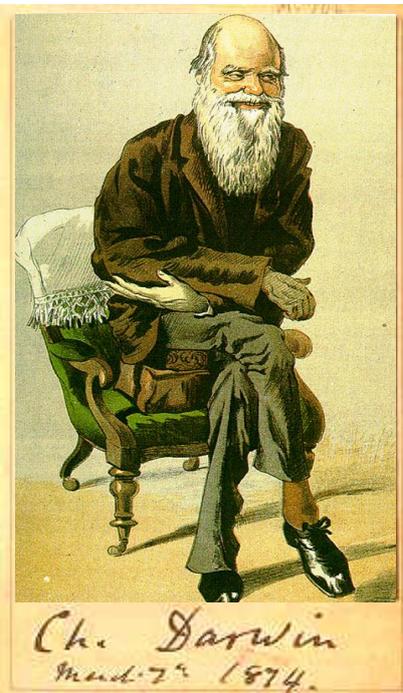


# EVOLUCIÓN



## VOLUMEN 7 (esp) 2012

### Dimensiones sociales del animal humano

**CIENCIA Y FILOSOFÍA**, por A. MOYA — 4

**PRESENTACIÓN**, por N. POLO CAVIA — 5

#### ARTÍCULOS:

**SOLER, M.**

Aportaciones de la teoría evolutiva a la comprensión de la conducta humana — 7

**VAREA GONZÁLEZ, C.**

Nuestra historia de vida: la mejor herencia — 15

**CALL, J.**

Prosocialidad y altruismo en nuestros parientes más próximos — 25

**TORO, M.A.**

Altruismo y cooperación en los grupos humanos — 33

**NAVARRO, A.**

economía y eVolución — 43

**CASTRO NOGUEIRA, L.**

Evolución y ética: las bases biológicas de la moral — 55

**CASTRO NOGUEIRA, L. Y CASTRO NOGUEIRA, M.A.**

Naturalismo y cultura: la hipótesis de *Homo suadens* — 63

**MOSTERÍN, J.**

Herencia genética y transmisión cultural — 71

**MOYA, A.**

Artificialidad e intervención — 87

**NORMAS DE PUBLICACIÓN** — 95



## Editores de eVOLUCIÓN

José Martín y Pilar López

## Editora Invitada:

Nuria Polo Cavia

## Junta Directiva de la SESBE

Presidente: Andrés Moya  
Vicepresidente: Santiago Merino  
Secretario: Toni Gabaldón  
Tesorera: Rosario Gil  
Vocales: Inés Alvarez  
Jose Enrique Campillo  
Camilo José Cela Conde  
Jordi García  
Arcadi Navarro  
Antonio Rosas

eVOLUCIÓN es la revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

eVOLUCIÓN no necesariamente comparte todas las ideas y opiniones vertidas por los autores en sus artículos.

© 2012 SESBE

ISSN 1989-046X

Quedan reservados los derechos de la propiedad intelectual.

Cualquier utilización de los contenidos de esta revista deberá ser solicitada previamente a la SESBE.



Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada  
18071 Granada

<http://www.sesbe.org>

e-mail: [sesbe@sesbe.org](mailto:sesbe@sesbe.org)

## Para enviar artículos a eVOLUCIÓN:

José Martín y Pilar López  
Dep. Ecología Evolutiva  
Museo Nacional de Ciencias Naturales  
CSIC, José Gutiérrez Abascal 2  
28006 Madrid.

[jose.martin@mncn.csic.es](mailto:jose.martin@mncn.csic.es)  
[pilar.lopez@mncn.csic.es](mailto:pilar.lopez@mncn.csic.es)

## ¡¡LA eVOLUCIÓN ES ESPECIAL!!

Continuando con nuestra idea de que si algo nos puede sacar de la crisis es la ciencia y el conocimiento, y de que la evolución es algo especial, y mientras se recortan pagas extras por ahí, en eVOLUCION hemos pensado que lo mejor era editar un volumen especial (a modo de "extra de Navidad") para contribuir aún más a la difusión de la Teoría Evolutiva.

Nos alegramos de poder, pues, presentar este número especial de la revista que recoge los contenidos del Curso de Humanidades Contemporáneas "*Dimensiones sociales del animal humano: una interpretación evolutiva*", que organizó la *Dra. Nuria Polo Cavia* en la Universidad Autónoma de Madrid el año pasado con patrocinio de la SESBE.

Se trata de una aproximación a la naturaleza del hombre, como una especie animal más, con una visión transversal desde campos tan diversos como la Ecología Evolutiva, la Genética, la Economía, la Antropología, las Ciencias Sociales, la Ética o la Filosofía. Pero siempre con un trasfondo evolutivo, lo que demuestra una vez más que "nada tiene sentido en biología, ni en otras disciplinas, si no es leyendo la eVOLUCION bajo la luz".

Este número especial empieza con unas notas sobre ciencia y filosofía a cargo del presidente de la SESBE, *Andrés Moya*, y una presentación por parte de *Nuria Polo Cavia* donde explica las motivaciones que la llevaron a organizar el curso, y que compartimos plenamente en la SESBE. Aprovechamos esta columna para darle las gracias y felicitarla por su iniciativa y esfuerzo, y por su trabajo como editora invitada de este número especial.

Y ya sin más, nos encontramos ante 9 estupendos artículos de autores de reconocido prestigio que constituyen un inmenso regalo de Navidad para esta humilde revista y para sus lectores. Estamos seguros de que disfrutaréis leyéndolos, y pensándolos. Nuestro más sincero agradecimiento a todos los autores y lectores de eVOLUCIÓN, por su interés en la evolución y su apoyo a la revista. Un abrazo y esperamos que el próximo año sea mejor para todos y nos traiga nuevos números de eVOLUCIÓN con contenidos tan interesantes como los de este especial.

*José Martín y Pilar López*  
Editores de eVOLUCIÓN

Sociedad Española de Biología Evolutiva



sociedad española de biología evolutiva

## Cómo hacerse miembro de la SESBE...

Para hacerse miembro de la Sociedad Española de Biología Evolutiva hay que realizar 3 trámites muy sencillos

- Crear una cuenta nueva en la base de datos de la web de la SESBE ([www.sesbe.org](http://www.sesbe.org)) completando los datos personales (como mínimo los campos obligatorios).
- Realizar el pago de la cuota anual de 10 ó 20 euros (según sea miembro estudiante u ordinario) en la siguiente cuenta corriente de **Bancaja**:

Número de cuenta: 2077 2009 21 1100743151  
 Código IBAN: IBAN ES32 2077 2009 2111 0074 3151  
 Código BIC (SWIFT): CVALESVVXXX

- Remitir el comprobante de pago bancario junto con los datos personales por fax, correo postal o electrónico (escaneado-pdf) a la tesorería de la SESBE:

Prof. María Rosario Gil García  
 Profesora Titular de Genètica  
 Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biología Evolutiva,  
 Parc Científic de la Universitat de València  
 C/ Catedrático Agustín Escardino, 9  
 46980 Paterna (València)

Dirección Postal: Apartat Oficial 22085. 46071 València  
 e-mail: [tesoreria@sesbe.org](mailto:tesoreria@sesbe.org)  
 Fax: +34 96 354 3670

- Una vez completados los tres trámites, la tesorera se pondrá en contacto con el nuevo socio para comunicarle que el proceso se ha realizado con éxito, activará su cuenta y le dará la bienvenida en nombre de la Junta Directiva.

## Ciencia y filosofía

Estimados Socios de la SESBE:

La SESBE pretende la promoción social de la ciencia, pero también el llevar a cabo una labor de discusión sobre ella misma. Esa reflexión bien puede venir por parte de aquellos que escudriñan con racionalidad crítica la naturaleza de las cosas y los propios productos del hombre. En su momento la SESBE ayudó a la realización de un curso de Humanidades en la Universidad Autónoma de Madrid, promovido por Nuria Polo Cavia, y que tenía por objeto examinar en buena medida la relación entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. La teoría evolutiva es el

mejor puente para establecer lazos entre ambas. El número especial que el lector puede observar recoge algunas de las conferencias que se presentaron en el citado curso.

Este número especial de la revista eVOLUCIÓN es un buen momento para hacer referencia a la creación de la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología (AIFBI), cuyo primer congreso, constituyente, ha tenido lugar en Valencia a finales del mes de Noviembre de 2012. Se aprobaron sus estatutos, se eligió en asamblea el consejo de dirección y se planificó una reunión trianual de la citada asociación, la próxima a tener lugar en algún lugar de México. Dado el peso que la teoría evolutiva tiene en la filosofía de la biología, no cabe duda que AIFBI y SESBE van a tener oportunidad de llevar a cabo actividades conjuntas. En ello hemos convenido el recién elegido presidente de AIFBI, Antonio Diéguez, catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Málaga y un servidor.



Atentamente

**Andrés Moya**  
Presidente de la SESBE

Sociedad Española de Biología Evolutiva



# Dimensiones sociales del animal humano: una interpretación evolutiva

## PRESENTACIÓN

Hace justamente un año tenía lugar en la Universidad Autónoma de Madrid el Curso de Humanidades Contemporáneas "Dimensiones sociales del animal humano: una interpretación evolutiva". Partiendo de una lógica evolucionista, el curso trataba de encontrar respuestas a cuestiones sobre el origen de la moral y la justicia, los comportamientos altruistas, las construcciones sociales, las estructuras económicas y otros aspectos de la civilización humana.

Fueron dos los motivos principales que me llevaron a organizar este curso. El primero es mi convencimiento profundo de que sólo es posible aproximar la naturaleza del ser humano desde una perspectiva no antropocéntrica, considerando la especie humana como un producto más del devenir histórico evolutivo. Puesto que la evolución no sucede de forma direccional, no tiene una meta ni un objetivo, el hombre no puede ser la conclusión de un proceso evolutivo. Cuando asumimos que nuestra especie tiene un origen natural –tan natural como el del resto de los seres vivos–, y que, como el resto de las especies animales, es imperfecta, renunciamos a toda forma de antropocentrismo. El segundo motivo es el aparente empeño que han mostrado las ciencias sociales, especialmente durante el último siglo, en fomentar la disociación entre la na-



turalidad biológica de nuestra especie y su dimensión sociocultural. No cabe ninguna duda de que el desarrollo y la progresiva complejización de las sociedades ha supuesto una substancial transformación del medio en el que habita la especie humana, revistiendo de complejas envolturas sociales y culturales los mecanismos adaptativos que permitieron la cohesión y el funcionamiento de los grupos humanos en las sociedades primitivas. Sin embargo, son las teorías evolutivas las que han sido capaces de ofrecer, por primera vez en la historia del conocimiento, una herramienta que permite dar explicaciones racionales –mecanicistas– acerca de la dimensión sociocultural de nuestra especie. Así pues, las explicaciones evolutivas sobre el origen y la naturaleza de las facultades morales e intelectuales del hombre, su cultura y su orga-

nización social, resultan de vital importancia para comprender, desde una perspectiva naturalista, el comportamiento del ser humano en las sociedades actuales.

Desde este punto de vista, la teoría de la evolución trasciende por completo el campo de la biología y se adentra en el campo de la filosofía y la antropología, revolucionando por completo el pensamiento antropológico e influenciando inevitablemente disciplinas como la psicología, la economía o la sociología. Por este motivo, el curso se cimentó sobre una pluralidad temática –reflejada tanto en la procedencia de los ponentes y el contenido de sus charlas, como en el público al que se dirigía–, pues sólo desde una perspectiva plural que conjugue ciencias naturales y ciencias humanas puede, tal vez, conocerse al *Animal Humano*\*.

El apoyo y la colaboración de la SESBE han sido fundamentales para el desarrollo de esta iniciativa en el marco de los Cursos de Humanidades Contemporáneas de la Universidad Autónoma de Madrid, un programa que promueve cada año el Vicerrectorado para los Estudiantes y la Formación Continua (antes Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Divulgación Científica). Quisiera agradecer especialmente a los ponentes su participación

en el curso y los artículos que han enviado para su publicación en este número especial de **eVOLUCIÓN**. Todos ellos poseen una larga trayectoria investigadora en distintos campos de la biología evolutiva y de las humanidades, y algunos son también importantes divulgadores de temas relacionados con la evolución en nuestro país. El pasado mes de abril nos dejaba uno de ellos, Carlos Castrodeza, profesor del Departamento de Filosofía de la Ciencia de la Universidad Complutense de Madrid. Apenas tuve tiempo de conocerlo, pero en las pocas conversaciones que mantuvimos me dejó la profunda impresión de encontrarme frente a un hombre en el que la ciencia y el pensamiento humanista se entrelazaban para comprender con brillante lucidez la naturaleza humana. Deseamos dedicar este número a su memoria.

Un abrazo,

**Nuria Polo Cavia**

Profesora del Departamento de Biología, UAM y directora del Curso de Humanidades Contemporáneas "Dimensiones sociales del animal humano: una interpretación evolutiva"

---

\*Este término fue tomado del libro de M. Soler. 2009. *Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano*. Síntesis, Madrid, que inspiró el título del curso.

## Aportaciones de la teoría evolutiva a la comprensión de la conducta humana

Manuel Soler

Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. 18071 Granada.

E-mail: msoler@ugr.es

### RESUMEN

La teoría de la evolución es la idea más importante e influyente desarrollada por la mente humana que tiene también una componente de ciencia aplicada muy relevante, ya que es la base que nos permite luchar contra parásitos, plagas, etc. Igualmente, está aportando explicaciones que nos están permitiendo conocernos mucho mejor a nosotros mismos, y no solamente en los aspectos que podríamos considerar más biológicos como los relacionados con la reproducción, sino también en aspectos más sociales como el altruismo, las sociedades humanas e incluso, en los relacionados con nuestras capacidades cognitivas. En este artículo se abordarán temas como el comportamiento sexual, la evolución de los cuidados parentales y las capacidades cognitivas, destacando que otras especies animales también poseen la capacidad de planear el futuro y de utilizar y preparar herramientas, e incluso, poseen capacidades cognitivas más elevadas como la autoconciencia y el sentido de la justicia. *eVOLUCIÓN 7(esp): 7-14 (2012)*.

**Palabras Clave:** Teoría evolutiva, cognición, conflicto sexual, cuidado parental, conflicto paterno-filial.

### ABSTRACT

The Theory of Evolution is the most important and influential idea developed by the human mind that also has a relevant component of applied science, since it allows fighting against parasites, plagues, etc. Likewise, this theory is yielding explanations that help us to much better understand ourselves, and not only our more biological aspects such as reproduction, but also our social aspects such as altruism, human societies, and even, those aspects related with our cognitive abilities. In this article, I will explore issues like sexual behavior, evolution of parental care and cognitive abilities, emphasizing that other animal species are also endowed with the capacities of future planning, using and making tools, and they even show cognitive abilities such as self-consciousness and sense of fairness. *eVOLUCIÓN 7(esp): 7-14 (2012)*.

**Key Words:** Evolutionary Theory, cognition, sexual conflict, parental care, parental conflict.

En el último congreso de la SESBE que tuvo lugar en Madrid en noviembre de 2011 se presentó una comunicación oral que llevaba por título “¿Es el atractivo facial un universal adaptativo? Revisión crítica de 20 años de investigación”. En ella, el ponente se dedicó, de acuerdo con el título de su charla, a exponer una serie de presuntos problemas que había encontrado en los artículos científicos publicados sobre el atractivo facial siguiendo el enfoque adaptativo. Al final de su charla concluyó que el atractivo facial no es el resultado de la selección, sino simplemente del azar. Cuando se le hizo una pregunta al respecto respondió que él no podía entrar en profundidad en temas biológicos puesto que él era antropólogo y filósofo. Esta respuesta no fue dada con la vergüenza de alguien que se tiene que salir por la tangente porque lo han “pillado”, sino con el orgullo de alguien que se dedica a temas más importantes y no tiene por qué rebajarse a saber biología. Supongo que este

mismo orgullo es el que le da la fuerza moral necesaria para dedicarse a criticar –sin ser un experto en biología– los artículos que biólogos o psicólogos evolutivos han publicado en revistas especializadas que exigen que los artículos pasen previamente por un control muy exigente de revisores expertos en ese tema. Con esto no quiero decir que las publicaciones sobre el atractivo facial fueran perfectas, por supuesto que pueden tener problemas, pero esto es parte del método científico, esos problemas se van solucionando en los estudios futuros. Lo que es un grave error desde el punto de vista del método científico es concluir que porque se detectan problemas, el paradigma teórico en el que se basa el trabajo no es válido.

Esta anécdota pone de manifiesto el principal problema de las llamadas ciencias humanas en la actualidad: muchos de los profesionales que se dedican a ellas se niegan a aceptar que la teoría de la selección natural se pueda aplicar al estudio

del ser humano. ¿Por qué? Pues quizás porque les encanta pensar que se dedican al estudio de un ser único en el que lo importante no son los instintos, sino sus relaciones sociales y su cultura, mientras que los biólogos se dedican a estudiar a los animales y otros seres vivos. Sin embargo, con esta postura están ignorando la enorme cantidad de conocimientos científicos conseguidos durante las últimas décadas por la biología evolutiva, lo que implica un retraso similar, de décadas, en las ciencias humanas. Biólogos y psicólogos evolutivos han aportado un aluvión de ideas y de resultados científicos que han supuesto enormes avances en el estudio del comportamiento humano (Soler 2009a).

Este artículo es un intento de contribuir a que el colectivo de profesionales de las ciencias humanas acepte la teoría de la selección natural como el paradigma teórico que les facilitaría dar un enfoque realmente científico a sus investigaciones, ya que la teoría de la selección natural es una potente herramienta que les permitiría hacer predicciones adaptativas muy concretas sobre el comportamiento humano. En él, primero voy a defender la postura biológica de que el ser humano es sólo un animal más, y después, presentaré algunos avances conseguidos en el estudio del comportamiento humano gracias a la utilización de la teoría evolutiva.

### **El ser humano es sólo una especie más**

¿Es el ser humano una especie única? Por supuesto: ¡la especie humana es única! Sin embargo, hay que añadir que tan “única” como lo pueda ser cualquier otra especie, sobre todo si es la única representante del género en el que está encuadrada, como ocurre con la nuestra. La principal característica que nos distingue del resto de las especies es el tamaño de nuestro cerebro que es muy grande (el triple del que correspondería a un primate de nuestro tamaño), lo que ha favorecido el desarrollo de unas elevadas capacidades cognitivas que han permitido el descubrimiento de complejas herramientas y tecnologías gracias a las cuales dominamos el planeta (Soler 2009b). Sin embargo, nuestro cerebro, aunque es más grande, no es cualitativamente diferente; está formado de la misma materia, e incluso, estructuralmente, es muy similar al de un chimpancé (*Pan troglodytes*). Desde el punto de vista biológico, sólo somos una especie de mamífero encuadrada en el grupo de los primates. No cabe duda de que entre nosotros y el resto de los animales hay muchas más similitudes que diferencias (Mosterín 2006). De hecho, los últimos descubrimientos después de la secuenciación del genoma humano indican, no sólo que somos animales, sino que además somos muy parecidos a nuestro pariente más próximo, el chimpancé (Ridley 2004).

### **Las habilidades cognitivas**

Por supuesto, no se puede negar que somos la especie animal más inteligente, pero durante las dos últimas décadas se está demostrando que muchas de las habilidades cognitivas que se creían exclusivas del ser humano también se dan, aunque en un nivel más reducido, en otras especies animales. Facultades como la resolución de problemas nuevos, la utilización –incluso la fabricación– de herramientas, la transmisión cultural de conocimientos, la posibilidad de planear el futuro, etc. también se dan en algunas especies animales (Soler 2009a). Incluso otras capacidades consideradas más elevadas y sublimes como la conciencia, la autoconciencia, las emociones básicas y el sentido de la justicia, también se han encontrado en algunas especies animales, y no sólo en primates y algunas especies de mamíferos marinos como los delfines, sino incluso en ciertas especies de aves (Soler 2009a). Los conocimientos actuales, dan la razón a Darwin cuando defendía la existencia de una continuidad entre la mente humana y la del resto de los primates (Darwin 1871).

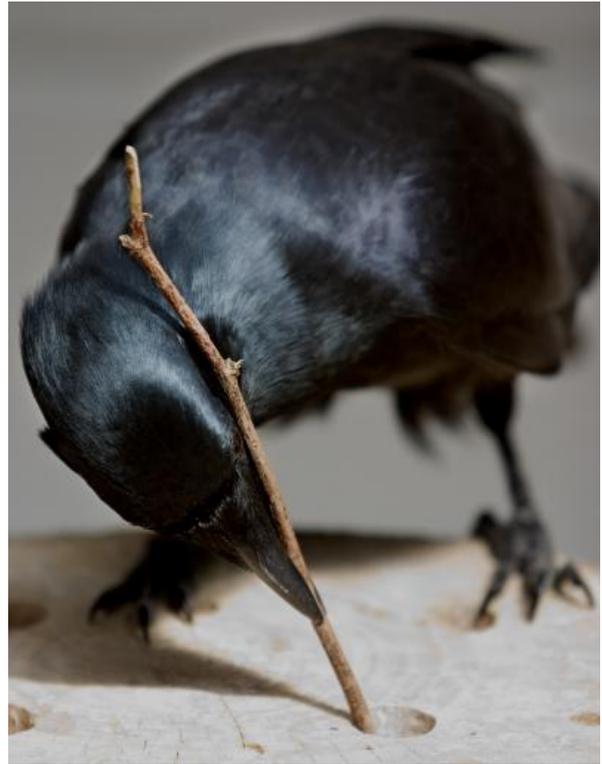
Las habilidades cognitivas han evolucionado favoreciendo la adaptación de las distintas especies a su medio ambiente; es decir, cada especie es capaz de aprender todo aquello que necesita y utiliza en su vida diaria. El ser humano no es una excepción. Así, por ejemplo, nos cuesta mucho distinguir entre cuerpos geométricos complicados con muchas caras, vértices y aristas, algo que es muy fácil para un ordenador; sin embargo, somos muy buenos para distinguir diferencias mínimas en los rostros humanos, algo que todavía no se ha conseguido que hagan los ordenadores. Lo mismo le pasa al resto de los animales y algunas especies han necesitado de ciertas habilidades concretas y especializadas que en la evolución de nuestra especie no han sido tan importantes y en esas habilidades nos superan. Por ejemplo, las palomas tienen un sentido de la orientación mejor que el nuestro, las ratas son mejores que nosotros aprendiendo a evitar el veneno, y las aves que esconden semillas durante el otoño para consumirlas durante el invierno son mucho mejores que nosotros encontrándolas. Pocos humanos serían capaces de encontrar más de 100 semillas que escondieran en un bosque y en algunas especies de aves cada individuo puede llegar a esconder hasta doce mil. ¡Y las encuentran! Es decir, la capacidad de aprender es muy diferente entre especies según las habilidades que necesitan en su vida diaria. Unas especies están adaptadas a aprender unas cosas y otras especies otras, y en cada caso, las que se aprenden bien son las que les han resultado necesarias a lo largo de su evolución para mejorar su eficacia biológica (posibilidades de supervivencia y reproducción; Soler 2009a).

En cuanto a esas capacidades consideradas más elevadas y sublimes del ser humano, ¿qué pruebas hay de que existan en otras especies animales? Vamos a describirlo brevemente siguiendo a Soler (2009a).

La capacidad de planear el futuro se ha comprobado experimentalmente en bonobos y orangutanes, que son capaces de seleccionar, transportar y guardar herramientas que les van a hacer falta más tarde. Sin embargo, los descubrimientos más fascinantes no se han logrado con nuestros parientes más próximos, sino con un ave, la urraca azul (*Aphelocoma californica*), especie de la familia de los córvidos que esconde semillas para alimentarse posteriormente durante los periodos de escasez. En estudios experimentales con esta especie se ha demostrado que las urracas son capaces de predecir la disponibilidad del alimento (i.e., varios tipos de semillas) y de almacenarlo en previsión en el compartimento apropiado (Raby et al. 2007).

La utilización de herramientas se ha demostrado en muchas especies animales, pero sin lugar a dudas, el caso más sorprendente y llamativo no es el que se ha encontrado en chimpancés u otros primates, sino el descrito en la corneja de Nueva Caledonia (*Corvus moneduloides*), una especie de córvido que en su medio natural utiliza ramitas para conseguir alimento. Estudios experimentales en cautividad han demostrado que son capaces de fabricar, a partir de alambres rectos, el gancho adecuado para sacar la comida puesta en un cubo que a su vez está introducido en el interior de un profundo tubo que impide que puedan alcanzar el cubo directamente con su pico (Fig. 1). Esta capacidad está muy extendida ya que prácticamente todos los individuos son capaces de hacerlo fácilmente, sin titubear y de una forma muy rápida (Weir et al. 2002).

La autoconciencia es una de las habilidades mentales más fascinantes del ser humano. No sólo tenemos mente, sino que además somos conscientes de que la tenemos y podemos actuar en consecuencia. ¿Tienen los animales no humanos autoconciencia? Desde los trabajos pioneros de Gordon Gallup se asume que el hecho de que un individuo se reconozca frente a un espejo como él mismo y no como un congénere (se dedica a explorar las zonas de su cuerpo que no conoce) indica que existe autoconciencia. Gallup demostró que los chimpancés tenían autoconciencia, y desde entonces, durante los casi cuarenta años que han transcurrido, se han realizado experimentos de reconocimiento frente al espejo en gran cantidad de especies animales y se ha demostrado que disponen de esta capacidad otras especies de primates, una especie de delfín y el elefante indio (Soler 2009a). Pero además, recientemente se ha publicado un estudio que demostraba experimentalmente que un ave, la urraca (*Pica pica*), también es capaz de reconocerse frente al espejo (Prior et al. 2008).



**Fig. 1.** Las cornejas de Nueva Caledonia utilizan ramitas a modo de herramientas (como si fueran pinchos o ganchos) para extraer alimento de grietas y agujeros de otro modo inaccesibles.

El sentido de la justicia también se ha demostrado experimentalmente en otras especies, aunque sólo en dos, el chimpancé y el mono capuchino de cabeza dura (*Cebus apella*). El diseño experimental de estos estudios básicamente consistió en dar a los individuos un objeto que para ellos no tiene ningún valor (una piedra), para posteriormente, cambiársela por comida de diferente calidad. Los individuos, si están solos frente al experimentador siempre cambian la piedra por cualquier comida, aunque sea la que menos les gusta; sin embargo, si un individuo observa que el investigador ofrece comida de mejor calidad a un compañero a cambio de su piedra, y después a él le ofrece la comida que menos le gusta por una piedra igual, se enfada y rechaza el intercambio. Este resultado implica que esta especie de mono capuchino posee un sentido de la justicia (Brosnan y de Waal 2003).

### Las investigaciones sobre la conducta humana y la teoría evolutiva

La teoría evolutiva está aportando explicaciones que nos están permitiendo conocernos mejor a nosotros mismos, no sólo en los aspectos que podríamos considerar más biológicos como los relacionados con la selección de pareja o los cuidados parentales, sino incluso también, en

aspectos más sociales, como el altruismo, las sociedades humanas, e incluso, en los relacionados con nuestras pretendidas superiores capacidades cognitivas.

Ahora vamos a estudiar dos de esos aspectos, pero, antes que nada, es importante dejar una cosa clara, y es que cuando los ecólogos evolutivos se refieren a predicciones que incluyen decisiones tomadas por los individuos, no se están refiriendo a decisiones tomadas conscientemente, sino a decisiones que forman parte de estrategias evolutivas y que, por tanto, son más bien respuestas instintivas. ¡Y esto es válido también para la especie humana! Aunque pensamos que somos una especie de gran capacidad intelectual que somos capaces de razonar y tomar decisiones valorando los pros y los contra, hay que destacar que muchas de nuestras decisiones no las tomamos conscientemente sino basándonos en sensaciones, emociones y estímulos de los que no somos conscientes (Soler 2009a). Hay muchos estudios que lo demuestran, por ejemplo, un grupo de investigadores ingleses hicieron un experimento en el que manipularon la máquina expendedora de bebidas que había en su departamento. La forma de pago de las bebidas consistía en introducir el dinero en una hucha que estaba situada junto a la máquina. La disposición de la hucha no permitía observar a la persona cuando introducía las monedas, por lo que puede considerarse que las contribuciones eran anónimas. La manipulación experimental consistió en poner una imagen (unas flores o unos ojos), que se cambiaba cada semana junto a los precios de las bebidas. El resultado fue que el dinero recolectado en la hucha cada semana en relación con las bebidas consumidas fue el triple cuando la imagen expuesta eran los ojos que cuando eran las flores, lo que apoyaba la idea de que ver los ojos influye psicológicamente como una pista subconsciente de que se está siendo observado y, por tanto, de que el comportamiento está afectando a la reputación, lo que provocaría el incremento de la aportación (Bateson et al. 2006) (Fig.2).

Los dos temas del comportamiento humano que vamos a estudiar desde el punto de vista evolutivo son el comportamiento sexual y el cuidado de los hijos. En ambos casos veremos primero, muy brevemente, lo que la ecología evolutiva nos dice sobre el tema y, posteriormente, analizaremos si esos conocimientos se pueden aplicar al comportamiento humano.

### **Comportamiento sexual**

Una de las actividades más importantes que realiza cualquier ser vivo desde el punto de vista evolutivo, es la reproducción. Sin embargo, el tiempo y los recursos de que dispone para esa tarea son limitados y los tiene que gestionar eficazmente. El total de tiempo y recursos que un individuo dedica a la reproducción se denomina

“esfuerzo reproductor”, y se puede dividir en dos componentes: “esfuerzo por apareamientos” (que es todo lo que invierte un individuo a lo largo de su vida en buscar individuos del sexo contrario con los que aparearse) y “esfuerzo parental” (lo que invierte en cuidar de sus descendientes). Es decir, que el esfuerzo reproductor es la suma del esfuerzo por buscar apareamientos más el esfuerzo parental. Por tanto, si un individuo dedica mucho tiempo a los cuidados parentales, dedicará poco tiempo a buscar apareamientos, y viceversa. Con respecto a este tema hay una diferencia entre sexos evidente y muy generalizada: en la gran mayoría de las especies, las hembras suelen invertir la mayor parte de su esfuerzo reproductor en esfuerzo parental, mientras que los machos lo invierten en esfuerzo por apareamientos. Esto es así porque el éxito reproductor de los machos depende del número de hembras que consigan fecundar, mientras que el de las hembras depende del número de hijos que puedan criar. Por esto, la ecología evolutiva predice que los machos invertirán más en buscar pareja y serán más promiscuos que las hembras. Esta es una regla general muy extendida.

¿Se cumple esta predicción en la especie humana? ¿Son los hombres más promiscuos que las mujeres? Pues la respuesta es un sí rotundo. Hay muchos estudios que lo apoyan. Uno de los más concluyentes fue un experimento de unos investigadores americanos en el que entrenaron a un grupo de jóvenes universitarios atractivos de ambos sexos que utilizaron como gancho. Estos jóvenes se acercaban a otro joven del sexo contrario que estuviera solo y, después de una frase introductoria del tipo “Hola, te he estado viendo por el campus y te encuentro muy atractivo/a”, le hacían una de las tres siguientes preguntas: (1) ¿Aceptas salir conmigo?, (2) ¿Quieres venir a mi apartamento? y (3) ¿Quieres que tengamos relaciones sexuales? No hubo diferencias en la respuesta dada por chicos y chicas a la primera pregunta: el porcentaje de respuestas afirmativas fue, en ambos casos, del 50 %. Sin embargo, las respuestas a las dos últimas preguntas, de acuerdo con la predicción de la que partíamos, fueron bastante diferentes. Sólo un 6 % de las chicas respondió que sí a la pregunta de ir al apartamento del chico, y ninguna (0 %) aceptó la oferta directa de mantener relaciones sexuales. Por el contrario, un 69 % de los chicos aceptó acompañar a la chica a su apartamento, y un 75 % dijo que sí a la propuesta de tener relaciones sexuales (Clark y Hatfield 1989).

### **Cuidados parentales**

Se consideran cuidados parentales aquellos comportamientos de los padres que, suponiéndoles un coste, contribuyen a aumentar la eficacia biológica de sus hijos. Lo más frecuente es que los



**Fig. 2.** La *sensación* de ser observado puede cambiar nuestro comportamiento: la imagen de unos ojos colocada sobre una máquina expendedora de bebidas generó un incremento en la contribución anónima de los consumidores; la recaudación fue tres veces mayor que cuando la imagen mostraba unas flores.

cuidados parentales los ofrezcan sólo las hembras como ocurre en la mayoría de las especies de mamíferos, pero a veces pueden trabajar los dos, el macho y la hembra, como suele ocurrir en las aves, y por último, en algunas especies de peces son los machos los que se encargan de cuidar de los hijos. Vamos a ver tres aspectos muy importantes en la evolución de los cuidados parentales: la certeza de paternidad, el conflicto entre machos y hembras y el conflicto entre padres e hijos.

#### *Certeza de paternidad*

Puesto que los cuidados parentales suponen un coste para los machos, sólo van a ser favorecidos por la selección natural si realmente se realizan a favor de los hijos propios. Por esto, se podría predecir que el nivel de inversión parental de un macho va a estar relacionado con su certeza de paternidad. Esta idea se ha comprobado tanto en estudios comparativos como en trabajos experimentales realizados en muchas especies en los que se ha manipulado la certeza de paternidad de los machos. Uno de esos estudios utilizó como especie modelo un pez de agua dulce (*Lepomis macrochirus*), cuyos machos cuidan y defienden los huevos y las crías. En esta especie, además de los machos que cortejan a las hembras, hay otros machos denominados “furtivos” que siguen una estrategia distinta: acechan a las hembras que están siendo cortejadas por otros machos, y en cuanto éstas ponen los huevos, salen de su escondite para fecundarlos. Por tanto, la certeza de paternidad de un macho no puede ser absoluta. Un científico realizó un experimento en Canadá, en el que simuló la presencia de uno de estos machos furtivos en las inmediaciones de los nidos experimentales y, de acuerdo con las prediccio-

nes, encontró que los machos, cuando habían observado a otro macho rival por la zona en el momento en que la hembra había puesto los huevos, defendían menos las puestas que en los casos en los que no había ningún macho rival (Neff 2003).

#### *Conflicto entre machos y hembras*

Otro tema muy interesante relacionado con los cuidados parentales es el conflicto entre machos y hembras. Este conflicto es la consecuencia de que la selección natural no favorece a la pareja más exitosa, sino al individuo más eficaz dejando descendencia. Lo que quiere decir que se va a seleccionar el individuo capaz de conseguir que su pareja invierta más en cuidados parentales: el tiempo y el trabajo que se ahorra lo podrá invertir en buscar más apareamientos y por tanto dejará más descendencia.

¿Por qué son los machos los que han ganado ese conflicto en la mayor parte de las especies? Pues porque hay factores biológicos, fisiológicos y de otros tipos que predisponen a las hembras a asumir en la mayoría de los casos el grueso de los cuidados parentales. El ejemplo más claro son los mamíferos: gestación interna, amamantar, etc., son las hembras las únicas que pueden hacerlo. No obstante, en las aves, los cuidados parentales los aportan ambos sexos porque la inversión que necesitan las crías es tan elevada que son necesarios los dos padres para sacarlas adelante. Se podría generalizar diciendo que los cuidados parentales los ofrece sólo un sexo cuando no es imprescindible que participen los dos, en cuyo caso, si uno de ellos tiene posibilidades de encontrar otra pareja y la oportunidad de desertar, dejará al otro al cuidado de las crías.

El gorrión chillón (*Petronia petronia*) es una especie en la que ambos sexos tienen la oportunidad de abandonar al otro, por lo que es posible encontrar nidos de esta ave que están siendo atendidos sólo por el macho, sólo por la hembra, o conjuntamente por un macho y una hembra. En el gorrión chillón, como ocurre en la mayoría de las especies, los machos suelen desertar con más frecuencia que las hembras. El grupo de investigación ha identificado los principales motivos de ese sesgo. En primer lugar, destacaban que la hembra es la que se encarga de incubar los huevos y dar calor a los pollos durante sus primeros días de vida, por tanto, era el macho el primero en tener la oportunidad de abandonar. Si había hembras disponibles por los alrededores el macho abandonaba en este periodo y comenzaba un nuevo proceso reproductor con otra hembra. Sin embargo, una vez pasado este periodo, si el macho no había abandonado y había otros machos disponibles por los alrededores, era la hembra la que abandonaba al macho para emparejarse con otro (Griggio y Pilastro 2007).

**Fig. 3.** Los hombres hadza dedican más atención y cuidados a sus hijos cuando perciben un elevado parecido físico con ellos mismos, y cuando tienen mayor confianza en la fidelidad de su mujer.



### *Conflicto entre padres e hijos*

La “teoría del conflicto paterno-filial” sugiere que, aunque lo importante para los hijos es sobrevivir y también para los padres es vital que sus hijos sobrevivan, los intereses de ambas partes no coinciden totalmente. El argumento es que la estrategia óptima para los padres es invertir por igual en todos sus hijos (puesto que con todos ellos comparten el 50 % de sus genes), incluidos los que aún no han nacido, mientras que la estrategia óptima para cada uno de los hijos es que inviertan en él más que en el resto de sus hermanos, puesto que están más emparentados consigo mismos (100 % de sus genes) que con sus hermanos (50 % de sus genes; Trivers 1974). Esto implica que la selección natural habrá favorecido la evolución del hijo exigente que consiga recibir una mayor inversión de la que los padres están dispuestos a darle. Pero, por otro lado, también implica que, igualmente, habrán sido seleccionados aquellos padres que hayan desarrollado contra-adaptaciones para evitar el chantaje de los hijos egoístas, puesto que los padres que cedieran y aportaran más cuidados parentales de los necesarios a un hijo que los solicitara con mayor intensidad dejarían menos descendientes que los padres que se resistieran y no pusieran en peligro la supervivencia del resto de sus hijos ni su reproducción futura (Trivers 1974).

### **Cuidados parentales en humanos**

Los seres humanos también cuidamos de nuestros hijos, pero en este aspecto, nos parecemos más a las aves que a los mamíferos, ya que en la especie humana, el macho colabora con la hembra en el cuidado de la descendencia.

Antes de comenzar a estudiar este tema es conveniente que destaquemos que el cuidar de los hijos no es sólo el resultado de una decisión premeditada y consciente, es el resultado de un proceso evolutivo en el que se han seleccionado adaptaciones en las madres y en los padres que

favorecen que ambos se vuelquen en el cuidado de sus hijos. Por ejemplo, el llanto del bebé provoca una respuesta fisiológica inmediata por parte de la madre (y del padre si está acostumbrado a ello), que es la que despierta la necesidad de acudir a atender a su bebé. Los cuidados de los hijos en humanos también son el resultado de los procesos de selección natural, y una prueba de ello es que, como veremos a continuación, se cumplen las mismas predicciones que hemos estudiado anteriormente para el resto de los animales.

### *Certeza de paternidad*

¿Influye la certeza de paternidad en las decisiones de los hombres relacionadas con la inversión parental al igual que en otras especies animales? Pues la respuesta tiene que ser positiva por varios motivos. Primero, porque muchos estudios han puesto de manifiesto en diferentes etnias que los hombres invierten menos en sus hijastros que en sus hijos, y que los niños que viven con un padre adoptivo tienen más posibilidades de sufrir maltrato y de morir que los que viven con su padre biológico. Y segundo, también se ha demostrado que los indicios que afectan a la certeza de paternidad (ya sea positiva o negativamente) también influyen en el hombre, al igual que en los machos de muchas otras especies de animales (Soler 2009a).

Un buen ejemplo es el estudio en el que se investigó la influencia sobre los cuidados parentales de dos factores que se relacionan con la probabilidad de paternidad: (1) la percepción del hombre sobre el parecido de sus hijos con él, y (2) la percepción del hombre sobre la fidelidad de su mujer. A un grupo de hombres hadza (una etnia de cazadores-recolectores que viven en Tanzania) se les presentó un cuestionario diseñado para valorar la idea del hombre sobre los tres aspectos importantes para el estudio: su parecido con sus hijos, la fidelidad de su mujer y su inversión en cuidados parentales. De acuerdo con las

predicciones derivadas de la teoría de la inversión parental, encontraron que cuando los hombres pensaban que sus hijos se parecían a ellos declaraban invertir más en cuidados parentales (prestar más atención y pasar más tiempo con sus hijos) que si pensaban que no existía mucho parecido. En lo que respecta a la otra predicción también se cumplía: los hombres que estaban más seguros de la fidelidad de su mujer dedicaban más tiempo a sus hijos que los que declaraban no estar tan seguros (Apicella y Marlowe 2004) (Fig. 3).

#### *Conflicto entre machos y hembras*

Sí, en nuestra especie también se ha demostrado que existe el conflicto entre sexos tanto en sociedades modernas industrializadas como en sociedades de cazadores-recolectores. Por ejemplo, se ha demostrado que la inversión de los hombres en cuidados parentales se ve influida por la disponibilidad de mujeres que pudieran ser posibles parejas (al igual que hemos visto que encontraron en el gorrión chillón). También con los hadza se encontró que los hombres que se consideraban más atractivos invertían menos en cuidar de los hijos y más en buscar apareamientos que los hombres que no se consideraban tan atractivos. Al cuantificar el tiempo que los padres pasaban con sus hijos, se encontró que éste era menor conforme mayor era el número de mujeres disponibles en edad fértil que existía en cada poblado (Marlowe 1999).

#### *Conflicto entre padres e hijos*

La especie humana no es una excepción, al igual que en otras especies animales, ambos, padres e hijos, obtienen importantes beneficios evolutivos de los cuidados parentales. Los hijos, porque mejoran sus posibilidades de supervivencia y de llegar a convertirse en adultos reproductores, y los padres, porque aumentan sus posibilidades de dejar descendientes exitosos. Sin embargo, aunque ambas partes obtienen beneficios, sus intereses son diferentes como hemos visto anteriormente, por esto es tan difícil criar y educar a los hijos, porque esta actividad está afectada por muchos conflictos. Por un lado, el que ya hemos estudiado entre el padre y la madre, por otro, el que existe entre hermanos y, por último, pero el más importante, el que existe entre padres e hijos.

Es posible que algunas personas no estén de acuerdo en que en humanos exista un conflicto entre padres e hijos. Sin embargo, si se les pide que piensen en la época en que los hijos pasan la pubertad muchos de ellos ya tienen dudas. De todas formas, como esa es una etapa en que los hijos son ya muy mayores y puede estar muy influida por decisiones que se podría pensar que son conscientes, nos vamos a basar en otro periodo en el que las decisiones conscientes no son posibles: el embarazo (Fig. 4). Sólo dos

ejemplos aunque hay muchos más: Primero, el feto se alimenta de la sangre de la madre que llega a la placenta, por eso, el feto provoca en la madre (mediante la emisión de hormonas) una dilatación de las arterias y un incremento de la presión sanguínea que le permite conseguir un mayor aporte de recursos. Sin embargo, la madre tiende a disminuir la presión de la sangre, lo que evita que el feto pueda conseguir excesivos recursos y perjudique así la salud de la madre. Segundo, cuando una persona ingiere una comida abundante, el nivel de azúcar en sangre sube rápidamente, pero a continuación disminuye debido a la acción de la insulina. Sin embargo, las mujeres preñadas presentan una menor sensibilidad a la insulina porque la placenta produce hormonas que hacen que disminuya la sensibilidad de la madre a esta hormona. De esta forma, el feto consigue tener acceso a una mayor cantidad de glucosa, pero las madres responden aumentando el nivel de insulina en sangre.

Espero que estos datos hayan convencido a los escépticos de la existencia del conflicto paterno-filial en humanos. Muestran que el feto ha desarrollado mecanismos para conseguir obtener el máximo posible de recursos de la madre, y que ésta, a su vez, también ha desarrollado mecanismos para evitar un abuso excesivo por parte del feto. Esto, no sólo no nos debe de extrañar, sino que desde el punto de vista de la teoría evolutiva es lo que se debería esperar, ya que los bebés han sido diseñados por la selección natural para conseguir lo que necesitan, y las madres para impedir que hijos demasiado egoístas pongan en peligro su reproducción futura.



**Fig. 4.** El embarazo es uno de los periodos en que mejor se puede apreciar el conflicto vital que se da entre padres e hijos: el feto trata de conseguir la mayor cantidad de recursos posibles, lo que podría llegar a comprometer la salud de la madre y su reproducción futura; sin embargo, en las madres han evolucionado estrategias defensivas contra el abuso de hijos demasiado egoístas.

A nivel general, las relaciones entre padres e hijos en nuestra especie son muy similares a las que se dan en otras especies de mamíferos. El llanto de un bebé humano, al igual que los gritos de petición de un cachorro de mamífero, es una señal muy eficaz reclamando la atención de la madre (y del padre), y por otro lado, sus sonrisas y sus caricias disparan los circuitos neuronales de la recompensa proporcionando un intenso placer a sus padres, lo que consigue que las alegrías superen con creces los malos ratos. Es decir, los bebés disponen de las adaptaciones necesarias para hacerse querer, lo cual es lógico, ya que sólo llegaron a adultos aquellos bebés que consiguieron que sus padres los quisieran y los cuidaran bien.

Espero que estos ejemplos consigan convencer a los profesionales que se dedican a las ciencias humanas (por lo menos a algunos de ellos), de que los instintos también representan un papel importante en el comportamiento de nuestra especie, y que por tanto, la teoría evolutiva puede utilizarse como marco teórico para el estudio del comportamiento humano. Aquellos que lo acepten tendrán una gran ventaja, pues el hecho de disponer de una teoría con una gran fuerza predictiva les facilitará profundizar y avanzar mucho más en sus temas de estudio.

## REFERENCIAS

- Apicella, C.L. y Marlowe, F.W. 2004. Perceived mate fidelity and paternal resemblance predict men's investment in children. *Evol. Hum. Behav.* 25: 371-378.
- Bateson, M., Nettle, D. y Roberts, G. 2006. Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting. *Biol. Lett.* 2: 412-414.
- Brosnan, S. y de Waal, F.B.M. 2003. Monkeys reject unequal pay. *Nature* 425: 297-299.
- Clark, R.D. y Hatfield, E. 1989. Gender differences in receptivity to sexual offers. *J. Psicol. Hum. Sex.* 2: 39-55.
- Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. John Murray, Londres.
- Griggio, M. y Pilastro, A. 2007. Sexual conflict over parental care in a species with female and male brood desertion. *Anim. Behav.* 74: 779-785.
- Marlowe, F. 1999. Male care and mating effort among hadza foragers. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 46: 57-64.
- Mosterín, J. 2006. *La naturaleza humana*. Espasa Calpe, Madrid.
- Neff, B.D. 2003. Decisions about parental care in response to perceived paternity. *Nature* 422: 669-670.
- Prior, H., Schwarz, A. y Güntürkün, O. 2008. Mirror-induced behavior in the magpie (*Pica pica*): evidence of self-recognition. *PLoS Biol.* 6(8): e202. doi:10.1371/journal.pbio.0060202.
- Raby, C.R., Alexis, D.M., Dickinson, A. y Clayton, N.S. 2007. Planning for the future by western scrub-jays. *Nature* 445: 919-921.
- Ridley, M. 2004. *¿Qué nos hace humanos?* Taurus, Madrid.
- Soler, M. 2009a. *Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano*. Síntesis, Madrid.
- Soler, M. 2009b. Debate: genes versus medio ambiente. Pp. 109-112. En: Sanjuán, J. (ed.). *Teoría de la evolución y medicina*. Panamericana, Madrid.
- Trivers, R.L. 1974. Parent-offspring conflict. *Am. Zool.* 14: 249-264.
- Weir, A.A.S., Chappell, J. y Kacelnik, A. 2002. Shaping of hooks in New Caledonian crows. *Science* 297: 981.

## Información del Autor

M. Soler es Catedrático de Biología Animal en la Universidad de Granada, donde imparte la asignatura *Etología*. Fue el promotor de la creación de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (presidente pre-fundacional 2003-2005) y su presidente desde su fundación en 2005 hasta 2009. Experto en evolución y comportamiento animal, ha publicado recientemente el libro *Adaptación del comportamiento: comprendiendo al animal humano*, en el que analiza aspectos de la conducta animal y humana tales como la selección de pareja, el comportamiento reproductor, el altruismo, la comunicación y las sociedades humanas.

## Nuestra historia de vida: la mejor herencia

Carlos Varea González

Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid. Darwin 2, 28049 Madrid.  
E-mail: carlos.varea@uam.es

### RESUMEN

Hay evidencias de que genes relacionados con el crecimiento y el funcionamiento del cerebro han registrado una fuerte presión selectiva en el linaje humano. La mayoría de ellos favorece una mayor plasticidad sináptica, no solamente un mayor tamaño cerebral. Ello converge adecuadamente con la consideración de que nuestra extrema cerebralización y sus logros finales, el lenguaje y la conciencia, son el resultado de un largo proceso evolutivo de ajuste adaptativo de las variables de la denominada “historia de vida” (*life history*). La historia de vida de *Homo sapiens* está determinada por rasgos distintivos de nuestro orden Primates: además de una temprana cerebralización, una estrategia reproductora marcadamente precocial que se despliega en largos ciclos vitales en especies inicialmente de pequeño tamaño corporal. Estas profundas raíces han permitido el desarrollo de nuestra gran plasticidad biológica, el aprendizaje social y la innovación cultural sobre la base de la prolongación del ciclo vital, nuevas etapas ontogenéticas y el cuidado cooperativo de los nacidos. *eVOLUCIÓN 7(esp): 15-24 (2012)*.

**Palabras Clave:** Primates, historia de vida, precocial, cerebralización, tamaño corporal, plasticidad biológica, sociabilidad, aprendizaje.

### ABSTRACT

There are evidences that genes related to the brain growth and functioning were subject to strong selective pressures in the modern human lineage. Most of them enhance the synaptic plasticity, not only a size brain expansion. This fact converges properly with the consideration that our extreme encephalization and its final accomplishments, language and consciousness, are the result of a long evolutionary process of adaptive adjustment of life history variables. The life history of *Homo sapiens* is strongly determined for the genuine features of our order Primates: in addition to an early encephalization, a reproductive strategy strongly precocial, displayed along long life cycles in initially small body size species. These deep roots have allowed the development our great biological plasticity, social learning and cultural innovation upon the basis of the extension of the life cycle, new stages of development and co-operative child care. *eVOLUCIÓN 7(esp): 15-24 (2012)*.

**Key Words:** Primates, life history, precocial, encephalization, corporal size, biological plasticity, sociability.

Como hiciera con el resto de organismos, en la primera edición de su *Systema Naturae*, Carl von Linneo nos otorgó como rasgo distintivo la conciencia, la capacidad de introspección, recurriendo a la expresión *Nosce te ipsum*, “Conócete a ti mismo”. Para los antropólogos físicos este emplazamiento de los presocráticos griegos recuperado por el cimentador de la Taxonomía se concreta en la pregunta: “Desde una perspectiva evolutiva, ¿qué nos hace humanos?”. Somos humanos porque somos “primates extremos”, recurriendo a la expresión de Key (2000); más concretamente, somos humanos porque hemos radicalizado los rasgos distintivos de un orden “muy peculiar de mamíferos” (Shea 2007). Los primates pertenecemos a un linaje constituido originalmente por mamíferos de muy pequeño tamaño corporal, que ocuparon el nicho denominado “de ramas terminales”. Insectívoros en

sus orígenes, la adopción de una dieta frugívora, que requiere de agudeza visual y memoria, impulsó la coevolución de su especialización visual (incluida la recuperación de la percepción de los colores) y de una temprana cerebralización, bien acreditada por el registro fósil.

Los primates tienen cerebros entre dos y tres veces mayores que los correspondientes a sus tamaños corporales, especialmente el neocórtex, que es el área más expandida en los mamíferos. La cerebralización primate se asocia a su marcada precocialidad, un rasgo que es considerado ancestral del orden, dado que caracteriza a la gran mayoría de especies actuales, tanto estrepsirrinas como haplorrinas. Para un determinado tamaño corporal materno, los mamíferos precociales, sean o no primates, tienen más prolongadas gestaciones y un intenso crecimiento cerebral intrauterino, que se traduce en camadas reducidas

o únicas de neonatos grandes y desarrollados. Esta asociación entre precocidad y cerebralización (o entre duración de la gestación y tamaño cerebral neonatal) permitió a Sacher y Staffeldt formular en 1974 la hipótesis de que el cerebro es el “marcapasos” (*pacemaker*) del crecimiento general en mamíferos placentarios, en el sentido de que los miembros de una determinada especie crecerán a una velocidad marcada por la satisfacción de la demanda energética de sus cerebros. Ciertamente, precocidad y cerebralización se asocian a ciclos vitales más largos, otra característica de todos los primates independientemente de su tamaño corporal. Según Robert D. Martin, el medio arbóreo favoreció en el linaje de los primates los rasgos distintivos de su historia de vida (*life history*): camadas reducidas de neonatos maduros que pudieran agarrarse eficazmente a su madre (gracias a sus manos y pies prensiles), al tiempo que otorgaba una estabilidad de recursos que redujo sus tasas de mortalidad pre-reproductoras y adultas, un componente esencial del patrón demográfico de especies con una estrategia reproductora precocial y largo ciclo vital.

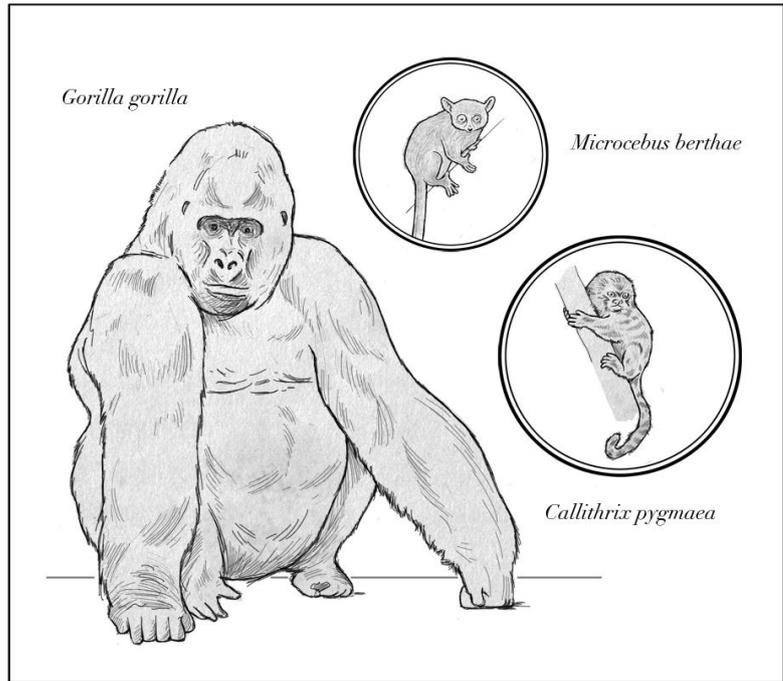
Otros órdenes mamíferos incluyen especies que combinan reducido tamaño corporal y grandes cerebros relativos con precocidad. Con algunas de ellas estamos emparentados filogenéticamente (Scandentia y Dermóptera) o mostramos una clara convergencia evolutiva (Macroscelidea, los megarquirópteros, carnívoros como el kinkajú y el olingo, e incluso marsupiales arbóreos de Sudamérica y Australia). Todos ellos son arbóreos, nocturnos, depredadores o frugívoros y evocan una imagen sorprendente de nuestro origen. Sin embargo, todos estos grupos de mamíferos están constituidos por muy pocas especies y en ningún caso han registrado un proceso de diversificación ecológica y ocupación de nichos fuera del bosque tropical. Por el contrario, los primates somos un orden excepcional de mamíferos en cuanto protagonistas de una radiación evolutiva con especies (más de 370, el 7% del todos los mamíferos) de una amplia gama de tamaños corporales que han manteniendo una estrategia reproductora precocial y grandes cerebros (Fig. 1). A partir de 55 millones de años, en el tránsito entre el Paleoceno y el Eoceno, adaptándose a un paulatino enfriamiento climático global, los primates se diversificaron en tamaño corporal, dieta, ciclo de actividad y locomoción, ocupando muy diversos ecosistemas y finalmente, ya en el Mioceno, el medio terrestre. La reconstrucción filogenética realizada por Shultz et al. (2011) asocia también en ese período el tránsito de un patrón de actividad nocturno a otro diurno, y una primera fase de sociabilidad primate, las grandes agregaciones multimacho o multihembras, determinadas por la necesidad de eludir la depre-

dación. Los primates muestran la más evidente pauta macroevolutiva de incremento en tamaño cerebral relativo entre los mamíferos y no hay otro orden de tan amplia diversificación adaptativa que se pueda caracterizar en su conjunto por una alta cerebralización (Shultz y Dunbar 2010). La relación entre tamaño cerebral y mayor cognición puede ser engañosa, pero el cerebro primate tiene una peculiaridad que permite asociar ambas variables: sus neuronas corticales son pequeñas y no aumentan de tamaño al hacerlo el cerebro, de tal manera que, aunque su número aumente casi linealmente, su densidad y su interconectividad son constantes, manteniendo la eficacia de su actividad y permitiendo la especialización funcional de las regiones cerebrales (Herculano-Houzel et al. 2007). Ello explica que los 1,4 kilos de promedio de nuestro cerebro alberguen 100.000 millones de neuronas y 100 billones de conexiones.

### Cuerpos y cerebros

Max Kleiber evidenció empíricamente en los años 60 que la relación entre el tamaño corporal y la Tasa Metabólica Basal (TMB) es alométrica (con un exponente de 0,75), de tal manera que, en términos filogenéticos, el incremento en tamaño corporal supondrá un ahorro energético (además de otras ventajas como una mejor termorregulación o la elusión de la depredación). Consecuencia de ello, el registro fósil mamífero confirma una tendencia general al incremento de tamaño corporal en la mayoría de los linajes. Grandes cuerpos requieren grandes cerebros para el mantenimiento de sus procesos fisiológicos y homeostáticos, que serán así más eficaces, favoreciendo la prolongación del ciclo vital, con una mayor incidencia de mortalidad intrínseca (senectud) que extrínseca (el 65% de la varianza en mortalidad entre especies mamíferas se explica por diferencias en tamaño corporal: Hawkes 2006). Por el contrario, el coste energético de un gran cerebro puede explicar por qué, a diferencia del tamaño corporal, la cerebralización no haya sido una tendencia evolutiva general entre los mamíferos. Desde el punto de vista ontogenético, el cerebro es un órgano extremadamente costoso, con una demanda de oxígeno y glucosa muy alta, que ha de ser además constante para mantener el funcionamiento neural, un esfuerzo energético más difícil de satisfacer en especies de pequeño tamaño. Por ello, a diferencia de otros órganos, en términos evolutivos, el cerebro no crece linealmente al hacerlo el conjunto del organismo, sino que lo hace alométricamente, y de nuevo el exponente de esta relación es 0,75: es decir, la relación entre tamaño cerebral y TMB es isométrica, o lo que es lo mismo, el cerebro consume linealmente energía. Los primates destinan un 8-10% de su TMB al mantenimiento de sus cerebros, el doble que el

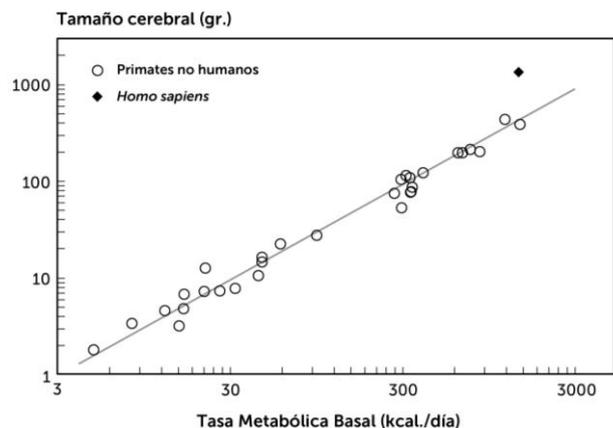
**Fig. 1.** El tamaño corporal en especies actuales de primates varía desde los 30 gramos del pequeño lémur *Microcebus berthae* o los 100 del mono sudamericano *Callithrix pygmaea* a los casi 200 kilos de un gorila macho. Ilustración de Álvaro Moreno.



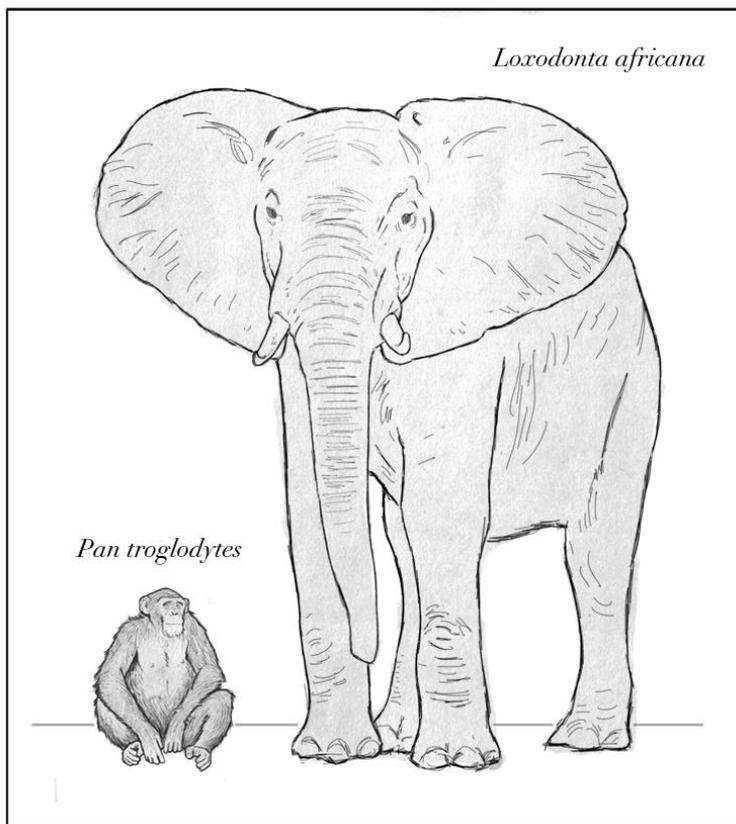
resto de mamíferos. Lo sorprendente es que los primates no tenemos una TMB más alta. Como señala Armstrong (1983), “una adaptación esencial primate es haber destinado una mayor proporción de energía al cerebro”. Esta paradoja es extrema en nuestra especie (Fig. 2). Correspondientemente, aquellas especies con grandes cerebros relativos deberán proveerse de alimentos de mayor calidad, cuya obtención exigirá una mayor área de forrajeo e impondrá un gasto energético adicional que alimentos más ubicuos pero menos calóricos. En el caso de nuestro linaje, la expansión de la sabana en el inicio del Pleistoceno (1,8 m.a.) limitó la oferta de alimentos vegetales pero incrementó la de carne (quizás en un inicio disputada a los auténticos depredadores), que fue esencial para afrontar la demanda energética de un cerebro en expansión.

Es muy significativo que, controlados el tamaño corporal y la tasa metabólica basal, especies mamíferas más cerebralizadas tengan un ciclo vital más prolongado que otras menos cerebralizadas (Hofman 1993), un hecho empírico del que los primates son el mejor ejemplo (Fig. 3). Aunque los primates compartimos rasgos de nuestra historia de vida con los restantes mamíferos sociales (una máxima velocidad de crecimiento durante la etapa fetal, más prolongadas gestaciones, un lento crecimiento y la inserción de la juventud tras la infancia, así como más largos ciclo vitales), nuevamente somos únicos en la expresión de estas características comunes: crecemos y nos reproducimos a la mitad de velocidad que otros mamíferos de comparable peso corporal, y podremos llegar a vivir el doble de años (Charnov y

Berrigan 1993). No hay además compensación alguna entre la duración de los distintos períodos del ciclo vital primate: a prolongadas gestaciones sucederán largos períodos de desarrollo. Incluso los más pequeños primates tienen ciclos vitales sorprendentemente largos (los miembros del género *Microcebus*, de 30 a 70 gramos, superan los 18 años). En suma, en los primates el tamaño cerebral (neonatal o adulto) predice la duración de las etapas pre-reproductoras (incluida la gestación) del ciclo vital así como su máxima duración potencial (longevidad) mejor que el peso corporal (Barrickman et al. 2008).



**Fig. 2.** El cerebro adulto humano corresponde al 2% del peso corporal pero consume el 20-25% del metabolismo basal y acapara el 12-15% del suministro total de sangre. Ilustración de Álvaro Moreno, a partir de Leonard y Robertson 1994.



**Fig. 3.** El elefante africano supera solo muy discretamente al chimpancé común en la máxima duración de su ciclo vital (65 vs. 60 años, respectivamente), a pesar de que es al menos 100 veces más grande que nuestro pariente primate. La hembra chimpancé tendrá su primera cría a los 13 años, a una edad similar o incluso más tardía que la hembra elefante. Ilustración de Álvaro Moreno.

### El cerebro social

Aun pareciendo evidente, la relación entre la evolución de la longevidad y de la cerebralización no está plenamente dilucidada. Además de favorecer el balance energético, la ralentización de la ontogenia puede ser consecuencia de la funcionalidad adaptativa de la cerebralización. ¿Para qué sirve un gran cerebro más allá de las ventajas asociadas al control neuroendocrino del organismo? La respuesta parece evidente: grandes cerebros confieren ventajas adaptativas relacionadas con la memoria y la capacidad cognitiva, favoreciendo la supervivencia individual y colectiva a través de la previsión, la innovación y la flexibilidad conductual. Ello puede explicar por qué la cerebralización y la longevidad están tan altamente correlacionadas en los primates: las habilidades cognitivas reducen la mortalidad adulta a través de la provisión de recursos y la elusión de la depredación, particularmente en ecosistemas más adversos o de recursos menos previsibles. Con la excepción de nuestra especie, las madres primates destetan a sus crías en el linde del período juvenil, que está marcado en la mayoría de la especies por la finalización completa o casi completa del crecimiento cerebral y por el inicio de la erupción de la dentición permanente (primer molar mandibular). Según diversas hipótesis, la juventud se inserta tras la infancia en el ciclo vital de los mamíferos sociales como una etapa de aprendizaje, de elusión de conflictos con los

adultos del mismo sexo y de atenuación de posibles restricciones nutricionales. A favor de su funcionalidad cognitiva, está el hecho de que la juventud es la etapa de establecimiento de las conexiones neuronales (sinaptogénesis) y de su mielinización, proceso que en los humanos concluye con una reorganización masiva del cerebro durante la adolescencia. Así, aunque concluya de crecer en tamaño en el tránsito de la infancia a la juventud, el cerebro madura secuenciadamente sobre la base de la experiencia hasta aproximadamente la entrada en la etapa reproductora, más lentamente cuando más grande y complejo sea el cerebro adulto. La plasticidad cerebral se manifiesta en la alteración de las conexiones neuronales en función de la experiencia durante el período de aprendizaje, de tal manera que la acomodación al medio se efectúa canalizando el aporte energético hacia la construcción y mantenimiento de redes y circuitos neurales concretos y el abandono (“poda”) de otros (Campbell 2010). Este hecho permite explicar por qué, si el cerebro concluye esencialmente de crecer tras el destete, la duración de la juventud se correlaciona tan estrechamente con el tamaño cerebral y no con el tamaño corporal, que a diferencia del cerebro sí seguirá creciendo. Como resumen Allman y Hasenstaub (1999), “el cerebro es único entre los órganos del cuerpo en que requiere una gran cantidad de interacción con el ambiente (la experiencia del aprendizaje) para alcanzar su funcionalidad adulta, de tal manera que el cerebro sirve como un factor

limitante que gobierna la maduración de todo el organismo”. Esta experiencia del aprendizaje que modela el cerebro es esencialmente social en los primates, incluso en especies con estructuras extremas, como es el caso de la madre orangután y su cría.

La denominada Hipótesis del Cerebro Social (HCS), formulada por el antropólogo británico Robert Dunbar, asocia evolutivamente la intensa cerebralización que registran los linajes primates con su paulatina complejidad social, expresada no tanto por el número de los miembros de un grupo como por la intensidad de sus vínculos, que es máxima en los pequeños grupos familiares y las parejas estables. De hecho, los primates muestran un desarrollo diferencial del córtex prefrontal, que regula la interacción social (Semendeferi et al. 2002). La HCS procura integrar la hipótesis ecológica sobre la cerebralización (el cerebro requiere energía y al tiempo aporta competencias para obtener nutrientes más ricos pero más difíciles de obtener), proponiendo que los retos ambientales son resueltos más eficazmente por medio de la cooperación social y la transmisión cultural que por medio del antagonismo y la rigidez instintiva. Ello determina establecer vínculos sociales cuya estabilidad, profundidad y sutileza habrían impulsado la cerebralización: “individuos que viven en grupos sociales estables afrontan demandas cognitivas que individuos que viven solos (o en agregaciones inestables) no tienen”, señalan Dunbar y Shultz (2007).

Esta perspectiva de una co-evolución de la encefalización y la socialización es muy estimulante, pues permite caracterizar evolutivamente a los primates en su conjunto y a nuestra especie en particular, siempre identificada por su pensamiento simbólico y su compleja socialización. Permite además articular evolutivamente una tercera característica humana que es también originalmente primate: un tardío y lento proceso de envejecimiento (Bronikowski et al. 2011). Ya en la etapa reproductora, sobrevivir hasta edades avanzadas permite compensar el largo período de desarrollo de las crías que se deriva de la maduración dinámica del cerebro y de su alto coste metabólico, y que determina además una tasa reproductora muy baja (camada única y gran espaciamiento intergenésico). La cerebralización puede impulsar así la prolongación del ciclo vital tanto mejorando el control neural y endocrino del organismo (retrasando la mortalidad intrínseca) como aportando habilidades cognitivas socialmente adquiridas y estructuradas que permiten resolver colectivamente desafíos ecológicos (reduciendo la mortalidad extrínseca).

### **Crecer lentamente**

Como hemos visto, el desarrollo cognitivo es una parte integral de la evolución de la historia de vida de los primates. Pero el tamaño cerebral no

es simplemente un regulador de la duración del ciclo vital, de tal manera que sus etapas se prolonguen proporcionalmente (hipermorfosis) según el grado de cerebralización de cada especie, como a menudo se explica nuestra historia evolutiva. Por el contrario, el ciclo vital se despliega en las especies primates según patrones de crecimiento cerebrales y corporales notablemente diversificados, que no parecen filogenéticamente predeterminados, y que responden a estrategias adaptivas socialmente articuladas (Leight 2001). Es el caso también de nuestra especie, que muestra rasgos vitales únicos al compararla con las otras especies primates.

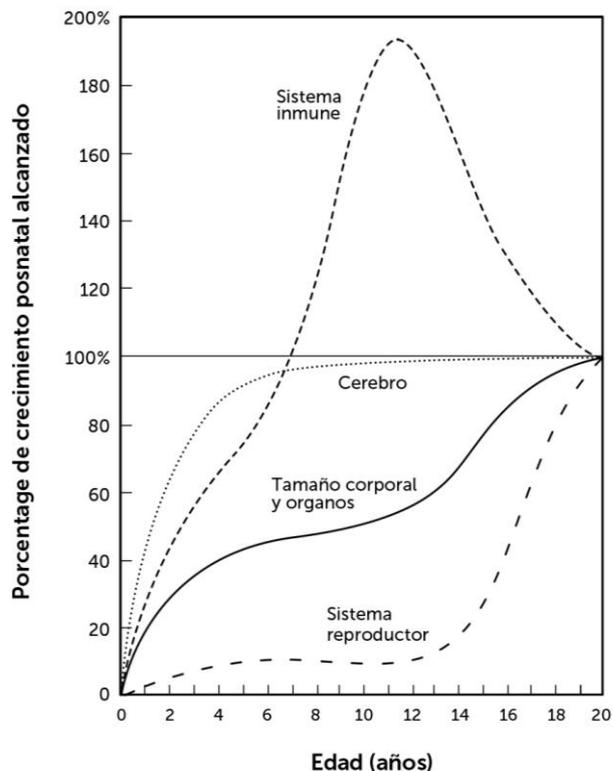
Dado que el crecimiento cerebral se produce esencialmente antes de la independencia alimentaria, durante la etapa fetal y la infancia, la estrategia vital de cada especie primate se basará esencialmente en la capacidad de la madre de soportar y distribuir la demanda energética que impone el crecimiento cerebral de su cría, llegado el caso con el apoyo de su grupo. La clave de nuestra historia evolutiva y nuestra comprensión como especie radica en este hecho, que Martin (1996) plantea como esencial, “dado que muestra que el desarrollo del cerebro, y no solamente su tamaño final, puede ser crucial”.

Las máximas velocidades de crecimiento cerebral y corporal se dan en nuestra especie durante la etapa fetal, cuya duración no es significativamente mayor que la correspondiente a una especie primate de nuestro tamaño corporal. Entre los hominoideos, los bebés humanos son los más grandes relativamente (casi el 6% del peso materno), pero se caracterizan por su extrema inmadurez cognitiva y su dependencia, un sorprendente rasgo derivado (“altricidad secundaria”) en una especie de marcada estrategia precocial. Este hecho se ha explicado tradicionalmente por las imposiciones que el bipedalismo determinó sobre el parto de fetos de grandes cerebros (al reducir los diámetros pélvicos), pero asimismo se ajusta a una tendencia de altricidad progresiva en los catarrinos (DeSilva y Lesnik 2008), de tal manera que cuanto más cerebralizada es una especie, menor es el porcentaje de crecimiento cerebral fetal (un bebé nace con el 28% de su tamaño cerebral adulto; el chimpancé, con más del 40%), pauta quizás destinada a anticipar la estimulación (y el desarrollo) cerebral fuera del útero. Durante la infancia, cuerpo y cerebro seguirán creciendo en nuestra especie muy intensamente, aunque con tasas desaceleradas desde la etapa fetal. El cerebro alcanza su tamaño adulto a los 5-6 años de edad, apenas un año después que en el chimpancé (Leight 2004). Nuestro cerebro es tres veces mayor que el de nuestro pariente, mientras que nuestro cuerpo es solo 1,3 veces más grande (valores femeninos); el neocórtex humano es 3,6 veces mayor que el correspondiente a un primate de nuestro tamaño corporal. Tan notorias dife-

rencias en cerebralización entre ambas especies no se deben a un período de crecimiento cerebral significativamente mayor en los humanos, sino al mantenimiento de una intensísima tasa de crecimiento fetal e infantil, proceso que se debe un cambio drástico en la expresión génica en nuestro linaje, particularmente del córtex prefrontal (Somel et al. 2011). En los primeros 18 meses de vida posnatal el cerebro humano se triplica, alcanzado los 1.000 gramos.

Al nacer, un bebé humano destina prácticamente el 90% de su TMB al crecimiento cerebral y el 55% a los 18 meses (Snodgrass et al. 2009), el doble que un chimpancé de su misma edad. A esa edad, el acúmulo de grasa alcanza el 25% del peso corporal (su máximo valor a lo largo de la vida), a fin de garantizar un aporte energético ininterrumpido al cerebro durante la etapa crítica del destete. Tras el destete y hasta la adolescencia, el crecimiento en nuestra especie es extremadamente lento, mucho más que en los chimpancés juveniles, que pesarán más –machos y hembras– que los jóvenes humanos hasta su estirón puberal, que será mucho más intenso en nuestra especie y que afectará ambos sexos. Crecer tan lentamente puede asociarse a la maduración cognitiva, como hemos visto, pero asimismo otorga plasticidad biológica, al permitir distribuir recursos en un período mayor de tiempo, favoreciendo que nuestro fenotipo se acomode a restricciones y retos ambientales más eficazmente que especies de rápido desarrollo (Fig. 4). El esfuerzo de este intenso desarrollo fetal e infantil recae en la madre, que deberá compensar el gasto energético con un incremento de su ingesta alimentaria (en torno a 500 kcal/día durante el tercer trimestre de gestación y los seis primeros meses de lactancia) o reduciendo su actividad cotidiana, según las condiciones ecológicas prevalecientes. Si durante el embarazo la ganancia en peso no es suficiente aumentarán la incidencia de retraso en el crecimiento intrauterino y la mortalidad neonatal, y el posterior esfuerzo de la lactancia afectará a la salud de la madre y de su nacido.

Como señalan Leonard y Robertson (1994), “la estabilidad y la calidad de la nutrición materna fue una consecuencia de la selección de grandes cerebros en la evolución homínida”. Igualmente, el aporte nutricional del grupo debió de ser esencial para afrontar la paulatina ralentización del desarrollo de los nacidos, particularmente durante la niñez, un período crítico y exclusivo de *Homo sapiens*. Como hemos visto, en los primates el destete se asocia o es posterior (por ejemplo, en los chimpancés y orangutanes) a la erupción del primer diente permanente, que marca el inicio de la juventud, una etapa de autonomía alimentaria asociada a nuevas habilidades cognitivas. Por el contrario, en nuestra especie el destete se produce muy tempranamente (en poblaciones de cazadores-



**Fig. 4.** En la ontogenia humana parece haber un “desajuste” en el desarrollo de los distintos sistemas, con un temprano e intenso crecimiento cerebral y un prolongado crecimiento somático (a partir de Scammon, 1930, tras Leight, 2004). Ilustración de Álvaro Moreno.

recolectores a una edad media de 30-36 meses: Dettwyler 1995), varios años antes de la erupción del primer molar, que emerge en torno a los 6 años, insertando entre la infancia y la juventud un nuevo período, la niñez, aún de notoria inmadurez y de absoluta dependencia. La niñez ha sido por ello una etapa de extrema vulnerabilidad en nuestra historia, hasta el punto de que, junto con la mortalidad neonatal, ha reducido sustancialmente la esperanza de vida en poblaciones humanas hasta tiempos recientes. Bogin (1997) explica la inserción de la niñez en nuestro ciclo vital como un mecanismo adaptativo destinado a reducir el espaciamiento entre nacidos (3,4 años en cazadores recolectores, al menos la mitad que en los chimpancés), a fin de acelerar la renovación generacional en un linaje de tan largo ciclo vital y lenta reproducción. Teniendo en cuenta que la lactancia inhibe la recuperación de la ovulación, un destete anticipado permitirá un nuevo embarazo. Por su parte, Aiello y Key (2002) añaden a la ventaja propuesta por Bogin la reducción del coste energético materno, que puede ser transferido al grupo. Lo importante es comprender que este recurso evolutivo, que explica la alta fertilidad de nuestra especie pese a nuestro lento desarrollo, solo pudo sustentarse sobre lo que Lancaster y

Lancaster (1983) llamaron “la adaptación homínida”, enfatizando su trascendencia: el cuidado colectivo de los niños es un rasgo universal en poblaciones humanas (Hrdy 1999) pero inexistente entre nuestros parientes hominoideos (Fig. 5). Somos el primate con la más alta tasa de supervivencia de sus nacidos hasta alcanzar la edad reproductora, como testimonian las sociedades de caza-recolección: el 60%, frente al 35% en los chimpancés (Kaplan et al. 2001).

### El marco evolutivo

Además de su mayor duración potencial (en torno a 110 años), algunas de nuestras características vitales son exclusivas y debieron de surgir secuenciadamente tras la separación del último antepasado común con los chimpancés. Si vinculamos cerebralización e historia de vida, los primeros homínidos no tenían cerebros relativos mayores que otros simios de su mismo tamaño corporal y cabe imaginar que su ontogenia no difería en etapas o velocidad. Hay indicios de que *Homo erectus* (1.7 m.a.) tenía ya un desarrollo más lento (y quizás neonatos altriciales) y, consecuentemente, un dilatado período de cuidado parental. Antes incluso que un incremento sustancial en cerebralización (que se producirá a partir de hace un millón de años), las poblaciones de *Homo erectus* crecieron en tamaño corporal, más intensamente las hembras: desde los 29-30 kilos en las hembras de las especies gráciles de *Australopithecus* (32 kilos en *Homo habilis*) hasta aproximadamente 52 kilos. Este dato es muy revelador, pues confirma que la reducción del dimorfismo sexual en nuestro linaje se debió esencialmente al incremento en tamaño corporal femenino, es decir, como requisito del proceso de cerebralización que las madres habrían de soportar. En este contexto, nuevas estructuras sociales debieron de contribuir a reducir la competencia entre los machos. Tal y como Isaac propuso hace 35 años (1978), los cúmulos de carcasas de mamíferos devorados y de útiles líticos manufacturados *in situ* de los yacimientos de África del Este de más de un millón de años permiten deducir nuevas pautas cooperativas de reparto alimentario, bien distintas del consumo inmediato de otros primates o del denominado “gorroneo tolerado” que muestran los chimpancés tras la incidental captura de algún presa. Estas pautas de procesamiento y reparto de nuevos alimentos de alto valor energético fueron esenciales para soportar el esfuerzo de hembras gestantes y lactantes, y para nutrir a crías de cada vez más lento desarrollo, quizás ya entonces tempranamente destetadas. Lo sorprendente de este proceso es que se inició en el tránsito entre el Plioceno y el Pleistoceno, hace 1,8-1,7 m.a., una época de radicalización del enfriamiento planetario y de dramático incremento de los ecosistemas abiertos y secos en África del Este y del

Sur. Mientras que el resto de linajes hominoideos permanecieron en la selva o en su linde, el nuestro ocupó la sabana, un ecosistema de fuerte presión depredadora y en el que los alimentos y el agua están dispersos y sometidos a ciclos estacionales. Respecto a especies anteriores homínidas, *Homo erectus* muestra, además del incremento en tamaño corporal, proporciones corporales ya como las nuestras, rasgos que se han asociado a una mayor eficacia termo-reguladora y a la posibilidad de cubrir diariamente mayores áreas en busca de recursos. El registro arqueológico y una sustancial reducción de la robusticidad mandibular confirman el acceso a la carne, y quizás también a productos vegetales subterráneos.

En este hábitat, un nuevo incremento en cerebralización confirió la capacidad de acumular información y anticiparse a los acontecimientos: a lo largo del Pleistoceno la cerebralización impulsó y se sostuvo gracias a la innovación tecnológica y a nuevas estructuras sociales que favorecieron el acceso colectivo a una dieta más rica y diversificada, lo que a su vez permitió soportar el esfuerzo reproductivo de las hembras y la ralentización del crecimiento de los nacidos. La gran inversión parental y colectiva en

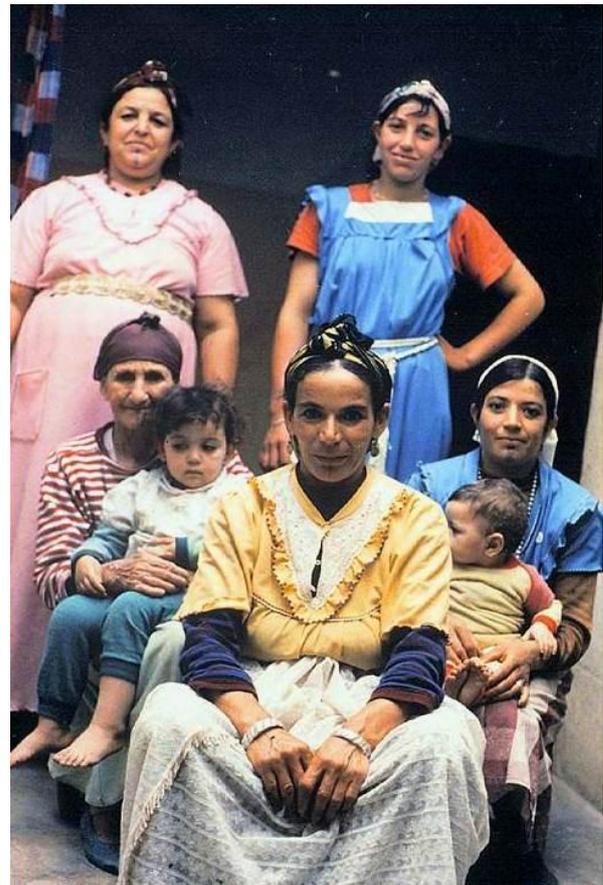


Fig. 5. Grupo de mujeres del Alto Atlas marroquí. Fotografía del autor.

el cuidado de los nacidos permitió formar adultos cada vez más cerebralizados y longevos, versátiles y creativos tras un largo período de aprendizaje, con una incrementada capacidad de supervivencia. Lo cierto es que a partir de 1,8 m.a., poblaciones de *Homo* se expandirán una y otra vez por África y Eurasia, asentándose en ecosistemas lejanos y muy distintos al de su origen. A lo largo del Pleistoceno, distintos linajes registrarán independientemente incrementos de cerebralización y al menos uno de ellos, *Homo neanderthalensis*, desarrollará facetas vinculadas al pensamiento simbólico que se han querido restringir a los humanos, como el gusto estético y las prácticas funerarias.

### Nuestro centro de atención

Los más antiguos restos de nuestra especie fueron hallados en los años 60 y 70 por Richard Leakey en Kibish (Etiopía). Hoy se les asigna una antigüedad de casi 200.000 años y tienen un cerebro superior a 1.400 cc. Algunos genes relacionados con el crecimiento y el funcionamiento del cerebro han registrado una fuerte presión selectiva en nuestro linaje, como confirma la reciente secuenciación del genoma de los denominados “denisovanos” del macizo de Altai (Meyer et al. 2012). Es interesante apreciar que la mayoría de estos genes favorece una mayor plasticidad sináptica (por ejemplo, el *SRGAP2*), no solo un mayor tamaño cerebral. Ello no contradice que la cerebralización humana y su producto final, la conciencia, sean el resultado del largo proceso de ajuste adaptativo de las variables vitales que hemos repasado.

Tras una drástica reducción poblacional, los humanos nos expandiremos por todo el planeta a partir de hace 100.000 años, ocupando ecosistemas extremos y diversificándonos en rasgos biológicos y culturales. Sin duda esta última expansión acarreo procesos de selección natural que fueron muy intensos y rápidos (por ejemplo, los relativos a la resistencia frente a la hipoxia en ecosistemas de gran altitud), pero los mecanismos esenciales que pueden explicar nuestro éxito son la plasticidad biológica, la cooperación social y la innovación cultural. Tales recursos se inscriben en nuestra historia evolutiva como primates y surgieron por estricta selección natural darwiniana, pero nos otorgan la capacidad de aprender, transformar y legar información material y simbólica, valiosa para la supervivencia común. Esta potencialidad se sigue articulando en un ciclo vital que no ha variado, y sobre estrictos mecanismos demográficos: en el contexto de la evolución del ciclo vital, el desarrollo cognitivo y la transmisión cultural solo son posibles ajustando eficazmente la supervivencia de nacidos que crecerán muy lentamente y la longevidad de los adultos (concretamente, de los miembros de ambos sexos de la generación de los abuelos) que

han de cuidar de ellos e instruirlos, un ajuste que algunos autores retrasan hasta el Paleolítico Superior y que explicaría nuestra permanencia como especie y la desaparición de los neandertales (Caspari y Lee 2004). Los estudios en grupos de caza-recolección permiten comprender este logro: el 45% de los nacidos supera los 40 años y más del 15%, los 70 (Kaplan et al. 2001).

Desconocemos igualmente cuándo surgió el lenguaje y se mantiene el debate sobre si otras especies homínidas también lo desarrollaron, concretamente los neandertales. El desarrollo del lenguaje fue una necesidad que permitió articular una complejidad social creciente, incluida la cooperación entre individuos no relacionados genéticamente, impulsando la diversificación de bienes y talentos y el intercambio de bienes y servicios en redes cada más amplias (Pagel 2012). Algún reciente trabajo sobre los niveles de cooperación en sociedades de cazadores-recolectores (Apicella et al. 2012) permite considerar “que las redes sociales pueden haber coevolucionado con la expansión de la cooperación en los humanos”, un proceso que no tiene réplica entre nuestros parientes primates más próximos, como tampoco lo tienen los niveles de imitación y aprendizaje (Dean et al. 2012) y de colaboración y reparto que muestran los niños de tres años (Hamann et al. 2012), quizás indicios de una selección de aptitudes sociales en nuestros ancestros.

Desde el estadio primigenio de caza-recolección, los hitos del desarrollo social y tecnológico de nuestra especie (la sedentarización, la creación de instituciones coercitivas, la urbanización, la globalización) han impuesto drásticos cambios que en ocasiones han resultado negativos (“maladaptativos”), como puede comprobarse revisando el cambio temporal en indicadores biológicos (desde la talla a la esperanza de vida) que permiten valorar la bondad de ajuste al medio de las poblaciones humanas. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones, este impacto negativo no lo es porque contravenga un genotipo ancestral de cazadores-recolectores, sino porque limita nuestra potencialidad biológica, es decir, el correcto desarrollo cognitivo y físico de los individuos como consecuencia de factores sociales corregibles: la malnutrición, la enfermedad y la muerte prevenibles, los hábitos nocivos y las restricciones psicológicas e intelectuales. No debemos preocuparnos por nuestra herencia biológica, pues no está en ella el origen de los problemas que nos afectan, sino todo lo contrario. Como señala Barry Bogin (2001): “La capacidad para la plasticidad biológica y psicológica es la verdadera adaptación genética que debería ser nuestro centro de atención. La plasticidad explica por qué la biología y la conducta humanas pueden servir como espejo de la sociedad”.

**Agradecimientos:** Expreso mi agradecimiento a la Doctora Nuria Polo (Departamento de Biología de la UAM) por su invitación a participar en las jornadas que han dado origen a este trabajo y a Alvaro Moreno Bernis por la realización de las figuras.

## REFERENCIAS

- Aiello, L.C. y Key, C. 2002. Energetic consequences of being a *Homo erectus* female. *Am. J. Hum. Biol.* 14: 551-565.
- Allman, J. y Hasenstaub, A. 1999. Brains, maturation times, and parenting. *Neurobiol. Aging* 20: 447-454.
- Apicella, C.L., Marlowe, F.W., Fowler, J.H. y Christakis, N.A. 2012. Social networks and cooperation in hunter-gatherers. *Nature* 481: 497-501.
- Armstrong, E. 1983. Relative brain size and metabolism in mammals. *Science* 220: 1302-1304.
- Barrickman, N.L., Bastian, M.L., Isler, K. y Van Schaik, C.P. 2008. Life history costs and benefits of encephalization: a comparative test using data from long-term studies of primates in the wild. *J. Hum. Evol.* 54: 568-590.
- Bogin, B. 1997. Evolutionary hypothesis for human childhood. *Yearb. Phys. Anthropol.* 40: 63-89.
- Bogin, B. 2001. *The growth of humanity*. Wiley-Liss, Nueva York.
- Bronikowski, A.M., Altmann, J., Brockman, D.K., Cords, M., Fedigan, L.M., Pusey, A., Stoinski, T., Morris, W.F., Strier, K.B. y Alberts, S.C. 2011. Aging in the natural world: comparative data reveal similar mortality patterns across primates. *Science* 33: 1325-1328.
- Campbell, B.C. 2010. Human biology, energetics and the human brain. Pp. 425-437. *En: Muehlenbein, M.P. (ed.). Human evolutionary biology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Charnov, E.L. y Berrigan D. 1993. Why do female primates have such long lifespans and so few babies? *Evol. Anthropol.* 6: 191-194.
- Caspari, R. y Lee, S.H. 2004. Older age becomes common late in human evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 10895-10900.
- Dean, L.G., Kendal, R.L., Schapiro, S.J., Thierry, B. y Laland, K.N. 2012. Identification of the social and cognitive processes underlying human cumulative culture. *Science* 335: 1114-1118.
- DeSilva, J.M. y Lesnik, J.J. 2008. De brain size at birth throughout human evolution: a new method for estimating neonatal brain size in hominins. *J. Hum. Evol.* 55: 1064-1074.
- Dettwyler, K.A. 1995. A time to wean: the hominid blueprint for the natural age of weaning in modern human populations. Pp. 39-74. *En: Stuart-Macadam, P. y Dettwyler, K.A. (ed.). Breastfeeding: biocultural perspectives*. Aldine de Gruyter Press, Nueva York.
- Dunbar, R.I.M. y Shultz, S. 2007. Evolution in the social brain. *Science* 317: 1344-1347.
- Gebo, D.L., Dagosto, M., Beard, K.C. y Xijun, N. 2008. New primate hind limb elements from the middle Eocene of China. *J. Hum. Evol.* 55: 999-1014.
- Hamann, K., Warneken, F., Greenberg, J.R. y Tomasello, M. 2012. Collaboration encourages equal sharing in children but not in chimpanzees. *Nature* 476: 328-331.
- Hawkes, K. 2006. Slow life histories and Human evolution. Pp. 95-126. *En: Hawkes, K. y Paine, R.R. (ed.). The evolution of human life history*. School of American Research Press, Santa Fe.
- Herculano-Houzel, S., Collins, C.E., Wong, P. y Kass, J.H. 2007. Cellular scaling rules for primate brains. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104: 3562-3567.
- Hofman, M.A. 1993. Encephalization and the evolution of longevity in mammals. *J. evol. Biol.* 6: 209-227.
- Hrdy, S.B. 1999. *Mother nature: a history of mothers, infants, and natural selection*. Pantheon, Nueva York.
- Isaac, G.L. 1978. The food sharing behavior of proto-human hominids. *Sci. Am.* 238: 90-108.
- Kaplan, H., Hill, K., Lancaster, J. y Hurtado, A.M. 2001. A theory of human life history evolution: diet, intelligence, and longevity. *Evol. Anthropol.* 9: 156-185.
- Lancaster, J. y Lancaster, C.S. 1983. Parental investment: the hominid investment. Pp. 33-65. *En: Dortner, D. (ed.). How humans adapt: a biocultural odyssey*. Smithsonian Institution, Washington.
- Leight, S.R. 2001. Evolution of human growth. *Evol. Anthropol.* 10: 223-236.
- Leight, S.R. 2004. Brain growth, life history, and cognition in primate and human evolution. *Am. J. Primatol.* 62: 139-164.
- Leonard, W.R. y Robertson M.L. 1994. Evolutionary perspectives on human nutrition: The influence of brain and body size on diet and metabolism. *Am. J. Hum. Biol.* 4: 179-195.
- Martin, R.D. 1996. Scaling of the mammalian brain: the maternal energy hypothesis. *News Physiol. Sci.* 11: 149-159.
- Meyer, M., Kircher, M., Gansauge, M.T., Li, H., Racimo, F., Mallick, S., Schraiber, J.G., Jay, F., Prüfer, K., Filippo, C., Sudmant, P.H., Alkan, C., Fu, Q., Do, R., Rohland, N., Tandon, A., Siebauer, M., Green, R.E., Bryc, K., Briggs, A.W., Stenzel, U., Dabney, J., Shendure, J., Kitzman, J., Hammer, M.F., Shunkov, M.V., Derevianko, A.P., Patterson, N., Andrés, A.M., Eichler, E.E., Slatkin, M., Reich, D., Kelso, J. y Pääbo, S. 2012. A high-coverage genome sequence from an archaic denisovan individual.

- Science* 338: 222-226.
- Pagel, M. 2012. *Wired for culture. origins of the human social mind.* W.W. Norton Company, Nueva York.
- Sacher, G.A. y Staffeldt, E. 1974. Relation of gestation time to brain weight for placental mammals. Implications for the theory of vertebrate growth. *Am. Nat.* 108: 593-615.
- Scammon, R. 1930. The measurement of the body in childhood. Pp. 173-215. *En:* Harris, J.A., Jackson, C.M., Paterson, D.G. y Scammon, R.E. (eds.). *The measurement of man*, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Semendeferi, K., Lu, A., Schenker, N. y Damasio, H. 2002. Human and great apes have a large frontal cortex. *Nat. Neurosci.* 5: 272-276.
- Shea, B.T. 2007. Start small and live slow: encephalization, body size and life history strategies in Primate origins and evolution. Pp. 583-623. *En:* Ravosa, M.J. y Dagosto, M. (ed.). *Primates origins: adaptations and evolution.* Springer, Nueva York.
- Shultz, S. y Dunbar, R.I.M. 2010. Encephalization is not a universal macroevolutionary phenomenon in mammals but is associated with sociability. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 21582-21586.
- Shultz, S., Opie, C. y Atkinson, Q.D. 2011. Stepwise evolution of stable sociality in primates. *Nature* 479: 219-222.
- Snodgrass, J.J., Leonard, W.R. y Robertson, M.L. 2009. The energetics of encephalization in early hominids. Pp. 15-29. *En:* Hublin, J.J. y Richards, M.P. (ed.). *The evolution of hominin diets.* Springer, Nueva York.
- Somel, M., Liu, X., Tang, L., Yan, Z., Hu, H., Guo, S., Jiang, X., Zhang, X., Xu, G., Xie, G., Li, N., Hu, Y., Chen, W., Pääbo, S. y Khaitovich, P. 2011. MicroRNA-driven developmental remodeling in the brain distinguishes humans from other primates. *PLoS Biol.* 9: e1001214.

### Información del Autor

C. Varea González es profesor de Antropología Física en la Universidad Autónoma de Madrid. En los últimos años su investigación se ha centrado en el análisis de las características reproductoras y su cambio temporal en los distintos colectivos de mujeres inmigrantes en España, y su asociación con el resultado de sus embarazos, en el marco de la extensiva medicalización del parto en nuestro país. Sus trabajos más recientes han sido publicados en revistas de reconocido prestigio como *American Journal of Human Biology*, *International Journal of Population Research*, o *Maternal and Child Health Journal*.

## Prosociabilidad y altruismo en primates\*

Josep Call

Department of Developmental and Comparative Psychology, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Deutscher Platz 6, D-04103 Leipzig. E-mail: call@eva.mpg.de

\*Este artículo procede en su mayor parte del capítulo de libro: Call, J. 2010. Do the great apes make donations? Pp. 184-192. En: Adloff, F., Priller E. y Strachwitz R.G. (eds.). *Prosoziale Verhalten. Spenden in interdisziplinärer Perspektive*. Lucius & Lucius, Stuttgart. Traducción: Nuria Polo Cavia.

### RESUMEN

La conducta prosocial se puede definir como aquella que se dirige y beneficia a otros individuos. Recientemente, la investigación de la prosociabilidad en primates no humanos ha despertado un notable interés en varias disciplinas. Sin embargo, estudios realizados desde el prisma de la economía experimental, la cognición comparada y el comportamiento animal han creado un panorama bastante confuso. Mientras que algunos estudios caracterizan a los chimpancés y a otros primates no humanos como seres altruistas e interesados en el bienestar de otros individuos, otros estudios sugieren que los chimpancés se comportan como maximizadores racionales, únicamente interesados en su propio bienestar. En este artículo exploraré la cuestión de si los simios son capaces de hacer donaciones altruistas, y repasaré los estudios más recientes sobre el comportamiento de ayuda y la aversión a la inequidad en primates no humanos. Mi propuesta será que las contradicciones que dominan este campo son más aparentes que reales. *eVOLUCIÓN 7(esp): 25-31 (2012)*.

**Palabras Clave:** Primates no humanos, prosociabilidad, donaciones, comportamiento altruista, sentido de la justicia, aversión a la inequidad.

### ABSTRACT

Prosocial behavior can be defined as the behavior that is directed to and benefits other individuals. Recently, research studies on prosociality carried out in nonhuman great apes have awakened notable interest in several disciplines. However, studies from experimental economy, comparative cognition and animal behavior have created a rather confuse scenario. Whereas some studies describe chimpanzees and other nonhuman great apes as altruistic beings interested in others' welfare, other studies suggest that chimpanzees behave as rational maximizers, only interested in self-benefit. Here, I will explore the issue of whether nonhuman great apes make altruistic donations, and review the more recent studies on helping behavior and inequity aversion in nonhuman great apes. My proposal will be that contradictions dominating the field are more apparent than real. *eVOLUCIÓN 7(esp): 25-31 (2012)*.

**Key Words:** Nonhuman great apes, prosociality, donations, altruistic behavior, fairness, inequity aversion.

El 12 de enero de 2010, un terremoto de magnitud 7,0 sacudió Haití matando a más de 200.000 personas e hiriendo a otras 300.000. Inmediatamente después del desastre comenzaron a llegar donaciones de gobiernos, ONGs y ciudadanos de todo el mundo. Las donaciones consistían en dinero, equipamiento sanitario, comida y agua, pero también en otro tipo de ayuda menos tangible como por ejemplo equipos de rescate e incontables muestras de apoyo y afecto. Muchas de estas donaciones fueron hechas por ciudadanos anónimos sin ninguna conexión con Haití o con las personas que necesitaban auxilio.

Si estas transferencias no solicitadas y anónimas hechas sin esperar recompensa o beneficio indirecto alguno constituyen el distintivo de una

donación, entonces parece obvio que ni nuestros parientes primates más próximos ni otros animales hacen donaciones. Sin embargo, esta conclusión debe ser revisada si consideramos un conjunto más amplio de comportamientos. Después de todo, si por donación entendiéramos únicamente una aportación no solicitada, anónima y carente de beneficios para el donante, la mayoría de las donaciones humanas no podrían ser consideradas como tales al incumplir alguno de estos tres requisitos. En efecto, muchas de las donaciones humanas son hechas en respuesta a una solicitud o aportan beneficios indirectos al donante (e.g., reputación) o a sus parientes.

Cuando se trata de analizar el comportamiento altruista, los análisis comparados resultan de vital

importancia, pues en demasiadas ocasiones los expertos han concluido que los humanos son capaces de hacer cosas únicas sin molestarse en investigar lo que son capaces de hacer otras especies animales. La fabricación y el uso de herramientas es uno de estos casos. Hace sesenta años, estas habilidades eran consideradas exclusivamente humanas. Sin embargo, la investigación ha demostrado que varias especies son capaces de fabricar y utilizar herramientas de forma eficaz tanto en su hábitat natural como en el laboratorio (e.g., Tomasello y Call 1997; Chappell y Kacelnik 2002). Comparando a los humanos con otras especies, no sólo estamos más cerca de comprender qué es únicamente humano, sino que estamos en disposición de hacer inferencias acerca de la evolución de ciertas habilidades, especialmente cuando las comparaciones se realizan con nuestros parientes más próximos, los monos antropomorfos. Tales comparaciones son particularmente informativas e imprescindibles cuando se estudia la evolución de los mecanismos psicológicos y las motivaciones que gobiernan actos altruistas como las donaciones.

La investigación de los mecanismos psicológicos y su evolución ha recibido considerable atención (e.g., Seed et al. 2009; Haun et al. 2006). Las donaciones en humanos están asociadas con sentimientos de empatía y motivaciones altruistas, y algunos expertos han sostenido que esto mismo podría suceder, a distinto nivel, en otros animales (ver Preston y de Waal 2002). De Waal (1996) defendió la postura de que los animales son buenos por naturaleza, y contrastó esta idea con la concepción clásica de que están conducidos únicamente por motivaciones egoístas carentes de cualquier sentimiento empático. En el fondo de este debate subyace la cuestión de cuán hondas son las raíces de nuestras tendencias egoístas y altruistas en nuestra herencia como primates y mamíferos. El objetivo de este artículo es contribuir a este debate explorando la cuestión de si los simios no humanos hacen donaciones y se comportan de forma altruista. El lector no debería esperar una respuesta simple a esta pregunta, sencillamente porque la respuesta depende críticamente de la definición de donación que uno decida utilizar. Por tanto, empezaré presentando dos definiciones de donación que poseen diferentes alcances, y después revisaré la literatura buscando una respuesta acorde. En esta revisión destacaré tanto las similitudes como las diferencias entre simios y humanos.

En un intento por mejorar la comprensión, la información se ha organizado alrededor de tres aspectos clave que están implícitos en las donaciones: 1) tipo de intercambio y solicitud, 2) percepción de la necesidad y 3) sentido de la justicia. La primera de estas secciones aporta una descripción de los comportamientos implicados en la transferencia de bienes y servicios desde el donante hacia los receptores. Las dos siguientes

secciones exploran cómo los sujetos evalúan las necesidades de los otros, y si estos sujetos poseen o no un sentido de la justicia. Mientras que la primera sección describe los patrones de transferencia entre individuos, las dos últimas secciones proporcionan mayor información sobre los procesos psicológicos que pueden estar detrás de las donaciones entre los primates no humanos.

## Dos definiciones de donación

Ya hemos aludido a la dificultad de responder a la cuestión de si los simios realizan donaciones debido a que la respuesta depende fundamentalmente del significado que le demos a la palabra donación. Las dos definiciones siguientes, una más extensa y otra más concreta, nos ayudarán a enmarcar el problema. En el sentido amplio de la palabra, una donación puede definirse como una actividad en la cual el donante incurre en un coste que beneficia al receptor. Nótese que esta definición corresponde a una definición de altruismo en sentido evolutivo, lo cual no debería sorprendernos puesto que las donaciones constituyen el principal ejemplo de altruismo; no obstante, el término no se está utilizando aquí en el sentido de *causa última* tal y como es entendido por los biólogos evolutivos. Una definición más específica de donación posee el sentido de la definición anterior pero con restricciones: una donación en sentido específico consiste en una aportación que supone un coste para el donante y un beneficio para el receptor, pero además debe hacerse en ausencia de solicitud y, lo que es más importante, no puede existir posibilidad de recompensa futura o beneficio indirecto para el donante como resultado de la donación.

## Qué, cómo y por qué ofrecen los simios

### *Tipo de intercambio y solicitud*

Numerosos estudios han documentado varias formas de intercambio en simios (ver Tomasello y Call 1997; Harcourt y de Waal 1992). Estos intercambios incluyen principalmente comida, acicalamiento y apoyo en conflictos. Diversos estudios han puesto de manifiesto que todas las especies de simios comparten comida con sus descendientes, o al menos toleran la presencia de éstos cuando están comiendo. Sin embargo, sólo chimpancés y bonobos, a diferencia de gorilas y orangutanes, comparten comida regularmente con individuos de su misma especie con los que no están emparentados. Por tanto, aunque compartir con los parientes puede haber estado presente en el ancestro común de todas las especies de simios actuales, el comportamiento de compartir con los no parientes podría haber evolucionado más recientemente y estaría sólo presente en el ancestro común de chimpancés, bonobos y humanos. Más aún, existen diferencias importantes entre



**Fig. 1.** Los chimpancés rara vez comparten voluntariamente el alimento con sus compañeros. Sin embargo, suelen tolerar que otros individuos *roben* una porción de su comida. Por otra parte, una petición manifiesta de alimento se traduce a menudo en que el dueño de la comida permite el acceso al solicitante.

poblaciones en la disposición de las madres a tolerar que sus crías tomen comida que ha sido obtenida utilizando herramientas (como por ejemplo hormigas recolectadas o frutos secos ya pelados). Así pues, mientras que los chimpancés occidentales llevan bien que las crías cojan los granos de los frutos que abren sus madres, las poblaciones más orientales son reacias a permitir que sus infantes se apropien de los insectos que los adultos han cazado (Boesch y Boesch 2000; Goodall 1986).

La mayoría de las observaciones de simios compartiendo comida son resultado de lo que se denomina *robo tolerado*, esto es, un comportamiento en el que el dueño de la comida permite a otro individuo tomar parte del alimento (Boesch y Boesch 1989; de Waal 1989). Mucho más extraños (< 10 %) son los casos en los que el dueño de la comida ofrece activamente (i.e., entrega) una porción de la misma a un receptor que la está solicitando. Casos en los que el ofrecimiento activo no responde a una solicitud son virtualmente inexistentes (ver también Yamamoto y Tanaka 2009). Los resultados de trabajos experimentales llevados a cabo en laboratorio refuerzan claramente la idea de que el ofrecimiento espontáneo y activo de comida es relativamente raro, a pesar de que una solicitud de alimento se traduzca a menudo en que el donante permite el acceso al receptor (Fig. 1). Este acceso, sin embargo, no implica necesariamente la cesión de comida; puede consistir en la entrega de una herramienta o un objeto que el receptor puede utilizar para obtener comida. En un estudio con orangutanes, los individuos entregaban, o simplemente ponían al alcance de otro orangután, objetos valiosos que podían ser intercambiados por comida con un experimentador. Los orangutanes que obtenían comida de esta manera nunca ofrecieron a su compañero una porción del alimento obtenido del experimentador como recompensa. Sin embargo, en una serie de sesiones repetidas, una pareja de orangutanes sí comenzó a realizar intercambios recíprocos

(Dufour et al. 2009). Yamamoto y Tanaka (2009) han observado recientemente cooperación recíproca entre parejas madre-cría de chimpancé. Una pareja en un box inserta fichas en una máquina expendedora que suministra comida a otra pareja en un box contiguo y viceversa; sin embargo, este tipo de reciprocidad desaparece cuando los box están comunicados y las parejas son capaces de insertar las fichas y obtener la comida por sí mismas.

Soltar un pestillo con el fin de que el receptor logre acceder a una fuente de alimento es otra forma que tienen los individuos de ayudarse entre sí. Warneken et al. (2007) encontraron que los chimpancés abrían el pestillo de una puerta que permitía el acceso de sus compañeros a la comida incluso aunque ellos mismos tuvieran acceso a esta comida. Este comportamiento de ayuda parecía ser el resultado de los requerimientos o solicitudes hechas por aquellos individuos que intentaban acceder al alimento. Recientemente, Melis et al. (2010) confirmaron que la solicitud o petición manifiesta de ayuda es un determinante importante que dispara el comportamiento de cooperación. Así por ejemplo, los chimpancés accionaban con mayor frecuencia una palanca que permitía al receptor obtener una recompensa cuando éste pedía ayuda o trataba insistentemente de soltar el mecanismo. Los chimpancés también accedían a pasar objetos que el experimentador pedía (Warneken y Tomasello 2006).

Además de comida, los simios proporcionan también otros servicios a sus compañeros coespecíficos. Este hecho es importante, en tanto que muestra que las transferencias no se restringen al intercambio de alimentos, sino que existe también otro tipo de trueques. La mayor parte de los intercambios que se producen incluyen acicalamiento social, una actividad dirigida tanto a parientes como a no parientes que consiste en buscar parásitos o restos de piel muerta en el pelo de otros individuos. Esta actividad se da con mayor frecuencia en chimpancés y bonobos –especialmente entre individuos no emparejados

tados– que en gorilas y orangutanes. Los individuos solicitan a menudo ser acicalados, pero al contrario que sucede con las transferencias de comida, el acicalamiento se ofrece en muchas ocasiones sin que sea aparentemente requerido. Tradicionalmente, se ha entendido como un comportamiento beneficioso para el receptor y costoso para el donante, de forma análoga a las transferencias de alimento mencionadas previamente. Sin embargo, recientemente se ha argumentado que el acicalamiento también reporta beneficios al donante (Aureli y Yates 2010). No está claro, por tanto, que este comportamiento pueda ser calificado de altruista.

Otro servicio importante que se intercambian los simios coespecíficos es ayuda durante los enfrentamientos agonísticos (ver Harcourt y de Waal 1992). Al contrario que en el caso del acicalamiento o la comida, proporcionar ayuda durante un conflicto puede resultar sumamente costoso para el donante, que puede resultar gravemente herido en la refriega. Sin embargo, al revés que ocurre en el acicalamiento, los individuos responden siempre a una solicitud de ayuda manifiesta, dado que la necesidad de auxilio es siempre advertida por los gritos de la víctima. Adicionalmente, al igual que en el caso del acicalamiento, existe siempre la posibilidad de que los ayudantes se beneficien, bien directamente al ayudar a un pariente o derrotar a un competidor directo, bien indirectamente favoreciendo su reputación.

### *Percepción de la necesidad*

Ya hemos aludido al hecho de que las transferencias activas de comida o ayuda son extrañas, y virtualmente inexistentes en ausencia de una solicitud previa. Sin embargo, estudios recientes han mostrado que los simios pueden evaluar los motivos y las intenciones que están detrás de las acciones de humanos y coespecíficos (ver Call y Tomasello 2008 para una revisión). Por ejemplo, los chimpancés son capaces de discriminar entre un experimentador humano que no muestra disposición a darles comida de otro al que no le es posible darla, incluso cuando no reciben nada de ninguno de los dos (Call et al. 2004). Por otra parte, los chimpancés y los orangutanes imitan selectivamente las acciones de un experimentador en función de las limitaciones situacionales que concurren (Buttelmann et al. 2007, 2008), lo que demuestra que los simios son capaces de discriminar entre un humano que elige comportarse de una manera determinada de otro que está siendo forzado a comportarse de esa misma manera. Por último, los chimpancés castigan con mayor frecuencia a compañeros que les roban y consumen su comida que a otros que consumen su comida pero que no la han robado (Jensen et al. 2007a).

Aunque estos y otros estudios demuestran que los chimpancés pueden interpretar el compor-



**Fig. 2.** La capacidad de anticipar las necesidades de los otros en ausencia de manifestaciones observables de los estados internos parece una característica típicamente humana que está presente en estados muy tempranos del desarrollo.

tamiento de otros individuos evaluando su finalidad, existen pocas evidencias de que sean capaces de anticipar necesidades y objetivos en ausencia de señales manifiestas. Este hecho podría constituir una diferencia fundamental entre humanos y simios. Mientras que los humanos somos capaces de anticipar necesidades en ausencia de manifestaciones observables –por ejemplo, podemos deducir tristeza o hambre en otros humanos incluso sin observar signos evidentes de tales estados internos–, los simios podrían requerir de señales observables para advertir las necesidades de otros individuos. Esta habilidad empática humana parece estar presente en estados tempranos del desarrollo (Fig. 2). Vaish et al. (2009) observaron en niños de 18 meses una mayor tendencia a colaborar con un experimentador que había sido agraviado por otro experimentador (por ejemplo, uno de sus dibujos había sido destruido). Significativamente, esta tendencia se observó incluso en ausencia de señales manifiestas de aflicción o tristeza por parte del experimentador afectado. Una investigación más profunda que permita extraer conclusiones sólidas acerca de la cuestión es sin duda necesaria, pero, por el momento, la evidencia disponible sugiere que los humanos son mucho mejores que los simios infiriendo las necesidades de los otros en ausencia de manifestaciones externas.

### *Sentido de la justicia*

El sentido de la justicia es otro aspecto involucrado en las donaciones que también parece estar menos desarrollado en simios en comparación con humanos. En particular, existe escasa evidencia de que los simios muestren aversión a la injusticia en ausencia de una distribución

desigual de los recursos. En la mayoría de las culturas humanas investigadas hasta la fecha los individuos esperan que los recursos se distribuyan de forma similar o próxima a la igualdad entre compañeros que han contribuido a un fin con el mismo grado de esfuerzo (e. g., Henrich et al. 2006). Por ejemplo, en el llamado juego del ultimátum (Guth et al. 1982), dos compañeros tienen la posibilidad de compartir una cantidad concreta ofrecida por el experimentador a uno de ellos. El donante decide cuánto quiere compartir con el receptor y el receptor decide aceptar o rechazar la oferta. Si el receptor acepta, donante y receptor se reparten la recompensa en la proporción propuesta por el donante, pero si el receptor rechaza la oferta ninguno de los dos sujetos recibe nada.

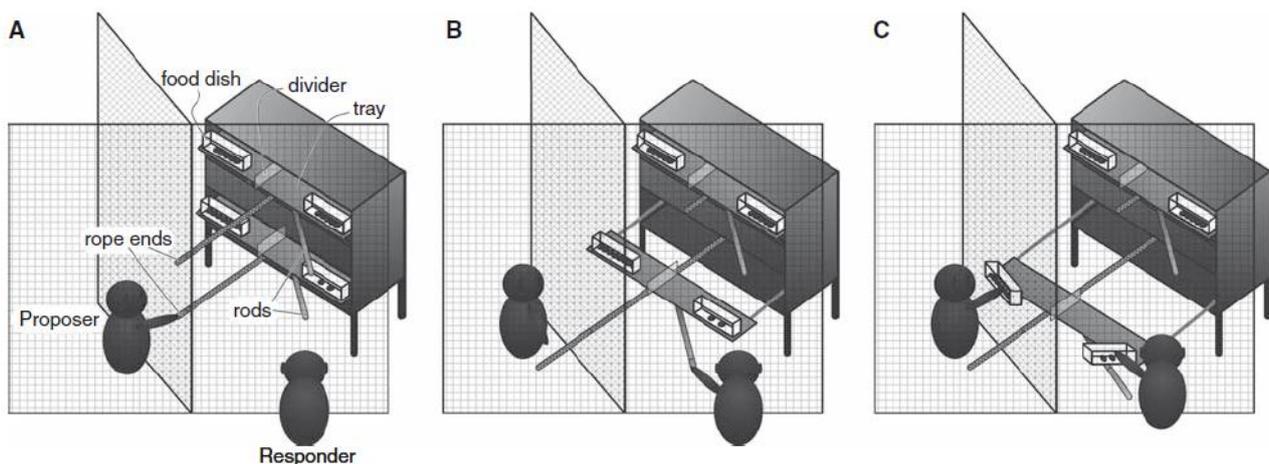
En general, los individuos que reciben menos del 30 % de la cantidad total rechazan la oferta de manera que ni el donante ni el receptor obtienen nada. Típicamente, los donantes ofrecen entre el 40 % y el 50 % de la cantidad total. Esto significa que los receptores están dispuestos a sacrificar sus propios beneficios para castigar a los donantes que proponen ofertas demasiado bajas (injustas), y consciente de ello, la mayoría de los donantes realiza ofertas próximas a la paridad. En cambio, los chimpancés que juegan a este mismo juego aceptan cualquier cantidad por encima de cero (Jensen et al. 2007b) (Fig. 3). En consecuencia, los donantes tienden a ofrecer siempre la mínima cantidad posible, que invariablemente es aceptada por los receptores. Este reparto desigual no parece despertar resquemores entre donante y receptor, quienes se unen pacíficamente al grupo al terminar el juego.

Otros estudios en los cuales los sujetos reciben comida de distinta calidad no han mostrado que

los sujetos rechacen la comida que se les ofrece o que pierdan interés en el juego al recibir comida de peor calidad que la de sus compañeros (Brauer et al. 2006). Sin embargo, Brosnan et al. (2005) demostraron aversión a la inequidad en un grupo de chimpancés cuando para recibir comida era necesario entregar a cambio una ficha. Los chimpancés que por el mismo pago recibían comida de peor calidad que sus compañeros rechazaban intercambiar la ficha en la siguiente prueba, o incluso rechazaban la comida que habían recibido. Los autores concluyeron que para detectar la aversión a la inequidad era fundamental requerir un esfuerzo por parte de los individuos para obtener la recompensa. Más aún, el efecto de la aversión a la inequidad se encontró sólo en uno de los dos grupos de chimpancés investigados. Los autores atribuyeron este resultado a las diferencias entre los dos grupos en el tiempo que los sujetos habían convivido: los sujetos que habían vivido juntos durante un periodo de tiempo mayor toleraron mejor la inequidad. No obstante, las investigaciones posteriores no han arrojado resultados consistentes: Brauer et al. (2009) no encontraron aversión a la inequidad entre chimpancés en un estudio en el que se ofrecían recompensas diferentes a cambio de esfuerzos iguales a individuos que habían vivido juntos durante muchos años.

### Conclusiones

Si por donación entendemos transferencia de bienes sin posibilidad de recompensa o beneficio indirecto para el donante, entonces puede concluirse que los simios no hacen donaciones. Sin embargo, si consideramos todas las transferencias de bienes y servicios que beneficien a otro indi-



**Fig. 3.** Esquema del juego del ultimátum adaptado para chimpancés presentado por Jensen et al. 2007b. Un mueble con dos bandejas (dos posibles propuestas) se encuentra fuera de la jaula. El proponente (*Proposer*), sentado a la izquierda del decididor (*Responder*), hace la primera elección. (A) El proponente tira de una cuerda y elige así acercar una de las dos bandejas (en el ejemplo decide ofrecer una proporción de alimento inferior a su compañero). (B) El decididor puede entonces rechazar la oferta o, por el contrario, empujar la varilla que ha quedado a su alcance de forma que (C) ambos sujetos tengan acceso al alimento y puedan comer de sus respectivos platos.

viduo, entonces la respuesta es afirmativa: los simios sí hacen donaciones. Son los mecanismos próximos, más que las causas últimas, los que con toda probabilidad nos diferencian de otros animales (West et al. 2007). Aunque los humanos compartamos gran parte de nuestras capacidades sociales cognitivas con los simios (ver Call y Tomasello 2008), este artículo pone de manifiesto la existencia de diferencias que pueden ser claves para entender por qué tanto los humanos como los simios hacen donaciones en sentido amplio, pero sólo los humanos las hacen en un sentido más específico. Dejando a un lado el hecho de que en simios no se producen interacciones aisladas debido a que estos animales interactúan continuamente con individuos familiares y por tanto la posibilidad de obtener una recompensa está siempre presente, los humanos somos capaces de percibir las necesidades de los otros de una manera más sofisticada que los simios. Y es quizá precisamente por esta razón que hemos desarrollado un sentido más profundo de la justicia que nuestros parientes más próximos.

Una posibilidad interesante es que los simios posean un sentido de la justicia (no detectado en estos estudios) pero que sean estoicos por naturaleza y se comporten como maximizadores de su propio beneficio, sin molestarse por las ganancias (o pérdidas) de los otros, incluso si éstas son mayores (o menores) que las propias. Tal descontextualización no tiene por qué tener efectos necesariamente negativos desde el punto de vista del bienestar social, pues la inclinación a ignorar las desigualdades previene también la aparición de comportamientos maliciosos o rencorosos entre los miembros del grupo (Jensen et al. 2007). Ésta es una importante lección para los humanos, que nos sentimos orgullosos de nuestra capacidad de preocuparnos por los demás hasta niveles sin precedentes en el mundo animal. Sin embargo, ser sensibles a las necesidades ajenas supone ser capaces también de crear tales necesidades. Ser sensible al dolor de otro conlleva asociada la capacidad de causarlo. Aunque hayamos demostrado que los chimpancés hacen cosas que benefician a otros individuos, ¿podemos afirmar que las hacen con la intención de beneficiarlos? No necesariamente. Las razones próximas y las motivaciones por las que hacen estas cosas son actualmente un misterio. Tomemos por ejemplo el caso del alimento. Compartir alimento es común entre chimpancés, tanto emparentados como no emparentados, pero ¿lo comparten porque piensan en el bienestar de sus coespecíficos o simplemente porque desean comer tranquilamente sin ser molestados por la insistente demanda de sus compañeros? Algunos autores han sugerido que los chimpancés comparten sólo bajo presión (Wrangham 1975; Gilby 2006), mientras que otros sugieren que son capaces de compartir también libremente (Boesch y Boesch 2000). Futuras investigaciones permitirán clarifi-

car este punto. Actualmente, se está tratando de descubrir cuál es la motivación que subyace a los comportamientos de ayuda que los chimpancés dirigen hacia coespecíficos y humanos. Estos conocimientos posibilitarán ofrecer una mejor respuesta acerca del altruismo, y describir con mayor precisión las semejanzas y diferencias entre las mentes de los simios y de los humanos.

## REFERENCIAS

- Aureli, F. y Yates, K. 2010. Distress prevention by grooming others in crested black macaques. *Biol. Lett.* 6: 27-29.
- Boesch, C. y Boesch, H. 1989. Hunting behavior of wild chimpanzees in the Tai Forest National Park. *Am. J. Phys. Anthropol.* 78: 547-573.
- Boesch, C. y Boesch-Achermann, H. 2000. *The chimpanzees of the Tai forest*. Oxford University Press, Nueva York.
- Brauer, J., Call, J. y Tomasello, M. 2006. Are apes really inequity averse? *Proc. R. Soc. London B* 273: 3123-3128.
- Brauer, J., Call, J. y Tomasello, M. 2009. Are apes inequity averse? New data on the token exchange paradigm. *Am. J. Primat.* 71: 175-181.
- Brosnan, S.F., Schiff, H.C. y de Waal, F.B.M. 2005. Tolerance for inequity may increase with social closeness in chimpanzees. *Proc. R. Soc. London B* 272: 253-258.
- Buttelmann, D., Carpenter, M., Call, J. y Tomasello, M. 2007. Enculturated chimpanzees imitate rationally. *Devel. Sci.* 10: 31-38.
- Buttelmann, D., Carpenter, M., Call, J. y Tomasello, M. 2008. Rational tool use and tool choice in human infants and great apes. *Child Devel.* 79: 609-626.
- Call, J. y Tomasello, M. 2008. Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. *Trends Cogn. Sci.* 12: 187-192.
- Call, J., Hare, B.H., Carpenter, M. y Tomasello, M. 2004. 'Unwilling' versus 'unable': chimpanzees' understanding of human intentional action? *Devel. Sci.* 7: 488-498.
- Chappell, J. y Kacelnik, A. 2002. Tool selectivity in a non-primate, the new caledonian crow (*Corvus moneduloides*). *Anim. Cogn.* 5: 71-78.
- De Waal, F.B.M. 1989. Food sharing and reciprocal obligations among chimpanzees. *J. Hum. Evol.* 18: 433-459.
- De Waal, F.B.M. 1996. *Good natured. The origins of right and wrong in humans and other animals*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Dufour, V., Pele, M., Neumann, M., Thierry, B. y Call, J. 2009. Calculated reciprocity after all: computation behind token transfers in orangutans. *Biol. Lett.* 5: 172-175.
- Gilby, I.C. 2006. Meat sharing among the Gombe chimpanzees: harassment and reciprocal ex-

- change. *Anim. Behav.* 71: 953-963.
- Goodall, J. 1986. *The chimpanzees of Gombe. Patterns of behavior.* Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Guth, W., Schmittberger, R. y Schwarze, B. 1982. An experimental analysis of ultimatum bargaining. *J. Econ. Behav. Organ.* 3: 367-388.
- Harcourt, A.H. y de Waal, F.B.M. 1992. *Coalitions and alliances in humans and other animals.* Oxford University Press, Nueva York.
- Haun, D.B.M., Call, J., Janzen, G., Levinson, S.C. 2006. Evolutionary psychology of spatial representations in the Hominidae. *Curr. Biol.* 16: 1736-1740.
- Henrich, J., McElreath, R., Barr, A., Ensminger, J., Barrett, C., Bolyanatz, A., Cardenas, J.C., Gurven, M., Gwako E., Henrich, N., Lesorogol, C., Marlowe, F., Tracer, D., y Ziker, J. 2006. Costly punishment across human societies. *Science* 312: 1767-1770.
- Jensen, K., Call, J. y Tomasello, M. 2007a. Chimpanzees are vengeful but not spiteful. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 104: 13046-13050.
- Jensen, K., Call, J. y Tomasello, M. 2007b. Chimpanzees are rational maximizers in an ultimatum game. *Science* 318: 107-109.
- Melis, A.P., Warneken, F., Jensen, K., Schneider, A.C., Call, J. y Tomasello, M. 2011. Chimpanzees help conspecifics obtain food and non-food items. *Proc. R. Soc. London B* 278: 1405-1413.
- Preston, S.D. y de Waal, F.B.M. 2002. Empathy: its ultimate and proximate bases. *Behav. Brain Sci.* 25: 1-20.
- Seed, A., Emery, N. y Clayton, N. 2009. Intelligence in corvids and apes: a case of convergent evolution? *Ethology* 115: 401-420.
- Tomasello, M. y Call, J. 1997. *Primate cognition.* Oxford University Press, Nueva York.
- Vaish, A., Carpenter, M. y Tomasello, M. 2009. Sympathy through affective perspective taking and its relation to prosocial behavior in toddlers. *Devel. Psych.* 45: 534-543.
- Warneken, F., Hare, B., Melis, A.P., Hanus, D. y Tomasello, M. 2007. Spontaneous altruism by chimpanzees and young children. *PLoS Biol.* 5: 1414-1420.
- Warneken, F. y Tomasello, M. 2006. Altruistic helping in human infants and young chimpanzees. *Science* 311: 1301-1303.
- West, S.A., Griffin, A.S. y Gardner, A. 2007. Social semantics: altruism, cooperation, mutualism, strong reciprocity and group selection. *J. Evol. Biol.* 20: 415-432.
- Wrangham, R.W. 1975. *The behavioural ecology of chimpanzees in Gombe National Park, Tanzania.* Tesis Doctoral. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yamamoto, S. y Tanaka, M. 2009. Do chimpanzees (*Pan troglodytes*) spontaneously take turns in a reciprocal cooperation task? *J. Comp. Psych.* 123: 242-249.
- Yamamoto, S. y Tanaka, M. 2009. Selfish strategies develop in social problem situations in chimpanzee (*Pan troglodytes*) mother-infant pairs. *Anim. Cogn.* 12: 27-36.

### Información del Autor

J. Call es psicólogo comparado, especializado en el estudio de los procesos cognitivos de primates. Tras dos años como *lecturer* en la University of Liverpool impartiendo cursos sobre cognición y evolución de la inteligencia en primates, se trasladó al *Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology* en Leipzig, del que es investigador titular. Cofundador y director del Wolfgang Köhler Primate Research Center, ha publicado dos libros y más de 200 artículos científicos sobre inteligencia en primates y otros animales. Sus trabajos de investigación han sido transmitidos al gran público a través de medios de comunicación audiovisual como la BBC, National Geographic o Nova, y de prensa escrita como el New York Times.



## Altruismo y cooperación en los grupos humanos

Miguel Ángel Toro

Departamento de Producción Animal, ETS Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. E-mail: miguel.toro@upm.es

### RESUMEN

Aunque la propuesta darwinista de selección natural dibuja un escenario de competencia entre los individuos, la historia de la vida en la Tierra no puede entenderse sin recurrir a la cooperación que ha sido imprescindible para la aparición de nuevos niveles de organización a lo largo del proceso evolutivo. La existencia de actitudes altruistas plantea, por tanto, un reto a la interpretación neodarwinista del comportamiento. En este trabajo repasaremos las distintas explicaciones propuestas: la selección entre grupos, la selección de parientes y el altruismo recíproco. Estas propuestas se discuten en el marco de la teoría de juegos y más concretamente del juego conocido como "dilema del prisionero" que permite una formulación sencilla y elegante del fenómeno cooperativo. El caso de la cooperación en grupos humanos es más complejo que el del mundo animal porque tiene un fuerte componente cultural y se refuerza con normas y valores morales interiorizados. Comentamos brevemente varios modelos del origen de la cooperación humana: la hipótesis del gran error, la idea de que la cara es el espejo del alma, la reputación altruista o reciprocidad indirecta y la reciprocidad moralista. También aludimos a las recientes controversias sobre la importancia de la selección de grupos. Finalmente comentamos la posibilidad de extraer de las teorías sobre la cooperación enseñanzas ventajosas para la sociedad humana. *eVOLUCIÓN 7(esp): 33-41 (2012)*.

**Palabras clave:** Cooperación humana, dilema del prisionero, selección de grupos, altruismo recíproco.

### ABSTRACT

Although the Darwinian proposal of natural selection draws a scenario of competition between individuals, the history of life on Earth cannot be understood without resorting to cooperation that has been essential for the emergence of new levels of organization throughout the evolutionary process. The existence of altruistic attitudes therefore poses a challenge to the neo-Darwinian interpretation of behavior. This paper will review the various explanations proposed: between-group selection, kin selection and reciprocal altruism. These proposals are discussed in the framework of game theory and more specifically for the game known as the "prisoner's dilemma" which allows a simple and elegant formulation of cooperative phenomenon. The case of cooperation in human groups is more complex than in the animal world because it has a strong cultural component and is reinforced by internalized moral standards and values. We briefly comment various models of the origin of human cooperation: the big mistake hypothesis, the idea that the face is the mirror of the soul, the reputation or indirect reciprocity altruistic and moralistic reciprocity. We also refer to the recent controversy about the importance of group selection. Finally we discuss the possibility of extracting lessons from these theories of cooperation that may be advantageous for human society. *eVOLUCIÓN 7(esp): 33-41 (2012)*.

**Key words:** Human cooperation, prisoner's dilemma, group selection, reciprocal altruism.

### La teoría neodarwinista de la evolución por selección natural

La propuesta darwinista de analizar la conducta humana asumiendo el origen evolutivo de nuestra especie, comenzó a ser tomada en serio en el último tercio del siglo pasado, una vez consolidada la teoría neodarwinista de la evolución. Cuando nos preguntamos sobre la causa última que explica este comportamiento lo que buscamos es una interpretación evolutiva, esto es, en qué medida este comportamiento ha podido con-

tribuir a la supervivencia del individuo y ha sido, por tanto, favorecido por la selección natural. Aunque la selección natural, tal como la describió el propio Darwin, dibuja un escenario de competencia entre los individuos de una especie en su intento de sobrevivir y dejar descendencia, la historia de la vida en la Tierra no puede entenderse sin recurrir a la cooperación que ha sido imprescindible para la aparición de nuevos niveles de organización a lo largo del proceso evolutivo. Los genes cooperan en los genomas, los cromosomas cooperan en las células eucariotas, las cé-

lulas en los organismos pluricelulares o, en otro nivel, los insectos sociales o las sociedades humanas dependen de la cooperación. Como veremos a continuación los biólogos evolutivos han sido capaces de identificar varios mecanismos que permiten que la selección natural favorezca la evolución del comportamiento cooperativo y altruista (Ridley 1996).

Los seres vivos manifiestan en distintas ocasiones comportamientos que claramente contribuyen a aumentar la eficacia biológica de sus congéneres a costa de disminuir la propia. Existen muchos ejemplos, como las llamadas de alarma de las ardillas cuando se aproxima un predador o la defensa del grupo en hienas y leones, pero sin duda los casos más espectaculares se dan en los insectos sociales –abejas, avispas y hormigas– donde las obreras sacrifican, a veces totalmente, su capacidad reproductiva para alimentar y cuidar a los descendientes de la reina, o mueren como consecuencia de clavar el aguijón a quien amenaza la colmena. Los insectos sociales son, además, un ejemplo de éxito ecológico: a pesar de representar un pequeño porcentaje del número total de especies constituyen un 15 por ciento de la biomasa animal y ocupan todos los hábitats climáticos desde Siberia hasta el Sahara.

### La teoría de los juegos y la evolución del altruismo

La teoría de juegos ha resultado ser un adecuado marco teórico en el que puede interpretarse la evolución de la cooperación en un sentido darwinista. El juego conocido como “dilema del prisionero” permite una formulación sencilla y elegante del fenómeno cooperativo (Axelrod 1986). La policía detiene a dos conspiradores. Interrogados por separado, a cada uno de ellos se le ofrece la oportunidad de permanecer callado (cooperar con el otro prisionero) o confesar (no cooperar). Si ambos confiesan, cada uno será condenado a cuatro años de cárcel pero si ambos guardan silencio (cooperar) el máximo castigo que puede imponérseles es de un año en prisión. El problema surge cuando uno confiesa y el otro no. En este caso el primero quedará libre mientras que el último será condenado a 10 años de cárcel. Es bastante claro que lo mejor que puede hacer cada conspirador es confesar ya que si el otro permanece callado quedará libre mientras que si también confiesa pasará cuatro años en la cárcel. La paradoja reside en que lo racional es confesar aunque lo más beneficioso para ambos sería permanecer callados (Fig. 1).

En el contexto evolutivo se dice que no cooperar es una *estrategia evolutivamente estable* ya que en una población en la que ningún individuo coopera, si surgiera un individuo mutante que practicara la cooperación su eficacia biológica sería menor y por tanto sería eliminado por la



**Fig. 1.** La policía arresta a dos sospechosos. No hay pruebas suficientes para condenarlos y, tras separarlos, se les ofrece a cada uno el mismo trato: si uno confiesa y su cómplice no, el cómplice será condenado a la pena máxima, 10 años de cárcel, y el primero será liberado. Si ambos confiesan, cada uno será condenado a cuatro años, pero si ambos guardan silencio el castigo será solamente de un año en prisión. El dilema del prisionero muestra que dos personas pueden no cooperar incluso en contra del interés de ambas.

acción de la selección natural. En cambio cooperar no es una *estrategia evolutivamente estable*, ya que si todos los individuos de la población lo hicieran y surgiera un mutante no cooperador, éste tendría una eficacia mayor y se vería favorecido por la selección natural hasta que, con el paso de las generaciones, toda la población fuera no cooperadora.

La existencia de actitudes altruistas plantea, por tanto, un reto a la interpretación neodarwinista del comportamiento. A continuación repasaremos las distintas explicaciones propuestas: la selección entre grupos, la selección de parientes y el altruismo recíproco (Nowak y Highfield, 2011).

### Selección entre grupos

La lógica de la selección entre grupos es muy sencilla. Cuando se estudia un comportamiento no sólo deben examinarse sus consecuencias con respecto al individuo que lo lleva a cabo, sino también las correspondientes a los demás individuos de su entorno. Si el comportamiento es beneficioso para todos, la selección natural lo favorecerá sin ninguna duda, mientras que si es perjudicial en general desaparecerá. Pero si tiene un impacto negativo en el individuo pero es positivo para el grupo, la respuesta dependerá de la relación entre costes y beneficios. En *The Descent of Man*, Darwin arguye que la selección entre grupos podría ocurrir en la especie humana: “Una tribu que incluya muchos miembros que, poseyendo altos grados de patriotismo, fidelidad, obediencia, coraje y simpatía, estuvieran dispuestos a ayudarse mutuamente y a sacrificarse

por el bien común, alcanzaría la victoria sobre otras tribus; y esto sería selección natural”.

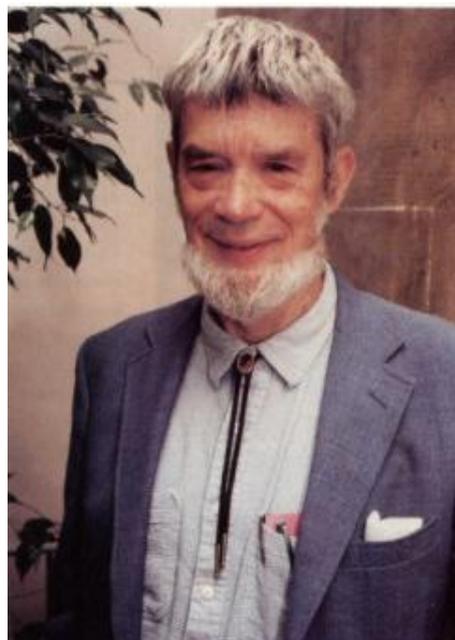
Suele citarse como ejemplo de selección entre grupos la disminución de virulencia en virus. Un virus muy activo tendrá ventaja en la competición con otros *dentro* del mismo huésped pero, como consecuencia de esa mayor virulencia, dicho huésped morirá muy pronto, lo que limitará las posibilidades de transmisión del virus a otros huéspedes. El resultado final será una disminución de la virulencia del virus. El virus de la mixomatosis que fue introducido en Australia con el propósito de acabar con la plaga de conejos ha sufrido una reducción de la virulencia (simultáneamente a la adquisición de cierta resistencia por parte de los conejos).

Hay quien sitúa el comienzo del pensamiento sociobiológico precisamente en el rechazo de la selección entre grupos como explicación de los comportamientos sociales, batalla iniciada y encabezada en los años sesenta por el eminente biólogo Williams (Fig. 2). Puede decirse que hoy en día la mayor parte de los biólogos evolutivos dudan que la selección entre grupos pueda ser eficaz y piensan que la selección natural actúa favoreciendo a unos individuos frente a otros y no a unos grupos frente a otros. Nótese, además, que el mantenimiento de un comportamiento altruista mediante selección entre grupos es esencialmente inestable, ya que un grupo altruista siempre puede ser invadido por individuos egoístas que aparecieran por mutación o migración y que estarían favorecidos por la selección natural, puesto que recibirían beneficios sin coste. Para contrarrestar este efecto serían necesarias unas tasas muy altas de extinción y formación de nuevos grupos, lo que no parece ser una situación habitual en la mayoría de las especies.

### Selección de parientes

Esta idea fue presentada en 1964 por el biólogo británico Hamilton en un artículo clásico, donde sentaba las bases de una explicación de los comportamientos altruistas alternativa a la selección de grupos que se conoce como selección de parientes (*kin selection*). Este autor señaló que si un gen determinase a un individuo a sacrificar su vida para salvar las de varios parientes, el número de copias de ese gen en las generaciones siguientes podría aumentar más rápidamente que si el sacrificio no se hubiera realizado, ya que los parientes tienen una probabilidad más alta de ser portadores de los mismos genes que el resto de los individuos de la población y esa probabilidad aumenta a medida que el parentesco se estrecha.

Hamilton estableció la relación entre el coste atribuido al autor del comportamiento altruista ( $c$ ) y el beneficio obtenido por sus receptores ( $b$ ). Esta correspondencia se conoce como la regla de Hamilton y se enuncia de la siguiente forma: un rasgo será favorecido por la selección natural si el



**Fig. 2.** En su libro *Adaptation and natural selection: a critique of some current evolutionary thought*, el biólogo evolucionista Georges C. Williams realiza una dura crítica contra la selección de grupo.

producto  $r \times b$  es mayor que  $c$ , siendo  $r$  la proporción de genes que comparten el autor y el receptor. Este coeficiente  $r$  es igual a 0,5 si estos son hermanos, 0,25 si son medio hermanos y 0,125 si son primos. En este sentido se cuenta que Haldane, uno de los fundadores de la síntesis neodarwinista, comentó en los años 30 mientras tomaba cerveza en un pub, que no le importaría arriesgar su vida si con ello salvara a dos hermanos o a ocho primos. A efectos predictivos, por tanto, esperamos que el altruismo esté limitado a los parientes y que los parentescos más próximos induzcan la manifestación de altruismos más costosos.

### Socialidad en insectos

Uno de los mayores éxitos de Hamilton es la aportación de un modelo genético que explica, en parte, la evolución de los insectos sociales (Fig. 3). En los insectos la conducta social ha surgido doce veces, de las que once corresponden al orden *himenópteros*. En este grupo los machos se desarrollan a partir de huevos sin fecundar y, en consecuencia, tienen una sola dotación cromosómica que han heredado de su madre, mientras que las hembras proceden de huevos fecundados y han heredado, por tanto, una dotación cromosómica de su padre y otra de su madre. La consecuencia más llamativa de este peculiar mecanismo es que una hembra comparte tres cuartas partes de sus genes con sus hermanas pero sólo la mitad con sus hijas, es decir, las hermanas son en cierto sentido superparientes.



**Fig. 3.** En los insectos sociales, la reina es la única hembra fértil que se reproduce. Mediante la acción de una feromona controla la maduración y el comportamiento de sus hijas obreras, quienes actúan como nodrizas de las nuevas larvas nacidas en la colonia.

Una de las predicciones del modelo de selección de parientes es que los comportamientos altruistas deberán ser mostrados por hembras, puesto que su parentesco con el resto de la colonia es mayor. En efecto, las obreras son los miembros de la colonia que realizan la mayor parte de las labores útiles, como la regulación de la temperatura, el cuidado de las crías, la búsqueda de alimento y la defensa del grupo clavando su aguijón a un potencial intruso. Los machos, acertadamente denominados zánganos, no aportan apenas nada al bienestar de la colonia.

#### *Selección de parientes en primates*

Compartir el alimento es un comportamiento que también se da con preferencia entre parientes, como ha mostrado en repetidas ocasiones la famosa primatóloga Goodall ofreciendo bananas a chimpancés que en un 86 por ciento de las veces sólo hacen partícipes del regalo a los parientes. Con el acicalamiento mutuo los primates eliminan parásitos, trozos de piel muerta y mantienen limpias las heridas, pero además disminuyen la tensión entre los participantes, puesto que así se muestran amistosos. Por ello este comportamiento es más habitual, tanto en frecuencia como en duración, entre individuos emparentados sobre todo por vía materna. Por último, las complejas relaciones de dominancia y las coaliciones suelen tener frecuentemente un componente de parentesco. Un elemento disuasorio para que una hembra se enfrente a otra es que ésta última tenga hermanas con las que puede establecer alianzas, si llegara el caso. Por otra parte, los individuos juveniles son capaces de derrotar a otros no sólo por su propia fuerza sino también por la presencia cercana de su madre.

#### **Altruismo recíproco**

El altruismo también puede evolucionar si hay reciprocidad. Si los individuos se turnan como autores y receptores del altruismo, a largo plazo los beneficios pueden compensar los costes. Esta teoría fue propuesta por primera vez por Trivers pero, una vez más, correspondió al biólogo Hamilton y al economista Axelrod la formulación en 1981 de un nuevo modelo también encuadrado en la teoría de juegos.

#### *El juego repetido del dilema del prisionero*

Uno de los factores que cambian la situación del *dilema del prisionero* es que cada jugador se enfrente repetidamente al mismo oponente, lo que se conoce como *el juego repetido del dilema del prisionero*. El reconocimiento del contrincante anterior y el recuerdo de algunos resultados de encuentros previos, hace que esta versión del juego sea mucho más interesante como modelo y más rica en soluciones. Una de las soluciones especialmente robusta es la denominada *tit for tat* (TFT) que en extremo simple, consistiendo en empezar el juego siempre cooperando y en los sucesivos movimientos reproducir la actitud adoptada por el contrincante en el previo. No es fácil encontrar una expresión en castellano que transmita la idea rectora de TFT. Una posibilidad es considerarla equivalente a la ley del talión *ojo por ojo y diente por diente*. Sin embargo, TFT no tiene sólo un sentido negativo: devuelve mal por mal pero también bien por bien. Sería más razonable utilizar la frase *pagar con la misma moneda*, más acorde con el origen de la sentencia inglesa que, de acuerdo con el diccionario Webster's, deriva de *plus tip for plus tap*, algo así como más propina por más cerveza (de barril).

Aunque este modelo de evolución de la cooperación es muy simplista, permite establecer claramente las condiciones que pueden facilitarla o no: los individuos deben tener oportunidad de interactuar a menudo, deben ser capaces de recordar los apoyos que han dado y recibido, y de ofrecer asistencia sólo a aquellos que les han auxiliado. Esto último es necesario para que las interacciones a medio y largo plazo no ocurran de forma aleatoria. De esta forma los beneficios de la cooperación no se repartirán al azar, sino que se transmitirán mayoritariamente a aquellos que muestren una disposición colaboradora.

### *Cooperación en primates*

Las alianzas en papiones se han presentado como un ejemplo de reciprocidad. El acceso a hembras en celo es un recurso disputado y cuando dos machos compiten por una hembra es frecuente que uno de ellos solicite la ayuda de un tercero para desplazar al otro y ganar el acceso al apareamiento. Esta es de hecho la única forma que tiene un macho relativamente más débil de conseguir la hembra. Pero ¿cuál es el interés del tercer macho en enfrentarse al dominante para ayudar a su compañero? La respuesta, no sorprendentemente, está en la reciprocidad: cuando este macho se encuentre en una situación similar será él quien solicite ayuda y probablemente su petición será atendida. De hecho estas coaliciones de dos machos son relativamente estables durante una decena de años, el promedio de vida de la especie. Los primates pasan buena parte de su tiempo realizando actividades de acicalamiento que normalmente implican un alto grado de reciprocidad, de forma que los individuos limpian

más a menudo a aquellos otros de quien han recibido estos mismos favores, tal y como se ha observado en macacos, papiones, monos verdes y chimpancés (Fig. 4).

Una de las dificultades para detectar el altruismo en primates es que a veces la reciprocidad no se paga *con la misma moneda*. Así, por ejemplo, en los monos verdes se ha podido demostrar, utilizando llamadas de apoyo o reclutamiento grabadas previamente y emitidas por un altavoz, que los individuos responden más intensamente a las peticiones de aquellos otros que previamente les habían proporcionado limpieza o acicalamiento. Por otra parte, también se ha demostrado que los chimpancés son más favorables (o menos hostiles) a compartir el alimento con sus compañeros de actividades de acicalamiento.

### *Cooperación en grupos*

Uno de los supuestos de partida de muchos modelos de cooperación es que las interacciones ocurren en parejas y por lo tanto el beneficio del altruista revierte en otro individuo. Si este último no devuelve la ayuda prestada, el altruista puede buscar otro compañero. Sin embargo, si el beneficio va dirigido a un grupo el problema de la reciprocidad se vuelve complicado. Si sólo parte del grupo devuelve la colaboración, el altruista se encuentra ante un dilema: si la suspende no está siendo justo con aquellos miembros del grupo que cumplieron el trato, pero si continúa colaborando no está castigando a los individuos del grupo que no lo hicieron. El problema es especialmente grave en los primeros estadios de la evolución de la cooperación cuando ésta es rara.

**Fig. 4.** El acicalamiento o *grooming* desempeña un papel fundamental en el establecimiento y mantenimiento de alianzas y jerarquías sociales entre los primates.



## Cooperación en los seres humanos

La pregunta precisa que tratamos de responder es ¿en qué condiciones puede surgir la cooperación en un mundo de egoístas? Con respecto a la especie humana, el interrogante enunciado ha intrigado a numerosos pensadores procedentes de una gran variedad de disciplinas, ya que todos sabemos que tendemos a favorecer en primer lugar nuestros propios intereses, pero también que la cooperación y el altruismo existen y que incluso lo que hoy denominamos civilización se basa en gran parte en ello. Además, la colaboración humana tiene un fuerte componente cultural y se refuerza con normas y valores morales interiorizados (Sober y Wilson 2000; Tomasello 2009).

No es éste el lugar para explicar ni discutir las distintas teorías que los sociólogos han mantenido en torno a la cooperación. Recordemos simplemente la escuela funcionalista de Malinowski que considera que tanto los comportamientos como las instituciones existen porque promueven el bienestar social (Fig. 5). Los individuos adquieren las normas, valores y costumbres de la sociedad en que viven y esto es bueno para que el grupo pueda mantenerse. De alguna forma, en la concepción funcionalista está implícita la selección entre grupos sociales ya que sólo pueden sobrevivir aquellas sociedades cuyos comportamientos, creencias e instituciones les permiten adaptarse al ambiente. De la misma forma que existe selección entre individuos también la habría entre grupos sociales aunque, y esto es crucial, sería fundamentalmente de tipo cultural. Frente a la escuela funcionalista, la racionalista, favorita de economistas y políticos, considera que los comportamientos sociales deben explicarse en términos de beneficios individuales. La sociedad como tal no existiría sino que sería una suma de individuos que buscan su propio interés, mientras que la complejidad social sería consecuencia de la *mano invisible* de Adam Smith que re-

gularía el complejo intercambio de bienes y servicios.

La irrupción de la sociobiología ha tenido un cierto impacto en las ciencias sociales. Es evidente que, por una parte, ha dado fuerza a la argumentación racionalista ya que, una vez aceptado que el hombre es el producto de la evolución orgánica, ésta está dirigida por la selección natural que actúa fundamentalmente desde el punto de vista individual. Pero, por otra parte, la sociobiología también ha minado las explicaciones racionalistas que mantienen que las interacciones puramente egoístas conducirían sin más, mediante la acción de la supuesta *mano invisible*, a una sociedad con actividades cooperativas complejas. Incluso sociedades como las que antaño solían denominarse primitivas, poseen normas elaboradas que regulan el comercio, la vida política, social y religiosa y la resolución ritual de los conflictos.

### Una variedad de modelos

Actualmente se discuten distintos modelos de cooperación humana que vamos a revisar con brevedad. El primero de ellos, que Boyd y Richerson han denominado la hipótesis del *gran error*, parte del supuesto de la psicología evolucionista que mantiene que el estudio de los comportamientos humanos y su posible interpretación adaptativa no debe referirse al ambiente actual, sino al de la sociedad de cazadores-recolectores propia de la mayor parte de la historia evolutiva de la especie humana. Aunque el género *Homo* ya tiene más de un millón de años, hasta el nacimiento de la agricultura, hace sólo unos 10,000 años, los hombres vivían en pequeños grupos de 50 a 100 individuos. La selección natural habría favorecido el altruismo indiscriminado hacia los demás miembros del grupo simplemente porque los beneficiarios resultarían ser parientes pero, con el crecimiento numérico de las poblaciones, dejaría de ser adaptativo. Aunque esta hipótesis no deja de ser



**Fig. 5.** El antropólogo polaco Bronislaw K. Malinowski, fotografiado junto a un grupo de indígenas melanesios. La recolección de datos mediante la *observación participante* constituye el principal legado de este etnógrafo a la antropología social.

atractiva, especialmente para los estudiosos de las ciencias sociales, también tiene sus puntos débiles. Muchos antropólogos creen que la estructura y relaciones sociales durante la hominización serían similares a las que se encuentran en los primates actuales, donde no existe un altruismo indeliberado sino unos complejos sistemas de discriminación basados en el parentesco.

Una segunda hipótesis, cuyo mayor defensor ha sido el economista Frank, es la que algunos autores han denominado *la cara es el espejo del alma*. Se supone que los seres humanos, debido a nuestra complejidad intelectual y emocional, no podemos evitar la manifestación de nuestra auténtica predisposición a ser o no cooperadores. La selección natural habría favorecido un sistema de señales básicamente *honesto*, junto con la capacidad para detectar tales señales. La evolución de este sistema dependería de que los individuos cooperadores fueran capaces de detectar a otros que también lo son e interactuar preferentemente con ellos. De nuevo muchos primatólogos piensan que si el mecanismo funcionase también se daría en los primates.

La tercera hipótesis articula un grupo de modelos basados en lo que podríamos denominar *reputación altruista o reciprocidad indirecta*. En este caso se supone que los individuos pueden adquirir información sobre un futuro compañero observando lo que éste hace cuando interacciona con otro. La versión más reciente de este tipo de modelos es la denominada *buena imagen* debida a Nowak y Sigmund. En la reciprocidad indirecta el cooperador no espera que el favor le sea devuelto por el beneficiario de la acción sino por otro individuo, de acuerdo con el principio evangélico de *dad y se os dará*. La idea subyacente es que la información sobre el receptor potencial puede obtenerse sin necesidad de haber interactuado previamente con él, bien por observación o mediante el lenguaje (ésta sería una de las funciones de la murmuración y el cotilleo). El donante proporciona ayuda al donatario si considera probable que éste a su vez auxilie a otros, o cree que ha ayudado a otros en el pasado. Ser cooperador es ventajoso desde el punto de vista individual porque confiere una buena imagen o reputación y con ello una mayor probabilidad de recibir ofertas de colaboración por parte de otros miembros de la comunidad.

La interpretación más extrema del altruismo como mecanismo creador de reputación ha sido propuesta por el ornitólogo Zahavi, que considera esa cualidad como una señal honesta de la fortaleza y aptitudes del que la practica. Los mejores individuos ayudan para ganar prestigio y un puesto elevado en la jerarquía, obteniendo así beneficios reproductivos. A diferencia del modelo anterior, las acciones altruistas irían dirigidas hacia los individuos de baja posición social. Esta es la estrategia que parecen utilizar

las aves *Turdoides squamiceps*, estudiadas por ese investigador durante más de treinta años. En esta especie se observan muchos comportamientos aparentemente desinteresados: actuar de centinela, compartir el alimento con individuos no emparentados, cuidar comunalmente de los nidos, etc. Pero además, y sorprendentemente, los individuos dominantes compiten entre sí para llevar a cabo actos altruistas. Si un subordinado trata de ejercer el papel de centinela, enseguida es atacado por un dominante que ocupa su lugar y, de la misma forma, los individuos dominantes insisten en compartir el alimento con otros incluso si los receptores están desgastados. Zahavi piensa que los actos altruistas tienen una función costosa que consiste en mostrar sin posible engaño la mayor eficacia biológica de sus autores y, en correspondencia, estos consiguen a la larga un reconocimiento social y unas ventajas reproductivas (Fig. 6).

La cuarta hipótesis se ha denominado a veces *reciprocidad moralista*. Se trata de un comportamiento que básicamente consiste en reforzar la reciprocidad mediante el castigo a los que no cooperan. Esta actitud sería más fácilmente practicada por la especie humana, ya que tanto su gran capacidad cognitiva como la posesión de lenguaje permiten el desarrollo de complejas redes de intercambio. El castigo puede tomar formas sutiles y elaboradas, como la pérdida de reputación, ostracismo, murmuración, etc., y puede administrarse manera selectiva, por ejemplo, únicamente a aquellos individuos del grupo que no colaboraron.

Sin embargo con el castigo surgen nuevos problemas. Cabe pensar que la sanción supone un coste para el individuo que la impone mientras que el beneficio se remite al grupo de colaboradores. Será por lo tanto una estrategia susceptible de ser invadida por otra que aproveche la cooperación aunque renuncie a castigar a los no cooperadores, dejando este trabajo a otros. Se trata de un viejo problema discutido de antiguo por los científicos sociales: la estabilidad de un grupo social implica la imposición de un doble castigo: escarmentar tanto a los que incumplen las normas como a los que no sancionan a los incumplidores. Es evidente que esta recurrencia podría prolongarse hasta el infinito, lo que ha llevado a algunos autores de la ciencia política a concluir que los ciudadanos son los que eligen los comportamientos que deben ser castigados, mediante procesos de deliberación, intercambio de opiniones y, en última instancia, delegando la calificación en alguna autoridad.

### La selección entre grupos ataca de nuevo

La especie humana es, exceptuando quizás a los insectos sociales, la que presenta comportamientos cooperadores más complejos y variados. También es casi la única en la que la transmisión



**Fig. 6.** Los turdoides árabes (*T. squamiceps*) poseen un complejo sistema de jerarquías sociales en el que, de acuerdo con el etólogo Almotz Zahavi, los individuos muestran comportamientos altruistas con el fin de ganar prestigio social.

cultural es importante. Parece lógico, pues, tratar de relacionar ambos fenómenos. La constatación de que la cultura permitiría la eliminación de las objeciones clásicas a la selección de grupos es, en nuestra opinión, la base de la hipótesis más elaborada sobre el origen y mantenimiento de la cooperación en la especie humana que se debe fundamentalmente a los importantes trabajos de Boyd y Richerson (Richerson y Boyd 2005).

Para que la cultura incremente la presión de selección entre grupos tiene que aumentar a su vez la variación entre éstos, esto es, tiene que ser un mecanismo que refuerce las diferencias entre los grupos para que la selección sea más eficaz. Se han propuesto dos procedimientos para que esto ocurra. Uno de ellos es el que Boyd y Richerson denominaron aprendizaje social conformista que consiste en imitar la estrategia que es mayoritaria en la población. La selección natural puede favorecer este tipo de aprendizaje en aquellas situaciones en las que la conducta más apropiada varía de unas localidades a otras y cada población está aceptablemente adaptada a su entorno. El efecto del aprendizaje es precisamente hacer que en las poblaciones en las que una determinada variante es común ésta se haga cada vez más común y en las que es rara sea cada vez más rara, ampliando por tanto las diferencias entre grupos. Utilizando modelos matemáticos sencillos puede mostrarse que esta fuerza diversificadora es capaz de compensar la acción uniformizadora de la migración y permitir que la selección entre grupos adquiera un importante protagonismo.

El segundo mecanismo consiste en castigar a los que incumplen las normas. Ya señalamos antes que los procedimientos de castigo permiten estabilizar cualquier comportamiento por arbitrario que sea, lo que conducirá a una mayor diferenciación de las poblaciones, haciendo que en unas sea mayoritario el comportamiento egoísta, en otras el nepotista o el tribal, etc.

Ahora bien, el comportamiento adoptado por cada población determinará su mayor o menor probabilidad de supervivencia y de recolonización de los hábitats ocupados por otras poblaciones que se extingan. Por ejemplo, cabe pensar que la cooperación tribal sea más eficiente que el nepotismo y éste, a su vez, más que el egoísmo. La clave está en que, en un esquema puramente genético, las diferencias entre grupos se deben a la deriva genética mientras que en nuestro caso es la transmisión cultural, esto es, la enseñanza y el aprendizaje, la que hace que los individuos de un mismo grupo sean cada vez más parecidos entre sí y a la vez más distintos con respecto a otros grupos. La selección cultural entre grupos puede ocurrir también por imitación, de manera que los grupos mejor adaptados sean los más prestigiosos, haciendo que otros copien sus normas y se conviertan en grupos análogos.

Las normas de los grupos mejor adaptados no se extenderían por la extinción y sustitución de unos grupos por otros sino por la mera asimilación cultural.

### **¿Cómo se podría promover la cooperación en la especie humana?**

Es indudable que sería positivo extraer de las teorías sobre la cooperación enseñanzas ventajosas para la sociedad humana, y esto es lo que han hecho varios autores aunque, sospechosamente, sus recomendaciones suelen coincidir con sus respectivas ideologías políticas. Por ejemplo, el ex-economista Ridley, basándose en que la colaboración se hace más fácil con las interacciones repetidas entre individuos que se conocen, apoya un anarquismo conservador que reduciría al máximo la jurisdicción del estado y su burocracia y devolvería el poder a grupos y unidades sociales menores, desde pequeñas empresas a clubs de Internet. Los gobiernos nacionales e internacionales se limitarían *simple-*

mente a cuestiones de defensa y de distribución de los recursos mundiales (Ridley 1996).

El biólogo Dugatkin, conocido por sus investigaciones sobre la cooperación en gupis, ha tratado de ser más sistemático (Dugatkin 1999). Puesto que hay miles de ejemplos y situaciones de cooperación en la naturaleza, debemos establecer prioridades con respecto a cuáles son los estudios más relevantes para la especie humana, recurriendo a aquellos que presenten cierta similitud, bien por tratarse de especies evolutivamente próximas (chimpancés, gorilas y orangutanes), bien por el tipo de comportamiento cooperativo analizado, o bien por la relación costes/beneficios establecida. Dugatkin recalca que la cooperación promovida por la selección entre grupos o clanes familiares conduce a la enemistad entre ellos: los individuos tienden colaborar con otros de su grupo y a manifestar hostilidad frente a los extraños. En las especies animales los individuos raramente pertenecen a más de un grupo a lo largo de su vida, pero los humanos podemos asociarnos por múltiples motivos: el idioma, la religión, la profesión, las aficiones deportivas, musicales, culturales o sociales. Aumentar el número de alianzas disminuiría la conflictividad aunque la pertenencia a ciertos grupos como los basados en la propiedad no sea por elección. La relación social entre individuos de distintos grupos también facilitaría la disminución de tensiones y agresiones entre los mismos. Hace unos años el conocido primatólogo holandés De Waal realizó un experimento que tuvo gran repercusión (De Waal 1993). Los macacos *rhesus* tienen un sistema social determinado por una escala jerárquica rígida en la que los individuos dominantes mantienen atemorizados a los subordinados. Otra especie próxima, los *de muñón*, tienen, por el contrario, buen carácter, son poco agresivos y tras una pelea se reconcilian fácilmente. El experimento consistió en colocar en la misma jaula individuos de ambas especies con objeto de comprobar si los *rhesus* modificaban su comportamiento al interactuar con los macacos *de muñón*. Inicialmente los *rhesus* reaccionaron con miedo y gruñidos, agrupándose en una esquina de la jaula, mientras los *de muñón* paseaban tranquilamente y mostraban curiosidad por la larga cola que los *rhesus* tienen y ellos no. Con el tiempo, el nivel de conflictividad de los *rhesus* fue disminuyendo y se inició un comportamiento de acicalamiento entre individuos de ambas especies. El nivel de relajación de la jaula

aumentó, alcanzándose una situación similar a la habitual entre los macacos *de muñón* y, al cabo de cinco meses, unos y otros llegaron incluso a dormir agrupados.

Por último, este autor señala que la fascinación por los modelos de altruismo recíproco ha hecho pasar por alto, quizás porque no resulte paradójica, la denominada cooperación mutualista, esto es, la que se establece porque es beneficiosa para todos los jugadores. Promover modelos sociales en los que la colaboración se potencie simplemente porque es beneficiosa para todos, es también una vía a considerar en la especie humana.

## REFERENCIAS

- Axelrod, R. 1986. *La evolución de la cooperación: el dilema del prisionero y la teoría de juegos*. Alianza Editorial, Madrid.
- De Waal, F. 1993. *La política de los chimpancés*. Alianza Editorial, Madrid.
- Dugatkin, L. 1999. *Cheating monkeys and citizen bees: the nature of cooperation in animals and humans*. The Free Press, Nueva York.
- Nowak, M.A. y Highfield, R. 2011. *Super-cooperators: why we need each other to succeed*. Simon & Schuster, Nueva York.
- Ridley, M. 1996. *The origins of virtue: human instincts and the evolution of Cooperation*. Penguin Books, Nueva York.
- Richerson, P. J. y Boyd, R. 2005. *Not by genes alone: how culture transformed human evolution*. University of Chicago Press, Chicago.
- Sober, E. y Wilson, D.S. 2000. *El comportamiento altruista*. Siglo XXI, Madrid.
- Tomasello, M. 2009. *Why we cooperate*. The MIT Press, Cambridge, MA.

## Información del Autor

M.A. Toro es Catedrático de Producción Animal de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha realizado una intensa actividad docente e investigadora publicando como resultado más de 100 trabajos científicos sobre gestión de la variabilidad genética en programas de conservación y selección, y sobre evolución cultural y evolución del altruismo y la cooperación. Su trabajo ha recibido varios galardones, entre ellos el premio nacional de Genética en 2010.



## economía y eVolución

Arcadi Navarro

Departament de Ciències Experimentals i de la Salut, Institut de Biologia Evolutiva (UPF-CSIC).  
Plaça Charles Darwin 1, 08003 Barcelona. E-mail: Arcadi.Navarro@upf.edu

### RESUMEN

Para desarrollar la teoría expuesta en *The Origin of Species*, Darwin se inspiró en el trabajo de los economistas, concretamente en Malthus. Es pues de justicia que el concepto de Selección Natural haya resultado influyente en el campo de la Economía. Quizás resulte menos conocido que las cuestiones expuestas en otro de sus libros más influyentes, *The descent of man*, estén siendo el objeto de grandes esfuerzos provenientes de diversas disciplinas económicas. En los últimos años una nueva área de investigación liderada por economistas contribuye a abordar el estudio científico de la evolución de las características específicas de los humanos y está empezando a hacer contribuciones importantes en el estudio de la hominización. Contribuciones que quizás pronto puedan añadirse a los impresionantes resultados acumulados después de un siglo y medio de investigaciones sobre qué es aquello que, separándonos del resto de primates, “nos hace humanos” y sobre cómo puede haber evolucionado. *eVOLUCIÓN 7(esp): 43-53 (2012)*.

**Palabras Clave:** Evolución, comportamiento humano, estudios de asociación, genoeconomía.

### ABSTRACT

To develop the theory exposed in *The Origin of Species*, Darwin was inspired by economists' studies, especially by those of Malthus. Then, it is only fair that the concept of Natural Selection has resulted of influence in the Economy field. It may be less known, perhaps, that the questions exposed in other of his more influential books, *The descent of man*, are being the object of big efforts coming from diverse economic disciplines. In the last years a new area of research led by economists is contributing to approach the scientific study of human-specific features and it is beginning to make important contributions in the study of hominization. Contributions that may be added soon to the remarkable results accrued after a century and a half of investigations on what is that that, splitting us from the rest of the primates, makes us “humans” and on how can it have evolved. *eVOLUCIÓN 7(esp): 43-53 (2012)*.

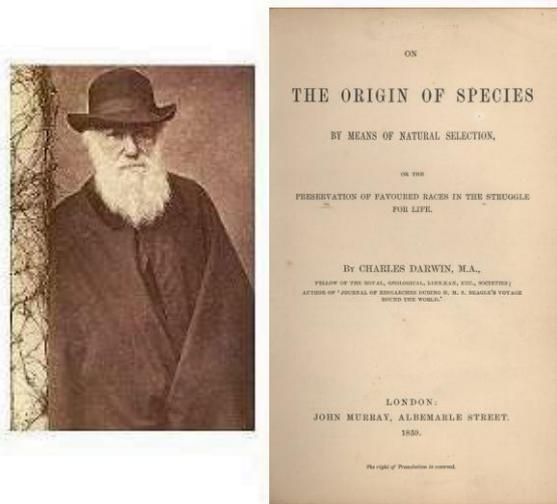
**Key Words:** Evolution, human behavior, association studies, genoecconomy.

Hace 152 años que Charles Robert Darwin publicó *The Origin of Species* (Darwin 1859) (Fig. 1). Desde entonces, el estudio de la evolución de las características específicas de los humanos ha sido el foco de grandes esfuerzos provenientes de muy diversas áreas de la actividad científica. Empezando por el mismo Charles Darwin, quien en 1871 publicó *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, algunos de estos esfuerzos han resultado mejor orientados que otros y, de hecho, ha habido épocas en que las aproximaciones pretendidamente científicas a los rasgos específicos de los humanos han sido tan erróneas que ha costado años que el campo recuperara su prestigio. A pesar de ésas y de muchas otras dificultades, después de un siglo y medio de investigación se han acumulado resultados impresionantes sobre qué es lo que, separándonos del resto de primates, “nos hace humanos” y sobre cómo puede haber evolucionado.

Sólo a título de ejemplo, podemos mencionar que los paleontólogos han obtenido una filogenia

muy completa de nuestra especie (Jobling et al. 2004); que los genéticos han podido secuenciar nuestro genoma y compararlo con el de otros organismos (e.g., Mikkelsen et al. 2005) incluyendo el de los Neandertales, que también han sido secuenciados (Green et al. 2010); que los neurocientíficos están empezando a entender los circuitos neuronales que siguen nuestros pensamientos (e.g., Fehr y Camerer 2007) y que los economistas llevan a cabo detallados experimentos que nos permiten entender nuestras motivaciones más íntimas a la hora de resolver problemas o tomar decisiones (Camerer y Fehr 2004; Benjamin et al. 2012).

A pesar de la abundancia e indudable importancia de todos estos descubrimientos, su interpretación se ha demostrado llena de dificultades. Especialmente en lo que se refiere a un aspecto fundamental para entender nuestra evolución: la base genética de las características específicamente humanas. Estos graves problemas pueden ilustrarse con las largas discusiones, que ya duran



**Fig. 1.** En 1859 vio la luz *On the origin of species by means of natural selection*. Darwin esperó casi treinta años antes de publicar su obra, la cual comenzó a gestar en el viaje del HMS Beagle, entre 1831 y 1836, y tras conocer las teorías de Malthus sobre el crecimiento de la población.

décadas, sobre la heredabilidad de determinados caracteres. En genética, se usa el concepto técnico de *heredabilidad* para describir la proporción de la variación en un rasgo que se debe a los genes. Es decir, el componente genético de un carácter. Se habla, por ejemplo, de que la heredabilidad de la altura humana, que puede ser hasta de un 85 % (Manolio et al. 2009; Yang et al. 2010) o la del cociente intelectual (CI), que se estima entre el 50 % y el 70 % (Bouchard 2004). El problema con estas cifras es que son mal interpretadas con facilidad. El público en general suele interpretar que la altura o el CI están determinados por los genes en un 85 % o en un 50 %.

Sin embargo, esas cifras se refieren a las causas de la variación, indicando que de toda la variación que observamos en, por ejemplo, la altura de las personas, un 85 % es atribuible a variaciones genéticas mientras que sólo un 15 % lo es a variaciones ambientales. Esta visión no implica ningún tipo de determinismo. Por ejemplo, el número de orejas con que contamos los humanos (normalmente dos) es determinado por los genes con absoluta precisión, pero la heredabilidad del número de orejas es casi 0 %, simplemente porque no hay variaciones genéticas en este carácter, sino sólo ambientales. Es decir, merced a un preciso programa genético, todos nacemos con dos orejas, pero en contadas ocasiones, hay accidentes que introducen variación en un rasgo determinado genéticamente. El caso de la altura y el CI es totalmente diferente, ya que la influencia del ambiente es omnipresente y continua.

Dentro de unos momentos volveremos al concepto de heredabilidad pero lo que hay que

entender por el momento es que, aunque la heredabilidad es una medida formal de la contribución de los genes a la variabilidad de cualquier característica de un organismo, y no una medida de determinación genética, resulta muy fácil confundirse. El concepto es tan contra-intuitivo que a lo largo de la historia ha sido pésimamente interpretado y peor usado ininidad de veces. Este es un problema que plaga los estudios sobre el origen evolutivo de los rasgos específicamente humanos: el terreno que explora es bastante desconocido y se usan términos y conceptos que hay que definir con mucha precisión, pero que siempre son fáciles de confundir ya que la tentación de simplificarlos y adaptarlos a nuestras intuiciones es grande.

Otra fuente de confusión en cuanto a la interpretación de los estudios genéticos surge de las noticias que aparecen regularmente en los medios de comunicación sobre “los genes de” o “los genes para” el alcoholismo, el lenguaje, la fidelidad, la memoria o las enfermedades más variadas. El hecho de que una variante de un cierto gen esté asociada a la variabilidad de un cierto carácter no quiere decir que el gen en cuestión sea importante en la determinación del carácter. Por ejemplo, el hecho de que determinadas variantes del estén ligadas a problemas en el habla de sus portadores (Enard et al. 2002), no quiere decir que FOXP2 sea “el gen del lenguaje”. En primer lugar, porque muchos otros genes (decenas o quizás cientos) pueden estar involucrados en diversas funciones lingüísticas, y, en segundo lugar, porque la relación de FOXP2 con el lenguaje podría ser sólo indirecta o secundaria (Reimers-Kipping et al. 2010). Perder las llaves de ignición o arrancar el pedal del acelerador hace que un coche no se pueda poner en marcha ni conducir, pero ambas piezas son secundarias en relación al funcionamiento de un coche. Las ruedas o el émbolo sí son cruciales.

A pesar de todos estos problemas, y de muchos otros que sería demasiado largo explicar, durante los últimos diez años se han registrado continuos avances en nuestro conocimiento sobre la arquitectura genética de los caracteres complejos, especialmente de las enfermedades. Desde hace apenas seis años, por ejemplo, se dispone de la tecnología necesaria para el análisis en paralelo de un millón de marcadores genéticos repartidos por todo el genoma y en los últimos meses se ha publicado un completo análisis de la primera fase del proyecto de los 1000 genomas (Durbin et al. 2010; Abecasis et al. 2012; ver también [www.1000genomes.org](http://www.1000genomes.org)) dentro del que se pretende obtener el genoma completo de más de 2500 individuos humanos y así disponer de un catálogo completo de variantes genéticas que puedan relacionarse con enfermedades tales como la diabetes, el cáncer, la esclerosis múltiple y muchísimas más. Pues bien: todas las herramientas desarrolladas para profundizar en ras-

gos humanos de interés clínico o socio-sanitario, están a nuestra disposición para conocer mejor la arquitectura genética de los caracteres específicamente humanos.

Una frontera que durante los últimos cuatro años se ha movido con especial velocidad es la de la genoconomía: el estudio de cómo la variación genética individual interacciona con nuestro ambiente social para explicar caracteres de tipo económico, todos ellos específicamente humanos, como nuestra percepción sobre la justicia de un intercambio de bienes por dinero “¿Me ha salido barato o exageradamente caro?” o bien nuestra capacidad de pensamiento estratégico “¿Sabe Marta que yo sé que va a pedir un aumento de sueldo?”. Curiosamente, nos acercamos a la evolución humana, a la genética de la hominización, por un camino distinto del que siempre habíamos transitado: la mayor parte de novedades no provienen del estudio de las capacidades clásicamente consideradas “superiores”, como la racionalidad, el lenguaje, o la capacidad humana para la abstracción o la moral, sino que provienen de un ámbito tradicionalmente considerado prosaico: las relaciones económicas. En lo que sigue, revisaré algunas de las líneas de investigación más prometedoras dentro de este nuevo campo, pero primero necesitamos entender por qué la genoconomía es posible hoy y cuáles son los avances que la han convertido en una realidad.

## Dos cambios de paradigma

Durante los cinco últimos años hemos vivido dos cambios fundamentales en el foco de la investigación biomédica. Ambos cambios son de gran importancia para el estudio de los rasgos propios de los humanos. El primero de estos cambios es el advenimiento de la genómica personal. Parece que hayan pasado décadas, pero fue apenas en 2001 cuando se hizo público “EL” Genoma Humano. Hoy en día sabemos que no existe tal cosa como un único genoma humano (Pennisi 2007). Las diferencias genéticas entre cualquier par de

personas que elegimos comparar son enormes (siempre y cuando no sean gemelos idénticos, claro). Dentro de los tres mil millones de nucleótidos que configuran nuestros genomas (Fig. 2), dos seres humanos cualquiera se diferencian en, aproximadamente, un 0,1 % y un 1 %. Puede no parecer mucho, pero se traduce en unas cifras de entre 3 millones y 30 millones de nucleótidos de diferencia (Sudmatan et al. 2010; Abecasis et al. 2012). Estas cifras resultan todavía más impresionantes si se mira más allá de dos personas y se considera cuántas diferencias puede haber entre grupos más grandes de individuos, como toda la especie humana. Y aún más, si cabe, cuando uno se da cuenta de que las diferencias genéticas entre humanos no incluyen sólo mutaciones puntuales, que serían análogas a tener, en una biblioteca, dos ediciones diferentes del mismo libro. Algunas de las diferencias, las llamadas variaciones en número de copia, son de tal magnitud que son análogas a diferentes colecciones de libros. Son diferencias de un tamaño tan grande que a veces incluyen genes completos. Genes que pueden estar presentes más de una vez en una persona, mientras que en otras personas están totalmente ausentes.

En estas diferencias está la base de nuestra individualidad genética: codifican nuestro grupo sanguíneo, el color de nuestra piel, el metabolismo diferencial de distintas personas o su susceptibilidad diferencial a determinadas enfermedades. No es sorprendente que cada vez entendamos mejor las diferencias entre nuestros genomas, ya que este conocimiento es un paso necesario para alcanzar uno de los hitos más importantes del siglo XXI: la medicina personalizada. La gran cantidad de recursos dedicados a la investigación en este campo son una gran ventaja para el estudio de la evolución humana, ya que dar cuenta de la diversidad de nuestros genomas es fundamental para hacer avanzar el estudio de las bases genéticas de cualquier carácter, incluidos aquellos que no tienen interés clínico, pero sí evolutivo.



**Fig. 2.** El Genoma Humano se hizo público en 2001, hace poco más de una década. Cada uno de nosotros poseemos unos tres mil millones de nucleótidos en nuestro ADN; las diferencias entre dos personas tomadas al azar en cualquier parte del mundo son sólo de entre un 0,1 y un 1 %.

El segundo cambio de perspectiva va más allá de la investigación con propósitos clínicos, pero en último término también se deriva de ésta. Se trata de la plena aceptación de la importancia de la diversidad normal en biología y en cualquier aspecto del estudio de los humanos. Dejando de lado la clasificación de la diversidad humana entre “normal” y “patológica”, hoy en día los científicos entienden que la patología suele encontrarse en los extremos de las distribuciones de conjuntos de variables enormemente complejos. Los investigadores se han dado cuenta de que no pueden entender la fisiología o la bioquímica de la enfermedad sin una perspectiva global del continuo al que pertenecen los estados patológicos. Así pues, la exploración detallada de las diferencias individuales a cualquier nivel, desde las moléculas hasta el comportamiento, ha comenzado. Y una vez más, los resultados de esta empresa serán beneficiosos para nuestra comprensión de la evolución de los rasgos que, a lo largo de la evolución, nos han hecho humanos.

En resumen, ambos cambios han hecho posible la genoconomía. No sólo porque el campo pueda beneficiarse de las herramientas y las técnicas creadas para estudiar la arquitectura genética de las enfermedades, sino porque el ambiente intelectual se ha vuelto propicio. Nunca como ahora se había comprendido la importancia de la diversidad individual. Y la diversidad es la materia prima de la Evolución.

### Estudios con gemelos

La genoconomía comenzó a mediados del siglo XX, cuando, en los estudios clásicos de gemelos, se empezaron a considerar algunos caracteres (llamados “fenotipos” en términos técnicos) relacionados, directa o indirectamente, con la economía (Jobling et al. 2004; Benjamin et al. 2012). Estos estudios revelaron contribuciones genéticas relativamente importantes a fenotipos como los ingresos, el cociente intelectual, el nivel educativo, la tendencia a afrontar riesgos, el comportamiento emprendedor y muchas otras características socio-económicas (Martin et al. 1997; Boonsma et al. 2002; Bouchard et al. 2003; Bouchard 2004). Los estudios clásicos con grupos de gemelos estiman la heredabilidad (recordemos, la proporción de la diversidad de un carácter que se puede atribuir a la diversidad genética) comparando gemelos idénticos (que son genéticamente iguales, clones que comparten el 100 % de los genes) con gemelos fraternales (que son como hermanos normales y comparten el 50 % de los genes) (Fig. 3). Si, para un fenotipo concreto los gemelos idénticos se comportan de manera tan similar como lo hacen los gemelos fraternales, la interpretación es que el componente genético, es decir, la heredabilidad del fenotipo en cuestión debe ser baja y que, por tanto, la contribución de la diversidad genética a

la diversidad observable para ese fenotipo debe ser baja. Si, por el contrario, los gemelos idénticos son mucho más similares entre ellos que los gemelos fraternales, entonces, la proporción de la variabilidad del carácter que explican las variantes genéticas debe ser alta, ya que lo único que los gemelos idénticos tienen más en común entre ellos que los gemelos fraternales son, precisamente, variantes genéticas.

El aspecto clave de estos estudios es hasta qué punto sus conclusiones son generalizables. ¿Cuán representativos de la variabilidad humana general son los gemelos estudiados? ¿Los gemelos idénticos, son tratados de manera más similar (porque es fácil, por ejemplo, que se les tome el uno por el otro)? Los estudios más modernos han logrado superar estas dificultades y los análisis rigurosos que abordan fenotipos muy diversos con grupos de gemelos se suceden desde hace tiempo. De hecho, los estudios con gemelos constituyen, en muchos casos, la única pieza de evidencia experimental de que una enfermedad compleja tiene un componente hereditario y que, por tanto, merece la pena estudiar su arquitectura genética. Cuanto más baja es la heredabilidad de una enfermedad, más magras son las posibilidades de encontrar algún factor genético que la esté influenciando. Por otra parte, cuanto mayor es la heredabilidad de un carácter más diferencias genéticas interindividuales podemos encontrar.

Una vez más, hay que insistir en la prudencia que requiere el uso del concepto de heredabilidad. Si la investigación científica revela que un rasgo concreto tiene una heredabilidad de un 60 %, no significa que el 60 % de los casos de este fenotipo estén “causados por los genes”. Como hemos visto hace unos párrafos, esa cifra se refiere al origen de la diversidad. Una manera de entenderla es pensar que, que si todos fuéramos clones pero el rango de ambientes en que nos movemos se mantuviera, sólo veríamos el 40 % de la diversidad fenotípica que vemos ahora. Puesto en términos simétricos, si todos nos criáramos en exactamente en mismo ambiente, veríamos aproximadamente un 60 % de la variabilidad que ahora vemos, puesto que las diferencias genéticas entre individuos, que explican el 60 % de la variabilidad, seguirían manifestándose. También es importante darse cuenta de que el hecho de que un rasgo tenga una heredabilidad del 60 % no quiere decir algo tan simple como que un solo gen explique el 60 % de la variabilidad fenotípica que observamos. La mayor parte de los rasgos humanos, especialmente los que nos hace únicos entre los primates, son caracteres poligénicos, codificados por varios genes, y las complejas interacciones que puede haber entre estos genes o entre los genes y el ambiente simplemente se desconocen. Este es, por cierto, otro punto importante: en la mayoría de ocasiones los genes y el ambiente no actúan independientemente. Los individuos, por ejemplo, influyen,



**Fig. 3.** La genoeconomía se ha basado tradicionalmente en los estudios de gemelos idénticos, quienes comparten el 100 % de sus genes. Características fenotípicas como el desarrollo intelectual, el nivel de ingresos, la tendencia a afrontar riesgos o el comportamiento emprendedor se encuentran altamente correlacionadas entre hermanos genéticamente iguales. Sin embargo, no todo está en los genes: ¿en qué grado influye el ambiente?

seleccionan, o incluso construyen, sometidos a la influencia de sus genes, el ambiente en que han de vivir y, por tanto, el entorno en que estos genes serán expresados.

A pesar de todos los potenciales problemas mencionados, es sorprendente ver como las medidas de la heredabilidad de los caracteres socioeconómicos son de magnitudes similares a las de fenotipos físicos como determinadas enfermedades (Bouchard et al. 2003; Bouchard 2004; Benjamin et al. 2012). Este hecho sugiere que el comportamiento económico humano puede estar sometido a una influencia genética mayor que el que habíamos pensado hasta ahora.

### Asociaciones entre variantes genéticas y fenotípicas

Una vez está claro que un fenotipo concreto tiene un componente genético, el siguiente paso es intentar diseccionarlo con la máxima precisión. Los investigadores se hacen preguntas tales como ¿Cuántos factores genéticos influyen en el carácter bajo estudio? ¿Podemos detectarlos? ¿Qué efectos tienen? ¿En qué lugares de nuestro genoma están? ¿Se trata de variantes genéticas puntuales que cambian la manera en que se pliega una proteína, o bien actúan a través de modificaciones en el nivel de expresión de determinados genes? ¿O son quizás variantes estructurales?

En epidemiología clásica, la concurrencia en una población, con más frecuencia de lo esperado por el azar, de un fenotipo (el carácter bajo estudio) y una variante genética concreta (por ejemplo, una versión específica de un gen, lo que se denomina, un alelo) recibe el nombre de “asociación genética”. Las asociaciones que más se conocen son las que se han podido detectar entre fenotipos relativamente sencillos, como padecer o no una enfermedad, y variantes genéticas también

simples, como los Polimorfismos de un Solo Nucleótido, en inglés SNPs, que son cambios en una sola posición de la cadena del ADN (Cardon y Bell 2001).

Como siempre, conviene recordar que asociación no significa causalidad. El escenario más probable es que la variante genética, el alelo, que ha sido asociado a la presencia de un fenotipo concreto no tenga nada que ver a nivel causal. Lo que suele suceder es que la variante genética en cuestión (denominada marcador genético) está asociada, a su vez, con otra variante o grupo de variantes (a las que se llama variantes causales) que son las que realmente contribuyen al fenotipo de interés. Éste es el escenario más probable ya que, de entre los millones de variantes genéticas que diferencian a los humanos, sólo una fracción muy pequeña tienen consecuencias (Durbin et al. 2010; Abecasis et al. 2012). La mayor parte de variantes genéticas no tienen ningún efecto funcional sobre fenotipo alguno, pero como pueden estar asociadas con variantes causales, se las puede usar como marcadores genéticos.

El diseño experimental más común de la epidemiología clásica es el estudio caso-control (Cardon y Bell, 2003). Los estudios caso-control usan sujetos que tienen un cierto fenotipo (llamados “casos”, que normalmente padecen una enfermedad, pero que también pueden presentar otras condiciones) y tratan de determinar si hay características de estos individuos que los diferencian de aquellos que no presentan el fenotipo (llamados “controles”). La epidemiología clásica ha servido para demostrar que el hábito de fumar es más frecuente en pacientes con cáncer de pulmón. Ahora bien, las cadenas causales son harina de otro costal. Sin más datos, o sin la investigación adecuada en el laboratorio, la conclusión de los estudios que acabamos de mencionar podría ser que el cáncer de pulmón produce un deseo irrefrenable de fumar.

En la epidemiología genética, los estudios caso-control, comparan las frecuencias de muchos marcadores genéticos entre casos y controles. Los marcadores pueden ser cualquier variante genética de las que hemos visto hasta ahora. Los casos serán, como antes, pacientes que presenten la enfermedad o el carácter bajo estudio. El grupo de controles estará formado por individuos de los que se sabe que no presentan la enfermedad o bien que han sido seleccionados al azar de entre la población general. Una diferencia estadísticamente significativa en la frecuencia de una variante genética entre los dos grupos indica una “asociación” de la presencia de determinado alelo con un riesgo incrementado de padecer la enfermedad o de presentar el carácter.

La tarea de seleccionar, de entre los millones disponibles, los marcadores genéticos que han de utilizarse es una tarea de gran complejidad que los avances tecnológicos de los últimos años han facilitado en gran medida. Hoy en día, no sólo podemos elegir de un catálogo de millones de marcadores genéticos pre-definidos, sino que las plataformas de genotipado de alto rendimiento basadas en “microarrays” de alta densidad han disminuido en órdenes de magnitud el coste de determinar de qué marcadores genéticos es portador cada individuo. Además, las tecnologías de ultrasecuenciación están cerca de ser capaces de leer, ya no un conjunto más o menos grande de marcadores, sino el genoma completo de un individuo a precios completamente irrisorios (ver “*The Sequence Explosion*” en el número del 1 de Abril de 2010 de la revista *Nature*).

En términos generales, hay dos tipos de aproximación a los estudios de asociación: estudios dirigidos o estudios de genoma completo. Los estudios dirigidos se centran en una lista de genes “candidatos” o de regiones genómicas de interés. Estas listas se compilan a partir de los conocimientos actuales sobre una enfermedad o un carácter concretos. Por ejemplo, si se estudian las bases genéticas de la depresión, tiene todo el sentido seleccionar marcadores genéticos localizados en los genes de la ruta de la serotonina. El número de marcadores en estos estudios varía desde apenas unos pocos (incluso se puede genotipar un solo marcador) hasta varios miles. En las dos últimas décadas se han publicado más de 80.000 de estos estudios cuyos resultados se sistematizan en bases de datos de acceso público ([geneticassociationdb.nih.gov/](http://geneticassociationdb.nih.gov/)).

El enfoque de los estudios de genoma completo es radicalmente distinto. Estos estudios examinan marcadores genéticos, incluso millones de ellos, distribuidos por todo el genoma humano. No parten de ninguna hipótesis previa sobre cuáles pueden ser las regiones del genoma o los genes con más o menos influencia sobre el carácter que estudian, sino que están diseñados para tratar de detectar cualquier posible asociación. La mayoría de estos estudios, el número actual de los cuales

ya supera los 1.700, son también accesibles en bases de datos públicas (ver [www.genome.gov/GWAStudies](http://www.genome.gov/GWAStudies)).

Dos décadas de estudios de asociación han producido tanto éxitos como frustraciones. La principal causa de fracasos han sido los muchos ejemplos de putativas asociaciones que, tras varios intentos fallidos de replicación, han sido reconocidos como falsos positivos (Ioannidis, 2001; Ioannidis et al. 2007). En cualquier caso, un número creciente de asociaciones han sido verificadas mediante diversos métodos en experimentos independientes (ver [www.genome.gov/GWAStudies](http://www.genome.gov/GWAStudies)). Hoy en día, los mecanismos de muchas enfermedades se conocen suficientemente bien como para que una panoplia cada vez más completa de medicamentos se esté desarrollando y poniendo al servicio de la salud pública (Visscher et al. 2012). Poner este tipo de herramientas tecnológicas al servicio de la investigación en biología evolutiva, especialmente en cuanto a la hominización, era sólo una cuestión de tiempo.

### **La correcta medida del hombre: ¿fenotipos económicos?**

El comportamiento humano puede medirse en un sinnúmero de maneras, así que escoger las adecuadas no es un asunto baladí. Si lo que queremos es estudiar genoeconomía, ¿qué fenotipos debemos medir? A través de la historia, los científicos sociales han usado varias medidas indirectas del comportamiento social. Fenotipos como la trayectoria profesional, los ingresos, el rendimiento académico, el nivel de deuda o la cantidad de capital acumulado nos proporcionan medidas “distales” de fenotipos económicos y han sido de uso general en muchos estudios (Camerer 2003; Camerer y Fehr 2003; Benjamin et al. 2012). Las medidas directas del comportamiento económico han sido menos utilizadas, pero cada vez se presta más atención a variables como la aversión al riesgo, la paciencia o el grado de confianza en los demás, que, por una parte, parecen haber sido muy fundamentales en la evolución de nuestra especie (Bowles y Gintis 2012) y, por otra, son simples y más biológicas. Esto último significa que no sólo son variables más sencillas que las medidas indirectas, sino que son fenotipos más “proximales” al proceso de toma de decisiones. Esa aparente proximidad a la biología sugiere que es razonable esperar que su arquitectura genética sea más simple que la de un fenotipo tan complejo como los ingresos anuales de una persona o sus calificaciones escolares. Independientemente de cuán “proximales o distales” sean determinados fenotipos, todas estas medidas tienen algo en común: se obtienen a través de cuestionarios de auto-evaluación que los sujetos experimentales contestan. Muchas de las respuestas de estos cuestionarios, que reflejan lo que el individuo

piensa de sí mismo o lo que desea que otros piensen de él, no pueden ser verificadas, con el consiguiente problema de credibilidad de los resultados de estos estudios.

Desde el campo de la economía experimental, ha surgido una aproximación radicalmente diferente a las medidas del comportamiento humano. La economía experimental es una rama de las ciencias económicas que tiene las mismas características que cualquier otra ciencia experimental: aspira a ganar conocimiento sobre el comportamiento de los humanos en condiciones controladas, con el objetivo o bien de evaluar teorías o asunciones sobre el funcionamiento de nuestras mentes, o bien de obtener datos que puedan usarse para desarrollar nuevas hipótesis (Camerer 2003). Los economistas experimentales usan un amplio abanico de tipos de estudio, diseñados para llevar a cabo tanto en el laboratorio como en campo. Estos experimentos (llamados “juegos”) tienen varias ventajas sobre los cuestionarios de autoevaluación o de evaluación por parte de terceros (Camerer 2003; Ebstein 2006), ya que son más realistas. Motivan a los sujetos ofreciéndoles recompensas monetarias, por lo que la tendencia a fingir disminuye, ya que las personas que participan en el experimento han de responder con hechos (ganando o perdiendo dinero) y no sólo con palabras.

Otra ventaja de los estudios de economía experimental es que permiten a los investigadores obtener medidas muy simples de las diferentes actitudes o estrategias que pueden adoptar los sujetos en el contexto de un juego. Por ejemplo, hay juegos diseñados para estudiar las preferencias sociales que miden la actitud que los sujetos experimentales tienen para con los intereses y el bienestar de los demás. Estos juegos, como el juego del ultimátum, el juego del dictador o el juego de los bienes públicos permiten medir el comportamiento de los sujetos en términos numéricos sencillos que se traducen en el grado de altruismo o de confianza en los demás de un individuo, o bien en sus preferencias por la equidad o la reciprocidad.

Un ejemplo canónico es el del juego del ultimátum. En la versión original de este juego dos jugadores interaccionan una única vez y de manera anónima. A un jugador se le asigna el rol de “proponente” y al otro el de “decididor”. El proponente debe hacer una oferta sobre cómo repartirse una suma de dinero con el decididor. El decididor puede, si quiere, aceptar la oferta o bien, si así lo desea, rechazarla. Si el decididor rechaza la oferta, ambos pierden el dinero, si, en cambio, la acepta, el dinero se reparte según la oferta del proponente. En este tipo de escenario, si los humanos fuéramos “maximizadores racionales de nuestro propio beneficio”, según han defendido algunos pensadores clásicos, el resultado debería ser claro. El proponente debería hacer una oferta de mínimos, dando poco dinero

al decididor, y el decididor debería aceptar cualquier oferta que no fuera de cero (por aquello de que más vale pájaro en mano que ciento volando). Sorprendentemente, este tipo de comportamiento egoísta y racional casi nunca se da. El juego del ultimátum se ha jugado miles de veces en todo el Planeta y se ha podido observar que, en su mayoría, las personas están dispuestas a sacrificar sus ganancias, rechazando ofertas que pueden considerarse “injustas” o “desequilibradas”. En este sentido, no es extraño que haya decididores que rechacen ofertas que no sean de, al menos, el 20 % o el 30 % del dinero. Este comportamiento se ha descrito como “castigo altruista”, porque castiga a individuos anónimos a cambio de un coste por la persona que impone el castigo, el beneficiario es la sociedad y el beneficio por castigar es sólo indirecto (Fig. 4). El umbral a partir del que se rechazan las ofertas puede interpretarse como una medida numérica simple de la tendencia a la equidad y a la cooperación o bien de la aversión a ofertas poco generosas.

Aunque las medidas obtenidas en estos experimentos sean muy interpretables y no hayan estado exentas de polémica, lo que no puede negarse es su simplicidad ni tampoco el hecho de que son medidas controladas, cuantitativas y repetibles, ya que los experimentos se pueden realizar en cualquier laboratorio de todo el Mundo. Y no sólo con nuestra especie. Si bien es apasionante que los humanos, en determinadas circunstancias, nos comportemos de modo altruista, el hallazgo más sorprendente de la economía experimental se refiere a los chimpancés. Cuando se hace jugar a nuestros primos evolu-



**Fig. 4.** Al contrario de lo que han defendido las teorías clásicas, el juego del ultimátum muestra que los humanos no nos comportamos como maximizadores racionales, sino que nuestras decisiones económicas están influidas por nuestro sentido de la justicia y la equidad.

tivos a una versión adaptada del juego del ultimátum, estos se comportan según la estrategia de maximización de beneficios (Jensen et al. 2007a, 2007b). Se diría que nuestros parientes evolutivos son más cercanos al *Homo economicus* propuesto por los pensadores del Siglo XIX.

### Estudios genoeconómicos con gemelos

Uno de los primeros estudios modernos de genoeconomía fue publicado en 2007 por Magnus Jóhannesson y sus colaboradores (Wallace et al. 2007), del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Este estudio constituye el primer intento de medir la heredabilidad de los resultados de un juego económico. En concreto, los autores usan un diseño experimental clásico con gemelos para medir la heredabilidad de la estrategia de los decididores en el juego del ultimátum. Sus resultados son sorprendentes: la heredabilidad del comportamiento de los decididores, medido como el umbral de rechazo de una oferta, es de un 42 %. Es decir, que las diferencias genéticas entre individuos ayudan a explicar el 42 % de la diversidad observada en el nivel de la oferta que están dispuestos a rechazar los decididores. De todos modos, antes de entusiasmarse y hacer afirmaciones contundentes, hay que tener en cuenta todas las dificultades que hemos mencionado hasta ahora, y quizá algunas más. En cualquier caso, los resultados son los que son y diversos grupos de investigación han publicado desde entonces nuevos estudios con grupos más grandes de gemelos y con diferentes baterías de juegos económicos. Es importante añadir que el mismo grupo ha publicado medidas de heredabilidad de otros juegos y los resultados son bastante más modestos (Cesarini et al. 2008; Benjamin et al. 2012).

Desde el punto de vista evolutivo, el interés del estudio de MIT va mucho más allá de la demostración de que la influencia de los factores genéticos en el juego del ultimátum es grande. En primer lugar, este estudio ayuda a contextualizar décadas de investigación en genética del comportamiento y neurociencia. Por ejemplo, los niveles en sangre de determinadas hormonas, como la testosterona o la oxitocina, han sido correlacionados con el comportamiento de los participantes en juegos económicos (Kosfeld et al. 2005; Aan het Rot et al. 2006). Así pues, tiene sentido plantear la hipótesis de que los individuos con diferentes niveles basales de ciertas hormonas (niveles que, ciertamente, están bajo la influencia de los genes) pueden tener tendencia a mostrar diferentes comportamientos en determinados experimentos. Además, este estudio es consistente con los estudios de heredabilidad mencionados más arriba, que detectaron considerables efectos genéticos en una larga lista de variables socio-económicas, como la religiosidad o las preferencias políticas (Bouchard 2004).

En segundo lugar, este estudio tiene importantes implicaciones evolutivas. Se sabe poco sobre la evolución de rasgos como el sentido de equidad o, de hecho, sobre cualquiera de los fenotipos que hemos visto hasta ahora. Algunos autores argumentan que el castigo altruista refleja una tendencia universal que fue adaptativa por nuestros ancestros para mantener la cooperación entre individuos no emparentados. Otros basan sus explicaciones en modelos de reciprocidad indirecta basados en la gestión de la reputación. Una medida de heredabilidad no puede solucionar este tipo de dudas, pero ciertamente sirve para demostrar algo fundamental para que sea posible la evolución por selección natural: que los fenotipos seleccionados sean heredables. En otras palabras, para que un carácter favorable aumente de frecuencia en la población por acción de la selección natural, es necesario que haya variantes genéticas que contribuyan al carácter. Si toda la variación de un fenotipo es ambiental, la selección darwinista no puede actuar. Es muy interesante notar que hay heredabilidad, es decir, un componente genético, en las estrategias de rechazo del juego del ultimátum. Inmediatamente vienen a la cabeza preguntas fascinantes. ¿Si aún hay diversidad genética, quiere esto decir que no hay una estrategia óptima? ¿O quiere decir que, según las circunstancias, hay varias estrategias que son favorecidas por la selección natural?

Finalmente, el trabajo de Jóhannesson y sus colaboradores apunta a la interesante posibilidad de que una de las razones que, a lo largo de la historia, han hecho tan difícil de entender y modelar formalmente la diversidad de comportamientos humanos es que estos comportamientos pueden tener un componente genético importante.

### Estudios de asociación en genoeconomía

En marzo de 2008, Richard Ebstein y sus colaboradores, de la Universidad de Haifa, publicaron los resultados del primero de muchos estudios diseñados para testar la asociación de una o más variantes genéticas con el comportamiento de los jugadores en experimentos económicos (Knafo et al. 2008). Para su estudio, el grupo de Ebstein se centró en el juego del dictador. Este juego es similar al juego del ultimátum, pero uno de los jugadores (el “dictador”) es el que decide cómo distribuir el dinero. El otro jugador (el “receptor”) se limita a un papel totalmente pasivo, en que sólo puede aceptar lo que le da su anónimo compañero. Dado que el receptor no tiene ningún poder y el dictador no está sometido a ningún tipo de influencia, la cantidad de dinero que el dictador concede al receptor suele interpretarse como una medida de altruismo en estado puro. Dados los precedentes, los lectores no se sorprenderán de saber que el comportamiento de los dictadores normalmente se desvía de la maximización racional (que incitaría a quedarse con

todo el dinero). Los dictadores habitualmente regalan una buena cantidad de dinero a los receptores. Aproximadamente un 80 % de los individuos comparten su dinero y, en el 20 % de los casos, se reparten mitad y mitad (Camerer, 2003).

En el estudio de Ebstein se examinó una sola variante genética: un polimorfismo del gen del Receptor de la Arginina Vasopresina, el AVPR1a. El gen AVPR1a presenta, entre otras variantes, un elemento genético que tiene dos formas (el alelo “largo” y el alelo “corto”). Estas dos variantes han sido previamente asociadas con comportamientos sociales, especialmente con el autismo (Yirmiya et al. 2006). Además, el gen AVPR1a ha sido relacionado con el comportamiento sexual de una especie de roedores de campo (Lim et al. 2004; Hammock et al. 2005; Hammock y Young 2005, 2006; Young y Hammock 2007). Ambas líneas de evidencia inspiraron el estudio de los investigadores de la Universidad de Haifa.

Sus resultados fueron claros: los individuos con versiones cortas del gen AVPR1a hacen ofertas significativamente menos generosas en el juego del dictador. Este hallazgo era coincidente con los niveles de altruismo que estos mismos individuos decían tener en un cuestionario de auto-evaluación. Como es habitual en los estudios de asociación, se investigaron los correlatos funcionales de la variante estudiada (es decir, las potenciales variantes causales que el marcador genético podía haber detectado). Un análisis post-mortem de tejido cerebral demostró que la variante larga del gen estaba ligada a una mayor expresión del gen AVPR1a en el hipocampo. Los problemas de los estudios de asociación que hemos visto en párrafos anteriores, hacen aconsejable tomarse con cuidado esta información. Podría ser perfectamente un falso positivo y debe ser confirmado por estudios independientes. De todos modos, estos estudios ya están en marcha y no tardaremos mucho en conocer los resultados.

Naturalmente, la variante que acabamos de mencionar no es la única que se ha asociado con comportamientos económicos y en los últimos años una auténtica avalancha de artículos, hechos con mayor o menor rigor, está poblando la literatura (Benjamin et al. 2012). Además, muchos grupos están llevando a cabo sus propios proyectos de investigación. Un ejemplo destacado es el del *Social Science Genetics Association Consortium* (ver [www.ssgac.org](http://www.ssgac.org)). Dentro de este estudio, se están midiendo varios fenotipos económicos distales en decenas de miles de individuos que ya han participado en otros estudios genéticos, de modo que se dispone ya de sus genotipos. Y esta no es la única aproximación al problema: otros investigadores estudian juegos económicos, y aún otros realizan estudios de genoma completo. Está claro que, en los años

venideros, podremos disfrutar de un cuerpo creciente de literatura que nos proporcionará datos valiosísimos sobre asociaciones de variantes genéticas con fenotipos económicos y que nos permitirán entender un poco mejor cómo estas características de nuestra especie pueden haber evolucionado.

### **Conclusión. El programa de investigación de la genoeconomía evolutiva**

El objetivo central de la genoeconomía consiste en averiguar cómo las diferencias genéticas individuales pueden influenciar, a través de su interacción con el ambiente, el comportamiento económico humano. A lo largo de este artículo hemos visto que ninguno de los términos de la frase que encabeza este párrafo está libre de problemas. Sin embargo, ser consciente de estas dificultades no equivale a ser pesimista. Al contrario, cada término puede ser una palabra-clave para un área de investigación extremadamente atractiva. ¿Cómo podemos medir las influencias genéticas? ¿Cómo estimar las interacciones con el ambiente? ¿Cómo definir los fenotipos adecuados? ¿Cómo traducir asociaciones genéticas en cadenas causales que nos proporcionen auténticas explicaciones? Si se tiene éxito, aunque sólo sea parcial, al resolver estas cuestiones, los investigadores que trabajen en el área estarán haciendo algo que raramente es posible: estarán estableciendo los cimientos de una nueva ciencia. Pero ¿qué tipo de progreso podemos esperar? ¿Y a qué retos y dificultades vamos a enfrentarnos?

Las contribuciones de la genoeconomía pueden ser muchas. Especialmente en cuanto al estudio de la evolución humana. El primer tipo de descubrimientos que podríamos esperar es la identificación de las causas, tanto genéticas como ambientales (¡o ambas a la vez!) de los comportamientos económicos. Identificar cadenas causales es crucial, ya que puede ayudar a entender similitudes y diferencias entre individuos o grupos. En segundo lugar, describir la arquitectura genética de los fenotipos económicos puede ayudar a construir mejores modelos y teorías sobre cómo el comportamiento humano configura nuestra sociedad. En tercer lugar, el descubrimiento de los factores genéticos bajo fenotipos socioeconómicos nos proporcionará información fundamental para entender la historia evolutiva de este tipo de fenotipos de tanta importancia en el proceso de hominización. El último punto será especialmente fructífero si las variantes genéticas humanas pueden compararse con las de otras especies de primates, cuyos genomas completos están ya disponibles, como los chimpancés, los orangutanes o los neandertales. Podremos hacernos preguntas como ¿Qué genes han cambiado? ¿Podemos inferir cuando se produjo ese cambio? ¿Se observa la huella molecular de la fijación de nuevas variantes genéticas por selección natural?

A pesar de todos los potenciales problemas, la geneoconomía, especialmente en su vertiente evolutiva, está llamada a proporcionarnos respuestas a algunas de las preguntas que Darwin se hizo hace más de 150 años. Será un campo multidisciplinar muy emocionante, y, ciertamente, responderá preguntas que nos acercarán a la historia evolutiva de nuestra especie, pero sobre todo, será, como debe ser cualquier área productiva de la Ciencia, una fuente de nuevas preguntas que ahora mismo no podemos concebir.

## REFERENCIAS

- Abecasis, G.R., Auton, A., Brooks, L.D., DePristo, M.A., Durbin, R.M., Handsaker, R.E., Kang, H.M., Marth, G.T. y McVean, G.A. 2012. An integrated map of genetic variation from 1,092 human genomes. *Nature* 491: 56-65.
- Aan het Rot, M., Moskowitz, D.S., Pinard, G. y Young, S.N. 2006. Social behaviour and mood in everyday life: the effects of tryptophan in quarrelsome individuals. *J. Psych. Neurosci.* 31: 253-262.
- Benjamin, D.J., et al. 2012. The promises and pitfalls of geneoconomics. *Annu. Rev. Econ.* 4: 627-662.
- Boomsma, D., Busjahn, A. y Peltonen, L. 2002. Classical twin studies and beyond. *Nat. Rev. Genet.* 3: 872-882.
- Bouchard, T.J. 2004. Genetic influence on human psychological traits. *Curr. Dir. Psych. Sci.* 13: 148-151.
- Bouchard, T.J.Jr. y McGue, M. 2003. Genetic and environmental influences on human psychological differences. *J. Neurobiol.* 54: 4-45.
- Bowles, S. y Gintis, H. 2011. *A cooperative species: human reciprocity and its evolution*. Princeton University Press, Princeton.
- Camerer, C.F. 2003. *Behavioral game theory: experiments in strategic interaction*. Princeton University Press, Princeton.
- Camerer, C.F. y Fehr, E. 2003. *Measuring social norms and preferences using experimental games: a guide for social scientists*. Institute for Empirical Research in Economics, Zurich.
- Camerer, C.F. y Fehr, E. 2006. When does 'economic man' dominate social behavior? *Science* 311: 47-52.
- Cardon, L.R. y Bell, J.I. 2001. Association study designs for complex diseases. *Nat. Rev. Genet.* 2: 91-99.
- Darwin, C. 1959. *On the origin of species by means of natural selection*. John Murray, Londres.
- Durbin, R.M., Abecasis, G.R., Altshuler, D.L., Auton, A., Brooks, L.D., Gibbs, R.A., Hurles, M.E. y McVean, G.A. 2010. A map of human genome variation from population-scale sequencing. *Nature* 467: 1061-1073.
- Ebstein, R.P. 2006. The molecular genetic architecture of human personality: beyond self-report questionnaires. *Mol. Psych* 11: 427-45.
- Eichler, E.E. 2006. Widening the spectrum of human genetic variation. *Nat. Genet.* 38: 9-11.
- Fehr, E. y Camerer, C.F. 2007. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. *Trends. Cogn. Sci.* 11: 419-427.
- Green et al. 2010. A draft sequence of the neanderthal genome. *Science* 328: 710-722.
- Hammock, E.A. y Young, L.J. 2005a. Microsatellite instability generates diversity in brain and sociobehavioral traits. *Science* 308: 1630-1634.
- Hammock, E.A. y Young, L.J. 2005b. Oxytocin, vasopressin and pair bonding: implications for autism. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 361: 2187-2198.
- Hammock, E.A., Lim, M.M., Nair, H.P. y Young L.J. 2005. Association of vasopressin 1a receptor levels with a regulatory microsatellite and behavior. *Genes Brain Behav.* 4: 289-301.
- Ioannidis, J.P. 2007. Non-replication and inconsistency in the genome-wide association setting. *Hum. Hered.* 64: 203-213.
- Ioannidis, J.P., Ntzani, E.E., Trikalinos, T.A. y Contopoulos-Ioannidis, D.G. 2001. Replication validity of genetic association studies. *Nat. Genet.* 29: 306-309.
- Jensen, K., Call, J. y Tomasello, M. 2007a. Chimpanzees are rational maximizers in an ultimatum game. *Science* 318: 107-109.
- Jensen, K., Call, J. y Tomasello, M. 2007b. Chimpanzees are vengeful but not spiteful. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104: 13046-13050.
- Jobling, M.A., Hurles, M.E. y Tyler-Smith, C. 2004. *Human evolutionary genetics. Origins, peoples and disease*. Garland Science, Nueva York.
- Knafo, A., Israel, S., Darvasi, A., Bachner-Melman, R., Uzefovsky, F., Cohen, L., Feldman, E., Lerer, E., Laiba, E., Raz, Y., Nemanov, L., Gritsenko, I., Dina, C., Agam, G., Dean, B., Bornstein, G. y Ebstein, R.P. 2008. Individual differences in allocation of funds in the dictator game associated with length of the arginine vasopressin 1a receptor RS3 promoter region and correlation between RS3 length and hippocampal mRNA. *Genes Brain Behav.* 7: 266-275.
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P.J., Fischbacher, U. y Fehr, E. 2005. Oxytocin increases trust in humans. *Nature* 435: 673-676.
- Lim, M.M., Wang, Z.X., Olazabal, D.E., Ren, X., Terwilliger, E.F., y Young, L.J. 2004. Enhanced partner preference in a promiscuous species by manipulating the expression of a single gene. *Nature*, 429: 754-757.
- Manolio, T.A. et al. 2009. Finding the missing heritability of complex diseases. *Nature* 461: 747-753.

- Martin, N., Boomsma, D. y Machin, G. 1997. A twin-pronged attack on complex traits. *Nat. Genet.* 17: 387-392.
- Mikkelsen, T. et al. 2005. Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome. *Nature* 437: 69-87.
- Pennisi, E. 2007. Breakthrough of the year. Human genetic variation. *Science* 318: 1842-1843.
- Perry, G.H., Tchinda, J., McGrath, S.D., Zhang, J., Picker, S.R., Cáceres, A.M., Iafrate, A.J., Tyler-Smith, C., Scherer, S.W., Eichler, E.E., Stone, A.C. y Lee C. 2006. Hotspots for copy number variation in chimpanzees and humans. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103: 8006-8011.
- Reimers-Kipping S., Hevers W, Pääbo, S. y Enard, W. 2011. Humanized Foxp2 specifically affects cortico-basal ganglia circuits. *Neuroscience* 175: 75-84.
- Scherer, S.W., Lee, C., Birney, E., Altshuler, D.M., Eichler, E.E., Carter, N.P., Hurles, M.E. y Feuk, L. 2007. Challenges and standards in integrating surveys of structural variation. *Nat. Genet.* 39: S7-15.
- Sudmant, P.H., Kitzman, J.O., Antonacci, F., Alkan, C., Malig, M., Tsalenko, A., Sampas, N., Bruhn, L., Shendure, J., Eichler, E.E. 2010. Diversity of human copy number variation and multicopy genes. *Science* 330: 641-646.
- Visscher, P.M., Brown, M.A., McCarthy, M.I., Yang, J. 2012. Five years of GWAS discovery. *Am. J. Hum. Genet.* 90: 7-24.
- Wallace, B., Cesarini, D., Lichtenstein, P. y Johannesson, M. 2007. Heritability of ultimatum game responder behavior. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104: 15631-15634.
- Welcome Trust Case-Control Consortium. 2007. Genome-wide association study of 14,000 cases of seven common diseases and 3,000 shared controls. *Nature* 447: 661-678.
- Yang, J., Benyamin, B., McEvoy, B.P., Scott Gordon, S., Henders, A.K., Nyholt, D.R., Madden, P.A., Heath, A.C., Martin, N.G., Montgomery, G.W., Goddard, M.E. y Visscher, P.M. 2010. Common SNPs explain a large proportion of the heritability for human height. *Nat. Genet.* 42: 565-569.
- Yirmiya, N., Rosenberg, C., Levi, S., Salomon, S., Shulman, C., Nemanov, L., Dina, C., Ebstein, R.P. 2006. Association between the arginine vasopressin 1a receptor (AVPR1a) gene and autism in a family-based study: mediation by socialization skills. *Mol. Psych.* 11: 488-494.
- Young, L.J. y Hammock, E.A. 2007. On switches and knobs, microsatellites and monogamy. *Trends. Genet.* 23: 209-212.

### Información del Autor

A. Navarro es Catedrático de Genética en la Universidad Pompeu Fabra. Actualmente dirige un grupo de investigación en Genómica Evolutiva dedicado al estudio de la diversidad genética y su relación con cuestiones como la biodiversidad, las emociones humanas, o la propensión de algunas personas a padecer determinadas enfermedades. Además, es director del *Population Genomics Node of the Spanish National Institute for Bioinformatics* (INB) y vicedirector del Instituto de Biología Evolutiva (UPF-CSIC).



## Evolución y ética: las bases biológicas de la moral

Laureano Castro Nogueira

Centro Asociado de Madrid, UNED. Francos Rodríguez 77, 28039 Madrid.

E-mail: lcastro@madrid.uned.es

### RESUMEN

En esta ponencia defiendo que el origen y la evolución de la capacidad moral en nuestra especie es consecuencia de una naturaleza humana esencialmente valorativa, la naturaleza de *Homo suadens*. La propuesta considera la capacidad moral humana como un subproducto de la capacidad de categorizar conceptualmente la conducta aprendida como favorable o desfavorable, como buena o mala, y de transmitir culturalmente dicha categorización. La ventaja adaptativa de la capacidad de valorar proviene de su impacto sobre la evolución de la transmisión cultural y la cooperación en nuestra especie. Los antepasados homínidos dotados de la capacidad de aprobar y reprobar la conducta ajena desarrollaron un sistema de transmisión cultural *assessor* entre padres e hijos, que transformó el aprendizaje social en un sistema de herencia acumulativo. Después, esta interacción valorativa se extendió entre los integrantes de los pequeños grupos de individuos que trataban de colaborar entre sí para beneficio mutuo y surgieron normas sobre cómo deben coordinarse los individuos para que la interacción sea eficiente. *eVOLUCIÓN 7(esp): 55-61 (2012)*.

**Palabras clave:** *Homo suadens*, transmisión cultural *assessor*, evolución cultural, capacidad ética.

### ABSTRACT

In this paper I argue that the origin and evolution of moral capacity in our species is the result of an essentially evaluative human nature, the nature of *Homo suadens*. The proposal considers that the human moral capacity is a byproduct of the ability to categorize conceptually learned behavior as favorable or unfavorable, good or bad, and of transmitting that categorization culturally. The adaptive advantage of the ability to assess comes from its impact on the evolution of cultural transmission and of cooperation in our species. The hominid ancestors endowed with the ability to approve or disapprove of the conduct of others developed a system of assessor cultural transmission between parents and children, who transformed social learning into a cumulative inheritance system. Later, this evaluative interaction spread among members of small groups of individuals who were trying to work together for mutual benefit and produced rules on how individuals should be coordinated to make interactions more efficient. *eVOLUCIÓN 7(esp): 55-61 (2012)*.

**Key words:** *Homo suadens*, assessor cultural transmission, cultural evolution, ethical capacity.

### Una perspectiva evolucionista de la moral

Cuando hablamos de moralidad nos referimos a esa amalgama de emociones y sentimientos de empatía, cariño, altruismo psicológico, que los humanos podemos desarrollar hacia nuestros parientes y demás congéneres con los que convivimos. Estos sentimientos, aunque coexisten con otros de naturaleza egoísta, están en la raíz de cualquier comportamiento moral. Pero, junto a esa matriz psicológica bipolar, los seres humanos poseemos valores morales adquiridos culturalmente; es decir, aceptamos normas que permiten categorizar la conducta propia y ajena como buena o mala, justa o injusta. Somos también, como han destacado Hume, A. Smith y Darwin, muy sensibles al elogio y a la reprobación de

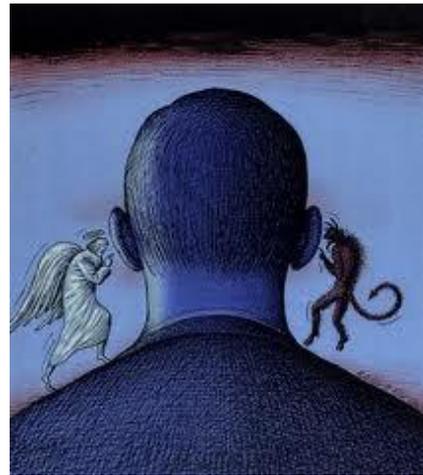
nuestra conducta. Además, poseemos como fuente de motivación el sentido del deber que nos induce a realizar una acción por el simple hecho de admitirla como buena, aunque, en ocasiones, esto pueda entrar en conflicto con intereses primarios. ¿Es posible elaborar una explicación evolucionista que dé cuenta de esta capacidad moral humana? Los intentos han sido numerosos desde la aparición del darwinismo (por ejemplo, Darwin 1871; Huxley 1953; Wilson 1975; Alexander 1987; Hauser 2006; De Waal 2007a).

Darwin equiparó nuestra moralidad al sentimiento que nos induce a comportarnos de manera altruista y que nos causa una sensación de desagrado cuando actuamos en contra de lo que consideramos correcto. Concebía nuestra disposición moral como una adaptación, un instinto

social que asegura el bienestar de los hijos, favorece la cooperación entre parientes y transforma un grupo animal en una comunidad. Para Darwin, el sentido moral surge, en primer término, de la naturaleza persistente y constante de los instintos sociales, muy en concreto de la simpatía que se siente hacia los miembros de la propia tribu o comunidad; en segundo, del aprecio en que tiene el hombre la aprobación y desaprobación de sus compañeros; y en tercero, de la extraordinaria actividad de sus facultades mentales, que le orientan en la búsqueda de la felicidad, parte esencial de la cual es el bien común. En su opinión, la evolución de la sensibilidad moral ha estado dirigida por procesos de selección de grupo que favorecen el desarrollo de disposiciones para actuar en pro del bien común.

T. H. Huxley (1894), contemporáneo y célebre defensor de Darwin, no compartía esta visión de su amigo sobre el origen de la moralidad, sino que consideraba que la naturaleza humana no es en verdad moral, sino amoral y egoísta. La moral actuaría como un revestimiento cultural, una fina capa que oculta, controla y mitiga los rasgos negativos de nuestra naturaleza, al igual que hace un jardinero con las malas hierbas que tratan de florecer en su jardín. Huxley no se ocupó de explicar cómo la humanidad ha obtenido la voluntad y la fuerza para derrotar los impulsos de su propia naturaleza y, hasta cierto punto, dejó fuera de la teoría evolutiva la explicación de la moralidad. Para ser justos con Huxley, debemos subrayar que consideraba, al igual que hacía H. Spencer, que la selección natural favorecía en los individuos el predominio de las tendencias egoístas que propiciasen su éxito en la lucha por la existencia. Pero Huxley, al contrario que Spencer y su darwinismo social, consideraba inmoral dejar florecer esa competencia despiadada y defendía la moralidad como un contrapunto cultural del egoísmo (Fig. 1).

La síntesis neodarwinista, que sentó las bases de la moderna teoría de la evolución a mediados del siglo XX, asumió que la capacidad moral representa uno más, aunque ciertamente singular, de los atributos del cerebro humano y, por tanto, se puede considerar como un producto de la evolución biológica. Las controversias empiezan a partir de este punto: primero, al intentar definir el posible significado adaptativo de las facultades éticas y, segundo, al analizar la posible influencia de la genética sobre la naturaleza y la evolución de los códigos morales. La posición mayoritaria, al menos hasta hace unos años, sostiene que la capacidad moral surgió como consecuencia inevitable de la eminencia intelectual humana y carece de valor adaptativo *per se*. Para el conocido biólogo evolutivo F. J. Ayala (1987) (Fig. 2), el comportamiento ético emerge de la presencia en el hombre de tres facultades que son necesarias y, en conjunto, suficientes para que



**Fig. 1.** La moral fue vista por Thomas H. Huxley como un contrapunto cultural a las tendencias egoístas propias de la naturaleza humana.

dicho comportamiento se produzca: 1) la de anticipar las consecuencias de las acciones, 2) la de hacer juicios de valor y 3) la de elegir entre líneas de acción alternativas. La capacidad moral es una consecuencia de la aparición de esas facultades intelectuales, las cuáles si han sido promovidas por la acción directa de la selección natural. Por su parte, los códigos morales son fruto de la evolución cultural antes que de la biológica.

Frente a esta posición, a mediados de la década de los 70, surgió la perspectiva sociobiológica de la moral, que defiende un origen adaptativo para nuestra capacidad ética como medio de fomentar la cooperación y el altruismo entre los individuos de un grupo. Para la sociobiología y, sobre todo, para su fundador, el entomólogo de Harvard E. O. Wilson, la moral forma parte del mecanismo evolutivo que ha permitido que la conducta cooperativa altruista se exprese en nuestra especie. De alguna manera, nuestro sentido moral crea una ilusión, compartida socialmente, que obliga a nuestra mente a aceptar que las acciones altruistas son buenas y esto nos induce a cooperar. Esta interpretación lleva implícita la idea de un determinismo biológico no sólo de la capacidad ética, sino también de las acciones que son consideradas buenas; es decir, de las acciones altruistas que facilitan el que la cooperación se produzca. Los modelos teóricos sociobiológicos se apoyan en las teorías sobre la evolución de la conducta que desarrollaron en los años 60 los prestigiosos biólogos evolutivos Hamilton, Williams y Maynard Smith y que, unos años más tarde, popularizó Dawkins (1976) en su influyente libro *El gen egoísta*, donde expone una visión de los organismos como instrumentos en manos de sus genes egoístas que los manipulan y controlan en su intento por dejar el mayor número de copias de sí mismos. Muchos socio-



**Fig. 2.** El biólogo y filósofo neodarwinista español Francisco J. Ayala, en una de sus conferencias.

biólogos, debido a esta percepción de los seres vivos como títeres de sus genes, han enfatizado los elementos egoístas de nuestra naturaleza y relegado a un segundo plano las tendencias de afecto y empatía que los humanos pueden sentir hacia sus semejantes, algo que los aproxima a T. H. Huxley y les aleja de la idea original darwinista que consideraba el altruismo un rasgo seleccionado para promover el bien de la comunidad.

El eminente primatólogo F. de Waal (Fig. 3) se ha rebelado contra esta visión de un mundo humano tan competitivo y egoísta. De Waal (2007b) considera que la visión de Hobbes, reflejada en su conocido aforismo *homo homini lupus*, es errónea por lo que se refiere a los humanos y, por otra parte, injusta con respecto a los lobos, que constituyen una especie en verdad cooperativa y gregaria. Denomina “teoría de la capa” a esa concepción de que la moralidad humana representa poco más que una fina capa, una corteza, bajo la cual bullen pasiones antisociales, amorales y egoístas, tesis que tan bien recogió el biólogo y filósofo M. T. Gishelin cuando escribió que si *rasgas la piel de un altruista, verás sangrar a un hipócrita*. Defiende De Waal, como antes hizo Darwin, que los fundamentos de nuestro comportamiento moral son antiguos desde el punto de vista evolutivo y rastreables en el comportamiento de los primates no humanos, muy en particular, en el de las dos especies más próximas a la nuestra: el chimpancé común (*Pan troglodytes*) y el bonobo o chimpancé pigmeo (*Pan paniscus*). De Waal ha investigado la conducta de ambas especies, las más próximas filogenéticamente a la nuestra, mostrando las notables diferencias entre ambas en ámbitos tan emblemáticos como el poder, el sexo, la violencia o la amabilidad. Mientras el comportamiento de los chimpancés parece avalar, con su tendencia hacia actitudes maquiavélicas y agresivas, la hipótesis de una naturaleza humana egoísta, mucho más cercana a las ideas de Hobbes que a las de Rousseau, el de los bonobos representa justo lo contrario y da cuenta de una

criatura extraordinariamente sensible y tierna, muy alejada de la fuerza demoníaca de los chimpancés.

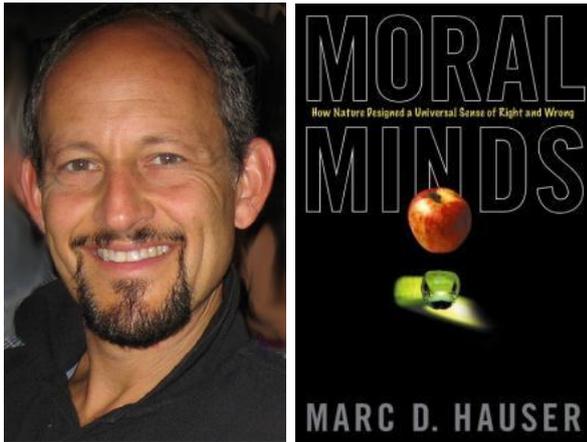
El psicólogo y primatólogo M. Hauser (Fig. 4) comparte en buena medida las tesis de De Waal y defiende que los seres humanos poseen una facultad moral innata, compartida, en cierta medida, por otros primates, que orienta la formación de nuestros juicios morales a partir de patrones no conscientes. En su obra *Moral Minds* (2006), Hauser defiende que las propiedades de los juicios morales se explican porque la mente posee una gramática moral: un conjunto de reglas complejas, de dominio específico, que genera y relaciona representaciones mentales. Parte de esta gramática es innata, en el sentido de que está inscrita en la estructura de la mente, y se desencadena con experiencias adecuadas. Poseemos, según Hauser, una especie de órgano moral, análogo al que Chomsky propuso para explicar



**Fig. 3.** Frans B. M. de Waal es mundialmente conocido por sus trabajos sobre comportamiento e inteligencia social desarrollados en primates.

la facilidad con la que se aprende el lenguaje, que nos permite adquirir cualquier sistema moral en el que nos desarrollemos. Esta perspectiva biológica de la moralidad enfatiza que la evolución nos ha dotado de una gramática moral universal para decidir qué acciones están permitidas, prohibidas o son obligatorias. Pero estos principios no establecen un repertorio de conductas específico, sino que permiten plasticidad. Esto es, no determinan, por ejemplo, el comportamiento particular que adoptarán los individuos de una cultura concreta respecto a la sexualidad, el altruismo o la violencia. Hauser defiende la continuidad evolutiva de esa facultad moral desde los primates no humanos a los humanos y considera que la única parte del comportamiento moral exclusivo de nuestra especie es aquella que nos capacita para construir juicios con los que categorizamos las acciones como permisibles, obligatorias o prohibidas.

Se apoya para defender sus tesis en los datos recogidos en un portal de Internet denominado



**Fig. 4.** Resulta un tanto paradójico que, dedicándose a investigar sobre moral, el psicólogo y primatólogo americano Robert M. Hauser se halla visto obligado a dimitir de su cargo de profesor en la Universidad de Harvard después de que un comité de dicha universidad le encontrase culpable en 2010 de mala práctica científica en 8 de sus 200 publicaciones. Con respecto al libro citado, *Moral Minds*, hay pendiente una acusación de plagio sobre el origen de alguna de sus ideas que, sin embargo, no parece afectar al valor de los datos incluidos en el mismo.

*Moral Sense Test* (<http://moral.wjh.harvard.edu>) que diseñó junto con su equipo de investigación, en el que más de cien mil personas de edades comprendidas entre los diecisiete y los setenta años, y pertenecientes a unos ciento veinte países diferentes, han respondido a una serie de «dilemas morales» que tratan de explorar en qué medida está permitido perjudicar o beneficiar al prójimo. Estos dilemas son deliberadamente muy artificiales y pretenden que los sujetos expresen lo que harían ante un problema sobre el que no tienen una opinión establecida en un intento de captar la intuición o los principios subyacentes que rigen la elaboración de sus juicios morales. Quizás el más famoso de ellos es el denominado “problema del tranvía”, que se puede resumir como sigue: Denise viaja en un tranvía que está fuera de control y se encamina hacia cinco personas situadas en la vía, a las que arrollará sin remedio, pues no pueden apartarse de los raíles. De repente, Denise observa una vía lateral a la que puede desviar el tren. Sin embargo, si lo hace, matará a una persona que está situada en esa vía. El dilema surge ineludible: ¿es moralmente correcto que Denise desvíe el tren? El dilema puede complicarse de forma sucesiva. En un segundo escenario, el tranvía, sin pasajeros y fuera de control, se dirige hacia las cinco personas situadas en la vía, pero ahora debe pasar bajo un puente en el que se encuentra Frank, quien tiene como única posibilidad para detener el tren la de arrojar a la vía a un hombre grueso que está también en el puente. ¿Le está moralmente permitido a Frank empujar al hombre sobre la vía?

En el tercer escenario, Ned está paseando cuando observa el tranvía que se dirige sin remisión hacia las cinco personas situadas en la vía. Ned está situado cerca de un cambio de agujas, de forma que puede desviar el tren hacia un bucle lateral en el que está situada una persona que morirá con el impacto, pero lo bastante gruesa para permitir que el tranvía rebaje su velocidad y que las otras cinco personas puedan escapar cuando el tren regrese a la vía principal. ¿Está moralmente permitido que Ned desvíe el tren en esta situación?

Los porcentajes de personas que consideraron moralmente permitido las acciones de Denise, Frank y Ned fueron 85%, 12%, 56%, respectivamente, sin que existieran diferencias significativas en función de la edad, sexo, nacionalidad, raza, religión o nivel educativo de los participantes. De acuerdo con Hauser, estos resultados indican que los humanos, en nuestros juicios morales, utilizamos el *principio del doble efecto* que sirve para determinar la licitud o ilicitud de una acción que puede producir dos efectos, uno bueno y otro malo: está permitido hacer daño a un individuo si con ello se beneficia a un número mayor, pero siempre que este daño no sea infligido de forma directa, sino que resulte ser un efecto colateral. Hauser cree que los resultados anteriores cuestionan la idea de que los juicios morales son el producto de razonamientos conscientes, puesto que si éste fuera el caso, se esperaría encontrar diferencias en función del nivel educativo o de la religión profesada. También considera notable la dificultad que manifiestan las personas participantes para justificar sus respuestas. Para Hauser, el contenido innato de la capacidad moral lo configura un conjunto de principios universales que generan una intuición racional acerca de qué acciones son correctas o erróneas. Nacemos con reglas o principios abstractos y la educación va configurando los parámetros concretos que nos guían hacia la adquisición de un sistema moral particular.

### El origen de la moral: la hipótesis del *Homo suadens*

La posición que defiende se construye en torno al reconocimiento de que estamos provistos de una naturaleza humana valorativa, que ha propiciado la transmisión cultural *assessor* (Castro 1992; Castro y Toro 1995, 1998, 2002, 2004; Castro et al. 2004; Castro et al. 2008). El salto de la cultura primate a la humana requirió, según esta propuesta, un incremento de la destreza imitativa, entendiendo ésta como la habilidad de reproducir con fidelidad una conducta de la que se conoce su propósito, y la posibilidad de disponer de una teoría de la mente con la que analizar las intenciones de los otros (Boyd y Richerson 1996; Tomasello 1999); pero, además, fue necesario que uno de nuestros antepasados homínidos desarrollase la capacidad de orientar la conducta

de sus hijos mediante la aprobación o desaprobación de la misma, surgiendo así lo que hemos denominado el *Homo suadens*, del latín *suadeo*, aconsejar, valorar (Castro et al. 2008; Castro et al. 2010).

Según nuestra hipótesis, la aprobación o desaprobación de la conducta funciona como un criterio de evaluación extra, que facilita el que los jóvenes puedan aprovechar la experiencia de los padres. La aprobación, cuando el aprendiz imita bien, y la reprobación, cuando lo hace mal, incrementan la fiabilidad del proceso de aprendizaje social, algo esencial para conseguir un sistema de herencia cultural acumulativo. Por otra parte, la desaprobación permite que los hijos adquieran una valoración negativa sobre una conducta sin necesidad de que sufran las consecuencias negativas que se derivan del aprendizaje por ensayo y error de la misma. La orientación sobre lo que no se puede hacer, sobre lo prohibido, permite también controlar los posibles efectos negativos que surgen cuando los jóvenes reproducen conductas consideradas inapropiadas o peligrosas para su edad.

Estamos, pues, ante un nuevo sistema de transmisión cultural que se produce entre individuos capaces de generar, de transmitir y de aceptar valores. Nuestra propuesta sugiere que los humanos han desarrollado mecanismos psicológicos que nos han hecho receptivos primero a los consejos parentales y, después, a la opinión de los miembros de nuestro grupo social de referencia. Cada individuo posee un grupo social de referencia, formado por aquellas personas con las que interacciona de manera preferencial y ante cuya opinión se muestra especialmente sensible: familiares, amigos y colegas. Denominamos creencias al conjunto de categorizaciones sobre el valor positivo o negativo de determinadas acciones, objetos y organismos, que adquieren los individuos a lo largo su vida y son susceptibles de ser transmitidas culturalmente. Asumimos que ha evolucionado una tendencia a aceptar las recomendaciones de aquellas personas con las que más estrechamente se relaciona cada individuo, favoreciendo la coordinación a la hora de actuar y, como consecuencia, la cooperación para beneficio mutuo entre los individuos.

Cosmides y Tooby (1992, 2005) definen una *lógica* del intercambio social que ha surgido en respuesta a los problemas que suscitaban las interacciones cooperativas entre los individuos. Tres son sus características más significativas: primera, la tendencia a cooperar de manera condicional, esto es, sólo cuando el resultado ha sido satisfactorio; segunda, la propuesta de que existe un módulo cognitivo que nos permite razonar de manera especializada para detectar qué individuos engañan e intentan obtener ventaja en los intercambios sociales; y, tercera, la presencia de un fuerte sentimiento de rechazo hacia los tramposos, que nos impele a romper la

cooperación cuando se produce entre parejas y a favorecer el castigo de los tramposos cuando la cooperación es en grupo. El éxito asociado a una cooperación eficaz y las consecuencias negativas que se derivan de la censura social, del ostracismo o directamente del castigo, explicarían la evolución de una predisposición psicobiológica que busca la aceptación y el reconocimiento de aquellos con los que se interacciona de modo más intenso (Cialdini y Goldstein 2004; Castro et al. 2010). Por ello, resulta consecuente el desarrollo de normas de conducta que regulen el comportamiento de los individuos mientras interaccionan.

El ser humano, para desarrollarse como tal, necesita habitar en espacios culturales en los que las costumbres, creencias y valores son transmitidos en buena medida a través de la aprobación y reprobación social. La transferencia de información valorativa funciona porque el individuo interioriza la emoción de placer o desagrado producida socialmente como si fuese una propiedad más de la conducta y la utiliza para su categorización como favorable o desfavorable. La lógica subyacente a este proceso se puede esquematizar como sigue: si una conducta es aprobada, entonces es buena, mientras que, si es reprobada, entonces es mala. De este modo, los individuos *Homo suadens* sienten placer cuando ajustan su conducta a lo que considera correcto su entorno social y, por el contrario, tienen sentimientos de culpa y malestar cuando no es así, con independencia de cuál sea el contenido concreto de ese deber. Este es un punto clave de la moralidad: la capacidad de percibir el comportamiento de los individuos de manera valorativa, en términos de apropiado o inapropiado, de bueno o malo, en función de las emociones que dicho comportamiento nos produce. La moralidad emerge como resultado de esa capacidad humana para categorizar la conducta y, de manera concreta, la conducta social que rige las interacciones entre los individuos de un grupo.

En realidad, la capacidad moral nace como consecuencia de la interpretación racional de las asimetrías valorativas que percibe nuestra mente, de su categorización conceptual en clave de positiva o negativa, de buena o mala. La razón humana se ha desarrollado filogenéticamente y se desarrolla, desde un punto de vista ontogénico, sobre la base de una estructura valorativa que genera emociones de agrado y desagrado cuando actuamos. Esta estructura se configura a su vez a partir de una arquitectura modular, provista de mecanismos psicobiológicos de propósito específico que moldean nuestra conducta, lo que, en conjunto, nos faculta y nos obliga a percibir la conducta propia y ajena de manera asimétrica, bien como favorable o bien como desfavorable (Edelman 1992; Edelman y Tonioni 2000). Esto significa que la razón humana cree de verdad en la existencia de asimetrías valorativas y es capaz

de interpretar nuestra propia conducta a partir de esa base axiomática. Nos referimos a que lo bueno y lo malo son conceptos que se derivan de la interpretación que nuestra razón hace de la percepción asimétrica (positiva/negativa) de la conducta, dicho esto en un sentido similar al que emplea el neurobiólogo Gazzaniga (2006) cuando afirma que el hemisferio cerebral dominante, normalmente el izquierdo, está comprometido en la tarea de explicar nuestros comportamientos externos y nuestras respuestas emocionales subyacentes. El hemisferio cerebral izquierdo, al que denomina *el intérprete*, construye teorías sobre los motivos que nos llevan a tomar decisiones, ya que el sistema cerebral necesita mantener un sentimiento de consistencia a la hora de interpretar la propia conducta. Podemos modificar a lo largo de nuestra vida la escala de valores desde la que razonamos, pero no podemos prescindir de razonar desde valores.

Esta creencia firme en la existencia de conductas buenas y malas constituye la raíz biológica de la moralidad y su éxito evolutivo proviene de su impacto sobre el aprendizaje social y la cooperación en nuestra especie. En esto nuestra propuesta difiere de la tesis neodarwinista tradicional. Mientras el profesor Ayala no encuentra argumentos a favor de la idea de que la eficacia biológica de un individuo pueda verse incrementada por el mero hecho de ser capaz de categorizar las conductas en términos de valor, de bueno y malo sino, en todo caso, de las consecuencias que se derivan de adoptar una u otra conducta, en nuestro modelo tales argumentos sí existen. La capacidad de valorar ha transformado el aprendizaje social humano en un sistema de transmisión cultural acumulativo de gran valor adaptativo, y ha favorecido la cooperación para beneficio mutuo entre los seres humanos, facilitando la coordinación de las acciones y el rechazo de los comportamientos antisociales. Los individuos *Homo suadens* pueden reprobar a aquellos individuos que interaccionen de manera egoísta, facilitando su identificación, su aislamiento social y, en ocasiones, su castigo. Sin esta capacidad de reprobación es difícil concebir la evolución de niveles altos de interacción social cooperativa entre individuos no emparentados, como sucede en las sociedades humanas.

Nuestra tesis tiene importantes analogías con las ideas de Waddington sobre el significado adaptativo de la moralidad. Para Waddington (1960) la *función* de nuestra capacidad para hacer juicios éticos radica en hacer posible el aprendizaje social y facilitar la transmisión cultural. Los niños, arguye este autor, necesitan tener la capacidad para ser enseñados y, por ello, desarrollan en su mente sistemas de autoridad. Diríamos nosotros que poseen la capacidad de categorizar como buena o mala cualquier conducta a partir de la aprobación o reprobación social de la misma. De alguna manera esto encaja

con la secuencia en el proceso de maduración del juicio moral propuesta por Kohlberg (1981), confirmada en sus rasgos básicos por otros muchos estudios. Nos referimos a lo que denomina primer nivel de la moralidad, predominante en niños de hasta 10 años, en el que se distinguen dos tipos de razonamiento moral basados en una actitud negativa ante determinadas acciones, para evitar ser castigados (estadio 1) o bien para conseguir una recompensa (estadio 2). Bueno y malo se evalúan en clave de lo que se puede o no hacer y ambos conceptos están ligados a la recepción de un castigo o de un premio. Desde nuestra perspectiva, esto puede ser interpretado como una prueba inequívoca de la importancia que tiene la aprobación y la desaprobación de la conducta como orientadora del comportamiento infantil en nuestra especie.

## REFERENCIAS

- Alexander, R.D. 1987. *The biology of moral systems*. Aldine de Gruyter, Nueva York.
- Ayala, F.J. 1987. The biological roots of ethics. *Biol. Philos.* 2: 235-252.
- Boyd, R. y Richerson, P.J. 1996. Why culture is common but cultural evolution is rare? *Proc. Brit. Acad.* 88: 77-93.
- Castro, L. 1992. Capacidad ética, transmisión cultural y evolución humana. *Arbor* 564: 81-92.
- Castro, L. y Toro, M.A. 1995. Human evolution and the capacity to categorise. *J. Soc. Evol. Syst.* 18: 55-66.
- Castro, L. y Toro, M.A. 1998. The long and winding road to the ethical capacity. *Hist. Philos. Life Sci.* 20: 77-92.
- Castro, L. y Toro, M.A. 2002. Cultural transmission and the capacity to approve or disapprove of offspring's behaviour. *J. Memetics Evol. Mod. Inform. Trans.* 6.
- Castro, L. y Toro, M.A. 2004. The evolution of culture: from primate social learning to human culture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 10235-10240.
- Castro, L., Medina, A. y Toro, M.A. 2004. Homimid cultural transmission and the evolution of language. *Biol. Philos.* 19: 721-737.
- Castro, L., Castro Nogueira, L. y Castro Nogueira, M.A. 2008. *¿Quién teme a la naturaleza humana? Homo suadens y el bienestar en la cultura: biología evolutiva, metafísica y ciencias sociales*. Tecnos, Madrid.
- Castro, L., Castro Nogueira, L., Castro Nogueira, M. y Toro, M.A. 2010. Cultural transmission and social control of human behavior. *Biol. Philos.* 25: 347-360.
- Cialdini, R.B. y Goldstein, N.J. 2004. Social influence: compliance and conformity. *Ann. Rev. Psych.* 55: 591-621.
- Cosmides, L. y Tooby, J. 1992. The psychological foundations of culture. Pp. 19-136. *En:*

- Barkow, J. (ed.). *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*. Oxford University Press, Nueva York.
- Darwin, C. 1871. *The descent of man. and selection in relation to sex*. J. Murray, Londres.
- Dawkins, R. 1976. *El gen egoísta*. Salvat, Barcelona.
- De Waal, F. 2007a. *Primates y filósofos. La evolución de la moral del simio al hombre*. Paidós, Barcelona.
- De Waal, F. 2007b. *El mono que llevamos dentro*. Tusquets Editores, Barcelona.
- Edelman, G. 1992. *Bright air, brilliant fire*. Basic Books, Nueva York.
- Edelman, G. y Tononi, G. 2000. *A universe of consciousness*. Basic Books, Nueva York.
- Gazzaniga, M.S. 2006. *El cerebro ético*. Paidós, Madrid.
- Hauser, M. 2006. *Moral minds. How nature designed our universal sense of right and wrong*. Ecco Press, Nueva York.
- Huxley, J.S. 1953. *Evolution in action*. Harper, New York.
- Huxley, T.H. 1894. *Evolution and ethics, and others essays*. Macmillan, Londres.
- Kohlberg, L. 1981. *The meaning and measurement of moral development*. Oelgeschlager, Gunn and Hain, Cambridge, UK.
- Tomasello, M. 1999. *The cultural origins of human cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Tooby, J. y Cosmides, L. 2005. Conceptual foundations of evolutionary psychology. Pp. 5-67. En: Buss, D.M. (ed.). *The handbook of evolutionary psychology*. Wiley, Hoboken, NJ.
- Waddington, C.H. 1960. *The ethical animal*. George Allen & Unwin Ltd, Londres.
- Wilson, E.O. 1975. *Sociobiology: the new synthesis*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Wilson, E.O. 1980. *Sobre la naturaleza humana*. Fondo de Cultura Económica, México.

### Información del Autor

L. Castro Nogueira es doctor en CC. Biológicas, Catedrático de Bachillerato y Profesor-Tutor de la UNED. Es autor de tres libros y más de 60 artículos de carácter científico o divulgativo. Su línea de investigación se enmarca en el ámbito de la biología teórica evolutiva y de la evolución cultural. Ha elaborado modelos teóricos sobre la evolución de varios rasgos característicos de nuestra especie, tales como el altruismo, la capacidad ética, la inteligencia, el lenguaje y la capacidad para la cultura y publicado sus investigaciones en algunas de las más prestigiosas revistas del campo.



## Naturalismo y cultura: la hipótesis de *Homo suadens*

Luis Castro Nogueira y Miguel Ángel Castro Nogueira

Departamento de Sociología I, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, UNED. Paseo Senda del Rey 7, 28040 Madrid. E-mail: lcastro@poli.uned.es

### RESUMEN

Las tradiciones que configuran el cuerpo central de teoría en las ciencias sociales, el llamado por algunos *Modelo estándar* de las ciencias sociales, comparten la convicción de que las culturas constituyen sistemas que pueden ser interpretados de manera autorreferencial, sin tener en cuenta las características psicobiológicas de la naturaleza humana. Desde hace unos años, distintas aproximaciones naturalistas han retomado con fuerza el enfoque darwinista e intentan examinar la cultura desde una perspectiva evolucionista. En este artículo defendemos, desde una perspectiva naturalista basada en nuestra radical condición de *Homo suadens*, la necesidad de reconceptualizar algunos de los problemas presentes en el núcleo teórico-metodológico de las ciencias sociales. *eVOLUCIÓN 7(esp)*: 63-70 (2012).

**Palabras clave:** Darwinismo, naturalismo, modelo estándar en ciencias sociales, aprendizaje social *assessor*, *Homo Suadens*.

### ABSTRACT

The traditions that form the main body of social science theory, the so called *Standard Model*, share the belief that human cultures are systems that can be understood in a self-referential manner, regardless any psychobiological characteristics of human nature. In recent years, different naturalistic approaches try to examine human cultures from an evolutionary perspective. In this article, from our own naturalistic approach based on what we call our *Homo Suadens* condition, we defend the need to reconceptualise some of the problems lying at the methodological-theoretical core of social science. *eVOLUCIÓN 7(esp)*: 63-70 (2012).

**Key words:** Darwinism, naturalism, social science standard model, *assessor* social learning, *Homo Suadens*.

### ¿Hay lugar para un programa naturalista en las ciencias sociales?

La introducción del saber acerca de nuestra naturaleza biológica en el discurso de las humanidades y las ciencias sociales ha resultado compleja, a veces imposible, en la medida en que se ha entendido limitada a los territorios ajenos a la influencia de la cultura. Darwin inició un programa naturalista comprometido con una consideración de la naturaleza humana como objeto empírico y mantuvo abierta la expectativa de un futuro conciliador en el que las ciencias sociales y la investigación naturalista pudieran encontrarse. Sin embargo, desde el último cuarto del siglo XIX poco se ha avanzado en este sentido.

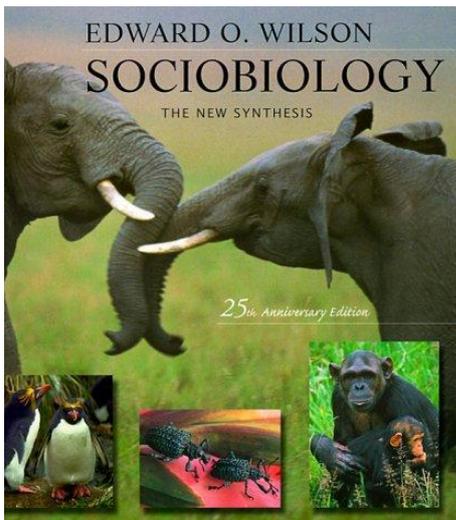
La necesidad de analizar la conducta humana asumiendo con todas sus consecuencias el origen evolutivo de nuestra especie seguía latente y sin resolver a mediados de los años 70 del pasado siglo, es decir, cien años después de la publicación de *Descent of man*, ya bien consolidada la síntesis neodarwinista. No es de extrañar, pues, que en las décadas siguientes surgieran distintas aplicaciones de la teoría evolutiva orientadas a

proporcionar una aproximación naturalista a la cultura y el comportamiento social.

A mediados de los años setenta hizo aparición la *sociobiología* (E. O. Wilson) (Fig. 1) y de su estela emergieron la *ecología del comportamiento* (R. Alexander), la *memética* (R. Dawkins; S. Blackmore; D. Dennet), la *psicología evolucionista* (L. Cosmides y J. Tooby; D. Buss; S. Pinker), la *epidemiología de las representaciones* (D. Sperber) y las *teorías coevolutivas de la herencia dual* (L. Cavalli-Sforza y M. W. Feldman, R. Boyd y P. Richerson), disciplinas que han puesto el énfasis en el estudio de la cultura y de la conducta humana desde una perspectiva darwinista, en un intento de explicar qué conductas, creencias y valores se extienden en las sociedades humanas.

A pesar de la evidente heterogeneidad y rivalidad que entrañan estas *disciplinas sociobiológicas*, puede resultar justificado y útil referirse a ellas unificándolas bajo la expresión *programa naturalista para las ciencias sociales*. Fue I. Lakatos (Fig. 2) quien acuñó con notable éxito la noción de *programa de investigación*. De acuerdo con su punto de vista, los programas de investigación científica pueden ser caracterizados

por un «núcleo duro» que contiene ciertas leyes y ciertos supuestos fundamentales que se mantienen al margen de cualquier proceso de refutación. Acompañando este núcleo, los programas incorporan una *heurística* o conjunto de reglas metodológicas que orientan a los científicos a propósito de las líneas de investigación que se deben seguir –*heurística positiva*– o que se deben evitar –*heurística negativa*–, impidiendo que el científico *se pierda en el océano de anomalías, [al tiempo que hace posible que] su atención... se concentre en la construcción de modelos según las instrucciones establecidas en la parte positiva de su programa* (Lakatos 1993).



**Fig. 1.** En 1975 Edward O. Wilson publicó *Sociobiology: the New Synthesis*, una obra que generó una aguda polémica: Wilson aplicaba a las sociedades humanas los principios y planteamientos del orden biológico que había descubierto en el comportamiento animal. Así, muchos de los comportamientos humanos que se habían explicado mediante la cultura podían ser explicados recurriendo a la biología.

Si adoptamos provisionalmente este concepto, podemos afirmar, sin forzar artificialmente los hechos, que las distintas *disciplinas sociobiológicas* comparten algunos principios elementales que definen un *núcleo duro*, precisamente en el sentido en que lo utiliza Lakatos, así como una *heurística* muy singular y rica, especialmente cuando se cruza con la producción de las tradiciones de pensamiento científico-social y humanista. El programa naturalista (PN), de acuerdo con esta perspectiva, puede ser caracterizado por las siguientes notas (Castro Nogueira et al. 2012):

a) En primer lugar, el PN considera *la cultura humana* como un *fenómeno singular* que debe ser percibido, sin embargo, *como parte de nuestra biología*, como un producto de ella y no como una ruptura cualitativa de nuestra especie

con los principios que rigen toda la evolución orgánica. Aún es más. Aunque con matices, los defensores del programa naturalista comparten la convicción de que, si bien es cierto que para comprender la naturaleza de nuestra cultura es necesario investigar la naturaleza humana, pues somos *animales culturales*, no es menos cierto que para poder comprender nuestra naturaleza biológica resulta indispensable comprender bien en qué sentido los fenómenos culturales pueden haberla configurado.

b) En segundo lugar, la investigación naturalista afirma el carácter adaptativo de la cultura, aunque ello no signifique aceptar que todo cuanto forma parte de las culturas humanas resulte adaptativo (en algún sentido). Por el contrario, el PN intenta dar cuenta de la complejidad de las formas culturales y sociales asumiendo como parte esencial de su trabajo explicar el origen, conservación y transmisión de tradiciones y creencias completamente superfluas desde la óptica adaptativa, o incluso contrarias a sus principios más elementales. Pues lo verdaderamente esencial desde la óptica naturalista no es, como habitualmente se representa, derivar los contenidos culturales a partir de nuestra dotación genética o psicobiológica, tarea generalmente inútil en tanto que la cultura funciona como un sistema de herencia que posee reglas propias, sino mostrar que nunca será posible dar cuenta de ningún contenido, sea éste el que sea, sin considerar que todo fenómeno cultural es, en primera instancia y antes que cualquier otra cosa, un fenómeno bio-psico-social.

c) En tercer lugar, el PN pone gran énfasis en la investigación de la arquitectura mental de nuestra especie, que supone común y universal, pues sólo mediante su conocimiento exhaustivo podrá darse cuenta del que es su principal producto, la cultura. La materia prima de la cultura está constituida por una mezcla de representaciones –mentales y personales, o públicas y compartidas–, prácticas y respuestas emocionales, así como del juego de sinergias que las combinan localmente de maneras poco predecibles. Todas ellas (representaciones, prácticas y respuestas emocionales) se originan, en último término, en nuestro cerebro y cristalizan y se transmiten mediante los intensos procesos de aprendizaje social en los que nos vemos permanentemente implicados.

d) En cuarto lugar, el PN aborda la explicación de la cultura humana investigando las claves filogenéticas y los mecanismos psicobiológicos que hicieron posible, en los escenarios evolutivos en que se fraguó nuestra mente, la aparición de nuestro cerebro. Tal reconstrucción permite situar los análisis adaptacionistas en los marcos evolutivos adecuados, al tiempo que hace posible comprender cómo los mecanismos psicobiológicos que componen nuestra mente,



**Fig. 2.** El matemático y filósofo de la ciencia Imre Lakatos planteó que la actividad científica está ordenada en grandes *programas de investigación*, o conjunto de teorías basadas en una matriz común, una idea contraria a la teoría de los paradigmas únicos de Kuhn.

una extraordinaria obra de *bricolage* y reciclado, actúan hoy –queremos decir, durante los últimos diez mil años– en un mundo cuya fisonomía y complejidad social no se corresponde con la de los ambientes primigenios.

Así pues, en contra de la imagen clásica que hemos heredado de la primera investigación sociobiológica y etológica, el PN no consiste tan sólo en un conjunto de aseveraciones acerca de las tendencias o predisposiciones psicobiológicas –y genéticas– que anidan en nuestra naturaleza y de sus vínculos, más o menos directos, con los contenidos o formas culturales *universales* –altruismo, agresividad, grupos familiares, nepotismo, estructuras de parentesco, sexualidad, pensamiento mágico-religioso, rutinas alimentarias, diferencias en la inversión parental, etc.– o con las diferencias individuales rastreables en el comportamiento social de las personas. Por el contrario, en la actualidad, no resulta atrevido afirmar que la mayor aportación del PN a la investigación social consiste en mostrar la compleja dialéctica entre el origen filogenético y la estructura orgánica y funcional de nuestra mente, por una parte, y la hipertrofiada producción socio-cultural, por otra. Es decir, en desvelar los intrincados y apasionantes lazos que vinculan una mente cuya naturaleza no ha cambiado sustancialmente en los últimos 40.000 años y un universo cultural hipertrofiado que, en su interminable variedad, parece remitir, al mismo tiempo, a un conjunto finito de procesos y rasgos antropológicos básicos –formación y transmisión social del saber como creencia, intensa percep-

ción valorativa de la realidad, micro-socialidad, procesos modulares de procesamiento de información o una pregnante y vivaz experiencia emocional, responsable de la seguridad cognitiva y emocional que caracterizan el bienestar/malestar de los escenarios culturales cotidianos– y a una inagotable productividad extraordinariamente sensible a las condiciones empíricas iniciales, los determinantes ambientales y los avatares históricos.

### La hipótesis de *Homo suadens*: la base filogenética de una ontología (micro)social

En este ensayo asumimos la hipótesis de que la evolución de la cultura en nuestra especie necesitó la aparición en uno de nuestros antepasados homínidos, al que denominamos *Homo suadens* (del latín *suadeo*: valorar, aprobar, aconsejar) o individuos *assessor*, de nuevas potencialidades cognitivas: en concreto, la capacidad conceptual de categorizar en términos de bueno o malo la conducta propia y ajena y la de transmitir esa categorización aprobando o desaprobando la misma cuando es puesta en acción por otros individuos (Castro y Toro 2004; Castro et al. 2008). Según este modelo la capacidad de aprobar o desaprobar la conducta ajena ha sido adaptativa porque permitió transmitir información sobre el valor de la misma entre padres e hijos, condicionando la preferencia de éstos por unas alternativas u otras. Esta transferencia valorativa produce varios efectos favorables: a) incrementa la fidelidad de la transmisión cultural, algo esencial para que el aprendizaje social funcione como un sistema de herencia acumulativo como el humano, ya que cuando la réplica no es fiel el individuo es reprobado y empujado a intentarlo de nuevo; b) permite, cuando hay varias alternativas culturales a las que el individuo puede tener acceso por observación o por aprendizaje individual, una rápida categorización de las mismas como positivas o negativas en función de las preferencias paternas; c) permite controlar las tendencias imitativas y exploratorias de los hijos prohibiéndoles el acceso a conductas que, por su edad, pueden ser potencialmente peligrosas. De este modo se sientan las bases de un sistema de aprendizaje social, el aprendizaje social *assessor*, que adquiere propiedades de un auténtico sistema de herencia cultural al incrementar el parecido fenotípico entre padres e hijos (Fig. 3).

Nuestra tesis sugiere que durante la ontogenia la comunicación valorativa entre padres e hijos es sustituida por otra, también en clave valorativa, entre individuos de la misma generación (Castro et al. 2008; Castro et al. 2010). Cada individuo posee un grupo social de referencia, formado por aquellas personas con las que interacciona de manera preferencial y ante cuya opinión se muestra especialmente sensible: familiares, ami-

gos y colegas. Nuestra propuesta sugiere que los humanos han desarrollado mecanismos psicológicos que nos han hecho receptivos primero a los consejos parentales y, después, a la opinión de los miembros de nuestro grupo social de referencia. Los seres humanos no pueden evitar percibir la conducta teñida de valor. Cuando interaccionan, están obligados en cierto modo a comparar su conducta con la de sus iguales y a modificarla si la consideran mejor que la propia. La presión de selección que promovió estas nuevas interacciones valorativas está relacionada



**Fig. 3.** Según la hipótesis de *Homo suadens*, la capacidad de aprobar o desaprobar la conducta ajena ha sido adaptativa en nuestras sociedades, puesto que permitió transmitir información sobre el valor de los comportamientos entre padres e hijos, condicionando las preferencias de éstos por unas alternativas u otras, y estableciendo así las bases de un sistema de aprendizaje social *assessor*.

con la necesidad de establecer interacciones cooperativas para beneficio mutuo más eficaces. Las consecuencias negativas que puede tener la censura social y el ostracismo explicarían la evolución de esta predisposición psicobiológica que busca la aceptación y el reconocimiento de aquellos con los que se interacciona de modo más intenso, lo que se traduce en una tendencia incuestionable a aceptar la influencia social (Cialdini y Goldstein 2004; Castro et al. 2009; Castro et al. 2010). Los individuos *Homo suadens* interiorizan la emoción de placer o desagrado producida socialmente como si fuese una propiedad más de la conducta y la utilizan para su categorización como favorable o desfavorable. La lógica subyacente a este proceso, que nosotros denominamos *modus suadens*, se puede esquematizar como sigue: si una conducta es aprobada, entonces es buena. De este modo los individuos *assessor* sienten placer cuando ajustan su conducta a lo que considera correcto su entorno social y, por el contrario, tienen sentimientos de culpa y malestar cuando no es así. Desde A.

Smith, G.W.F. Hegel y R. Girard, las ciencias humanas siempre han barruntado que el deseo del hombre es un deseo aprendido: el deseo del otro; el deseo de poseer y exhibir aquello que suscita el deseo de los otros y ser reconocido por ellos.

### ¿Qué puede ofrecer un programa naturalista a las ciencias sociales?

Las tradiciones que configuran el cuerpo central de teoría en las ciencias sociales comparten la convicción de que las culturas constituyen sistemas que pueden ser interpretados de manera autorreferencial, sin tener en cuenta las características psicobiológicas de la naturaleza humana. En este ensayo proponemos, a partir de nuestra radical condición de *Homo suadens*, que el objetivo de un programa naturalista no debe radicar en el intento de explicar los fenómenos culturales como proyecciones a escala colectiva de una gramática profunda alojada en nuestros genes, sino en ofrecer al científico social un nuevo conjunto de reglas heurísticas que funcionen como un consistente *sistema de alertas* frente al uso especulativo de interesadas representaciones de la naturaleza humana, así como de otras nociones ideológicas y tropismos deterministas que anidan en la ciencia social estándar (Castro Nogueira et al. 2012; Castro Nogueira et al. 2005). Tales reglas no anulan la oportunidad de una ciencia social autónoma, cuyos objetivos son irrenunciables, pero sí transforman de manera sustancial el abordaje de muchos de los marcos teóricos en los que las ciencias sociales se desenvuelven.

A modo de ejemplo presentamos tres campos de reflexión que pueden ilustrar nuestro propósito.

#### 1. *La naturaleza del vínculo social: la trama microsocia*

Un primer asunto esencial consiste en la clarificación de la naturaleza del vínculo social. Las ciencias sociales se encuentran atravesadas por una equivocada consideración del individuo como átomo social, que se reproduce tanto en las tradiciones individualistas, en las que el origen de lo social se concibe como resultado no pretendido de la actividad de la *mónada-sujeto*, como en las tradiciones holistas y colectivistas, en las que el individuo, como *realidad primera* y *bruta*, es configurado por el organismo social mediante sus pregnantes potencias socializadoras. Tanto en unas como en otras tradiciones, el individuo es pensado como *realidad radical*.

Nosotros defendemos que ésta es una concepción viciada de origen pues la exploración de la naturaleza humana, como ya intuyeran muchos pensadores, pone de manifiesto, elocuentemente, que el ser humano es un ser constitutivamente *proyectado en sus relaciones sociales* –hacia

ellas y desde ellas. Nuestra *socialidad*, aquella que es propia de nuestra naturaleza, es el resultado contingente de nuestra filogénesis, un proceso en el que la transmisión cultural como estrategia adaptativa (una cultura que funciona como sistema de herencia, que permite la acumulación de saberes y prácticas adaptativos entretreídos con otros claramente neutros y maladaptativos) se encuentra asociada a una ontogenia ralentizada que necesita e incentiva el vínculo *familiar*, a un sistema nervioso costoso, complejo y muy potente y a una predisposición para el aprendizaje social que requiere de intensas microinteracciones sociales.

La *socialidad humana* consiste en una *red de relaciones de aprendizaje y cooperación*, emocionalmente intensas y cuantitativamente limitadas –microsociales–, que se extienden articulando *pequeños grupos* de individuos, muchos de los cuales se encuentran, además, unidos por vínculos de parentesco y/o reciprocidad. Una pieza fundamental de esos procesos de interacción consiste en la búsqueda de reconocimiento y aprobación por parte de los otros, de aquellos que configuran los sistemas de relaciones privilegiadas en los que se inserta el individuo, esto es de nuestra condición de *Homo suadens* (Castro et al. 2008; Castro et al. 2010). Esta forma de *socialidad primordial*, y no el *individuo* o lo *social*, es la que constituye el verdadero entramado ontológico de las colectividades humanas y, en consecuencia, es ella quien determina las condiciones objetivas mediante las cuales *experimentamos* –es decir, *representamos*, *sentimos* y *actuamos* en– cualesquiera instituciones y procesos socioculturales –tales como una guerra, una confesión religiosa o una práctica profesional–, pues actúa como condición de posibilidad y como medida real de todas nuestras vivencias.

Esta nueva ontología, centrada en las tramas microsociales en las que el individuo experimenta tanto su individualidad como su pertenencia al cuerpo social, nos obliga a renunciar a los tropismos deterministas tan propios de la lógica sociologista y culturalista, al tiempo que nos abre a la comprensión de la inestabilidad e inconsistencia de los procesos sociales empíricos y nos permite recuperar de manera comprensible y no paradójica la perspectiva del actor social situado.

## 2. Repensar la socialización

Uno de los problemas esenciales del modelo estándar estriba, a nuestro juicio, en que sólo contempla la socialización a partir de un eje ideal, enteramente pasivo, entendido como absorción escolástica por cada individuo-materia prima de una forma sustancial (cultura, estructura o institución social) que se impone coactivamente sobre cada sujeto. En consecuencia, el individuo se ve relegado a un papel marginal, epifenoménico, pues lo crucial para comprender la vida

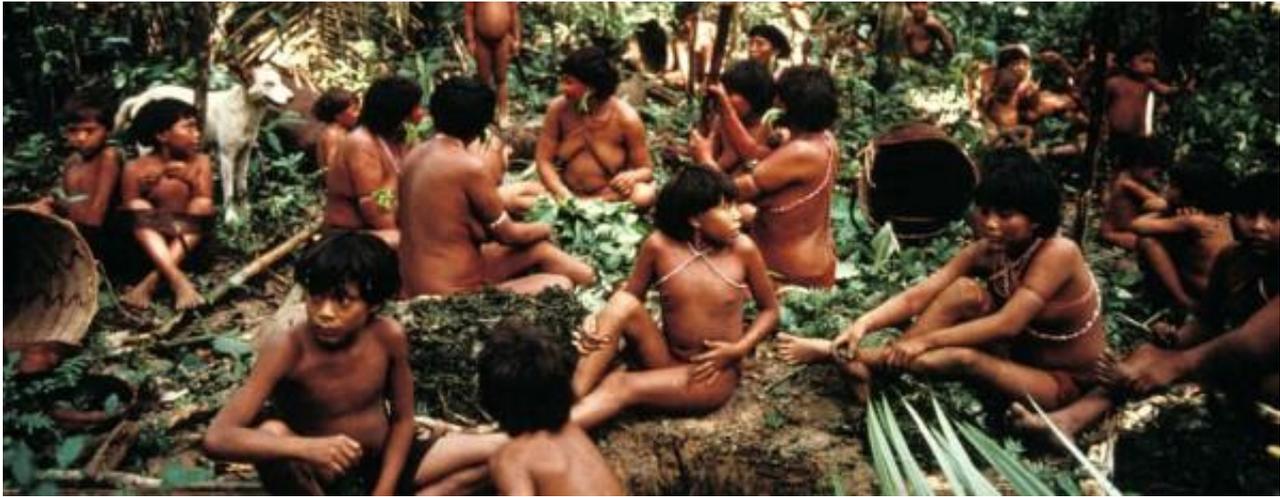
social y los productos culturales consiste en establecer las grandes estructuras y significaciones que los constituyen y sujetan, al mismo tiempo que se renuncia, por definición, a estudiar la variedad de manifestaciones y formas que adoptan en cada grupo y (micro)escenario social tales estructuras, significaciones e instituciones. Sin embargo, para entender de verdad la complejidad social y su riquísima (nano)ontología es necesario enriquecer y transformar esta visión unilateral con otras perspectivas tanto o más decisivas que ésta.

Esta reivindicación ha sido abordada parcialmente desde varias perspectivas teóricas. Así, los teóricos del Actor-Red como Latour, en la estela de Foucault, han puesto el énfasis en mostrar el papel de lo material y arquitectónico en la dinámica social. Resulta incuestionable la necesidad de atribuir agencia a toda clase de artefactos y objetos naturales que, a pesar de su condición de seres inanimados pueden producir, y de hecho lo hacen, efectos de extraordinario valor en el curso de los procesos en los que se ensambla y desensambla lo social (Latour 2008).

Así también, Foucault ha insistido en la dimensión ético-estética de seducción y fascinación colectiva de “lo social” ligado al Saber-Poder (Foucault 1981, 2006). De este modo, la incompleta representación del poder como la mera *potestas*, fatal y centralizada, de los aparatos represores del Estado o de otras macroinstituciones capaces de imponer sus intereses sobre individuos, naciones o mercados ha sido sustituida por una imagen más compleja y difusa. Pues el poder, como ha mostrado Foucault, se despliega por todos los poros del tejido social, constituye subjetividades, verdades y placeres e invade y contamina de alguna manera cualesquiera relaciones humanas (desde el ámbito de la política al de la ciencia o la sexualidad).

Por su parte, Maffesoli (1990, 2007) ha llamado la atención sobre la necesidad de contemplar la sociedad como un constante fluir de agregaciones y desagregaciones impulsadas por una suerte de *horror vacui* que impulsa la formación de agrupamientos indiferenciados, que *hace que sin rima ni razón uno se agrupe*. Esta *socialidad grumosa* fluye removida por un juego de atracciones y repulsiones cuya fuerza impulsora nace de esa sensibilidad empática que se consume en sí misma y que, dando lugar a impensables y borgianos códigos, clases y reglas, dibuja trayectorias personales y tribales impredecibles. Así, el tribalismo, lejos de ser una forma ancestral e incivilizada de organización social, se convierte en la mejor descripción de la ontología social más auténtica, genuinamente fundada en la materialidad de la experiencia social y alejada del exceso estructuralista y holista que caracteriza al modelo estándar de las ciencias sociales (Fig. 4).

También las llamadas microsociologías, desde perspectivas a su vez muy diversas, han ilumi-



**Fig. 4.** El tribalismo constituye la mejor descripción de organización social auténtica y genuina, fundada en la materialidad de la experiencia social, y alejada del exceso estructuralista y holista que caracteriza al modelo estándar de las ciencias sociales.

nado el tejido social mostrando con detalle los procesos de interacción social más elementales y los mundos de significado que empapan empíricamente las identidades sociales concretas, más allá de los esquemas elementales, de trazo grueso, con que el modelo estándar perfila a los individuos. Desde esta óptica, lo social se muestra como un proceso en construcción permanente en el que los procesos de negociación y estructuración social mantienen en perpetua transformación los grandes marcos categoriales con los que desde el modelo estándar se pretende dar cuenta de lo social.

Sin embargo, estas aportaciones resultan incompletas. Nosotros reivindicamos la urgente necesidad de cruzar aquel primer eje que nace de la poderosa facticidad de lo social con otro muy diferente de orden bio-socio-espacial. De este modo, sin que las estructuras *sociales* (escuelas, empresas, iglesias, universidades, instituciones políticas, centros comerciales o burocracias), pierdan un ápice de sus poderes virtuales de sujeción sobre los individuos, es menester enfatizar el hecho de que éstos las experimentan y refractan de formas muy diversas cuando interaccionan y se envuelven entre ellos en forma de amistades íntimas, burbujas amorosas, camaradas, correligionarios y variopintos grupos de creyentes en torno a muy distintas complicidades de las que habla P. Sloterdijk (2000, 2003, 2004, 2006). La recuperación del sujeto diluido en las estructuras sociales, que tanto ha preocupado en las últimas décadas, debe ser, ciertamente, un objetivo central de las ciencias sociales, aunque su rescate no deba abordarse desde la perspectiva de un individualismo atomista tan poco fundado empíricamente como el holismo del modelo estándar, sino desde la recuperación de la más elemental y verdadera socialidad originaria en la que todo individuo, por mor de su condición biopsico-social se encuentra instalado.

La investigación neurobiológica y evolutiva nos muestra que la plasticidad de la naturaleza humana no se ajusta a la idealización durkheimiana de la *materia prima*, pues posee una profundidad que no se agota en un estadio inicial, la infancia, o en ciertos momentos puntuales de nuestra vida en los que el individuo se encuentra preparado para *absorber la sustancia cultural*. Nuestra plasticidad debe adquirir un protagonismo mucho mayor del que hasta ahora le han otorgado las ciencias sociales, pues hemos de dar cabida en nuestros modelos de comportamiento social a unos actores que, por razón de su compleja plasticidad, no sólo se disponen a adquirir competencias *-habitus-*, aprender reglas de juego *-lógicas prácticas-* y actuar bajo sistemas de restricciones y fuerzas sociales objetivas *-campos-*, sino que además se ven en la necesidad de desempeñar su acción de acuerdo con pautas motivacionales muy diversas *-las que se corresponden con los diferentes contextos locales en que se sitúan-*, implementando algoritmos cognitivos potencialmente divergentes *-los que gobiernan las diversas estructuras cerebrales-* y en climas emocionales dispares *-que van desde la completa distancia empática a una participación vívida y sentida.*

Es por esta razón por la que la aproximación estándar conduce a constantes paradojas y conflictos protagonizadas por sujetos inconsistentes cuya acción sólo responde parcialmente a lo que se espera de ellos, pues no puede dar cuenta de todos aquellos casos *-potencialmente infinitos-* en que las prácticas y competencias sociales de dichos actores se ven refractadas, transformadas o incluso anuladas de acuerdo con las necesidades de cada escenario local y, muy especialmente, bajo los poderosos efectos de la *microsocialidad* en la que cada cual experimenta *sensu stricto* cualesquiera contenidos, objetos y prácticas de una cultura.

### 3. El significado de las creencias

Una tarea urgente para las ciencias sociales es dotarse de una genuina fenomenología de las creencias, pero no en tanto que investigación acerca de la creencia como contenido distinguible del saber o la superstición, sino como indagación acerca de lo que significa *ser creyente*. Como hemos argumentado en su momento (Castro et al, 2008), *Homo suadens* tiene su razón de ser filogenética en su extraordinaria capacidad para transmitir y recibir información cultural encapsulada en y entreverada de relieves valorativos. Sólo porque los procesos de aprendizaje y enseñanza ocurren de este modo y sólo porque hemos desarrollado un segundo sistema de evaluación en el que la carga valorativa se instala en los contenidos mediante el juego paritario de la receptividad emocional de nuestra mente y el empuje aprobatorio y reprobatorio de la interacción social más elemental, la transmisión cultural ha sido posible tal y como la conocemos en nuestra especie.

Las ciencias sociales no pueden obviar un asunto crucial, a saber, que las creencias formadas en los procesos de aprendizaje, mediadas por los vínculos sociales primordiales y fraguadas bajo las modalidades del *Homo suadens*, son el punto de partida de cualquier reflexión sobre nuestra realidad social, pues de lo contrario los votantes de los partidos políticos, los asociados a un sindicato, los adscritos a una clase socio-económica o los seguidores de una *confesión* religiosa o laica se mostrarán siempre como individuos heterodoxos, inconsistentes en sus prácticas e infieles a los principios que les adscribimos, como si tuvieran el *habitus a medio hacer* y no fueran del todo conscientes de *lo que son* y de *lo que deben ser*. Esta es la otra cara de la moneda. Las creencias de las personas nunca son lo que lo que la ciencia social les atribuye como propio de su *habitus*, su *confesión*, sus *intereses*, su *capital cultural* o su *cuna*. Las creencias reproducen estereotipos, representaciones imaginarias e intereses de clase, por supuesto, pero lo hacen refractando cada una de esas representaciones a través de los prismas de la *socialidad originaria*, de una ontología microsocia.

Cualquier sistema de creencias se constituye en torno a tres elementos: lo que el creyente cree –el contenido de la creencia–, lo que hace como creyente –es decir, sus prácticas– y lo que siente y experimenta cuando piensa y actúa como creyente. Las creencias no son formas *débiles* del saber, débiles en el sentido epistemológico. Tampoco son, en sentido inverso, formas *fuertes*, cargadas emocionalmente, frente a otras formas más neutras y objetivas. La creencia es la forma primigenia de todo saber, pues todo saber se adquiere como creencia, es decir, como una determinada configuración localizada espacio-temporalmente y corporalizada que conecta cier-

tos contenidos, ciertas prácticas y ciertos valores. Todo cuanto aprendemos lo aprendemos como tal configuración: así aprende un joven novicio los secretos de su fe, su vocación y su encaje institucional, mediante la convivencia y la interacción intensa con otros cuya mirada aprobatoria aprende a desear, cuyas emociones emula y cuyos gestos, expresiones e indumentarias imita; así aprende un niño a emocionarse con los colores del equipo de sus mayores y a sentir lo que *debe* sentir cuando contempla a un contrario o comparte con los suyos las consignas, los gritos y los espacios de encuentro; así aprendemos también a distanciarnos de lo extraño y ajeno y a vibrar con nuestra lengua, con los paisajes de nuestra tierra, sus aromas, su luz y sus sabores, hasta sentir que tales experiencias de bienestar y conexión emocional son el efecto que tales *realidades bellas, buenas y verdaderas* producen en nosotros como deberían producirlos en cualquier otro. El secreto de nuestros aprendizajes consiste en eso mismo, en que estamos hechos para atribuir las razones de nuestra seguridad cognitiva y de nuestro bienestar (o malestar) emocional sobre la (supuesta) objetividad (Verdad, Belleza y Bondad) de sus contenidos y no sobre las sinergias fraguadas mediante el aprendizaje entre lo que creo, lo que hago y lo que siento.

El sistema de transmisión de creencias funciona al margen de los contenidos concretos de las mismas. Esto explica el carácter contingente de buena parte de los rasgos culturales en las sociedades humanas y su escasa correlación, en muchos casos, con un valor biológico adaptativo. Ahora bien, afirmar que el aprendizaje *assessor* funciona generando creencias que el individuo percibe como verdaderas gracias a la influencia social, no es, claro está, lo mismo que afirmar que todo lo que se aprende tiene realmente la misma consideración de veracidad objetiva. Los seres humanos a lo largo de la historia han sido capaces de establecer principios axiomáticos y reglas de inferencia, como se hace en lógica y matemáticas, o criterios de falsación, como se hace en ciencia, que funcionan como brillantes hallazgos epistemológicos, a partir de los cuales se puede discriminar con racionalidad entre unas creencias y otras. Sin embargo, sólo una parte del conocimiento se refiere a proposiciones lógicas o a hechos y es, en principio, contrastable. No parece sencillo encontrar otros principios con vocación de universalidad que nos permitan extender el ámbito de aplicación de la razón e ir más allá de lo conseguido en las ciencias exactas y experimentales. Mucho nos tememos que parecerá poca cosa, pero en lo que al debate público de ideas y valores se refiere, no hay otra cosa que la conveniencia de mostrar que toda propuesta ideológica entraña siempre una axiomática en la que sólo cabe discutir racionalmente acerca de las tesis derivadas (teoremas), pero no de sus axiomas o principios, que dependen ente-

ramente de nuestras preferencias aprendidas. Sin embargo, vale la pena insistir en que esta convicción no conduce a una suerte de entropía emocional y valorativa nihilista, pues ésta sí que está, por entero, fuera de nuestro alcance como seres humanos. El relativismo radical y profundo al que nos estamos refiriendo, un abismo al que todos preferimos no asomarnos, no sólo no se encuentra afectado por los gélidos vientos de la anomia, el cinismo o la falta de compromiso, sino que proclama, más bien, que tales actitudes no son propias de nuestra naturaleza y que *Homo suadens* es siempre un ser de creencias, valores y compromisos.

## REFERENCIAS

- Castro, L. y Toro, M.A. 2004. The evolution of culture: from primate social learning to human culture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 101: 10235-10240.
- Castro, L., Castro Nogueira, L. y Castro Nogueira, M.A. 2008. *¿Quién teme a la naturaleza humana? Homo suadens y el bienestar en la cultura: biología evolutiva, metafísica y ciencias sociales*. Tecnos, Madrid.
- Castro, L., Castro-Nogueira, L., Castro-Nogueira, M.A. y Toro, M.A. 2009. Darwinismo y ciencias sociales: una interpretación naturalista de la cultura, *Ludus Vitalis* 17: 281-306.
- Castro, L., Castro Nogueira, L., Castro Nogueira, M.A. y Toro, M.A. 2010. Cultural transmission and social control of human behavior. *Biol. Philos.* 25: 347-360.
- Castro-Nogueira, L., Castro-Nogueira, M.A. y Morales, J. 2005. *Metodología de las ciencias sociales. Una introducción crítica*. Tecnos, Madrid.
- Castro Nogueira, M.A., Castro Nogueira, L. y Castro, L. 2012. Transformando la matriz heurística de las ciencias sociales. Luces (y sombras) de la investigación naturalista de la cultura. *Empiria* 23: 41-81.
- Cialdini, R.B., y Goldstein, N.J. 2004. Social influence: compliance and conformity. *Ann. Rev. Psych.* 55: 591-621.
- Foucault, M. 1981. *Las palabras y las cosas*. Siglo XXI, Madrid.
- Foucault, M. 2006. *Historia de la locura en la edad clásica*. Fondo de Cultura Económica, Barcelona.
- Lakatos, I. 1993. *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza, Madrid.
- Latour, B. 2008. *Re-ensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red*. Manantial, Buenos Aires.
- Maffesoli, M. 1990. *El tiempo de las tribus*. Icaria, Barcelona.
- Maffesoli, M. 2007. *El crisol de las apariencias*. Siglo XIX, Buenos Aires.
- Sloterdijk, P. 2000. *Normas para el parque humano*. Siruela, Madrid.
- Sloterdijk, P. 2003. *Esferas I*. Siruela, Madrid.
- Sloterdijk, P. 2004. *Esferas II*. Siruela, Madrid.
- Sloterdijk, P. 2006. *Esferas III*. Siruela, Madrid.

## Información del Autor

L. Castro Nogueira es Doctor en Filosofía y Profesor Titular de Metodología de las Ciencias Sociales en la UNED. M.Á. Castro Nogueira es filósofo y Doctor en Sociología. Juntos han escrito numerosos artículos y los libros *Metodología de las ciencias sociales. Una introducción crítica* (Tecnos, 2005) y *¿Quién teme a la naturaleza humana? Homo suadens y el bienestar en la cultura* (Tecnos, 2008). Actualmente ultiman la preparación de un nuevo libro titulado *Ciencias sociales y naturaleza humana. Una invitación a otra sociología y sus aplicaciones prácticas* (Tecnos 2013).

## Herencia genética y transmisión cultural\*

Jesús Mosterín

Instituto de Filosofía-CSIC. C/. Albasanz 26-28, 28037 Madrid.

E-mail: [jesus.mosterin@mosterin.es](mailto:jesus.mosterin@mosterin.es)

\*Las definiciones e ideas sobre la cultura aquí desarrolladas proceden del libro: Mosterín, J. 2009. *La cultura humana*. Espasa, Madrid.

### RESUMEN

Dejando de lado las ficciones y las entidades matemáticas, todas las cosas reales cambian con el tiempo. Desde luego, los seres vivos cambian con el tiempo, es decir, evolucionan, como se aprecia estudiando las diferencias que presentan los fósiles encontrados en distintos estratos sedimentarios. La teoría darwinista de la evolución por selección natural da cuenta de muchos de esos cambios y de la adaptación de los organismos a su entorno y de los órganos a su función. También cambian los contenidos culturales, desde la moda hasta la ciencia, pasando por las lenguas, las ideas y los medios de transporte. Una teoría satisfactoria de la cultura debería tratar de explicar esos cambios culturales y, para empezar, debería precisar las nociones de cultura y de transmisión cultural. Aquí analizamos ciertos paralelismos entre nociones biológicas y culturales y nos preguntamos hasta qué punto la teoría darwinista sería también aplicable a la evolución cultural. *eVOLUCIÓN 7(esp): 71-86 (2012)*.

**Palabras clave:** Cultura, darwinismo, genes, memes, aprendizaje social, comunicación, conducta.

### ABSTRACT

With the exception of fictions and mathematic entities, all real things change with time. Of course, living beings change with time, i.e., they evolve, as one can gather from the differences between the fossils found in successive sedimentary layers. Darwinian Theory of evolution by natural selection offers an explanation for many of these changes and for the adaptation of organisms to their environments and of organs to their functions. Cultural objects also change in time, as we can gather from the history of any cultural subject, from fashion to science, from languages to means of transportation. A satisfactory theory of culture should account for these changes and, to start with, should clarify and make precise the notions of culture and cultural transmission. Here we analyse the parallelisms and differences between biological and cultural evolution. Further, we ask in how far the Darwinian theory of evolution by natural selection can also be applied to cultural evolution. *eVOLUCIÓN 7(esp): 71-86 (2012)*.

**Key words:** Culture, Darwinism, genes, memes, social learning, communication, behavior.

### Cultura y natura

La palabra latina *cultura* significa originariamente ‘agricultura’. De ahí proceden palabras castellanas como ‘viticultura’, ‘silvicultura’, ‘fruticultura’, ‘floricultura’ y ‘piscicultura’. El adjetivo latino *cultus* indica la propiedad de un campo de estar cultivado. Todavía ahora llamamos incultos a los campos sin cultivar. Originariamente, pues, ‘cultura’ quería decir agricultura, y ‘culto’, cultivado. Posteriormente se abrió paso la metáfora que compara el espíritu de un hombre rudo con un campo sin cultivar, y su educación con el cultivo de ese campo, y se empezó a hablar de *cultura animi*, cultivo del alma.

En el siglo XIX se introdujo el uso vulgar de ‘cultura’ para designar los pasatiempos con que

las personas bien educadas ocupan sus ocios: actividades como la lectura de novelas, la visita de exposiciones de pintura y la asistencia a conciertos y representaciones teatrales. Esta concepción superficial de la cultura (que todavía colea en las secciones de cultura de los periódicos y en los ministerios, consejerías y concejalías de cultura) fue posteriormente eclipsada –al menos en el ámbito científico– por el uso que de la palabra ‘cultura’ han hecho desde el principio los antropólogos culturales. Cuando los antropólogos describen las culturas de los pueblos que estudian, se refieren tanto a sus técnicas agrícolas, artesanales y de transporte, a la construcción de sus casas y a la fabricación de sus armas, como a sus formas de organización social, sus tradiciones indumentarias, sus creencias religiosas, sus códigos

gos morales, sus formas de parentesco convencional, y sus costumbres, fiestas y pasatiempos. La actual noción científica de cultura abarca todas las actividades, procedimientos, valores e ideas transmitidos por aprendizaje social y no por herencia genética.

Las definiciones antropológicas y biológicas de la cultura subrayan su carácter social y adquirido, contrapuesto a lo congénito, a lo innato, a aquello con lo que se nace. Precisamente de la forma *natus* del verbo *nasci* (nacer) proviene la palabra latina *natura*. La natura o naturaleza es aquello que se tiene ya al nacer o que está determinado ya al nacer, lo congénito, es decir, lo genéticamente preprogramado y lo adquirido durante el desarrollo embrionario y fetal. Los griegos contraponían el *nómos* (la convención) a la *phýsis* (la naturaleza). Los romanos utilizaron la palabra *natura* o, mejor dicho, la expresión *natura rerum* (naturaleza de las cosas) para traducir al latín el vocablo griego *phýsis*, que indicaba lo que las cosas son de por sí, con independencia de nuestras convenciones.

Tanto la naturaleza de los animales como su cultura son información recibida de los demás, pero la cultura se opone a la natura como lo adquirido o aprendido de los otros se opone a lo genéticamente heredado. Por naturaleza, los animales humanos tenemos pelo y nuestro pelo es de tal color. Por cultura nos lo cortamos, peinamos o teñimos. Quien se queda calvo pierde el pelo naturalmente. El monje budista o el *punk* o el *skinhead* que se tonsuran la cabeza pierden su pelo culturalmente. Por naturaleza somos capaces de hablar (en general) y por cultura somos capaces de hablar precisamente en francés, por ejemplo. Por naturaleza, congénitamente, sabemos hacer las cosas más difíciles, como reproducirnos; también sabemos hacer las cosas más imprescindibles para nuestra supervivencia (y sabemos hacerlas incluso mientras dormimos): respirar y regular la circulación sanguínea, mantener en nuestra sangre un nivel relativamente constante de temperatura, de presión, de concentración de azúcar y de iones de hidrógeno. Capacidades naturales tan aparentemente triviales como la de reconocer las caras de nuestros amigos sobrepasan las posibilidades de las más potentes computadoras y de los más sofisticados programas informáticos hasta ahora conocidos. Sin embargo, nosotros reconocemos las caras con toda facilidad, gracias a la presencia de coprocesadores específicos dedicados a esa tarea, situados en los lóbulos occipitales de nuestros cerebros.

Aunque la noción vulgar de cultura es meliorativa, la noción científica es neutral. Lo cultural no tiene por qué ser bueno o deseable en sentido alguno. Tanto la ciencia como la superstición son cultura, y también lo son la democracia y la dictadura, el cosmopolitismo y el nacionalismo, la delicadeza del ballet clásico y el cutrerío de las corridas de toros. El adjetivo ‘cultural’ (al menos

en el sentido en que aquí lo usamos) no es laudatorio, sino meramente descriptivo, y no implica juicio de valor alguno. Los contenidos culturales pueden ser admirables o execrables, imprescindibles, irrelevantes o incluso contraproducentes. No olvidemos que por cultura nos llenamos la cabeza de prejuicios, supersticiones y seudoproblemas, nos ponemos cilicios, fumamos, nos alcoholizamos, nos inyectamos heroína, contaminamos el aire que respiramos, torturamos, declaramos la guerra y morimos por la patria. Tan poderosa es la cultura que, sobreponiéndose al natural instinto de conservación, puede convertir a un hombre adocinado en un mártir suicida que se autoinmola para provocar una matanza.

Todo lo que el animal sabe hacer (es capaz de hacer) porque está genéticamente preprogramado para hacerlo forma parte de su natura. Todo lo que el animal sabe hacer porque ha aprendido socialmente a hacerlo constituye su cultura. Hablando de estos seres vivos, natura es información transmitida genéticamente; cultura es información transmitida no genéticamente, sino por aprendizaje social.

Esta es la única noción precisa de cultura con que contamos actualmente, y ha tenido una creciente aceptación entre antropólogos, prehistoriadores, psicólogos, sociólogos, estadísticos, genetistas y biólogos. Así, por ejemplo, el biólogo John Bonner (1980) escribe:

*“Por cultura entiendo la transferencia de información por medios conductuales, especialmente por el proceso de enseñar y aprender. Se usa en un sentido que contrasta con la transmisión de información genética pasada de una generación a la siguiente por la herencia directa de genes. La información pasada de un modo cultural se acumula en forma de conocimiento y tradición, pero el énfasis de la definición estriba en el modo de transmisión de la información más bien que en su resultado”.*

Los teóricos de la cultura Peter Richerson y Robert Boyd definían en 2005:

*“Cultura es la información capaz de afectar la conducta de los individuos y que ellos han adquirido de otros miembros de su especie mediante la enseñanza, la imitación y otras formas de transmisión social. Por información entendemos cualquier tipo de estado mental, consciente o no, que haya sido adquirido o modificado por aprendizaje social y afecte a la conducta”.*

A pesar de todo hay que reconocer que esta noción de cultura, aunque precisa conceptualmente, no siempre es operativa, dada la enorme dificultad de separar lo heredado de lo adquirido en muchos casos concretos. Es cierto que hay casos indudables de información transmitida genéticamente (como la capacidad de formar una U con la lengua) y otros de información cultural (como la capacidad de escribir), pero muchas

veces ambos tipos de información intervienen en la determinación de la conducta de una manera enmarañada y difícil de analizar.

Todas las cosas que existen están en algún sitio, ocupan alguna posición en el espacio-tiempo. Cada uno de nosotros tiene en su interior dos procesadores de información: el genoma y el cerebro. Nuestra naturaleza existe y está en el genoma, es decir, en los cromosomas del núcleo de cada una de nuestras células (excepto los eritrocitos). Nuestra cultura también existe. ¿Dónde está? En un sentido actual, está en nuestro cerebro. En un sentido virtual o potencial (como cultura virtual), está también en los soportes artificiales extracerebrales en que almacenamos ciertos contenidos culturales. Hemos definido la cultura como información transmitida por aprendizaje social. La información es algo inmaterial y abstracto, que sin embargo solo puede existir realizándose o incorporándose en un soporte material concreto (Fig. 1). La cultura humana existe en los cerebros de los humanos. Un juego como el ajedrez es un sistema abstracto de reglas que determina el conjunto de las jugadas y partidas posibles. Este sistema abstracto se incorpora al cerebro de un jugador de ajedrez concreto en forma de determinadas conexiones neurales, que son las que le permiten jugar al ajedrez en el mundo real. El ajedrez, la lengua francesa, el antisemitismo y la técnica del pilotaje de aeronaves existen en los cerebros de los ajedrecistas, de los francófonos, de los antisemitas y de los pilotos.

### Cultura y tradición

La información transmitida genéticamente a un individuo mediante los gametos de sus progenitores, e inscrita en su propio genoma, no forma parte de su cultura, por definición.



**Fig. 1.** El juego del ajedrez es un sistema abstracto de reglas que se almacenan en el cerebro de los jugadores en forma de conexiones neurales. En este sentido, el cerebro constituye el soporte material de la cultura humana.

La experiencia individual intransferida e intransferible que el individuo va acumulando a lo largo de su vida tampoco forma parte de su cultura. Forma parte de la información almacenada en su cerebro, pero no constituye información cultural. Como ya Aristóteles había señalado, la ciencia puede enseñarse y transmitirse, pero no así la experiencia de la vida, que es personal e intransferible. Yo puedo transmitir a mi interlocutor datos e informaciones acerca del país que visité, pero no puedo transferirle las experiencias que tuve durante el viaje, y que me han informado incluso a niveles no conscientes. Por eso la ciencia es social y acumulativa, mientras que cada uno tiene que reunir su propia experiencia de la vida a partir de cero. La ciencia es parte de la cultura; la experiencia de la vida, no. Sin embargo, hay informaciones que adquirimos individualmente pero que podemos transferir o comunicar a otros, como los descubrimientos que hacemos explorando nuestro entorno, las ocurrencias que tenemos pensando e incluso a veces las mañas manuales que desarrollamos practicando. Tales informaciones devienen cultura en cuanto se transmiten.

William Durham (1991) señala que el carácter social de la transmisión de la cultura es el segundo elemento (además del carácter informacional de la misma) del nuevo consenso en torno a la noción de cultura:

*“La cultura se transmite socialmente en el interior de las poblaciones o entre ellas. Para poder ser considerada como cultural, una unidad dada de información debe ser aprendida de otros individuos (es decir, debe ser socialmente aprendida), no transmitida genéticamente o adquirida por experiencia individual aislada, tal como el ensayo y error”.*

Esta exigencia de la transmisión para que la información se considere cultura se refleja en el uso indistinto que hacen algunos autores de las palabras ‘cultura’ y ‘tradición’. ‘Tradición’ procede del verbo latino *tradere*, que significa transmitir. Y, en efecto, solo si una información o pauta de conducta se transmite puede considerarse tradición o cultura.

En resumen, para que algo sea cultura es preciso que reúna la triple condición de ser 1) información 2) transmitida 3) por aprendizaje social. Las unidades o trozos elementales (en un contexto dado) de transmisión cultural se llaman rasgos culturales o memes, como veremos más adelante.

A veces se compara metafóricamente nuestro cerebro con una computadora. Usando este símil, la dicotomía entre nuestra natura y nuestra cultura (dos variedades de información) es comparable con la dicotomía entre la memoria ROM (que la computadora trae ya de fábrica), por un lado, y la información que nosotros introducimos en la memoria RAM (que equivale a nuestra memoria

operativa) y en el disco duro (equivalente a nuestra memoria a largo plazo), por otro. Geert y Gert J. Hofstede (2005) establecen un paralelismo entre *hardware* y cerebro, por una parte, y entre *software* y cultura, por otra, y caracterizan la cultura precisamente como el *software* de la mente.

### Conducta cultural en animales no humanos

En la primera mitad del siglo pasado se consideraba que el uso de herramientas era algo específicamente humano, y en función suya llegó a caracterizarse el humano como *Homo faber*. También se pensaba que el uso de herramientas era el rasgo cultural por antonomasia. Las diversas culturas del Paleolítico, por ejemplo, se clasificaban según los tipos de herramientas que fabricaban. Desde entonces se ha descubierto que el uso de herramientas no es específicamente humano, y que no siempre constituye un meme o rasgo cultural.

No todo uso de herramientas es cultural. Con frecuencia es difícil determinar si una pauta de conducta es natural o cultural. En cualquier caso, la respuesta no depende de la complejidad o funcionalidad de la pauta misma, sino del modo de transmisión (herencia genética o aprendizaje social) y del lugar en que está codificada (el genoma o el cerebro). Félix Rodríguez de la Fuente incubó cerca de Madrid un huevo de alimoche y crió al pollo alimentándolo con el biberón. El alimoche en cuestión creció sin haber visto nunca a otro alimoche, pero, confrontado por primera vez con un huevo de avestruz, reaccionó buscando piedras y bombardeándolo (Fig. 2). Esta pauta de comportamiento era evidentemente congénita, no cultural, era cosa de genes, no de memes.

La información cultural no está programada en los genes. Se genera mediante un invento o descubrimiento más o menos casual y se transmite por imitación y aprendizaje. El que cierto rasgo del comportamiento de un organismo sea natural o cultural no depende del tipo de rasgo del que se trate, sino de la manera como se transmita. Hemos visto que el uso de herramientas, por sí mismo, no implica (ni excluye) cultura. Otro tanto ocurre con la presencia de sistemas de comunicación o incluso de dialectos distintos de un mismo sistema de comunicación.

La cuestión de si los animales no humanos poseen o no lenguaje depende de lo que entendamos por lenguaje. Si por lenguaje entendemos un sistema de comunicación que se sirva de símbolos para transmitir información acerca del entorno, entonces las abejas europeas poseen un lenguaje, estudiado por Karl von Frisch (1957, Fig. 3). Cuando las abejas obreras, en su exploración del entorno, encuentran una fuente de alimento situada a más de 100 metros de la colmena, retornan a ésta y comunican a sus compañeras la dirección, la distancia y la riqueza de



**Fig. 2.** En un capítulo de *El hombre y la Tierra*, Felix R. de la Fuente mostró cómo un pollo de alimoche criado en cautividad era capaz de romper un huevo de avestruz utilizando la misma técnica empleada por sus congéneres adultos, con quienes nunca había estado en contacto.

la fuente de alimento encontrado. Esta comunicación se realiza mediante una danza simbólica en forma de '8' girado (como el signo  $\infty$  de infinito), efectuada en la oscuridad de la colmena entre los panales verticales. Durante la parte central de la trayectoria de la danza, la abeja comunicante sigue exactamente la vertical o línea de gravedad, si la fuente de alimento está exactamente en la dirección del sol, y se aparta de la vertical formando un cierto ángulo con ella, si la dirección de la fuente forma ese ángulo con la dirección del sol. Por otro lado, la velocidad con que la abeja recorre ese tramo central de la danza es inversamente proporcional a la distancia de la fuente. Cuanto más lento es el recorrido, tanto más lejana está la fuente. Por ejemplo, si en un intervalo fijo de 15 segundos recorre 10 circuitos de danza, la fuente de alimento está a 100 metros; si recorre 6 circuitos, está a 500 metros; si sólo recorre 4 circuitos está a unos 1.500 metros. Así pueden comunicar distancias de hasta 11 Km. La excitación de la danzarina, finalmente, da idea de la riqueza de la fuente. Sus compañeras se unen en su danza y así captan perfectamente la información transmitida, se proveen de la cantidad de combustible (miel) apropiada a la distancia indicada y parten sin vacilación alguna en la dirección correcta de la fuente de alimento anunciada.

Las abejas italianas, aunque pertenecientes a la misma especie que las austríacas, se comunican entre sí mediante un dialecto distinto del lenguaje de danza indicado. Experimentos han mostrado que no sólo el sistema de comunicación, sino incluso el dialecto particular, está genéticamente programado. Las abejas italianas no aprenden el dialecto de las austríacas, ni viceversa. Sin embargo, las abejas criadas en completo aislamiento e introducidas más tarde en su propia colmena, no tienen dificultad en comunicarse con las demás. Y los experimentos de cruzamientos entre unas y otras han mostrado que los híbridos que se parecían mucho externamente al progenitor italiano usaban el dialecto italiano, mientras que los parecidos al austríaco usaban su dialecto. Los genes dictaban las pautas de su danza comunicativa del mismo modo que determinaban su apariencia física.

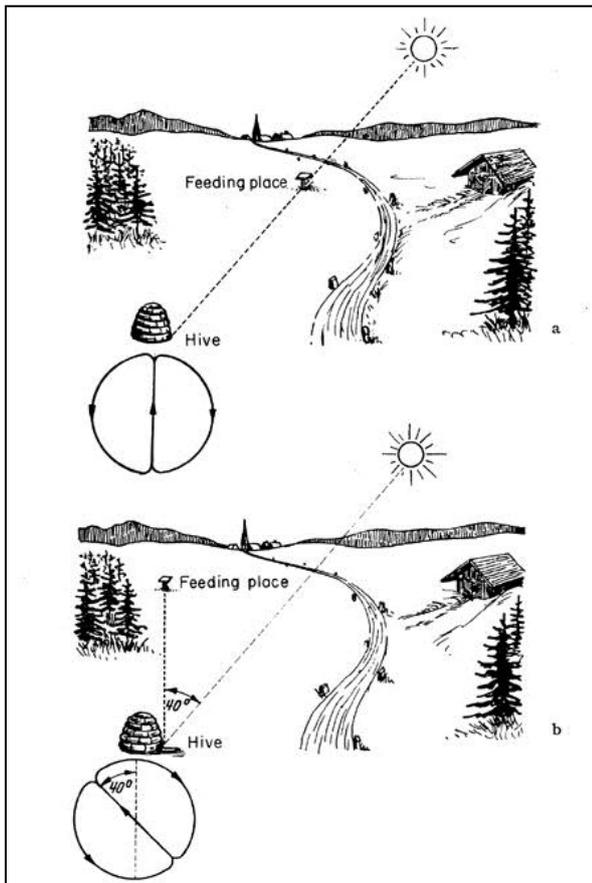
Como hemos visto a propósito de las herramientas y la comunicación, no es el tipo de función ni el grado de complejidad de una pauta de conducta lo que determina que sea natural o cultural, sino el modo como se ha obtenido la correspondiente información, por herencia bioló-

gica o por aprendizaje. Es obvio que hay numerosos casos de cultura animal, como los indicados y otros muchos que se descubren cada año.

El tipo de deriva cultural que se aprecia en la formación de diversos dialectos de un mismo sistema de comunicación se observa también en otras actividades. Así, los ostreros (*Haematopus ostralegus*), aves charadriiformes que se alimentan de mejillones, usan dos técnicas distintas para abrirlos: unos martillean los mejillones en la juntura, otros penetran con el pico por la apertura sifónica, forzando la separación de las valvas y cortando el músculo aductor que las une (Fig. 4). No se ha visto que un mismo ostrero emplee ambas técnicas, emplea o la una o la otra. Cambiando de nido los huevos de ostreros, se comprobó que la técnica empleada era producto del aprendizaje y no de la herencia, que era un rasgo cultural, un meme (Norton-Griffiths 1967).

### Genes y memes

El genoma es uno de los dos procesadores de información de los que disponemos en nuestro interior; el otro es el cerebro. El genoma de un individuo es el DNA de ese individuo, presente en los cromosomas del núcleo de cada una de sus células (excepto en los gametos, donde solo está a medias, y en los eritrocitos, donde no está en absoluto) y que incluye en especial todos sus genes. La información genética contenida en nuestro genoma puede dividirse en unidades simples o mínimas, llamadas factores hereditarios o genes. Un gen es la unidad física y funcional de herencia genética que transmite la información hereditaria de generación en generación. Molecularmente considerado, un gen es la secuencia entera de DNA necesaria para la síntesis del RNA mensajero que determina la producción de una proteína. Por tanto, el gen abarca no solo la secuencia codificante de proteínas del DNA, sino también las secuencias de DNA que codifican los RNA funcionales que determinan el tipo de empalme del RNA mensajero y, así, el tipo de proteína final sintetizada. Un gen está disperso en su cromosoma; incluso su porción codificante está dispersa, con secuencias no codificantes de DNA (los intrones) interrumpiendo la secuencia codificante (los exones), del mismo modo que los anuncios interrumpen la película en la televisión. Mediante el proceso del empalme, se produce en el núcleo de la célula una copia limpia de la porción codificante del gen como una secuencia continua de RNA-mensajero, de la que han desaparecido los intrones. Esta copia es transportada fuera del núcleo hasta los ribosomas, donde induce la producción de una determinada proteína. El proceso del empalme puede tener lugar de maneras ligeramente diferentes, dependientes de los RNA funcionales presentes, lo que da lugar a proteínas distintas.



**Fig. 3.** Las abejas de la miel indican a sus compañeras de colmena la dirección y distancia a la que se encuentra una fuente de alimento variando el ángulo con respecto al sol y la velocidad de su danza.



**Fig. 4.** Los ostreros, *Haematopus ostralegus*, emplean técnicas diferentes para abrir los mejillones de los que se alimentan. El uso de una u otra técnica no está determinado genéticamente, sino que constituye un rasgo cultural que es incorporado mediante el aprendizaje por imitación.

Así como no hay mente sin cerebro, tampoco hay información sin soporte. El soporte de la información genética se encuentra en las largas cadenas de nucleótidos que constituyen el DNA de los cromosomas. Toda la información genética está en los cromosomas. Determinar unidades de información genética equivale a segmentar los cromosomas. Un gen es una unidad de información genética correspondiente a un cierto segmento cromosómico disperso.

Gregor Mendel (1822-1884) descubrió que la herencia biológica se articula en caracteres discretos, que se transmiten sin mezclarse mediante pares de factores hereditarios, de los que uno suele ser dominante y el otro recesivo. Wilhelm Johannsen (1857-1927) llamó ‘genes’ a estos factores hereditarios en 1909. Los biólogos moleculares solían dividir el cromosoma en cistrones. Un cistrón es un segmento de cromosoma responsable de la codificación de una única cadena polipéptida de aminoácidos en una proteína. Hay codones o tripletes (secuencias de tres nucleótidos) específicos que son como signos tipográficos que marcan el inicio y el final del cistrón. Además, un test experimental (la prueba del cis-trans) permite definir el cistrón de un modo operacional preciso. Sin embargo, las mutaciones y recombinaciones que son las fuentes de la novedad genética no respetan las fronteras de los cistrones. Durante la meiosis pueden segregarse y recombinarse cistrones enteros, o trozos de cistrón, o fragmentos de DNA que ignoran los bordes cistrónicos. Y algo similar puede decirse de las mutaciones. Aparte de como cistrón, el gen ha sido definido en el pasado de varias otras maneras, por ejemplo, como cualquier porción de la cadena cromosómica que puede durar un número suficiente de generaciones como para servir de unidad de selección natural (Williams 1966; Dawkins 1976). En cualquier caso, retenemos que los genes son las unidades simples en

que se divide la información genética que se transmite de genoma en genoma, aunque los criterios de esa división hayan ido variando con el progreso de la investigación.

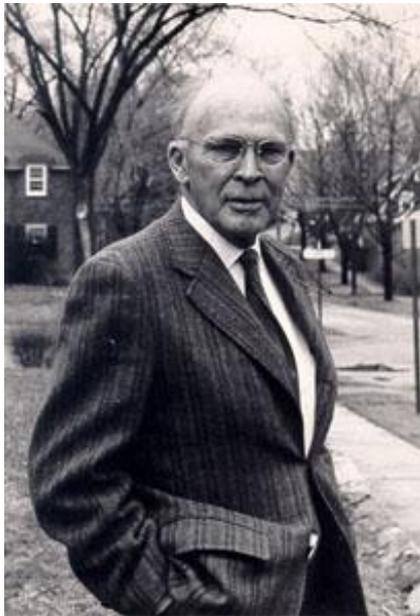
También la información cultural que se transmite de cerebro en cerebro puede dividirse hasta cierto punto en unidades simples: una idea, una convención, un uso, una regla, una habilidad, la fabricación o el manejo de un instrumento, etc. Los antropólogos llaman rasgos culturales a esas unidades simples. En palabras de Leslie White (1977, Fig. 5):

*“Generalmente se considera que el rasgo cultural es la unidad de cultura. Un rasgo puede ser un objeto (el cuchillo), una manera de hacer algo (de tejer), una creencia (en espíritus) o una actitud (el llamado horror del incesto). Pero, dentro de la categoría de cultura, cada rasgo está relacionado con otros rasgos. Un cúmulo distinguible y relativamente autocontenido de rasgos se llama convencionalmente un complejo cultural”.*

La transmisión de información, tanto por el canal genético como por aprendizaje, es generalmente conservadora, pero en ambos casos se da de vez en cuando la novedad: mutación y recombinación, en el primer caso; error de imitación, invención o descubrimiento, en el segundo. Si nos limitamos a una población determinada, la novedad genética puede ser también aportada al acervo génico por la inmigración de individuos procedentes de otras poblaciones, y la novedad cultural puede llegar también por la difusión de rasgos culturales procedentes de otros grupos étnicos. Una vez generada una nueva unidad de información, ésta se transmite de genoma en genoma o de cerebro en cerebro, con mayor o menor fortuna. Si no logra transmitirse, desaparece del acervo genético o cultural del grupo en que surgió o al que llegó.

Una unidad de información puede transmitirse mediante la producción de copias de su soporte, es decir, mediante la replicación de su soporte. Un gen es un replicador, es una entidad de la que constantemente se están produciendo copias. Richard Dawkins ha enfatizado que los infantes no son copias de sus progenitores, pero que los genes de los infantes sí son copias de genes de sus progenitores. Así pues, los verdaderos replicadores en el mundo orgánico no serían los organismos individuales, sino sus genes. Esta reflexión lo llevó a preguntarse si, además de los genes, habría otros replicadores. La conclusión a que llegó fue que también los rasgos culturales son replicadores, y comparó la propagación de los genes mediante la reproducción biológica con la propagación de los rasgos culturales mediante la moda o la imitación o la enseñanza.

En realidad, lo que se replica en la replicación genética, más bien que el gen como unidad de información genética, es el gen como soporte material de esa información, es decir, el correspondiente segmento de DNA que actúa como plantilla para la producción de copias idénticas de sí mismo. En el caso cultural no está tan claro que haya un soporte que se replique exactamente, cada vez que el rasgo cultural se transmite. El rasgo es información y puede adoptar distintas formas actuales (circuitos neuronales en el cere-



**Fig. 6.** El antropólogo americano Leslie A. White aseguraba que un objeto como el cuchillo podía ser considerado un rasgo cultural. Obsérvese que –desde el punto de vista de la actual concepción informacional de la cultura– habría que eliminar el cuchillo de la lista de ejemplos de rasgo cultural, a no ser que por cuchillo no se entienda un objeto material concreto, un cuchillo determinado, sino la idea de cuchillo y la información sobre cómo fabricarlo y usarlo.

bro) o virtuales (letras sobre el papel, configuraciones magnéticas en el diskette, ondas de presión en el aire) en soportes diferentes, de los que no puede decirse que unas sean copias exactas de las otras.

El nombre de ‘genes’ es un neologismo para designar las unidades de transmisión genética. Proviene del griego *génésis* (generación). Para referirse a las unidades de transmisión cultural o imitativa introdujo Dawkins en 1976 el neologismo *memes*, que recuerda tanto a *memoria* como a *mímesis* (imitación). A Dawkins le había llamado la atención la similaridad funcional entre genes y rasgos culturales, que ahora quedaba lingüísticamente reflejada en las expresiones paralelas de *genes* y *memes*. Nuestra naturaleza está así constituida por nuestra información genética, articulada en genes. Y nuestra cultura, por nuestra información mimética, articulada en memes (Fig. 6).

El soporte de una unidad de información genética o gen es un cierto segmento de DNA en el genoma de un individuo. El soporte de una unidad de información cultural o meme es cierta estructura neuronal en el cerebro de un individuo. En realidad conocemos nuestro cerebro mucho peor que nuestro genoma y no sabemos cómo almacena la información, aunque sospechamos que como complejos circuitos de conexiones neuronales, cuya estructura y localización precisa ignoramos. Esa estructura neuronal es el soporte de la información cultural, de los memes. En el caso de la cultura virtual humana, la misma información cultural puede estar también depositada en una variedad de soportes artificiales extracerebrales, tales como libros, cintas magnéticas o discos.

Diversos autores han comparado los memes con simbiosis (Dennet) o con virus (Dawkins). Los virus no están vivos, pero evolucionan por selección natural. En todo caso, los memes se parecerían a los factores hereditarios de Mendel (conocidos por sus efectos fenotípicos, como la rugosidad o lisura de las semillas de los guisantes), más bien que a los genes de la genética molecular. Los memes se sitúan a un nivel conceptual fenomenológico; ignoramos su correlato cerebral (como Mendel ignoraba el correlato molecular de sus caracteres). Carecemos de un criterio de identidad para los memes.

El concepto de meme y la teoría memética de la cultura son (en el mejor de los casos) análogos al concepto mendeliano de carácter hereditario y a la genética mendeliana más bien que a los conceptos moleculares de gen y a la genética molecular. En la genética molecular entendemos el mecanismo subyacente de la herencia (la replicación de la doble hélice de DNA), el código subyacente (el alfabeto de 4 bases o nucleótidos) y las unidades funcionales subyacentes (los genes). En el caso de la cultura carecemos por completo de una comprensión tal de los me-

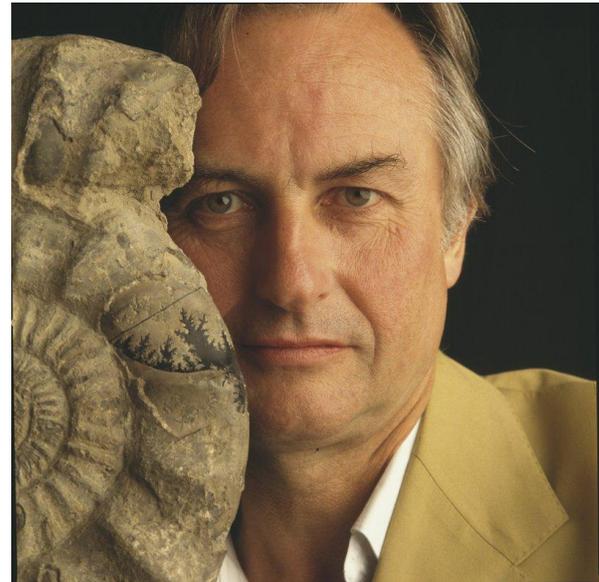
canismos, códigos y unidades subyacentes. De todos modos, también carecemos de ella en la genética mendeliana o en la genética de poblaciones. Por eso los estudios cuantitativos de la dinámica cultural han tomado como modelo la genética de poblaciones, y nunca la molecular.

En la genética mendeliana o de poblaciones hablamos de los genes como presuntas unidades hereditarias correspondientes a los caracteres fenotípicos que parecen heredarse y cambiar de un modo discreto característico. Así podemos decir que hay un gen para los ojos azules y otro gen (alelomorfo) para los ojos castaños, incluso sin conocer nada acerca del DNA y todavía menos acerca de la secuencia específica de DNA que codifica dichos caracteres. Podemos estudiar la distribución (las frecuencias relativas) de tales genes alelomorfos en la población y su cambio como función del tiempo. En la teoría de la cultura carecemos de una comprensión adecuada de los mecanismos y códigos cerebrales que están en la base del procesamiento interno de la información cultural. Sin embargo, podemos decir que hay un meme para comer el arroz con palillos, y otro (homólogo o alternativo o alomeme) para comerlo con tenedor. El primero es más frecuente en China y Japón, y el segundo en Francia y España, por ejemplo. Y podemos estudiar estadísticamente los cambios de la distribución de frecuencias de ambos memes con el tiempo.

### Información y efectos fenotípicos

Los memes se transmiten o contagian de cerebro en cerebro y constituyen una red. Esa red cultural es un efecto fenotípico de los organismos que la tejen, lo mismo que la tela de araña es un efecto fenotípico de la araña individual y el arrecife coralino es un efecto fenotípico colectivo de los pólipos que lo van creando.

Los biólogos y genetistas siempre distinguen claramente entre un gen (o el genotipo entero) como información y sus efectos fenotípicos en la anatomía y la conducta. Nadie confunde los genes para ojos azules, que son información codificada en una determinada secuencia de DNA, con los ojos azules mismos, cuyo característico iris consiste en tejido fibrovascular pigmentado. Si el meme es un trozo de información, entonces ha de ser distinto del objeto o proceso externo al que da lugar a la aplicación de dicha información. Hay que distinguir la canción como información (un meme que está en el cerebro) de la canción cantada como proceso acústico. No es lo mismo la información (que es un meme) de cómo hacer un bifaz (o “hacha”) de piedra a partir de un guijarro que el bifaz mismo de piedra que nos encontramos en la excavación. En el cerebro está el meme, pero no el bifaz; en el suelo está el bifaz, pero no el meme. En general, no hay que confundir un meme con sus efectos fenotípicos observables, visibles o audibles. Se trata de una distinción que Dawkins (1982) ya había captado:



**Fig. 6.** En su libro *El gen egoísta*, Richard Dawkins introdujo el neologismo “memes”, llamado así por su semejanza fonética con el término “genes”. Dawkins lo definió como la unidad de transmisión cultural, o la unidad de imitación y replicación.

*“Todavía no me había aclarado suficientemente sobre la distinción entre el meme mismo, como replicador, por un lado, y sus ‘efectos fenotípicos’ o ‘productos del meme’, por otro. Un meme debería ser considerado como una unidad de información residente en el cerebro. [...] Los efectos fenotípicos de un meme pueden tener la forma de palabras, música, imágenes visuales, estilos de ropa, gestos de la cara, [...] Son manifestaciones exteriores visibles (o audibles, etc.) de los memes de dentro del cerebro”.*

Los bienes transmitidos entre individuos, pero que no constituyen información, no son tampoco cultura. Los egipcios medievales y modernos habían conservado multitud de lápidas procedentes de la época faraónica, inscritas en caracteres jeroglíficos, que ellos no sabían descifrar. Habían heredado las piedras, pero no la cultura. En el siglo XVIII algunos campesinos prusianos, obligados a plantar patatas en sus campos, al principio comían los frutos de la planta (tóxicos, por contener solanina, un alcaloide venenoso) y enfermaban. El gobierno les había suministrado las patatas, pero no la información de que lo que se cosecha y se come son los tubérculos.

En resumen, la cultura está constituida exclusivamente por la información, y no por los productos u objetos o procesos materiales a los que su aplicación dé lugar, o por las conductas que esa información induzca. Esta concepción de la cultura ha ganado una creciente aceptación. Todo esto no es óbice para que los productos materiales (lo que algunos llaman impropriadamente la “cultura material”) de la actividad humana informada por

la cultura constituyan con frecuencia nuestra única vía de acceso al conocimiento (o la inferencia) de dicha cultura, sobre todo cuando se trata de culturas del pasado.

La lingüística generativa subraya la diferencia entre la competencia y la actuación (*performance*) del hablante. La competencia del hablante –que es parte de su cultura– es el conocimiento interiorizado o tácito del sistema de reglas gramaticales, léxicas y fonológicas que subyacen a su lengua y en particular a su idiolecto. La actuación consiste en las preferencias o inscripciones concretas efectivamente proferidas o escritas por el hablante. Esta distinción entre competencia y actuación, o la contraposición paralela entre *langue* y *parole* en Ferdinand de Saussure (1857-1913), encajan perfectamente en la distinción entre cultura y producto cultural, es decir, entre cultura como información (el sistema lingüístico en el cerebro) y sus efectos fenotípicos: las preferencias, conversaciones, escritos y correos electrónicos del hablante, e incluso sus gestos manuales en el caso de los sordomudos.

### El cambio cultural y su dinámica

Los rasgos culturales no solo se aprenden, asimilan o adoptan, también se olvidan o pierden. Se olvidan por falta de uso. En esto son comparables a los libros antiguos, escritos en papiro, material de escasa duración, por lo que solo se conservaban los textos que eran constantemente copiados y recopiados. Los que dejaban de copiarse, se perdían. Como ya vimos, la memoria a largo plazo se plasma en el establecimiento de ciertos circuitos neuronales, que dependen de conexiones sinápticas que se refuerzan con el uso y el recuerdo. Cuando dejamos de usar o recordar algo, las conexiones se debilitan y acabamos olvidándolo. Olvidamos algo porque el correspondiente esquema de conexiones desaparece o porque, aunque sigue ahí, ya no podemos acceder a él y recuperar la información que contiene.

La cultura de un individuo (es decir, el conjunto de los memes o rasgos culturales almacenados en su cerebro) está sometida a continuo cambio. Cada día aprendemos algo y olvidamos algo, sustituimos algún rasgo por otro, adoptamos y rechazamos algún meme. Nuestros conocimientos, habilidades y valores van cambiando con el tiempo. Nuestra cultura es una realidad dinámica, en continua evolución, en marcado contraste con nuestro genoma, fijado de una vez por todas en los genes que nos acompañan toda nuestra vida.

La cultura del grupo social es función de la cultura de los individuos que lo componen, y a fortiori está sometida a evolución dinámica. Aunque es posible que en grupos étnicos especialmente aislados y estables lo que aprenden unos pueda ser compensado por lo que olvidan otros, de tal manera que el acervo cultural del grupo entero apenas varíe, esa situación es más la

excepción que la regla. En general, el acervo cultural de un grupo está sometido a continuo cambio, tanto por la incorporación de nuevos memes exógenos y la pérdida de memes anteriores, como por la variación de las frecuencias relativas de los diversos alomemes (o variedades culturales) presentes. La evolución cultural es un hecho indiscutible.

En mecánica se llama cinemática al estudio de las trayectorias que los cuerpos describen en el espacio-tiempo, es decir, al estudio de las variaciones de su posición espacial en función del tiempo. La cinemática es puramente descriptiva, no explicativa. En cuanto nos preguntamos por qué se mueven los cuerpos precisamente de la manera que nos indica la cinemática, tenemos que aducir causas o introducir fuerzas que expliquen dichos movimientos. Con ello abandonamos la cinemática y penetramos en la dinámica. La dinámica (del griego *dýnamis*, fuerza) es el estudio de las fuerzas que determinan y explican el movimiento. La atracción gravitatoria, la repulsión electromagnética o la interacción nuclear débil son ejemplos de fuerzas.

La paleontología nos indica qué tipos de organismos poblaban la Tierra en diversas épocas, y cómo esos tipos han variado con el tiempo. La teoría de la evolución es la dinámica biológica: introduce fuerzas (como la mutación, la deriva genética o la selección natural) para explicar los cambios constatados por la paleontología.

Lo mismo que la dinámica física explica los cambios en las posiciones de los móviles mediante fuerzas como la gravedad, y que la dinámica biológica (la teoría de la evolución) explica los cambios de las especies en el tiempo mediante fuerzas como las mutaciones o la selección natural, la dinámica cultural trata de explicar los cambios culturales en el tiempo mediante fuerzas tales como el aislamiento, la decisión individual, la invención o la coacción. Etólogos, etnólogos, arqueólogos e historiadores nos describen los cambios que han experimentado los contenidos culturales y la distribución de las culturas a lo largo del tiempo, pero apenas explican dichos cambios. Tal explicación sería tarea de la dinámica cultural. Ello requeriría la introducción de fuerzas apropiadas, tales como la invención y el error involuntario en la transmisión (que corresponden a la mutación genética), la deriva cultural o fluctuación de las frecuencias debida al azar del muestreo (que corresponde a la deriva genética) y la elección racional (que corresponde a la selección natural), además de otras tales como la selección natural de los memes (efecto de sus consecuencias reproductivas) o la aculturación forzosa (efecto de la guerra de conquista).

En la dinámica cultural, una fuerza es simplemente un factor explicativo del cambio, algo que influye en la introducción o pérdida de memes o en el cambio de las frecuencias relativas en un acervo cultural. Cavalli-Sforza y Feldman (1981)

distinguen cinco fuerzas que actúan en la evolución cultural: la mutación cultural, tanto voluntaria (invención) como involuntaria (error en la imitación); la transmisión, que no es inerte vertical, como en biología, sino que puede ser oblicua u horizontal; la deriva cultural; la selección cultural (basada en las decisiones individuales); y la selección natural (basada en las consecuencias en cuanto a eficacia biológica o *fitness*). William Durham (1991) clasifica las fuerzas en no transmisoras (*no-conveyance forcés*) y transmisoras (*conveyance forces*). Las fuerzas no transmisoras son las fuentes de la variación cultural, las introductoras de variedad y novedad. Entre ellas se contarían la innovación y síntesis; la migración y difusión; y la deriva cultural. Dada esa variedad de alternativas culturales, las fuerzas transmisoras seleccionan unos memes más bien que otros mediante la transmisión diferencial de los alomemes. Entre ellas se cuentan las fuerzas asociadas al tipo y modo de transmisión (la eficiencia diferencial de los modelos sociales y la selección de roles); la selección natural (la reproducción diferencial de los individuos y la selección entre grupos sociales, que incluye la expansión diferencial o la extinción de sociedades enteras, incluyendo guerras y conquistas); y la selección cultural (tanto por libre elección individual como por imposición o coacción). Robert Boyd y Peter Richerson distinguen entre las fuerzas del azar (*random forces*), como los errores de aprendizaje y la deriva cultural, las fuerzas de la selección natural y las fuerzas de la decisión individual (*decision-making forces*), que incluyen la invención o modificación consciente de memes y la transmisión sesgada.

Cavalli-Sforza y Feldman han distinguido los modos vertical, oblicuo y horizontal de la transmisión cultural (Cavalli-Sforza y Feldman 1981). La información se transmite verticalmente de padres a hijos, de generación en generación. La transmisión horizontal tiene lugar entre individuos de la misma generación, como hermanos o amigos. La transmisión oblicua llega a miembros de la generación siguiente que no son los propios hijos; se produce, pues, entre individuos de distinta generación no emparentados entre sí por la relación de descendencia biológica, por ejemplo entre maestros y alumnos o entre cantantes famosos y sus admiradores.

La transmisión vertical de la información cultural siempre es transmisión de uno a uno. La transmisión horizontal también puede ser de uno a uno, como suele ocurrir entre amigos. La propagación o influencia cultural que ejercen los líderes, los maestros y los modelos sociales implica la transmisión de uno a muchos. Por el contrario, la enculturación a que una tribu o un grupo social someten al recién llegado se efectúa mediante la transmisión cultural de muchos a uno.

La evolución de una cultura grupal ocurre mediante: 1) la invención o introducción de nue-

vas dimensiones culturales, funciones o tareas; 2) la invención o introducción de nuevos memes alternativos para las tareas o funciones ya presentes; 3) la variación de las frecuencias relativas de los memes alternativos o alomemes con el tiempo. Si parangonamos la evolución cultural con la biológica, podríamos comparar el primer tipo de cambio con las macromutaciones (por ejemplo, las que producen poliploidía), el segundo con las mutaciones normales en un locus ya existente del cariotipo de la especie y el tercero con la evolución de las frecuencias génicas estudiada por la genética de poblaciones. De hecho, casi todos los modelos cuantitativos de la evolución cultural tratan de representar el tercer tipo de cambio, es decir, están centrados en el análisis de los cambios en el tiempo de la distribución de frecuencias de un stock fijo de memes, en analogía con los métodos cuantitativos de la genética de poblaciones (ver por ejemplo los de Cavalli-Sforza y Feldman 1981, los de Lumsden y Wilson 1981, o los de Boyd y Richerson 1985).

### Difusión y deriva

Las necesidades básicas del humano le vienen dadas por su naturaleza y son prácticamente universales. La satisfacción de esas necesidades representa un reto permanente. Las diversas respuestas a ese reto constituyen las diversas culturas, que son como las diversas soluciones de la ecuación multivariada de nuestras necesidades. En efecto, las mismas necesidades (naturales) pueden ser satisfechas por medios (culturales) distintos. Y las diferentes culturas representan soluciones distintas a los mismos problemas. Desde luego, las culturas no se limitan a su función principal de solucionar problemas naturales; también aportan sus propios problemas y pseudo-problemas, y sus correspondientes soluciones (o ausencia de soluciones).

Muchas veces un grupo aplica tradicionalmente una mediocre solución cultural propia a uno de sus problemas y, mediante la asimilación de otra solución ajena más eficaz, logra resolver mejor el problema. Ello no significa que la difusión tenga siempre un carácter progresivo. También hay difusión de memes nocivos, como la práctica de fumar tabaco o el terrorismo.

La difusión ha sido metafóricamente caracterizada como contagio cultural. Y el contagio es tanto más fácil cuanto más estrecho sea el contacto. Cuando diversos grupos socioculturales están en contacto y sus miembros tienen oportunidad de comunicarse entre sí, la difusión de rasgos culturales es inevitable. La difusión entre dos grupos socioculturales puede ser mutua, pero si ambos tienen un nivel distinto de desarrollo, en la mayor parte de los casos la difusión seguirá la dirección desde el sistema más desarrollado hacia el menos desarrollado, no solo porque muchos rasgos culturales del primero serán más útiles o eficaces

que los correspondientes del segundo, sino también por el superior prestigio asociado con el mayor adelanto general del primer grupo, que afectará incluso a memes que no presenten ventaja alguna.

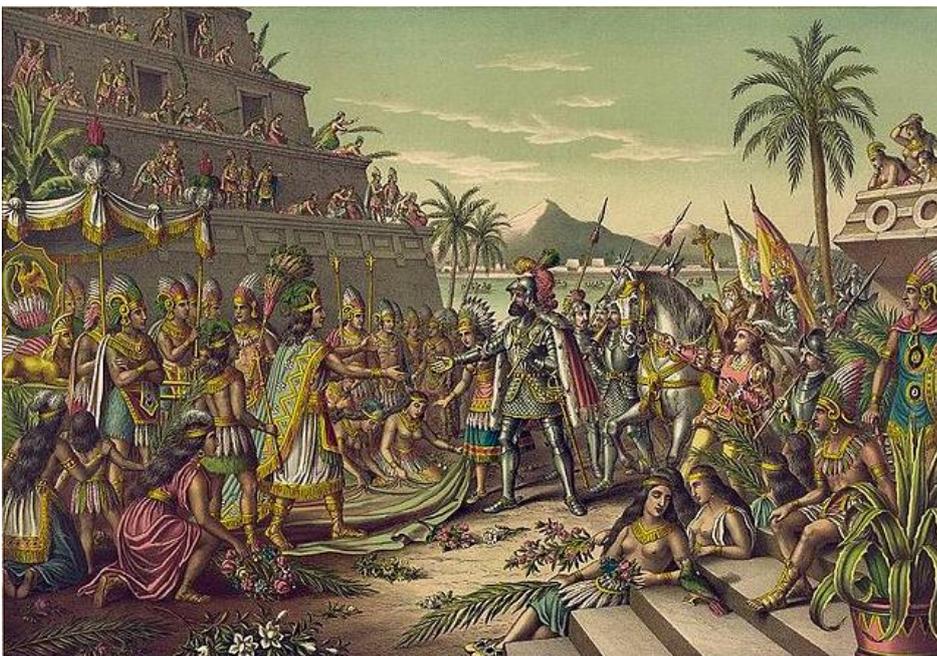
Un caso extremo de difusión es la difusión forzada o aculturación, que con frecuencia acompaña a fenómenos de colonialismo, guerra y opresión ideológica. Los individuos son obligados contra su voluntad a asimilar rasgos culturales impuestos por el colonizador, por el vencedor o por el propio gobierno. La conquista española de América (Fig. 7) representó un caso especialmente craso de aculturación o difusión forzada de memes ajenos no deseados (empezando por todo el complejo cultural religioso del catolicismo) entre las poblaciones indígenas. También los nacionalismos tratan de homogeneizar culturalmente la población sobre la que ejercen su dominio mediante la imposición de las formas culturales que ellos identifican con su presunta nación. La aculturación, interna o externa, siempre resulta de la coacción, y en ello se diferencia de la difusión pacífica, basada en la libre elección de los individuos.

Si el contacto trae consigo la difusión, el aislamiento provoca la deriva. Como es bien sabido, el aislamiento continuado de una población de organismos en subpoblaciones separadas trae consigo una creciente diferenciación genética entre las diversas subpoblaciones, a la vez que una mayor uniformidad genética entre los individuos de cada subpoblación. Algo parecido ocurre con la cultura. La separación de una población poseedora de una cultura más o menos homogénea en subpoblaciones aisladas entre sí provoca la deriva cultural, es decir, la evolución diferencial y la fragmentación de la cultura inicial.

Un ejemplo especialmente claro es la fragmentación geográfica del latín en lenguas romances distintas, provocada por el aislamiento en que cayeron las diversas poblaciones de la Europa meridional tras el hundimiento del Imperio Romano. Mientras el Imperio Romano se mantuvo, sus diversas regiones estaban intercomunicadas tanto por tierra, mediante su red de bien cuidadas vías romanas, como por mar, mantenido libre de piratas por la flota imperial. Las mutaciones lingüísticas del latín surgidas en cualquier punto eran difundidas por comerciantes, funcionarios y soldados a lo ancho y largo del Imperio. La lengua latina permanecía unitaria y homogénea. Tras el colapso del Imperio, las vías terrestres dejaron de repararse y se infestaron de bandidos. El mar Mediterráneo se llenó de piratas. Ya casi nadie viajaba. Las regiones quedaron aisladas unas de otras. Las mutaciones del latín en Rumanía ya no llegaban a Italia, ni las de Portugal a Francia, ni las de Córcega a la Toscana, ni las de Asturias a Cataluña. Cada región generaba y acumulaba sus propias mutaciones, cambios, errores y novedades lingüísticas, tanto en la fonética, como en la gramática y el vocabulario. Al cabo de los siglos, el latín de los unos ya no era comprensible para los otros. El latín unitario se había fragmentado en latines distintos, las diversas lenguas románicas (Fig. 8).

### Elección racional

La mutación genética y la recombinación sexual producen innovaciones en la información transmitida genéticamente. La mayoría de esas innovaciones son contraproducentes. La fuerza que se encarga de seleccionar las pocas innovaciones beneficiosas es la selección natural. El portador



**Fig. 7.** El desembarco de Hernán Cortés en México en 1519 supuso el final del imperio azteca. La conquista llevó aparejada la difusión de nuevos memes y el comienzo de la cultura colonial entre las poblaciones indígenas de Centroamérica.

de una mutación que produzca una tendencia positiva a tocar el fuego se morirá pronto y no transmitirá sus genes. También la invención, el error de copia y otras fuerzas producen innovaciones de todo tipo en la cultura, la mayor parte de las cuales son contraproducentes. La fuerza de la dinámica cultural que se encarga de cribar las innovaciones favorables de las otras y que corresponde a la selección natural en la dinámica de la evolución biológica es precisamente la elección individual, sobre todo bajo su forma de elección racional, basada en la experiencia.

La transmisión diferencial de los memes desempeña en la dinámica cultural el mismo papel que la reproducción diferencial juega en la teoría de la evolución biológica. La selección cultural (o selección por preferencia) se da cuando la transmisión diferencial de los memes es efecto de las decisiones de los agentes (Durham 1991). Hay dos modos principales de selección cultural: la selección por libre elección individual (o decisión propia) y la selección por imposición (o decisión ajena). A su vez, la elección individual puede ser racional o no. No me voy a extender aquí sobre este tema de la decisión racional, puesto que ya le he dedicado un libro entero recientemente (Mosterín 2008).

Así como la selección natural no es la única fuerza que actúa en la evolución biológica, así tampoco la elección racional es la única fuerza que determina la evolución cultural. Incluso dejando de lado las fuerzas de la imposición, hay que constatar que la actual facilidad de comunicación y transporte determina que todo tipo de innovaciones valorativas, gustos, manías y modas se extiendan y difundan rápidamente por todo el planeta, con independencia de su carácter beneficioso o perjudicial.

### **Evolución biológica y cultural**

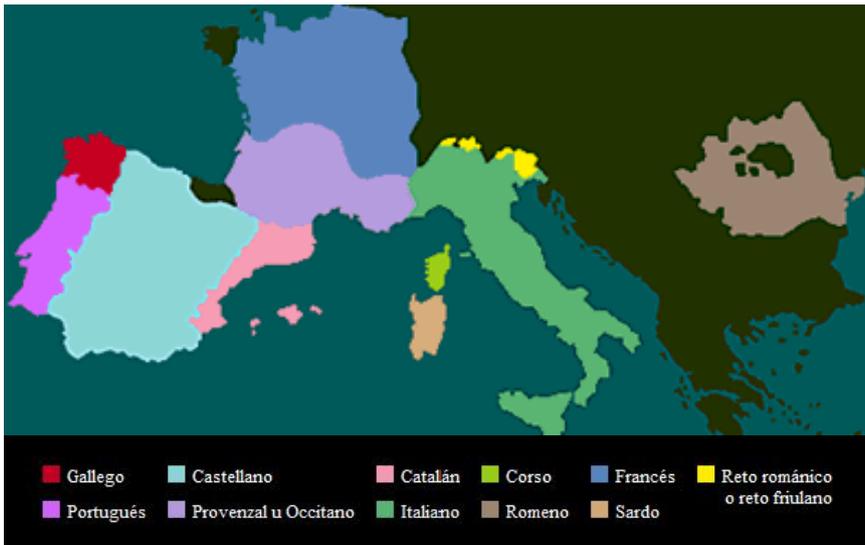
Con frecuencia se compara la evolución de las especies biológicas con la de las culturas grupales. Es cierto que hay un gran parecido en algunos aspectos, por ejemplo, entre la especiación alopátrida y la fragmentación cultural. La especiación alopátrida (la formación de nuevas especies por separación geográfica) provoca el aislamiento reproductivo y la evolución genética diferencial: las nuevas mutaciones en una subpoblación ya no se difunden en la otra y las diferencias se acumulan hasta producir dos especies distintas. La fragmentación cultural, también por separación geográfica o social, provoca el aislamiento comunicativo y la evolución cultural diferencial: las nuevas ideas o memes que se forman en un subgrupo ya no se difunden en el otro y las diferencias se acumulan hasta producir dos grupos culturales distintos. Mientras el aislamiento de poblaciones de la misma especie puede conducir al surgimiento de nuevas especies, el aislamiento de poblaciones con la misma lengua

puede conducir al surgimiento de nuevas lenguas, como ocurrió con la ya citada fragmentación del latín en lenguas romances tras la caída del Imperio Romano.

La teoría darwinista de la evolución por selección natural ha tenido un gran éxito en su aplicación a la biología. Por ello no es de extrañar que varios autores hayan tratado de repetir ese éxito, aplicando los principios abstractos de la teoría darwinista de la evolución en otros campos, como el sistema inmunitario, la evolución prebiótica de las macromoléculas, la evolución cultural, la epistemología e incluso la teoría de la empresa.

Karl Popper (1902-1994), Donald Campbell (1916-1996) y David Hull han propuesto considerar el desarrollo del conocimiento científico como una realización concreta de la idea abstracta de evolución. En la última etapa de su vida, a Popper cada vez le gustaba más comparar su epistemología con el esquema darwinista de la evolución. Como la selección natural va eliminando los resultados contraproducentes de la creatividad aleatoria de las mutaciones, hasta mantener solo los rasgos de los organismos adaptados a las condiciones de su entorno, así también la crítica, la refutación y la contrastación empírica van eliminando las muchas genialidades erróneas que se nos ocurren, hasta dejar solo las que (provisionalmente) parecen dar en el clavo y reflejar la estructura de la realidad. La compleja organización de los animales, e incluso nuestra propia naturaleza, no es el resultado de un diseño premeditado ni de una planificación infalible. Es más bien el fruto fecundo del azar y la presión selectiva. El constante ensayo de nuevas fórmulas y su continua eliminación conducen finalmente a seres tan bien adaptados y complejos como nosotros. Lo que nos separa de los primitivos protistos son millones de errores en la copia del material genético. Sin errores no habría habido progreso biológico y nosotros no estaríamos aquí para contarlo. El ensayo, el error y el riesgo son –según Popper– la fuente de la vida y el origen de la creatividad. Lo mismo ocurre en la ciencia. El miedo enfermizo a equivocarnos puede paralizar nuestro dinamismo intelectual, hacernos apocados y reducir nuestra disposición a inventar ideas novedosas y a hacer propuestas audaces y arriesgadas. Solo quien asume el riesgo de equivocarse tiene la oportunidad de acertar.

La versión matemáticamente más sofisticada de la teoría darwinista de la evolución es la que se expone a través de la genética de poblaciones. Por eso, genetistas como Feldman, Cavalli-Sforza, Boyd y Richerson han aplicado los formalismos matemáticos de la genética de poblaciones al cambio cultural, dando lugar a modelos formales y teorías estadísticas de la evolución cultural, en que los memes, rasgos o variantes culturales desempeñan un papel paralelo al de los genes. Aunque la mayoría de los autores han



**Fig. 8.** Las lenguas romances o románicas son lenguas estrechamente relacionadas entre sí que derivaron del latín tras la caída del Imperio Romano. El aislamiento de las poblaciones durante la decadencia del Imperio supuso la fragmentación de la lengua unitaria por acumulación de mutaciones lingüísticas en las diferentes regiones.

seguido esta orientación darwinista, algunos no están de acuerdo. Por ejemplo, Stephen J. Gould (1997):

*“Los mecanismos del cambio cultural son profundamente diferentes de los de la evolución biológica. El cambio cultural sigue los preceptos de Lamarck, permite la transmisión de caracteres adquiridos. Por ello, es extremadamente rápido, en comparación con el cambio biológico, que obedece a las leyes de Darwin. La evolución biológica no se rige por las teorías de Lamarck. [...] El término comparable al cambio cultural, es la infección y no la evolución”.*

### Fallos de la analogía

Los paralelismos entre la evolución biológica y la cultural no deben hacernos pasar por alto sus diferencias. ¿Hasta qué punto son comparables la evolución biológica y la cultural, los genes y los memes? He aquí algunas diferencias importantes:

1) Mientras conocemos bien el mecanismo subyacente a la información genética (la doble hélice de DNA y el código genético), ignoramos casi todo del mecanismo cerebral que subyace a los memes.

2) Los genes se replican directamente, sin pasar por efectos fenotípicos intermedios. Cada gen, considerado como secuencia de DNA, produce por replicación otro gen idéntico. Los memes, por el contrario, solo pueden replicarse a través de la mediación de sus efectos fenotípicos (preferencias lingüísticas, escritos, gestos, conducta observada), que, eventualmente, pueden llegar a provocar el surgimiento de un meme similar en el cerebro del oyente, observador o receptor.

3) Los genes son replicadores casi perfectos que producen copias exactas de sí mismos en el curso de la mitosis y de la meiosis. Los memes, por el contrario, solo producen aproximaciones inexactas de sí mismos al pasar indirectamente de un cerebro a otro.

4) En el mundo biológico los cambios meramente fenotípicos no se transmiten genéticamente y en general se pierden. Sin embargo, los contenidos culturales (que desde un punto de vista biológico son parte del fenotipo extendido) sí se transmiten, aunque no genéticamente, sino por aprendizaje social.

5) Los cambios genéticos son aleatorios, ocurren al azar, en ausencia de cualquier intencionalidad. Sin embargo, los cambios culturales con frecuencia (aunque no siempre) responden a un diseño intencional de sus inventores o introductores.

6) Los individuos portadores de genes y de memes pueden cambiar de memes, pero no de genes.

7) Una especie solo se extingue por la muerte de todos sus miembros. Sin embargo, una variante cultural, lo mismo que una moda, una lengua, una ideología o una técnica obsoleta, puede desaparecer sin que se extingan sus portadores; basta con que se desinteresen de ella y dejen de practicarla.

8) Las especies biológicas son como tubos en el espacio-tiempo por los que viajan los genes. Los tubos son completamente estancos, exceptuando los fenómenos marginales de hibridación. Por el contrario, las culturas grupales no están aisladas, sino que son permeables.

9) El fenómeno de la convergencia cultural, por el que los diversos grupos sociales comparten cada vez más memes, carece de paralelo en la evolución biológica. Grupos culturales distintos pueden intercambiar memes, pero especies distintas no pueden intercambiar genes (si pudieran, no serían especies distintas). La actual convergencia cultural universal (la “globalización”) carece de contrapartida alguna en la evolución biológica.

En cualquier caso, la evolución cultural, como la biológica, es un fenómeno histórico, dependiente de mil contingencias imprevisibles. No podemos predecirla con ningún grado de precisión ni seguridad.

La evolución cultural depende de la biológica en cuanto a su origen y las estructuras cognitivas que involucra, pero, una vez puesta en marcha, no siempre va en la misma dirección. Los resultados de la evolución cultural no siempre son adaptativos en sentido biológico; a veces no lo son, pues reducen la eficacia biológica o *fitness* de sus portadores, como ocurre con las tradiciones que fomentan la castidad o que rechazan la procreación o que inducen al suicidio. Pensemos en el voto de castidad de los sacerdotes católicos o en la oposición de los cátaros medievales al matrimonio y la procreación. También cabe mencionar aquí el auge de los terroristas suicidas en el mundo islámico, así como la actual moda de suicidios colectivos en Japón. Los samuráis habían practicado el suicidio ritual como modo de afrontar una situación vergonzosa. En la Segunda Guerra Mundial se hicieron famosos en occidente los pilotos kamikazes japoneses, que se suicidaban estrellando su avión cargado de explosivos contra un barco enemigo. Todavía ahora, en el siglo XXI, grupos de suicidas anónimos se conocen y se animan por Internet e incluso se suicidan juntos, a veces en el curso de una excursión colectiva organizada con esa intención, mediante el uso, por ejemplo, de quemadores de carbón vegetal o del tubo de escape de un coche, convertido en la base de una improvisada y voluntaria cámara de gas. Cada año se suicidan más de 30.000 japoneses. En 2007 fueron unos 33.000. La mayoría son hombres adultos. De todos modos, hay otros países que superan a Japón en tasa de suicidios, como Lituania, Bielorrusia, Rusia o Letonia.

### Convergencia y divergencia

El aislamiento y la dificultad de transporte y comunicación determinan la deriva cultural, la fragmentación del mundo en áreas culturales distintas. El contacto y la facilidad de transporte y comunicación determinan la difusión de los memes y la convergencia de las culturas grupales. Decimos que dos culturas étnicas convergen (o que dos grupos sociales convergen culturalmente), si el número de memes que comparten se incrementa continuamente.

Durante la mayor parte de la historia, los diversos grupos humanos han estado aislados unos de otros por barreras geográficas o sociales casi infranqueables. China, por ejemplo, estaba aislada al norte por las estepas y taigas nevadas de Siberia, al este y sudeste por el océano Pacífico, al noroeste por el desierto de Taklamakán y al suroeste por las cumbres inaccesibles del Himalaya. No es de extrañar que los chinos identificaran China con el mundo habitado y civilizado, más allá del cual solo se extendían helados e inhóspitos desiertos, apenas cruzados por rudos salvajes. Así se explica también que el secreto chino de la producción de la seda tardase varios

milenios en difundirse, a pesar de que los valiosos tejidos llegaban trabajosamente a Occidente a través de la ardua ruta de la seda.

Muestra bien representativa del aislamiento cultural de América es el hecho de que, a la llegada de los españoles, los pueblos americanos –incluso los más avanzados, como los aztecas o incas– aún ignorasen el uso de la rueda para el transporte, lo cual solo se explica por el aislamiento físico a que estuvo sometido el continente americano desde que, tras la última glaciación, las aguas cubrieron el estrecho de Bering, convirtiendo América en una isla. Más sorprendente resulta que la utilísima invención de la rueda tardase dos mil años en llegar desde Mesopotamia, donde ya se conocía hacia -3500, hasta el cercano Egipto, donde solo empezó a usarse hacia -1570, ya en el Imperio Nuevo.

Los progresos del transporte y la comunicación han sido lentísimos. Los correos de Napoleón tardaban lo mismo en llegar que los de Julio César. Hasta el siglo XIX era prácticamente imposible superar (por tierra o por mar) la velocidad de 100 Km. por día, que solo se alcanzaba en las rutas privilegiadas y contando con todos los medios. Los viajes y transportes normales eran mucho más lentos. Los imperios del pasado necesitaban meses para que las órdenes y noticias se difundiesen a su través. De hecho, las noticias no podían viajar más deprisa que sus portadores (un hombre a caballo en Europa y Mongolia, un hombre corriendo en Asia, África y América). Ahora podemos viajar y transportar mercancías a cualquier punto del planeta dentro del mismo día. Y las noticias pueden viajar a la velocidad de la luz, es decir, a todos los efectos prácticos, instantáneamente.

La convergencia y la deriva culturales no son fenómenos azarosos. La convergencia viene determinada por el contacto y la comunicación, la deriva por el aislamiento. Aunque todavía quedan bolsas de aislamiento en nuestro planeta, es indudable que hemos alcanzado en nuestra época una facilidad sin precedentes para viajar, contactar y transportar, sobre todo para transportar información, para comunicarnos. Por eso no es de extrañar si observamos una convergencia cultural también sin precedentes.

### La cultura universal

La diversidad genética de los humanos es bastante menor que la de otros muchos mamíferos. Por ejemplo, aunque hay 50.000 veces más humanos que chimpancés, los pocos chimpancés vivientes contienen más variabilidad genética que los humanos.

La pequeña diferencia entre los acervos genéticos de las poblaciones humanas se debe en parte a la deriva y en parte a la adaptación a las diversas condiciones ambientales locales, inducida por la selección natural. Por ejemplo, las diferentes

pigmentaciones de la piel, características de grupos raciales distintos, representan adaptaciones de las poblaciones humanas a los diversos niveles de insolación que se dan en los territorios que habitan, ya que la pigmentación cutánea actúa como filtro que deja pasar más o menos rayos ultravioletas a la dermis, controlando así la producción de vitamina D. La pigmentación que conduce a la producción del nivel óptimo de vitamina D depende del nivel de insolación y es distinta en cada territorio, por lo que la selección natural ha favorecido pigmentaciones distintas en lugares diferentes.

El acervo genético de la humanidad determina el carácter de nuestras necesidades y motivaciones básicas. La satisfacción de esas necesidades y motivaciones plantea el problema que las diversas culturas tratan de resolver. Por eso sería de esperar que, correspondiendo a la relativa homogeneidad genética de las poblaciones humanas, nos encontrásemos con una gran uniformidad cultural, solo variada o matizada por adaptaciones ecológicas a los factores geográficos locales, como el suelo y el clima. Sin embargo, ello no es así.

La notable fragmentación cultural de una humanidad bastante homogénea genéticamente se debe al aislamiento en que han vivido los grupos humanos, que impedía o dificultaba la transferencia de memes entre ellos, la difusión y el contagio cultural. La situación de aislamiento determina que las fuerzas del azar (la deriva y los errores de transmisión que, por ejemplo, dan lugar a la evolución lingüística) jueguen un papel preponderante en la evolución de la cultura, lo que conduce a la divergencia cultural tanto en los contenidos como en los ritmos de desarrollo. Esa situación ya no se da. En estos momentos asistimos a la constitución de una única cultura mundial, en la que se funden y hacia la que convergen las diversas culturas étnicas tradicionales. Conforme la creciente convergencia cultural vaya consolidándose, es de prever que el papel desempeñado por las fuerzas del azar en la evolución de la cultura vaya reduciéndose, aunque siempre habrá variaciones estocásticas en los fenómenos culturales superficiales pero visibles, como la moda. La selección natural biológica tampoco parece llamada a ser decisiva en la evolución cultural, pues son precisamente los pueblos que menos se reproducen los que más memes están aportando a la cultura universal.

Los acervos culturales de las diversas poblaciones humanas se enriquecen por la introducción de nuevas dimensiones y funciones culturales importadas y por la incorporación de alomemes exógenos alternativos para el desempeño de las funciones ya conocidas. La oferta cultural aumenta. La competición entre los memes homólogos puede producir una selección cultural, una adopción diferencial por parte de la población de los

alomemes que la cultura ampliada ofrece, debida fundamentalmente a la decisión de los individuos de adoptar un meme más bien que otro porque piensan que el primero contribuye más que el segundo a satisfacer sus necesidades e intereses, dadas las condiciones locales. Teniendo en cuenta la relativa homogeneidad genética de la humanidad, previsiblemente incrementada en el futuro por los flujos migratorios, estos desarrollos acabarán conduciendo a una cultura universal única, provista de una oferta cultural muy rica, aunque modulada geográficamente por variaciones estadísticas en la distribución de los memes en función de variables puramente ecológicas.

Suele llamarse eficacia biológica o reproductiva (*fitness*) de un individuo a su contribución relativa al acervo genético de la siguiente generación. Cuantos más infantes procrea que lleguen a la madurez sexual, tanto mayor será su eficacia reproductiva. De modo similar podemos llamar eficacia cultural de un individuo a su contribución relativa al acervo cultural. Cuanto más propague sus memes, cuanto más influya en los otros, cuantos más discípulos, oyentes, lectores o seguidores tenga, tanto mayor será su eficacia cultural. Son dos eficacias distintas y no correlacionadas. Muchos individuos –como Buda, Newton o Kant– que no han sido nada eficaces biológicamente, pues no se han reproducido, han sido muy eficaces culturalmente, pues sus ideas han logrado una gran difusión. No han transmitido sus genes, pero sí sus memes. La Iglesia católica prohíbe a sus sacerdotes que transmitan sus genes, con la intención de que así puedan concentrarse y ser más eficaces en la transmisión de sus memes.

En conjunto, la actual dinámica cultural tiende a la globalización, la virtualización y la digitalización. También tiende a la accesibilidad fácil y universal a todos los contenidos culturales, al menos en la medida en que el sujeto cuente con las habilidades y conocimientos previos necesarios. Por eso, las limitaciones con las que tropezamos están cada vez más dentro de nosotros mismos, no fuera.

## REFERENCIAS

- Bonner, J.T. 1980. *The Evolution of Culture in Animals*. Princeton University Press, Princeton.
- Boyd, R. y Richerson, P.J. 1985. *Culture and the evolutionary process*. University of Chicago Press, Chicago.
- Cavalli-Sforza, L.L. y Feldman, M. 1981. *Cultural Transmission and Evolution*. Princeton University Press, Princeton.
- Dawkins, R. 1976. *The selfish gene*. Oxford University Press, Oxford.
- Dawkins, R. 1982. *The extended phenotype*, Oxford University Press, Oxford.

- Durham, W.H. 1991. *Coevolution: genes, culture, and human diversity*. Stanford University Press, Stanford.
- Gould, S.J. 1997. ¿Un futuro para la especie? *El País*, 13 oct 1997.
- Hofstede, G. y Hofstede, G.J. 2005. *Cultures and organizations. Software of the Mind*. McGraw-Hill, Nueva York.
- Lumsden, C. y Wilson, E. 1981. *Genes, mind, and culture: the coevolutionary process*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Norton-Griffiths, M.N. 1967. Some ecological aspects of the feeding behavior of the oystercatcher *Haematopus ostralegus* on the edible mussel *Mytilus edulis*. *Ibis* 109: 412-424.
- Richerson, P.J. y Boyd R. 2005. *Not by genes alone: how culture transformed human evolution*. University of Chicago Press, Chicago.
- Mosterín, J. 2008. *Lo mejor posible: racionalidad y acción humana*. Alianza Editorial, Madrid.
- Von Frisch K. 1957. *Erinnerungen eines Biologen*. Springer-Verlag, Berlín.
- White, Leslie: 1977. *Human culture*. Encyclopedia Britannica, Chicago.

Williams, G.C. 1966. *Adaptation and natural selection*. Princeton University Press, Princeton.

### Información del Autor

*J. Mosterín* es un filósofo español internacionalmente conocido por sus trabajos en la frontera entre la ciencia y la filosofía. Es autor de una treintena de libros y numerosos artículos técnicos sobre filosofía de la biología y filosofía de la cosmología. Defensor de los animales y de la naturaleza, fue amigo y colaborador de Félix Rodríguez de la Fuente, y director editorial de sus grandes obras, la Enciclopedia Salvat de la Fauna y Fauna Ibérica y Europea. Mosterín es Catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Barcelona y Profesor de Investigación en el Instituto de Filosofía del CSIC, miembro de la Academia Europea de Londres, del *Center for Philosophy of Science* de Pittsburgh, del *Institut International de Philosophie* de París y de la *International Academy of Philosophy of Science*.

## Artificialidad e intervención\*

Andrés Moya

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universitat de València y Centro Superior de Investigación en Salud Pública (CSISP) de València. José Beltrán 2, 46980 Paterna, Valencia. E-mail: Andres.Moya@uv.es

\*Este artículo procede del Capítulo 16 de la obra: Moya A. 2010. *Naturaleza y Futuro del Hombre*. Editorial Síntesis, Madrid.

### RESUMEN

Si existe una característica que define a la especie humana es la de su capacidad de intervenir en la naturaleza y sobre él mismo. Pero tal característica goza de racionalidad variable a lo largo de nuestra historia. En este trabajo sostengo, primero, que nuestra capacidad de intervención es crecientemente racional y, segundo, que la ciencia que se necesita para intervenciones de gran calado, probablemente necesarias, todavía está por venir. *eVOLUCIÓN 7(esp): 87-94 (2012)*.

**Palabras Clave:** Naturaleza, naturaleza humana, intervención humana, ciencia por venir.

### ABSTRACT

If there is a defining characteristic of the human species is its ability to intervene in nature and itself. The rationality of such characteristic, however, is variable throughout our history. In this paper I argue, first, that our ability to intervene is increasingly rational and, second, that the science that is needed for far-reaching and probably necessary interventions is yet to come. *eVOLUCIÓN 7(esp): 87-94 (2012)*.

**Key Words:** Nature, human nature, human intervention, science to come.

Cuando se sostiene que dominamos la naturaleza significa que, en alguna medida o con cierto grado de eficiencia, la controlamos y tenemos capacidad para actuar sobre ella, para modificarla. La naturaleza exhibe el repertorio de elementos que son susceptibles de manipulación y modificación. De ellos podemos derivar, a su vez, productos nuevos, artificiales. Pero también constituye una artificialización el proceso de actuar en la naturaleza para obtener de ella cualquier recurso porque, tal acción, de alguna forma, conlleva la modificación del contexto. No existe componente que no proceda de la naturaleza, y cualquier producto artificial se compondrá de elementos naturales o estará compuesto de elementos artificiales que, a su vez, se compondrán de otros naturales. La noción de artificial, así como el proceso que conlleva la generación de lo artificial –la artificialización– no es trivial en absoluto, pues comprende muchas de las actividades transformadores humanas.

Son ingentes los productos artificiales que se elaboran a partir de componentes naturales y que obedecen o siguen las pautas de quienes los han diseñado. Y también es muy amplia, aunque de racionalidad más dudosa, la artificialización del contexto natural, ése que queda alterado en ma-

yor o menor grado como consecuencia de la intervención en la naturaleza cuando se pretende obtener determinados recursos. El grado de artificialidad es otra cuestión que debe resaltarse. Las cuevas de nuestros antepasados, sin entrar en las ornamentaciones o modificaciones efectuadas en ellas una vez habitadas, suponen un ejemplo de vivienda. Su grado de artificialidad es menor que el de cualquier otra elaborada a partir de componentes procedentes de la naturaleza, desde las tiendas preparadas con maderas y pieles de animales, por citar algunos elementos, pasando por las construidas con barro cocido, hasta llegar a las construcciones que utilizan materiales modernos, variados y sofisticados (Fig. 1).

La artificialidad que el hombre introduce en el planeta podría pasar por anecdótica mientras sus efectos se manifestasen como pequeños parches sobre la superficie del mismo. El ejemplo más patente lo constituyen las ciudades que, a lo largo de la historia de la humanidad, han ido apareciendo y desapareciendo, así como las redes de comunicación entre ellas o los halos de la presencia humana alrededor de los núcleos de poblamiento (esto tanto en la prehistoria como en la historia). Pero si la población crece, los efectos de la artificialidad del planeta no pueden dejar de

**Fig. 1.** La integración de las viviendas y otras construcciones humanas en la naturaleza se ha reducido conforme se han ido incorporando materiales y procesos más modernos y sofisticados que han incrementado el grado de artificialidad de las sociedades humanas.



observarse. Por ejemplo: ha aumentado el número de ciudades y su poblamiento medio, así como los halos que las rodean. Y del mismo modo han crecido las redes de comunicación entre ellas. El crecimiento de la demografía hace patente, y no necesariamente en forma lineal, el efecto artificializador de la presencia humana en el planeta.

Pero hay que introducir un criterio de racionalidad en este proceso de transformación de lo natural, pues nuestras capacidades colectivas para incidir sobre ello no son las mismas ahora que cuando dábamos los primeros pasos por la sabana africana. De ahí que diferencie entre *artificialidad e intervención*, conceptos relacionados, pero distintos. El primero no comporta, o apenas lo hace, la alteración consciente del medio. Simplemente responde a un objetivo inmediato, probablemente a una necesidad, y dispone de los recursos naturales para lograr obtener el producto deseado. La intervención, por el contrario, aunque pueda conllevar la elaboración de un producto, implica una acción más consciente y racional sobre el proceso de obtención, así como una evaluación de las consecuencias que ello implica. Sería algo así como la diferencia, siguiendo con el ejemplo de la vivienda, de construir una casa sin regla alguna con respecto a sus materiales, su arquitectura o su urbanización frente a cierta racionalidad contenida en el proceso de construcción. Ambas tienen un objetivo fundamental: protegernos y permitir el descanso y el aislamiento del resto, pero la segunda añade el complemento de hacerlo bajo un plan de urbanización o con criterios de optimización o funcionalidad, teniendo en cuenta factores como su relación con el medio exterior o la habitabilidad interior. Bien podría sostenerse que simplemente es una cuestión de grado de racionalidad o pensamiento proyectado sobre el proceso de artificialización lo que pudiera darnos la clave sobre en qué medida conocemos lo que hacemos. La intervención es

algo así como una racionalidad de segundo nivel, es un pensar algo más el objeto artificial que hemos construido.

En la medida que el hombre racionaliza el proceso de dominación de la naturaleza, la artificialización de la misma, podemos sostener que interviene sobre ella. Pero en este panorama aparece un problema. Aun admitiendo que nuestro proceso de intervención sea creciente, es decir, que el nivel de racionalidad en nuestras actuaciones sobre la naturaleza se incremente continuamente, queda la duda razonable sobre nuestro nivel de conocimiento sobre la naturaleza en sí. Aparecen, por lo tanto, la ciencia y la técnica. Mientras que el poblamiento del planeta por parte de nuestra especie no ha sido elevado, los efectos de la artificialización han podido pasar por irrelevantes. Pero a medida que el poblamiento se fue incrementando, sus efectos empezaron a ser evidentes, a ponerse de manifiesto. ¿Disponemos de una ciencia y una tecnología suficientes como para poder asegurar una intervención apropiada? ¿Cómo podemos intervenir? Son tantos los niveles donde la intervención puede hacerse patente que la enumeración de las posibles acciones sería una lista interminable. Y esa lista no es una formada por elementos no relacionados. Todo lo contrario: el planeta es uno, los recursos también, y cuanto mayor es el grado de artificialización del mismo, más claro se nos impone que la lista de factores de intervención ha de ser una tal que considere las interrelaciones y los efectos cruzados de las intervenciones.

### Ciencias para la intervención natural

Probablemente no opera ya la noción de simplicidad como característica deseable de la ciencia que trata de conducirnos por el camino que nos va a llevar de la artificialidad a la intervención.

En efecto, cuanto mayor sea la magnitud del problema –y mucho me temo que ella se irá incrementando–, mayor va a ser la dificultad para dar con explicaciones, las adecuadas, para conducirnos a la intervención apropiada. Si algo caracteriza la ciencia del presente es su empeño por desvelar la complejidad de los fenómenos naturales, y muy probablemente las intervenciones adecuadas estarán basadas en la premisa de un adecuado desvelamiento de los mismos en toda su dimensión, sin simplificaciones (Moya 2010a).

Parece como si el procedimiento de conducirnos ante un problema complejo no fuera intrínsecamente diferente a cuando Galileo trataba de desvelar la naturaleza de las fuerzas existentes en la caída libre de un cuerpo. La belleza de la simplicidad matemática parece ser una constante de la ciencia desde entonces, pero nada nos anticipa, a priori, que la naturaleza sea intrínsecamente simple, por muy bello que pudiera parecer nos dar con ello o, metodológicamente más relevante, que la forma de resolver e intervenir en un problema complejo sea a través de su discretización en componentes más simples. Es más, el repertorio de los fenómenos por explicar probablemente esté actualmente más repleto de comportamientos complejos que simples. Por otro lado: ¿Por qué admitimos más belleza en la simplicidad y menos en la complejidad? Con independencia de que la navaja de Occam deba estar siempre en nuestras manos, y entre opciones explicativas alternativas debamos recurrir a la más simple, tal presupuesto epistemológico no anticipa que demos con la clave de la real complejidad natural. Los métodos de la ciencia, de algunas ciencias, nos han desvelado los secretos de una panoplia ingente de fenómenos simples, pero lo cierto es que la mayor parte de ellos, los que quedan por desvelar, los más medulares al tipo de intervencionismo que reclamamos, son intrínsecamente complejos. Hemos tenido que esperar mucho para poder articular teorías sobre la complejidad, y prácticamente nos encontramos en sus albores (Mosterín 2005, 2009; Moya 2010b).

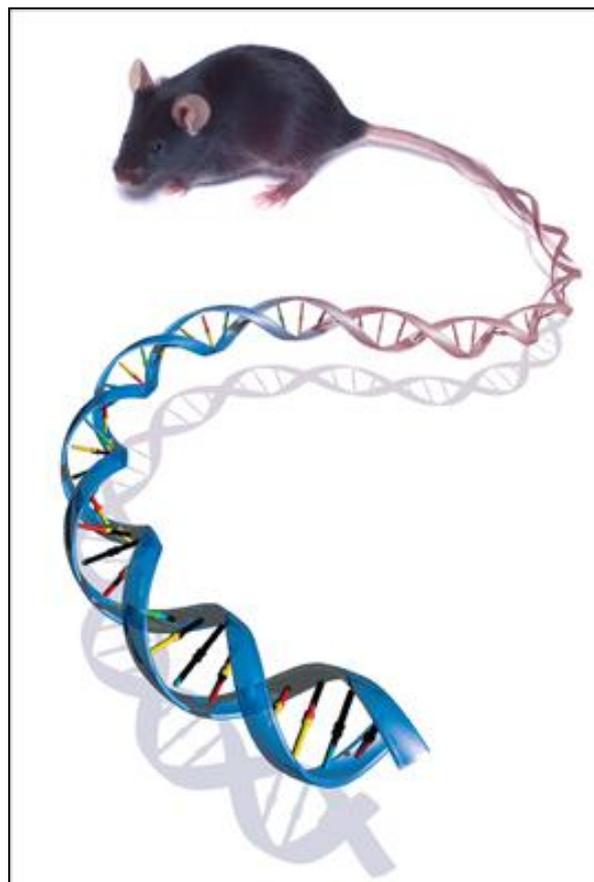
La artificialización promovida sobre la naturaleza requiere retransformación, en forma creciente, en intervención. La intervención puede ser conceptualmente sencilla localmente, cuando la fenomenología que hemos artificializado tiene escasa repercusión y está localizada espacial o temporalmente. Pero las intervenciones importantes, aquéllas que se requieren para artificializaciones previas de gran impacto, son necesariamente más problemáticas, entre otras cosas porque necesitan casi con toda probabilidad la ciencia de los fenómenos complejos. Y bajo esta tensión nos movemos, porque si la artificialización es creciente y es acuciante la problemática que nos plantea, entonces tenemos delante el serio problema de la intervención compleja. Necesitamos más y más ciencia para, en primer

lugar, evaluar la naturaleza del problema y el grado de transformación que hemos provocado en el planeta; en segundo lugar, conocer con suficiente detalle los elementos que intervienen, y, en tercer lugar, poder derivar las leyes que regulan el comportamiento, simularlas con la mayor reproducibilidad posible para, en última instancia, poder formular el proceso de intervención.

La ciencia, y por lo tanto el pensamiento que se construye sobre ella, ha estado transida de un muy peligroso reduccionismo; peligroso porque el pensamiento al que hago referencia puede acabar en políticas de actuación individual, social y económico con efectos tan nefastos como los que hemos tenido oportunidad de sufrir a lo largo del siglo XX. Toda la tecnociencia del momento, o muy buena parte de ella, está montada sobre teorías científicas que se nos presentan como más o menos acabadas, lo que no deja de ser una burda apreciación de lo que acontece en realidad. La ciencia del momento ha descubierto que el mundo está transido de fenómenos de complejidad emergentes, algo que no se circunscribe al dominio de lo vivo y lo mental. Toda la física nos muestra, también, la presencia de complejidad emergente. Las emergencias se corresponden, en líneas generales, con fenomenologías que se componen de fenomenologías menores, en términos de escala. Aquellas fenomenologías están sujetas a leyes propias, pura y simplemente; leyes que, en su amplia mayoría, desconocemos. Por lo tanto, cuando pretendemos abordar un fenómeno determinado a partir de leyes que no son las propias de su nivel, nos encontramos con serios problemas de precisión en la eventual predicción, por no decir también con serios errores en la medida. Es oportuno mencionar que tales leyes que corresponden a escalas inferiores no son necesariamente leyes inadecuadas, sino simplemente insuficientes. Puede darnos la impresión de que son adecuadas para la explicación de la fenomenología de orden superior, en la medida en que de vez en cuando funcionan y, con determinada precisión, explican o predicen. Pero no suele ser la norma cuando se considera el amplio dominio de componentes de esa determinada fenomenología emergente.

Consideremos, por ejemplo, la ciencia de la genética, particularmente la que arranca tras la aparición del genoma humano. El mensaje que en su momento se nos comunicaba era que dábamos pasos fundamentales para resolver patologías humanas asociadas a cambios genéticos. Y las investigaciones que desde entonces se están llevando a cabo van en la línea de examinar en qué medida patologías de todo tipo, mentales, promotoras de cáncer, cardiovasculares, etc., todas ellas, o buena parte, concluyen, en efecto, sobre cierta predisposición a adquirirlas. La propuesta que se nos formula hasta ahora se basa en una simple probabilidad. Y aquí es donde radica la naturaleza de mi observación crítica. El reduccio-

nismo al que hago referencia viene como consecuencia de no aceptar que el estado de conocimiento de los procesos implicados en todas esas patologías son meros balbuceos. Nos puede dar la impresión de que hemos dado pasos de gigante, porque el genoma humano, y la disponibilidad de la secuencia genómica de muchas otras especies, es un hito en la historia de la ciencia. Pero la realidad agrupa fenomenologías complejas, y un organismo vivo, por simple que pudiera ser en su genoma y su fenotipo, se constituye en forma de fenómenos emergentes, muchos de los cuales son consecuencia de la acción recursiva de los componentes de niveles inferiores. Tal recursividad, con el trascurso del tiempo evolutivo y la selección natural, despliega entes complejos con fenomenologías emergentes y jerarquizadas. Pero: ¿conocemos realmente las leyes que gobiernan tales niveles? No, no las conocemos con la dimensión suficiente, o al menos con la visión que una ciencia de tipo prometeico, originaria, reclamaría (Moya 2010a). Y en esto consiste el principio de reducción imperante, porque nos atrevemos a decir que tenemos una visión más o menos completa de en qué consiste un organismo por el hecho de disponer de su genoma, más algunas generalizaciones importantes, pero escasas, sobre el funcionamiento íntimo de su fisiología y el despliegue del genoma al desarrollo. Con tales reglas nos creemos en disposición de poder intervenir de forma eficiente sobre los mismos, hasta que nos damos cuenta de que lo que podemos emitir, con garantías, es una cierta probabilidad (Fig.2). Sin embargo: ¿la fenomenología macroscópica de los seres vivos queda suficientemente explicada con una simple probabilidad? ¿No podemos aspirar a una certeza? ¿Es posible la certeza? La tesis que sostengo es que la certeza es un objetivo al que podemos aspirar, pero también deseable, y que ella constituye la máxima garantía de intervención con éxito. Pero la certeza en ciencia debe recorrer todavía un largo trayecto para determinar las leyes particulares que operan en cada una de las fenomenologías emergentes que constituyen esa realidad poliédrica que son los seres vivos. Lo demás son experimentos arriesgados bajo una ideología indolente o ingenua, en el mejor de los casos. No descarto que una ciencia fáustica basada en el experimento del *a ver qué pasa* –que se monta sobre la base de una posibilidad técnica de realización, pero sin tener en cuenta el conocimiento detallado de los agentes que intervienen, simplemente porque no se tienen– pueda tener suficiente éxito en su resultado como para permitirnos dar pasos importantes en el conocimiento fundamental de determinada fenomenología emergente. Son experimentos de riesgo, con serendipia implícita. Pero hemos de reflexionar previamente, hacer una evaluación crítica, en un contexto pluridimensional de lo que supone sumergirse en operaciones experimentales con un sustento teó-



**Fig. 2.** La secuenciación del genoma humano, entre otras especies animales, es ya un hito logrado por la ciencia; sin embargo, aún se desconoce la mayor parte de la complejidad emergente de los organismos, lo que dificulta la intervención eficiente sobre los mismos.

rico pobre o limitado, especialmente si el agente intervenido es nuestra propia especie. Y, desde luego, lo que no podemos es considerar que estamos en un nivel de conocimiento suficiente como para poder explicar o anticipar lo que pudiera acontecer. Es la peligrosa derivación del reduccionismo científico sobre el pensamiento y la acción social a la que hacía referencia al principio. ¿Significa esto que hemos de suspender intervenciones, al menos alguna de ellas? Algunas sí, otras no. El poder llevar a cabo un filtro discriminador sobre aquello que podemos afrontar de lo que no lo es, es una cuestión que requiere la puesta en escena del pensamiento múltiple; introducir la historia, la sociología, aquellas políticas que en su momento adoptaron decisiones sobre supuestas bases científicas que resultaron ser auténticos atentados contra la inteligencia y, por descontado, contra la dignidad humana de los seres masacrados. Utilizo el concepto de reduccionismo en una acepción particular que necesita aclaración. No se trata tanto de la concepción estándar en filosofía de la ciencia por la que unas leyes o teorías quedan subsumidas en leyes o teorías de escala inferior,

como de la consideración, metacientífica, de que disponemos de una ciencia que nos ha proporcionado ya las teorías fundamentales de la naturaleza (Mosterín 2005). El hecho de suponer que contamos con tal entramado parece dar pie o justificación a las actuaciones de la tecnociencia, a la ciencia de intervención o a la ciencia fáustica. Ellas anclan sus intentos en conceptos que se consideran auténticas aportaciones prometeicas o fundamentales sobre la naturaleza; por ejemplo los componentes básicos de la materia, las leyes de la mecánica cuántica, la evolución biológica, el genoma como registro último del ser, el cerebro como computadora, y algunas otras. En efecto, todas ellas son aportaciones fundamentales, pero cabe preguntarse sobre su carácter último.

La selección natural no necesita de ley física alguna para su realización; opera sobre la base de unas entidades con capacidad para evolucionar que, aunque físicas, emergen en algún momento y responden, como nuevos fenómenos, a nuevas leyes. Pero ya en el ámbito de lo vivo cabe preguntarse si disponemos de una teoría acabada para explicar la fenomenología biológica, que abarque desde los primeros seres unicelulares o los pluricelulares que exhiben una ontogenia particularmente compleja a esos otros que, además, muestran una fenomenología tan particular como es la actividad consciente. En el campo de la genómica nos atrevemos con tesis como la de que todo está en el genoma, cuando luego nos vemos con la complicada tesitura de no poder ofrecer más que una probabilidad para un determinado carácter fenotípico en base a la supuesta composición genética. Y cuando nos trasladamos al campo de la conciencia nos encontramos con tesis como la de que el cerebro es un computador consistente en un algoritmo complejo. En base a esto se sostiene que, independientemente del contenedor material, se podrán reproducir estados de conciencia por parte de otros soportes, siempre y cuando estos mismos sean capaces de reproducir el complejo algoritmo cerebral (Searle

1985, 2000). Al igual que en caso del genoma, el de la simulación del cerebro sigue siendo, probablemente más que el del genoma, una declaración de intenciones. Los motivos que nos han llevado a pretender que estamos en condiciones de reproducir e intervenir en la naturaleza proceden del éxito que han experimentado en los últimos cincuenta años la biología molecular o las ciencias de la computación. Pero sería temerario, a día de hoy, sostener que estamos en condiciones de proceder con intervenciones de amplio calado sobre nuestro genoma o sobre nuestro cerebro, porque disponemos de un conocimiento (prometeico) de naturaleza suficiente.

Necesitamos continuar con el conocimiento científico de la naturaleza, tanto en física, como en biología (Laughlin 2007). En el dominio de la genética necesitamos conocer con suficiente detalle la naturaleza de las jerarquías de organización de los seres vivos y el despliegue ontogénico de los mismos; cómo afectan factores aleatorios y ambientales al mismo y en qué medida existe o no cierta imprevisibilidad del producto final por la interacción con tales factores. El citado despliegue ontogénico comporta la aparición de emergencias consecutivas, con sus leyes propias, leyes por establecerse. Y en el campo de la neurociencia, son muchos los retos científicos, conceptuales y filosóficos que debemos superar para poder establecer, con base suficientemente sólida y prometeica, nuestra aspiración a intervenirlo.

Llegados a este punto, nos resta hacer la reflexión oportuna sobre la *transevolución* y la *transhumanización* (Sádaba 2009; Yehya 2001) (Fig. 3). Estos procesos son imparables; históricamente son consustanciales a la naturaleza intervencionista de nuestra especie. Si el planeta tal y como lo conocemos quedó transformado por la biología que se desarrolló en él, también es cierto que la acción antrópica ha estado procediendo a transformarlo desde el momento en que nuestra especie desarrolla sus habilidades



**Fig. 3.** La *transhumanización*, definida como una alteración ontológica artificial de lo natural que hay en el ser humano, resultante de los avances de la ciencia y la tecnología, parece un proceso imparable.

intelectivas, lo que tampoco quiere decir que tal despliegue haya sido inteligente en los efectos provocados. De una manera u otra se precipitan las condiciones para un mayor control inteligente del planeta, con lo que ello comporta en todos los planos, desde la ciencia estrictamente, hasta la organización de la sociedad y la acción política. Del mismo modo se precipitan también las condiciones para la intervención humana. Pero ambas intervenciones, que han venido teniendo presencia creciente en la historia, también ponen de manifiesto los enormes descalabros acontecidos. Desde la óptica de la ciencia, la mejor tesis para obviar los efectos negativos de intervencionismos defectuosos, por falta de racionalidad y, con unas bases éticas más que dudosas, es continuar en la dinámica de una ciencia prometeica, de fundamentos; una ciencia creativa que haga caso omiso a las demandas de la ciencia fáustica; una ciencia que siga su curso académico e institucional, y se nutra de los recursos otorgados por los poderes públicos democráticos. Los avances de la ciencia de los últimos años parecen indicarnos que ya contamos con los niveles de fundamentos y conocimiento de las leyes suficientes como para iniciar una oleada de intervenciones racionalmente bien montadas. Pero esta situación puede obedecer también a los intereses de corporaciones universales que intentan promover, sobre bases no necesariamente prometeicas y de desarrollo del conocimiento, la puesta en marcha de tales programas. Seguimos necesitando ciencia creativa, fundacional, y no porque sea ésta una aspiración nostálgica de la ciencia de Galileo y Bacon, sino simplemente porque nuestro conocimiento de las leyes de la naturaleza sigue siendo insuficiente.

### ¿Podemos detener la intervención?

Partía en su momento del supuesto histórico de que el hombre ha asumido detentar, en líneas generales, la propiedad sobre la naturaleza aunque, paradójicamente, no se ha considerado dueño de sí mismo, pues otras instancias, normalmente sobrenaturales, tenían esa prerrogativa. En buena medida, la naturalización del hombre ha comportado entrar en un camino de independización de deidades controladoras de nuestra conducta y nuestro destino. Pero hasta llegar a esta situación, venimos recorriendo un camino de artificialización de la naturaleza, incluidas transformaciones ejecutadas sobre nosotros mismos. Aunque es más general, puede asimilarse la noción de artificialización a la de proceso civilizatorio. Este proceso comporta un conjunto de acciones que han venido propiciando la supervivencia y evolución de la especie en el planeta. Ellas han supuesto un proceso de transformación del planeta y de nosotros mismos, insignificante al principio, pero progresivamente palpable. ¿Cabe preguntarse por el derecho que

tenemos sobre tales acciones? Ciertamente, la supervivencia constituye una justificación, y en los albores de nuestra especie, cuando la densidad poblacional era escasa, la cuestión pudiera pasar por irrelevante en el sentido del necesario compromiso de la artificialización con la supervivencia. Debemos cuestionar si esa relación entre supervivencia y artificialidad continúa vigente. Considerando la densidad actual del planeta, la respuesta es afirmativa. La diferencia con respecto a los primeros momentos de nuestra especie es que, ahora, lo que requerimos, y podemos hacer con más racionalidad, es intervenir sobre la abrupta artificialidad que se ha ido imponiendo durante los últimos siglos para poder sobrevivir. De hecho, cabe considerar las nuevas dinámicas intervencionistas en clave darwiniana, tal y como sostiene Castrodeza (2007, 2009). Es cuestión de poder evaluar la complejidad del problema aplicando los tres criterios a los que hacía referencia en el apartado anterior, a saber: evaluación de la naturaleza del problema, determinación de sus elementos y derivación y simulación de las correspondientes leyes complejas.

Los movimientos ambientalistas nos plantean, sobre la base de un difuso conocimiento de las leyes de la complejidad que todos requerimos, la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. Pero las circunstancias actuales, el punto preciso en el que nos encontramos, probablemente haga fútil la consideración sobre si tenemos derecho o no sobre todo aquello que, a excepción nuestra, constituye la naturaleza, lo *natural-otro*. Formulo esta consideración sin entrar, por descontado, en las asimetrías y desigualdades intrínsecas que se vienen reproduciendo entre grupos sociales, etnias o nacionalidades a lo largo de la historia de la humanidad. El derecho sobre lo natural-otro no puede ser, en estricta definición, asimétrico, o difícilmente podemos encontrar algún argumento que lo sostenga en última instancia. Pero no es el punto ahora la discusión sobre la propiedad. El argumento del que parto viene a indicar que el hombre, en tanto que entidad natural singular, tiene una relación con lo natural-otro. Esa relación puede estar sustentada en el derecho, o propiedad, sobre lo natural-otro. También podemos partir de la tesis contraria, y sostener que *no* lo tenemos. La única argumentación que encuentro para dar peso a la no propiedad está relacionada con los futuros pobladores –los que sean– que, al igual que nosotros, disponen a priori de los mismos derechos y legitimidad de utilización de lo natural-otro.

Podría sostenerse, sin que por ello nos chirrié nuestra racionalidad, que el debate acerca del derecho sobre lo natural-otro debe aparcarse a la luz de la creciente artificialización del planeta que habitamos y que, dadas las circunstancias, la opción más inteligente es asumir el control del mismo. Es decir, debemos aplicar la tesis de

propiedad en toda su extensión pero, obviamente, asumiendo con plena madurez los retos que ello comporta. Sería algo así como llevar de la mano al planeta e intervenir en él (Fig. 4). ¿Podemos asumir tal responsabilidad? Lo cierto es que no resulta nada fácil evaluar si estamos o no en condiciones de hacerlo. Pero tampoco podemos evadir la responsabilidad de actuar, ya que, de un modo u otro, se requiere. Bajo esta presión, y llevando a cabo la más que necesaria, por urgente, investigación sobre la complejidad de los fenómenos sobre los que intervenir, sostengo la tesis del intervencionismo en lo natural bajo el criterio y la garantía de nuestra presencia en el planeta. ¿Cuánto de lo natural-otro, en su estado no modificado, va a quedar como consecuencia del intervencionismo? Solamente cuando dispongamos de las conclusiones sobre la complejidad de la naturaleza y conozcamos el grado de deterioro provocado por la artificialidad previa así como la dinámica incremental de la densidad poblacional humana es cuando estaremos en condiciones de poder dar una respuesta de intervención. En realidad, las intervenciones serán múltiples, tanto sincrónica como diacrónicamente. En un momento particular y un enclave específico deberemos llevar a cabo una intervención concreta que responda a la filosofía general de actuación intervencionista global. Atendiendo entonces a los resultados observados y al conocimiento que vayamos acumulando con las primeras intervenciones, volveremos en forma diacrónica a replantearnos las mismas cuestiones e intervendremos de la misma manera. Se trata, como podrá apreciarse, de un sistema de retroalimentación intervencionista.

Frente al proceso de artificialización al que hemos sometido a lo natural-otro, cabe una intervención creciente que, aunque auspiciadora de posibles equivocaciones, siempre estará sobre la base de una conducta racional o racionalmente planificada. Es decir, asume esa intervención una tasa de error menor que si no hubiese acción alguna contra lo que considero una obviedad: la inevitable artificialización.

### Los requisitos para la intervención

Evidentemente, si hablamos de intervención, probablemente la mejor de ellas será aquella que esté asumida de forma conjunta por los órganos de decisión competentes. Cabe preguntarse si la naturaleza de la intervención profunda requeriría, para su eficaz puesta en práctica, un gobierno mundial. Y sobre esto se ha escrito y se va a pensar mucho en un futuro no muy lejano. Probablemente, la forma más efectiva de actuación pase por la toma de decisiones racionales en un contexto donde los intereses a considerar sean planetarios. No es lo mismo ejercer la racionalidad de la actuación cuando poseo una parte que cuando poseo el todo. Los gobiernos de las



**Fig. 4.** Asumiendo una artificialidad creciente e inevitable del ser humano sobre la Tierra, cabe preguntarse: ¿estamos en condiciones de arrogarnos la responsabilidad de intervenir el planeta?

naciones nos ponen día a día bajo la tesitura de un ejercicio de la racionalidad que trata de compatibilizar la salvaguarda de lo propio y el interés del conjunto. Cuando el proceso de transformación artificial alcanza dimensiones monumentales, el mejor criterio a aplicar sería aquel que adoptara medidas intervencionistas sobre la base del conjunto, porque la naturaleza está afectada o está modificada en su totalidad. Tomar decisiones que traten de hacer compatible las múltiples intervenciones sobre partes sin la perspectiva o el enfoque basado en la intervención en el conjunto es menos racional que la estrategia inversa: pensar las intervenciones particulares sobre la base de la intervención global. El modelo de gobierno mundial efectivo parece más razonable que el de federaciones de naciones que atiendan a sus intervenciones particulares. Por otro lado, en absoluto pienso que un gobierno de tal naturaleza sea incompatible con el ejercicio de la libertad individual y la democracia. Sin pretender crear alarmismo alguno, lo cierto es que la polis griega y la toma de decisiones en el ágora deben reformularse de forma apropiada a la realidad social y demográfica que hemos creado. Si alguien piensa que el mundo globalizado en que vivimos, y el que se nos avecina, no va a permitir una creciente democratización en la toma de decisiones mundiales, probablemente esté errado. La tecnología de las

comunicaciones y el ciber mundo pueden constituirse en el mejor de los procedimientos para garantizar, por un lado, el ejercicio de las libertades individuales, al tiempo que nos permita participar en la gestión y toma de decisiones de políticas mundiales. Tan sencillo como apretar la tecla desde casa.

## REFERENCIAS

- Castrodeza, C. 2007. *Nihilismo y supervivencia: una expresión naturalista de lo inefable*. Trotta, Madrid.
- Castrodeza, C. 2009. *La darwinización del mundo*. Herder, Barcelona.
- Laughlin, R.B. 2007. *Un universo diferente. La reinención de la física en la edad de la emergencia*. Katz Editores, Madrid.
- Mosterín, J. 2005. *La naturaleza humana*. Espasa-Calpe, Madrid.
- Mosterín, J. 2009. *La cultura humana*. Espasa Calpe, Madrid.
- Moya, A. 2010a. *Pensar desde la ciencia*. Trotta, Madrid.
- Moya, A. 2010b. *Evolución: el puente entre las dos culturas*. Laetoli, Pamplona.
- Sádaba, I. 2009. *Cyborg. Sueños y pesadillas de*

*las tecnologías*. Península, Barcelona.

Searle, J.R. 1985. *Mentes, cerebros y ciencia*. Cátedra, Madrid.

Searle, J.R. 2000. *El misterio de la conciencia*. Paidós, Barcelona.

Yehya, N. 2001. *El cuerpo transformado*. Paidós, México. Madrid.

## Información del Autor

A. Moya es Doctor en Biología y en Filosofía, Catedrático de Genética en la Universitat de València, miembro de su Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, del que ha sido su promotor, y jefe del Área de Genómica y Salud del Centro Superior de Investigación en Salud Pública (CSISP) del Gobierno Valenciano. Su actividad científica e intelectual se sitúa en los campos de la Genética, la Evolución y la Filosofía. La evolución experimental y la genómica evolutiva son las áreas donde ha hecho contribuciones científicas más significativas. Ha realizado una amplia labor de divulgación y reflexión sobre la ciencia y publicado varios libros, siendo la teoría evolutiva y el alcance del pensamiento evolutivo el núcleo central de toda esa actividad.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

**eVOLUCIÓN** es la revista electrónica de la **Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)** que publica artículos y notas sobre cualquier aspecto de la biología evolutiva, así como artículos de divulgación o revisión invitados, artículos de opinión, entrevistas a personalidades relevantes de la Biología Evolutiva, noticias (congresos, cursos, etc.), crítica de libros, apuntes de cómo se ve la evolución fuera del ámbito científico, etc.

**eVOLUCIÓN** no es una revista científica por lo que no se consideran para su publicación trabajos científicos con datos originales. La revista publica como *Artículos* textos originales que no excedan las 20 páginas impresas (aunque podrán considerarse trabajos más extensos) que traten sobre temas actuales relacionados con la evolución. El estilo debe de ser claro y conciso y la presentación atractiva incluyendo tablas y figuras abundantes. En su sección de *Notas Breves* tienen cabida textos de menor extensión (tres páginas), en los que se informe brevemente de una investigación original, de alguna técnica nueva o de algún descubrimiento interesante en cualquier rama de la Biología Evolutiva. Finalmente, la sección de *Forum* publica textos cuyo principal objetivo es facilitar la discusión y crítica constructiva sobre trabajos o temas importantes y de actualidad, así como estimular la presentación de ideas nuevas.

Los originales recibidos serán sometidos a revisión con la participación de al menos dos revisores externos especializados cuya misión será la de sugerir propuestas encaminadas a mejorar el trabajo, tanto en el fondo como en la forma. Los textos deberán ser originales. Sus autores se comprometen a no someterlos a publicación en otro lugar, adquiriendo la SESBE, como editora de los mismos, todos los derechos de publicación sobre ellos.

Los **trabajos** deberán ir escritos en castellano a doble espacio, con márgenes de 3 cm. y deberán incluir en este orden: Página de título (que incluya el título, los nombres completos de los autores y la dirección de cada uno de ellos), Resumen con Palabras Clave (incluyendo una versión en inglés), Texto, Agradecimientos y Referencias bibliográficas. Las Tablas, Figuras, Apéndices y Pies de Figuras irán, en su caso, al final en hojas separadas. No se aceptarán notas a pie de página. Todas las páginas deberán ir numeradas (esquina superior derecha).

En el texto las referencias se ordenarán por orden cronológico: Darwin *et al.* (1856), Darwin y Lamarck (1857) o al final de la frase (Darwin *et al.* 1856; Darwin y Lamarck 1857).

La **lista de referencias** bibliográficas se encabezará con el epígrafe "Referencias". Los trabajos se ordenarán alfabéticamente y para cada autor en orden cronológico (el más reciente el último). Los nombres de las revistas irán en cursiva y se abreviarán. Se incluyen a continuación algunos ejemplos.

Zahavi, A. 1975. Mate selection-a selection for a handicap. *J. Theor. Biol.* 53: 205-214.

García-Dorado, A., López-Fanjul, C. y Caballero, A. 1999. Properties of spontaneous mutation affecting quantitative traits. *Genet. Res.* 74: 341-350.

Leakey, L.S.B., Tobias, P.V. y Napier, J.R. 1964. A new species of the genus *Homo* from Olduvai gorge. *Nature* 209: 1279-1281.

Hamilton, W.D., Axelrod, R. y Tanese, R. 1990. Sexual reproduction as an adaptation to resist parasites. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 87: 3566-3573.

Moreno, J. 1990. Historia de las teorías evolutivas. Pp. 27-43. En: Soler, M. (ed.), *Evolución. La Base de la Biología*. Proyecto Sur, Granada.

Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* John Murray, London.

Las **figuras y tablas** deberán ir acompañadas, en hoja aparte, por los pies correspondientes. Se pueden incluir también fotografías en blanco y negro o color de buena calidad, en cuyo caso se indicarán los autores de las mismas. Las fotografías se enviarán como archivos de imagen independientes, en formato TIFF, JPG o BMP con una resolución mínima de 300 pp. No se aceptan figuras insertadas en archivos de texto.

Al final del texto se incluirá un breve apartado sobre **Información de los autores**.- un párrafo de como máximo 100 palabras (150 para 2 o más autores) describiendo brevemente los detalles e intereses científicos de los autores. Este texto no sustituye a los agradecimientos, sino que pretende ofrecer información adicional a los lectores sobre la actividad y objetivos de los responsables del trabajo.

Una copia del manuscrito en soporte informático (preferentemente archivos de Word para Windows), deberá remitirse a los editores por correo electrónico:

**José Martín Rueda y Pilar López Martínez**

**e-mail: jose.martin@mncn.csic.es**

**pilar.lopez@mncn.csic.es**

# EVOLUCIÓN

© 2012



ISSN 1989-046X