, muchos biólogos moleculares adoptan el criterio opuesto de que gran parte del cambio evolutivo no sólo no está influenciado por la selección, sino que es realmente aleatorio en su dirección. (Según la formulación de Darwin, la materia prima de la variación puede ser aleatoria, pero el cambio evolutivo es determinista y está dirigido por la selección natural.) El código genético, por ejemplo, es redundante. Existen en él más de una secuencia de ADN que produce el mismo aminoácido. Resulta difícil imaginar cómo un cambio genético de una secuencia redundante a otra puede estar controlado por la selección natural (dado que la selección natural «verá» el mismo aminoácido en ambos casos).

Podemos adoptar la postura de considerar ese cambio genético «invisible» como irrelevante, ya que si la variación no queda expresada en la morfología o la fisiología de un organismo, la selección natural no podrá actuar sobre ella. Aun así, si la mayor parte del cambio evolutivo fuera neutral en ese sentido (en mi opinión no lo es), entonces necesitaríamos una nueva metáfora de la influencia darwiniana. Podríamos vernos obligados a considerar la selección natural como un epifenómeno, que afectaría exclusivamente a las pocas variaciones genéticas que se traducen en partes adaptativamente significativas de los organismos —una mera capa superficial en un vasto océano de variabilidad oculta.

Pero el desafío planteado por los evolucionistas moleculares es más serio que todo esto, porque han detectado una mayor variabilidad en las proteínas (es decir en productos genéticos visibles) que la que permitirían los modelos basados en la selección natural en una población. Por añadidura, han inferido una tasa asombrosamente regular,

casi cronométrica para los cambios evolutivos en las proteínas en el transcurso de períodos largos de tiempo. ¿Cómo puede la evolución actuar como un reloj si está dirigida por un proceso determinista como la selección natural, ya que la intensidad de selección refleja las tasas de cambio ambiental y el clima no funciona como un metrónomo? Tal vez estos cambios genéticos sean verdaderamente neutrales, acumulándose al azar y a un ritmo constante. La cuestión no está resuelta; una variabilidad copiosa aparejada con unas tasas cronométricas podrían surgir por selección natural con la ayuda de algunas hipótesis *ad hoc* que tal vez no resulten absurdas. Tan sólo deseo plantear que carecemos de respuestas definitivas.

Predigo el triunfo del pluralismo darwiniano. La selección natural resultará ser mucho más importante de lo que algunos evolucionistas moleculares se imaginan, pero sin ser omnipotente como parecen mantener algunos sociobiólogos. De hecho, sospecho que la selección natural darwiniana basada en la variación genética tiene bastante poco que ver con los comportamientos que hoy tan ardientemente se citan en su apoyo.

Espero que el espíritu pluralista de las obras del propio Darwin impregne más áreas del pensamiento evolutivo, en el que siguen reinando rígidos dogmas como consecuencia de preferencias no cuestionadas, viejos hábitos o prejuicios sociales. Mi propio blanco favorito es la creencia en un cambio evolutivo lento y continuo predicada por la mayor parte de los paleontólogos (y animada, lo admito, por las preferencias del propio Darwin). El registro fósil no la respalda; la extinción en masa y los abruptos orígenes campan por sus respetos. No podemos demostrar la evolución registrando el cambio gradual de algún braquiópodo según vamos ascendiendo la ladera de una colina. Para soslayar esta desagradable verdad, los paleontólogos se han apoyado en la extrema inadecuación del registro fósil, pues todas las etapas intermedias han desaparecido en un registro que preserva tan sólo unas pocas palabras de las pocas líneas de las pocas páginas que quedan en nuestro libro geológico. Han comprado su ortodoxia gradualista al precio exorbitante de admitir que el registro fósil prácticamente nunca exhibe el fenómeno que precisamente desean estudiar. Pero, en mi opinión, el gradualismo no es exclusivamente válido (de hecho, lo considero más bien raro). La selección natural no implica ninguna aseveración acerca de su ritmo. Puede abarcar un cambio rápido (geológicamente instantáneo) por especiación en poblaciones pequeñas, del mismo modo que la transformación convencional e incalculablemente lenta de estirpes enteras.

Aristóteles argumentaba que la mayor parte de las controversias quedan resueltas en la *aurea mediocritas* («la media dorada»). La naturaleza es tan fascinantemente compleja y variada que prácticamente todo lo que sea posible ocurre de hecho. El «casi nunca» del capitán Corcoran es la afirmación más fuerte que puede hacer un naturalista. Quien desee respuestas nítidas, definitivas y globales a los problemas de la vida, tendrá que ir a buscarlas en alguna otra parte, no en la naturaleza. De hecho, pongo bastante en duda que una investigación como ésta pueda dar esas respuestas en ningún terreno. Podemos resolver de modo definitivo pequeños interrogantes. (Sé por qué el mundo

jamás podrá alojar una hormiga de 8 metros de longitud.) Se nos da bastante bien resolver preguntas de alcance medio, y dudo que el lamarckismo pueda volver a experimentar un resurgimiento como teoría viable de la evolución. Las preguntas de alcance realmente grande sucumben ante la riqueza de la naturaleza (el cambio puede ser dirigido o espontáneo, gradual o cataclísmico, selectivo o neutral). Yo me regocijo con la multiplicidad de la naturaleza y dejo la quimera de la certidumbre para los políticos y los predicadores.

Bibliografía

- Ardrey, R., *African Genesis*, Fontana Library, Collins, Londres, 1967. (Hay trad. cast.: *Génesis en África. La evolución y el origen del hombre*. Hispano Europea, Barcelona, 1969.)
- , *The Territorial Imperative*, Fontana Library, Collins, Londres, 1969.
- Berkner, L. V., y L. Marshall, «The History of Oxygenic Concentration in the Earth's Atmosphere», en *Discussions of the Faraday Society*, 37 (1964), pp. 122-141.
- Bethell, T., «Darwin's Mistake», *Harpers Magazine*, febrero de 1976, pp. 70-75.
- Bettelheim, B., *The Uses of Enchantment*, A. Knopf, Nueva York, 1976. (Hay trad. cast.: *Psicoanálisis de los cuentos de hadas*, Crítica, Barcelona, 1977.)
- Bolk, L., *Das Problem der Menschwerdung*, Gustav Fischer, Jena, 1926.
- Burstyn, H. L., «If Darwin Wasn't the Beagle's Naturalist, Why Was He on Board», *British Journal for the History of Science*, 8 (1975), pp. 62-69.
- Coon, C., *The Origin of Races*, A. Knopf, Nueva York, 1962.
- Darwin, C., *The Origin of Species*, John Murray, Londres, 1964. (Hay trad. cast.: *El origen de las especies*, Espasa, Madrid, 2000.)
- , *The Descent of Man*, 2 vols., John Murray, Londres, 1871. (Hay trad. cast.: *El origen del hombre*, Crítica, Barcelona, 2009.)
- , *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. John Murray, Londres, 1872.
- , *Autobiography*, en *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 1., John Murray, Londres, 1887. (Hay trad. cast.: *Autobiografía*, Belacqva, Barcelona, 2006.)
- Dybus, H. S., y M. Lloyd, «The Habits of 17-year Periodical Cicadas», *Ecological Monograph*, 44 (1974), pp. 279-324.
- Ellis, H., *Man and woman*, Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1894.
- Engels, F., «On the Part Played by Labor in the Transition from Ape to Man», en *Dialectics of Nature*, Foreign Languages Publishing House, Moscú, 1954. (Hay trad. cast.: *Dialéctica de la naturaleza*, Crítica, Barcelona, 1979.)
- Eysenck, H. J., *The IQ Argument: Race, Intelligence and Education*, Library Press, Nueva York, 1971. (Hay trad. cast.: *Raza, inteligencia y educación*, Ediciones Ojeda, Barcelona, 2005.)
- Freud, S., *Civilization and its Discontents*, W. W. Norton, Nueva York, 1961. (Hay trad. cast.: *El malestar en la cultura*, Alianza, Madrid, 2010.)
- Gardner, R. A., y B. T. Gardner, «Early Signs of Language in Child and Chimpanzee», *Science*, 187 (1975), pp. 752-753.
- Geist, V., *Mountain Sheep: A Study in Behavior and Evolution*, University of Chicago Press, Chicago, 1971.
- Gould, S. J., «The Evolutionary Significance of "bizarre" Structures: Antler Size and Skull Size in the "Irish Elk", *Megaloceros giganteus*», *Evolution*, 28 (1974), pp. 191-220.
- Gould, S. J., et al., «The Shape of Evolution, a Comparison of Real and Random Clades», *Paleobiology*, 3 (1977).
- Gruber, H. E., y P. H. Barrett, *Darwin on Man: a Psychological Study of Scientific Creativity*, E. P. Dutton, Nueva York, 1974. (Hay trad. cast.: *Darwin sobre el hombre. Un estudio psicológico de la creatividad científica*. Alianza Editorial, Madrid, 1984.)
- Gruber, J. W., «Who was the Beagle's Naturalist?», *British Journal for the History of Science*, 4 (1969), pp. 266-282.
- Hamilton, W. D., «The Genetical Theory of Social Behavior», *Journal of Theoretical Biology*, 7 (1964), pp. 1-52.
- Harris, M., *Cows, Pigs, Wars and Witches: the Riddles of Culture*, Random House, Nueva York, 1974. (Hay trad. cast.: *Vacas, cerdos, guerras y brujas: los orígenes de la cultura*, Alianza, Madrid, 1997.)

- Huxley, A., *After Many a Summer Dies the Swan*, Penguin, Londres, 1955. (Hay trad. cast.: *Viejo muere el cisne*, Seix Barral, Barcelona, 1991.)
- Huxley, J., *Problems of Relative Growth*, MacVeagh, Londres, 1932.
- Janzen, D., «Why Bamboos Wait So Long to Flower», *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7 (1976), pp. 347-391.
- Jensen, A. R., «How Much Can We Boost IQ and Scholastic Achievement?», *Harvard Educational Review*, 39 (1969), pp. 1-123.
- Jerison, H. J., *The Evolution of the Brain and Intelligence*, Academic Press, Nueva York, 1973.
- Johnston, R. F., y R. K. Selander, «House Sparrows: Rapid Evolution of Races in North America», *Science*, 144 (1964), pp. 548-550.
- Kamin, L., *The Science and Politics of IQ*, Lawrence Erlbaum Associates, Potomac, 1974. (Hay trad. cast.: *Ciencia y política del cociente intelectual*. Siglo XXI, México, 1983.)
- King, M. C., y A. C. Wilson, «Evolution at Two Levels in Humans and Chimpanzees», *Science*, 188 (1975), pp. 107-116.
- Koestler, A., *The Ghost in the Machine*, Macmillan, Nueva York, 1967.
- , *The Case of the Midwife Toad*, Random House, Nueva York, 1971. (Hay trad. cast.: *El abrazo del sapo*. Aymá, Barcelona, 1973.)
- Kraemer, L. R., «The Mantle Flaps in Three Species of Lampsilis (Pelecypoda: Unionidae)». *Malacologia*, 10 (1970), pp. 225-282.
- Krogman, W. M., *Child Growth*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1972.
- Lloyd, M., y H. S. Dybus, «The Periodical Cicada Problem», *Evolution*, 20 (1966), pp. 133-149.
- Lockard, J. S. et al., «Panhandling: Sharing of Resources», *Science*, 191 (1976), pp. 406-408.
- Lombroso, C., *Crime: Its Causes and Remedies*, Little, Brown and Co., Boston, 1911. (Hay trad. cast.: *Los criminales*, Analecta, Pamplona, 2003.)
- Lorenz, K., *On aggression*, Methuen, Londres, 1967. (Hay trad. cast.: *Sobre la agresión*, Siglo XXI, Madrid, 1992.)
- Lull, R. S., *Organic evolution*, Macmillan, Nueva York, 1924.
- MacArthur, R., y E. O. Wilson, *The Theory of Island Biogeography*, Princeton University Press, Princeton, 1967. (Hay trad. cast.: *Teoría de la biogeografía insular*. Moll, Palma de Mallorca, 1983.)
- Margulis, L., «Five-Kingdom Classification and the Origin and Evolution of Cells», *Evolutionary Biology*, 7 (1974), pp. 45-78.
- Martin, R., «Strategies of reproduction», *Natural History* (noviembre 1975), pp. 48-57.
- Mayr, E., *Systematics and the Origin of Species*, Columbia University Press, Nueva York, 1942.
- Montagu, A., «Neonatal and Infant Immaturity in Man», *Journal of the American Medical Association*, 178 (1961), pp. 56-57.
- , (ed.), *The concept of Race*, Collier Books, Londres, 1964.
- Morris, D., *The naked ape*, McGraw-Hill, Nueva York, 1967. (Hay trad. cast.: *El mono desnudo*, Plaza & Janés, Barcelona, 2000.)
- Oxnard, C., *Uniqueness and Diversity in Human Evolution: Morphometric Studies of Australopithecines*, University of Chicago Press, Chicago, 1975.
- Passingham, R. E., «Changes in the Size and Organization of the Brain in Man and His Ancestors», *Brain, Behavior and Evolution*, 11 (1975), pp. 73-90.
- Pilbeam, D., y S. J. Gould, «Size and Scaling in Human Evolution», *Science*, 186 (1974), pp. 892-901.
- Portmann, A., «Die Ontogenese des Menschen als Problem der Evolutionsforschung», *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* (1945), pp. 44-53.
- Press, F., y R. Siever, *Earth*, W. H. Freeman, San Francisco, 1974.
- Raup, D. M., et al., «Stochastic Models of Phylogeny and the Evolution of Diversity», *Journal of Geology*, 81 (1973), pp. 525-542.
- Ridley, W. I., «Petrology of Lunar Rocks and Implication to Lunar Evolution», *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* (1976), pp. 15-48.
- Samuelson, P., «Social Darwinism», *Newsweek*, 7 de julio de 1975.
- Schopf, J. W., y D. Z. Oehler, «How Old are the Eukaryotes?», *Science*, 193 (1976), pp. 47-49.

- Schopf, T. J. M., «Permo-Triassic Extinctions: Relation to Sea-floor Spreading», *Journal of Geology*, 82 (1974), pp. 129-143.
- Simberloff, D. S., «Permo-Triassic Extinctions: Effects of Area on Biotic Equilibrium», *Journal of Geology*, 82 (1974), pp. 267-274.
- Stanley, S., «An Ecological Theory for the Sudden Origin of Multicellular Life in the Late Precambrian», *Proceedings of the National Academy of Sciences* 70 (1973), pp. 1.486-1.489.
- , «Fossil Data and the Precambrian-Cambrian Evolutionary Transition», *American Journal of Science*, 276 (1975), pp. 56-76.
- Tiger, L., y R. Fox, *The Imperial Animal*, Holt, Rinehart and Winston, Nueva York, 1971.
- Trivers, R., y H. Hare, «Haplodiploidy and the Evolution of the Social Insects», *Science* 191 (1976), pp. 249-263.
- Ulrich, H., A. Petalas, y R. Camenzind, «Der Generationswechsel von *Mycophila Speyeri* Barnes, einer Gallmücke mit paedogenetischer Fortpflanzung», *Revue suisse de zoologie*, 79, suplemento (1972), pp. 75-83.
- Velikovsky, I., *Worlds in Collision*, Delta, Nueva York, 1965.
- , *Earth in Upheaval*, Delta, Nueva York, 1965.
- Wegener, A., *The origin of continents and oceans*. Dover, Nueva York, 1966. (Hay trad. cast.: *El origen de los continentes y océanos*, Crítica, Barcelona, 2009.)
- Welsh, J., «Mussels on the Move», *Natural History* (mayo 1969), pp. 56-59.
- Went, F. W., «The Size of Man», *American Scientist*, 56 (1968), pp. 400-413.
- Whittaker, R. H., «New Concepts of Kingdoms of organisms», *Science*, 163 (1969), pp. 150-160.
- Wilson, E. O., *Sociobiology*, Harvard University Press, Cambridge, 1975. (Hay trad. cast.: *Sociobiología*, Editorial Omega, Barcelona, 1980.)
- , «Human Decency is Animal», *New York Times Magazine*, 12 de octubre de 1975.
- Young, J. Z., *An Introduction to the Study of Man*, Oxford University Press, Oxford, 1971. (Hay trad. cast.: *Antropología física. Introducción al estudio del hombre*. Vicens-Vives, Barcelona, 1976.)

Notas

1. «La Osa» hace referencia a la constelación Ursa Major (La Osa Mayor). «El tres veces grande Hermes» es Hermes Trismegisto (nombre griego de Thoth, dios egipcio de la sabiduría). Los «libros herméticos», supuestamente escritos por Thoth, son una colección de obras metafísicas y mágicas que ejercieron una gran influencia en la Inglaterra del siglo XVII. Algunos los equiparaban con el Antiguo Testamento como fuente alternativa de sabiduría precristiana. Perdieron gran parte de su importancia cuando se descubrió que eran productos de la Grecia alejandrina, pero sobreviven en varias doctrinas de los rosacruces y en nuestra expresión «cierre hermético».

* El autor desarrolla este tema en *Ocho cerditos* (Crítica, Barcelona, 1994). (*N. del r.*)

* Papelera. (*N. del r.*).

2. Escribí este ensayo en enero de 1976. Fieles a la admonición de mi último párrafo, varios colegas han cuestionado la atribución de las mandíbulas de Laetoli al género *Homo* por parte de Mary Leakey. Éstos no plantean hipótesis alternativas, pero argumentan que las mandíbulas ofrecen un material excesivamente limitado para realizar un diagnóstico seguro. En cualquier caso, la afirmación básica de este artículo sigue siendo válida: por lo que sabemos a través de los fósiles africanos, el género *Homo* podría ser tan antiguo como los australopitecinos. Más aún, seguimos careciendo de pruebas firmes en torno a un cambio progresivo en el seno de ninguna especie de homínido.

3. Me alejo aquí de la promesa que hice en la introducción de eliminar cualquier referencia a la fuente original de todos estos ensayos —mi columna mensual en *Natural History Magazine*—, porque dónde si no tendré la oportunidad de rendir tributo al hombre sólo superado por mi padre en el volumen de atención que le presté durante mi juventud; él y los Yankees fueron para mí una gran fuente de placer (incluso tengo una pelota que DiMaggio perdió en una ocasión).

* Admirables. (*N. del r.*).

* Equivalentes a los inventos del profesor Franz de Copenague. (*N. del r.*)

* Autor de un famoso manual de pesca. (*N. del r.*)

4. Un amigo me ha indicado que Alberich, también por su parte un hombre pequeño, tan sólo podría esgrimir el látigo con una fracción de la fuerza que podríamos utilizar nosotros, de modo que las cosas podrían no estar tan mal para sus servidores.

* Personaje de cómic (un hombre primitivo). (*N. del r.*)

5. Escribí este ensayo en 1974. Desde entonces, el caso contra sir Cyril ha pasado de ser una presunta negligencia a ser una espectacular (y bien fundada) sospecha de fraude. Los reporteros del *Times* de Londres han descubierto, por ejemplo, que los coautores del estudio de sir Cyril (en los infames estudios sobre gemelos) aparentemente no existieron jamás fuera de su imaginación. A la luz de los descubrimientos de Kamin, no podemos por menos de sospechar que los datos tienen un grado similar de realidad.

Desde Darwin. Reflexiones sobre historia natural
Stephen Jay Gould

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.

Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *Ever Since Darwin. Reflections on Natural History*

© Stephen Jay Gould, 1977

© de la traducción, Antonio Resines, 1983

© del diseño de la portada, Jaime Fernández

© de la imagen de la portada, Corbis

© Editorial Planeta S. A., 2018

Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

www.ed-critica.es

www.planetadelibros.com

Primera edición en libro electrónico (epub): mayo de 2015

ISBN: 978-84-9892-142-7 (epub)

Conversión a libro electrónico: Newcomlab, S. L. L.

www.newcomlab.com

Índice

| | |
|---|-----|
| Sinopsis | 5 |
| Portadilla | 6 |
| Dedicatoria | 7 |
| Prólogo | 8 |
| I. Darwiniana | 14 |
| 1. El retraso de Darwin | 15 |
| 2. La transformación marítima de Darwin o cinco años a la mesa del capitán | 20 |
| 3. El dilema de Darwin: La odisea de la evolución | 25 |
| 4. El entierro prematuro de Darwin | 29 |
| II. La evolución del hombre | 35 |
| 5. Una cuestión de grado | 36 |
| 6. Arbustos y escaleras en la evolución del hombre | 42 |
| 7. El niño como verdadero padre del hombre | 48 |
| 8. Los bebés humanos como embriones | 54 |
| III. Organismos extraños y ejemplares evolutivos | 59 |
| 9. El mal llamado, mal tratado y mal comprendido alce irlandés | 60 |
| 10. La sabiduría orgánica, o por qué debe una mosca comerse a su madre desde dentro | 70 |
| 11. Los bambúes, las cigarras y la economía de Adam Smith | 75 |
| 12. El problema de la perfección, o cómo puede una almeja engarzar un pez | 80 |
| IV. Pautas y puntuaciones en la historia de la vida | 87 |
| 13. El pentágono de la vida | 88 |
| 14. Un héroe unicelular sin corona | 93 |
| 15. ¿Es la explosión cámbrica un fraude sigmoideo? | 99 |
| 16. La gran muerte | 107 |
| V. Teorías acerca de la Tierra | 112 |
| 17. El pequeño y sucio planeta del reverendo Thomas | 113 |
| 18. Uniformidad y catástrofe | 118 |
| 19. Velikovsky en colisión | 123 |
| 20. La validación de la deriva continental | 129 |
| VI. Tamaño y forma, desde las iglesias a los cerebros y los planetas | 136 |

| | |
|--|------------|
| 21. Tamaño y forma | 137 |
| 22. Cuantificación de la inteligencia humana | 143 |
| 23. Historia del cerebro de los vertebrados | 149 |
| 24. Tamaños y superficies planetarias | 154 |
| VII. Ciencia y sociedad: una perspectiva histórica | 160 |
| 25. Héroes y botarates en las ciencias | 161 |
| 26. La postura hace al hombre | 166 |
| 27. Racismo y recapitulación | 171 |
| 28. El criminal como error de la naturaleza, o el mono que algunos llevamos dentro | 177 |
| VIII. La ciencia y la política de la naturaleza humana | 183 |
| A. Raza, sexo y violencia | 184 |
| 29. Razones biológicas por las que no deberíamos poner nombres a las razas humanas | 185 |
| 30. La no ciencia de la naturaleza humana | 190 |
| 31. Los argumentos racistas y el CI | 195 |
| B. Sociobiología | 199 |
| 32. Potencialidades biológicas versus determinismo biológico | 200 |
| 33. Un animal inteligente y bondadoso | 208 |
| Epílogo | 215 |
| Bibliografía | 219 |
| Notas | 222 |
| Créditos | 233 |