Zuerst ersch. in : Psicología y sociedad : Publicaciones de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia / José Peiró, Pilar Valcárcel [eds.]. - Valencia : Real Sociedad Económica de Amigos del País, 2000. - S. 46-77

JUAN D. DELIUS
Profesor de Psicología de la
Universidad de Constanza (Alemania)

LA PSICOBIOLOGÍA DE LA CULTURA

Konstanzer Online-Publikations-System (KOPS)
URN: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-206797

INTRODUCCIÓN

PARA los propósitos de este ensayo [1] es necesario delimitar algo la muy amplia definición del término cultura que generalmente ofrecen los diccionarios. Enfocará en la conducta cultural que caracteriza a grupos humanos en el sentido de que en un período dado los miembros de tales grupos cazan con una u otra técnica, cultivan la tierra de una u otra forma, adoran ciertos dioses con particulares rituales, hablan este o aquel idioma, dan la bienvenida con un cierto ritual, construyen diferentes tipos de casas, respetan esta o aquella institución, etc. Se entenderá que los rasgos conductuales que constituyen tales culturas locales son adquiridos por los individuos de otros miembros pertenecientes al grupo cultural. Las pautas culturales se mantienen por tradición a través de la imitación conductual, el aprendizaje social, la instrucción escolar, etc. La transmisión también puede ser indirecta a través de medios de comunicación como periódicos, anuncios, libros, discos, televisión, etc. Los rasgos conductuales transmitidos de padres a hijos por procesos de herencia biológica tales como las pautas de mamar, de llorar, de reír, de dormir, etc., y los límites orgánicos de las capacidades perceptivas, cognitivas y motoras de los individuos, no son parte de la cultura, aunque las situaciones precisas que provocan tales conductas o capacidades innatas sí lo pueden ser. De la definición de conducta cultural también se excluyen aquellas conductas que los individuos no aprenden de los demás sino que desarrollan por aprendizaje individual como por ejemplo chupar el dedo, hurgar la nariz, andar, correr, etc. Sin embargo, tan

---

[1] El ensayo es una versión revisada del capítulo "Historia natural de la cultura" en el volumen de J. R. Sánchez Martín (editor), *Etología y Psicología,* Universidad del País Vasco, San Sebastián, 1990, que a su vez es una traducción por A. K. Arizala de un original en inglés. Agradezco al editor y a la editorial por el permiso para reproducir el texto algo modificado en el presente volumen. Agradezco también a V. Simón su hospitalidad en Valencia en ocasión de la conferencia que di sobre el tema, a I. Morgado-Bernal su hospitalidad en el Departamento de Psicobiología, Universidad Autónoma de Barcelona mientras revisaba el texto, a L. Aldavert Vera y a D. Costa Miserachs por mejorar el castellano del mismo.

pronto como otros individuos empiezan a imitar tales comportamientos, éstos se convierten en pautas culturales.

Objetos materiales tales como tierras, edificios, dinero, esclavos, armas, contaminantes, etc., no son aquí considerados como elementos propios de la cultura. Sin embargo, las diferentes formas de fabricación, creación, uso, apreciación, administración, transmisión, destrucción, etc., de estos bienes a través de las diferentes formas de manufactura, venta, distribución, robo, conquista, cuidado, etc., muchas veces están determinadas por comportamientos culturales. Los bienes materiales pueden empero permitir, apoyar, motivar, influenciar, etc., la aparición, transmisión y realización de rasgos culturales tal como lo hacen o lo hicieron los aros hoolahoop, los pantalones jeans, las máquinas a vapor, los ordenadores, los tamaguchis, etc. Libros, discos, películas, pinturas y similares son casos algo especiales ya que sus contenidos, una vez leídos, oídos, observados y apreciados se convierten en elementos culturales, pero si no lo son, sólo son objetos de actos culturales como comprar, regalar, prestar, coleccionar, almacenar y quemar. Sin embargo, porque son objetos directamente perceptibles y duraderos, las hachas paleolíticas, las pinturas cavernícolas, las pirámides egipcias; las catedrales góticas, etc., sirven como representantes de los comportamientos culturales que las crearon o que les prestan interés en la actualidad.

La conducta cultural de las poblaciones humanas actuales como los kungs, los cowboys, los punks, los valencianos, los académicos, los empresarios, etc., es un producto de un proceso histórico.[2] Los cromañones, unos 50.000 años atrás, ciertamente no tenían comportamientos culturales tan sofisticados como los grupos humanos actuales. Nuestros antepasados australopitecos, unos 3 millones de años atrás, sólo tenían a lo más esbozos de cultura. Los prosimios que los precedieron unos 30 millones de años atrás, estaban probablemente desprovistos de conductas culturales que valga la pena mencionar. Los precursores de los mamíferos, los saurios terápsidos que vivieron hace unos 180 millones de años, ciertamente no tenían conductas tradicionales. Los mecanismos que permitirían la transmisión de la cultura tuvieron que surgir primero a través de la evolución biológica. Recién a continuación surgieron las culturas que con el tiempo, a través de muchas generaciones, se desarrollaron y diversificaron.

La analogía entre los procesos de evolución cultural y los procesos de evolución biológica es el tema del presente ensayo. Las semejanzas superficiales entre estos dos procesos ya fueron señaladas repetidas veces durante el último siglo y medio. Sin embargo, el análisis detallado de las correspondencias entre ambos sólo ha comenzado hace apenas unas dos décadas. Como introducción al tema es conveniente presentar una breve reseña del proceso de la evolución

[2] Para facilitar el flujo de lectura se han evitado citas dentro del texto. Al final del ensayo se encuentra una bibliografía selecta a la que el lector deberá acudir para más detalle y mejor documentación.

biológica, la mejor entendida de los dos tipos de evolución. Esto nos da oportunidad de considerar cómo la capacidad para la cultura puede haber surgido como una característica biológica de ciertos organismos.

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

El juego de la evolución biológica comenzó aproximadamente hace unos 3,5 billones de años atrás con la autosíntesis inorgánica, bajo condiciones geometeorológicas muy especiales, de moléculas, o sistemas de moléculas capaces de una autorreplicación casi perfecta, que terminaron siendo los ácidos desoxirribonucleicos (ADN) de la actualidad. Aquellas variedades de moléculas surgidas por la replicación imperfecta que no fueran capaces de reproducirse quedarían automáticamente fuera de juego. Las variedades capaces de replicarse compitieron inevitablemente por los recursos naturales, ya que la duplicación de moléculas es sólo posible gracias a la incorporación de materia y energía proveniente del medio que les rodea. Las moléculas más eficientes en aprovechar el medio ambiente se duplicarían con mayor facilidad, por lo que tendrían mayor descendencia y tras varias generaciones desplazaron a las moléculas menos eficientes. El medio en el que se desarrollaban las moléculas replicadoras no era homogéneo, por lo tanto distintas variedades de estas llegaron a dominar diferentes nichos ecológicos. Ciertas mutantes serían capaces de sintetizar envolturas exteriores que les protegían del ambiente, lo cual les daría ventaja en términos de estabilidad frente a aquellas moléculas que no lo podían hacer. Estas envolturas proveerían a las moléculas replicadoras de un "milieu interieur", por lo que se convertían en verdaderos organismos. En algún momento aparecieron mutantes con apéndices motorices, por ejemplo flagelos, con los que los organismos podían moverse a las zonas del hábitat más ricas en recursos y más aptas para la replicación. La aparición de receptores moleculares adecuados para responder a estímulos químicos permitió un control primitivo de estos movimientos. Con esta capacidad de movimiento controlado por estímulos externos surgió la capacidad de mostrar comportamiento.

Durante muchísimas generaciones fueron los genes los que determinaban las respuestas que seguían a un determinado estímulo (conducta innata). Este tipo de comportamiento no tendría desventajas mientras los organismos vivían en medios constantes, pero tan pronto como ocuparan medios más variables en tiempo y espacio, conductas determinadas por experiencias individuales, cobrarían ventajas. Esta presión selectiva favoreció genes mutantes capaces de codificar el desarrollo de estructuras neurales que facilitaban el aprendizaje. Por ejemplo, el aprender en base a experiencias anteriores a asociar las respuestas de acercamiento o evitación con estímulos predictores de buenos o malos eventos (condicionamiento clásico) o el aprender a producir nuevas respuestas que les condujeran a condiciones ventajosas o a suprimir respuestas que les llevaran a condiciones desventajosas (aprendizaje instrumental). Estas

formas de aprendizaje están muy extendidas en el reino animal. El proceso de aprender, sin embargo, no implica necesariamente la actual ejecución de respuestas conductuales. Animales más avanzados también pueden registrar contingencias entre estímulos que observan en forma pasiva (aprendizaje latente). Por encima de ello, algunas especies pueden utilizar la representación que tienen del mundo y de su propio comportamiento previamente almacenado en su memoria, para simular internamente situaciones reales y de ese modo identificar posibles conductas que les producirán beneficios cuando los utilicen de hecho (aprendizaje razonado). En general, la capacidad de aprendizaje es un mecanismo codificado por los genes que permite al individuo adquirir conocimientos acerca del mundo y de él mismo, más allá de los que están implícitamente contenidos en su código genético. Sin embargo, a este nivel cada individuo tiene que todavía aprender por sí mismo, lo cual generalmente es un proceso penoso en un entorno natural que frecuentemente no es particularmente consistente.

Resumiendo, la evolución biológica es la consecuencia natural de un fenómeno de autorreplicación casi-perfecta que caracteriza a ciertas moléculas orgánicas, los genes. Dentro de una especie dada, la información codificada genéticamente se replica y transmite de una generación a otra pero la replicación no es exacta y de vez en cuando al azar surge información mutada. La capacidad para sobrevivir y reproducirse de los individuos portadores de estas mutaciones moleculares varía. Así pues, la información genética presente en una población está sometida a la selección natural, que a través de sucesivas generaciones adapta la eficacia reproductiva de la población a las condiciones del medio ambiente. Las capacidades de conducta y aprendizaje entre otras muchas características son consecuencia de este proceso de adaptación.

APRENDIZAJE SOCIAL

Mutaciones genéticas capaces de codificar substratos neuronales con capacidad para un aprendizaje por imitación, por el cual un individuo puede asumir directamente la experiencia de otros, representarían una ventaja adicional. El fenómeno de la facilitación social podría ser un paso preadaptativo que precedió a este tipo de aprendizaje. Esto se refiere al hecho que animales llevando a cabo una cierta conducta pueden motivar a otros conespecíficos a ejecutar la misma acción. Tal contagio conductual a menudo es adaptativo. El zumbido agresivo de algunas abejas es una señal para que las compañeras de la colmena se lancen a lo que probablemente será un victorioso ataque contra el enemigo común. Muchas gaviotas volando hacia un punto concreto en alta mar probablemente es un indicador de que allí hay alimento, seguirles es una conducta que probablemente concluya con un forrajeo exitoso. Una bandada de palomas alejándose rápidamente de un claro es una probable señal de que un depredador ande cerca y puede servir de aviso a las demás para que dejen el

lugar, aun cuando no hayan visto ni oído al malhechor. La facilitación social de este tipo generalmente no implica un aprendizaje previo, pero sí puede proporcionar oportunidades para ello. El aprendizaje en este contexto suele ser de tipo imitación. Un grupo de palomas acercándose a un rastrojo provocará que una paloma joven, con poca experiencia también muestre este comportamiento, y es casi inevitable que capte la relación entre rastrojos y granos y comience a acercarse a los rastrojos por su cuenta. En este ejemplo, los observadores aprenden a ejecutar un comportamiento prácticamente al mismo tiempo que lo ejecutan los modelos. Una etapa de mayor sofisticación se da cuando el imitador almacena en su memoria el comportamiento del modelo, pero sin ejecutarlo al mismo tiempo, es decir, cuando se da un tipo de aprendizaje por imitación latente. Cuando un conductor novato casualmente observa al mecánico de un taller cambiar una rueda, esto le servirá si más tarde por un pinchazo le toca cambiar una rueda por primera vez.

El aprendizaje es generalmente un proceso por el cual el conocimiento, que es un conjunto de información que de cierta manera representa la realidad, es almacenado en el cerebro como un contenido de memoria. El mecánico del ejemplo anterior actúa basándose en la información almacenada en su memoria y sobre la misma base lo hace posteriormente el conductor. El demostrador transformó memoria en conducta, que el observador percibió y a su vez memorizó. De todas formas, el modelo tenía que ejecutar la acción para que el observador fuera capaz de almacenarla. Los procesos detallados que subyacen al aprendizaje por imitación o más generalmente al aprendizaje social varían considerablemente. Algunos ejemplos más concretos servirán para ilustrar esta variedad. Individuos de muchas especies de aves crían en lugares próximos a aquellos en los que ellos fueron criados. Generaciones sucesivas no se apartan de las tierras que tradicionalmente han sido utilizadas para la cría. Esto no se debe a la falta de movilidad, ya que muchas de las mismas especies emigrarán cada otoño a miles de kilómetros antes de retornar en primavera para procrearse a sólo unos pocos metros de su lugar de nacimiento. Se ha demostrado que esto es debido a un proceso similar al aprendizaje por impronta. Las aves juveniles memorizan información acerca del lugar geográfico donde han crecido. Más tarde utilizan este conocimiento para volver a la misma localidad. Las aves jóvenes no sólo registran la localización geográfica sino también el hábitat específico en el que se criaron, por ejemplo, bosques de árboles de hoja caduca o bosques de coníferas siempre verdes. Como adultos tienden a preferir aquellos entornos en los que crecieron. Es así como se establecen tradiciones dentro de clanes familiares. Debe recalcarse que estas tradiciones surgen porque los padres crían a su progenie donde sólo pueden aprender una cosa, y no porque los últimos imitaran a sus progenitores.

Muchas especies de aves comen diferentes tipos de alimentos. Los individuos tienden a elegir aquellos alimentos con los que sus progenitores solían alimentarles cuando eran pequeños. Esta transmisión está mediada por una impronta sobre la apariencia, el olor y el sabor de los alimentos en cuestión. En

algunas especies los padres conducen a sus crías a lugares donde predomina el tipo de alimento que les apetece. Cada cría aprende por su cuenta a hallar y coger ese alimento eficazmente. De este modo, una tradición es mantenida nuevamente por medio de la restricción de las oportunidades de aprendizaje que los progenitores ejercen sobre sus descendientes. Si esto se califica como aprendizaje social o no es una cuestión académica. En otras especies, la técnica con la que los individuos preparan su alimento varía, aunque todos los individuos consumen el mismo alimento. Parece que las crías aprenden de los padres las técnicas de preparación por observación y participación. En algunas especies hasta puede haber conductas análogas a las enseñanzas. Es muy común que las gatas traigan a sus gatitos pájaros y ratones vivos y los liberen en su presencia para seguidamente volverlos a coger. Poco a poco, las gatitos empiezan a participar en estas cacerías.

En algunas especies, mediante aprendizaje por observación, se pueden lograr experimentalmente formas no naturales de recolección de alimento. Si una paloma observadora ha visto a otra obtener grano de un alimentador a solenoide después de haber picoteado un disco iluminado que funciona como un interruptor, esta experiencia le facilitará considerablemente la posterior adquisición de la misma habilidad. Numerosas experiencias han demostrado que la información adquirida por tales palomas es múltiple: conocer que el alimento está disponible en un entorno especial y que se puede conseguir en un lugar concreto; que ciertos actos hacen el alimento más asequible, mientras que otros actos no tienen ese efecto. Es sin embargo poco probable que una paloma observadora reproduzca el comportamiento preciso al primer intento. Comúnmente, el haber observado un modelo sólo facilita un auto-aprendizaje más rápido. El aprendizaje por observación puede ser a su vez facilitado si las palomas tienen la oportunidad de actuar al mismo tiempo que observan. Esto debe relacionarse con el hecho de que así no se necesita una retención en la memoria a largo plazo, aunque quizás también la facilitación social antes mencionada potencie el proceso de adquisición. Observar a otras palomas picotear facilita o incluso induce al picoteo. Este comportamiento es contagioso. Una fuerte tendencia a picotear facilita la adquisición de la respuesta clave del picoteo instrumental. Si en el contexto mencionado la paloma está hambrienta cuando observa al modelo, lo imitará más rápidamente. Además, es mejor observar a un modelo medianamente habilidoso que a uno que ya actúa perfectamente.

Una tradición artificial de forrajeo ha sido insertada experimentalmente entre una bandada de palomas de plaza, capturando algunas de ellas y entrenándolas a obtener granos perforando un papel que recubría ceñidamente sus comederos. Una vez liberadas y de nuevo en la bandada, se ofreció a todas las palomas comederos sellados con papel. Las aves que habían sido entrenadas enseguida comenzaron a perforarlo y a alimentarse. Rápidamente, no menos de dos docenas de otras palomas comenzaron a su vez a agujerear el papel. En una bandada que no tenía demostradores entrenados con anterioridad, necesi-

taron el triple de tiempo antes de que una paloma descubriera esta nueva conducta que, en ese momento, se extendió tan rápidamente en esta bandada como en la anterior. Es obvio que el aprendizaje por imitación en este ejemplo está mediado por un condicionamiento instrumental, pero en otros casos puede ser mediado por condicionamiento clásico. Mirlos silvestres muestran una conducta especial de acoso cuando ven algún depredador. Se quedan cerca de él, manifestando gran excitación y emiten llamadas de alarma. Una lechuza disecada es generalmente suficiente para provocar esta respuesta. Experimentalmente, se puede hacer que un mirlo silvestre modelo vea una lechuza disecada que a la vez es invisible para un mirlo observador ingenuo criado en el laboratorio que sólo ve un objeto innocuo, una botella. El modelo acosa a la lechuza. Esta conducta es contagiosa y estimula al observador a mostrar conducta de acoso (respuesta incondicionada). La botella vista por el observador funciona como un estímulo condicionado, que siempre precede y acompaña al acoso del modelo. Después de varios apareamientos (exposiciones del modelo a la lechuza y del observador al modelo y la botella) se puede demostrar que el observador ha adquirido una respuesta condicionada. En ausencia de modelo, el ex-observador acosa a la botella siempre que la ve. El mirlo así condicionado puede servir como modelo para nuevos observadores ingenuos. De esta forma se inicia una tradición de acoso a botellas entre mirlos: se ha establecido una mini-cultura artificial.

Una transmisión cultural más eficiente y avanzada es posible por medio de una transferencia de memoria más directa. En la mayoría de los casos en los que los seres humanos asumen comportamiento de otros, el lenguaje tiene el papel de mediador. Se ha propuesto efectivamente que la capacidad de hablar pudo haber surgido evolutivamente como una extensión del aprendizaje por imitación, como un vehículo para la instrucción por el cual las recetas de conducta son transmitidas de forma abstracta y simbólica. Los mensajes lingüísticos funcionan como una especie de cortocircuitos entre las estructuras mnemónicas de los individuos. Hace medio millón de años tuvo que ser muy difícil para un Homo habilis enseñar a novatos cómo acechar un antílope sólo por medio del ejemplo y debería haber sido mucho más fácil decirles cómo hacerlo. El lenguaje aumenta la eficiencia de la transmisión por tradición y contribuye enormemente a la sofisticación de la cultura humana comparada con la cultura animal. Volviendo a nuestro ejemplo de antes, una simple explicación verbal es suficiente para asegurar un eficiente cambio de rueda de automóvil. La explicación cuesta poco en términos de tiempo y energía. Frecuentemente la comunicación lingüística verbal o escrita, es el único medio por el que ciertos contenidos culturales pueden ser transmitidos de un individuo a otro. El lenguaje escrito permite que la transmisión de contenidos de memoria sea posible sin que el modelo y el observador tengan que coincidir en un lugar y un momento dado, lo que amplifica enormemente el potencial del aprendizaje por instrucción.

Cincuenta años atrás la cultura era considerada como un fenómeno puramente humano. Desde entonces se ha encontrado que muchos animales tienen conductas culturales, en los términos anteriormente descritos, aunque ninguna de estas culturas abarca tantos y tan complejos elementos de conducta cultural como las que exhiben poblaciones humanas. Las culturas animales son mucho más simples, pero los principios por los que surgen son cualitativamente equivalentes a aquellos por los que funciona la cultura humana. Las culturas animales son frecuentemente etiquetadas como protoculturas a causa de su relativa simplicidad. Pero entonces nuestros antecesores prehistóricos, digamos de tres millones de años atrás, también poseían sólo protoculturas.

Aunque algunas especies de mamíferos y particularmente de primates exhiben conductas protoculturales, aquí nos centraremos en las aves. Unas 4.500 especies de pájaros tienen un tipo especial de conducta protocultural que se basa en tradiciones vocales. La mayoría de ellas son miembros del grupo taxonómico de los oscines, las llamadas aves cantoras. Alrededor de un centenar de estas especies ha sido examinado en detalle y se ha determinado que virtualmente todas producen cantos determinados por tradición, siendo las excepciones algunas especies parásitas como los tordos americanos y las viudas africanas que hacen incubar sus huevos y criar sus pichones a otras especies. Es el caso que todas las aves cantoras descienden de un antecesor común que se escindió del resto de las aves hace unos 40 millones de años. Es muy probable que esta especie ancestral ya tuviera la capacidad para una cultura vocal que, a partir de entonces, se pasó de una generación a otra. Esto haría de la cultura vocal de las aves cantoras la más antigua de las existentes, ya que la cultura humana se originó como mucho hace tres millones de años, quizás basándose en las raíces protoculturales de los antecesores primates, que surgieron hace unos 15 millones de años.

Se sabe muchísimo acerca de los cantos de algunas aves cantoras, probablemente más que acerca de cualquier pauta cultural humana. El hecho que sobresale es que cada ave aprende su canción de otro u otros individuos por imitación. Describimos las circunstancias para una especie típica, el pinzón. Pichones de esta especie, incapaces de cantar porque todavía no está desarrollada la siringe, su órgano vocal, escuchan a su padre cantar (las madres raramente lo hacen), y almacena una representación de lo que escucha, en su memoria auditiva. Si es un macho, a los pocos meses, bajo la influencia de las hormonas sexuales, será capaz de vocalizar y comenzará a producir una gran variedad de patrones vocales. Retendrá, sin embargo, sólo aquellos sonidos que armonizan con los que tiene en su memoria auditiva, desechando los demás. Por lo tanto acabará reproduciendo por ensayo y aciertos los cantos que ha oído de su padre. Si en un experimento el pichón de pinzón no tiene modelo, los cantos que aprende por sí solo no tienen ninguna semejanza con los que producen sus congéneres normales, ya que les falta el registro auditivo

con el que comparar lo que va produciendo. Si una cría es ensordecida quirúrgicamente poco después de haber oído al modelo, tampoco desarrolla una canción normal ya que no puede comparar los cantos que produce con los que tiene guardados en la memoria. Si se le ensordece después de que haya cristalizado su canción, ésta se mantiene por un largo tiempo sin modificarse.

Si se deja adoptar pichones de pinzón por otras especies, reproducen cantos similares a los de los padres adoptivos. Pichones en cautividad también almacenan sonidos producidos por una grabadora, aunque menos efectivamente que el canto de los que los crían. Sin embargo, se ha demostrado que hay límites innatos para los cantos que pueden almacenar los pinzones jóvenes. Si las canciones modelos son muy diferentes del estilo de canciones característico de la especie, es más difícil que los pichones los registren. Más aún, parece que las crías tienen suficiente información innata sobre el tipo de canción propio de su especie, que es preferentemente memorizado ante una variedad de cantos. Las hembras generalmente no suelen cantar a menos que se les inyecte con hormona sexual masculina. Dado que entonces sí reproducen la canción parental, también deben de haberla memorizado, aunque normalmente no lo expresen. Utilizan, sin embargo, estos registros para reconocer a los machos de su propia especie, incluso discriminando a aquellos que cantan otro dialecto que el que conocen.

Vale mencionar que también se tiene mucha información acerca de los substratos neurales de los cantos de los pájaros. Por ejemplo, se sabe que están controlados por un número de estructuras neuronales bien conocidas que se localizan principalmente en el hemisferio cerebral izquierdo. En algunos de estos núcleos las conexiones entre las neuronas por medio de sinapsis se modifican en forma demostrable cuando las aves aprenden un canto. Es así que este sistema está sirviendo como modelo prototípico para el estudio de las bases neuronales del aprendizaje. Mientras que varias especies de aves cantoras solamente aprenden los cantos de su padre, otras también almacenan los producidos por sus vecinos. Si bien en algunas especies el repertorio de los machos se reduce a una canción, en otras se extiende a varias docenas y existen individuos de ciertas especies excepcionales que dominan cientos de melodías diferentes. Incluso hay especies que continúan aprendiendo cantos de sus vecinos durante toda su vida. En estas especies que cada primavera aprenden nuevos cantos, nuevas células nerviosas que, bajo la influencia de estimulación auditiva adecuada pueden formar nuevas sinapsis, son incorporadas a algunas de estas estructuras bajo la influencia de la testosterona (hormona masculina). Algunas especies (estorninos, sinsontes, calandrias y fuera de las aves cantoras, los loros) hasta incorporan ocasionalmente en su repertorio vocalizaciones de otras especies no conespecíficas.

Se ha llevado a cabo un experimento en el que camachuelos jóvenes en cautividad fueron expuestos a una canción artificial, una melodía de cuna en flauta. Cuando fueron adultos produjeron una buena imitación de la melodía y se la cantaban a sus crías. Éstas la aprendieron y a su vez la transmitieron a la

siguiente generación. Así se estableció una tradición con una canción artificial. En libertad, la transmisión de cantos por aprendizaje de imitación desfasada, tiene como consecuencia la formación de dialectos regionales en muchas aves cantoras. La fidelidad de copia de cantos es alta pero ocasionalmente ocurren desviaciones o errores. En algunas especies pueden también surgir nuevos elementos por un proceso más parecido a la invención que a la copia de errores, basado por ejemplo en combinaciones noveles o en el desarrollo de elementos preexistentes. El resultado de la transmisión no perfecta es que dentro de una especie dada, las poblaciones que habitan diferentes áreas cantan diferentes cantos o incluso diferentes repertorios. El lector deberá saber que, por lo general, las aves se quedan o retornan a la zona en la que nacieron. La transición de un área dialectal a otra puede ser gradual, esto es, con tipos intermedios de canciones o bien puede ser abrupta. En cualquier área dialectal habrá algunos pájaros que canten canciones aberrantes, que pueden ser debidas a errores de transmisión o a inmigrantes de otras áreas dialectales recién llegados, que en algunos casos pasan después a adquirir el dialecto local. La estructura y composición de los dialectos es frecuentemente complicada ya que muchas especies cantoras tienen un repertorio muy amplio. Además, la cultura vocal de una población de pájaros cantores puede estar compuesta por muchas pautas culturales distintas, de las cuales un individuo dado sólo domina una fracción.

La función de los dialectos es una cuestión muy discutida. Es probable que la capacidad para un canto aprendido en lugar de un canto innato surgiera por el proceso de selección sexual en un contexto de formación de especies nuevas (especiación). De hecho, las hembras de especies cantoras parecen preferir aquellos machos de su especie que emiten los cantos más elaborados. Originalmente esto surgió porque el canto era una señal segura de que el macho pertenecía a la variedad adecuada y también porque una canción elaborada era una señal de vigor masculino. Esta preferencia inicial indujo al proceso evolutivo autoalimentado de selección sexual. Machos con canciones complejas son los más buscados por las hembras. Las hembras que eligen a estos machos tienen más probabilidades de tener descendientes más capaces de reproducirse. La transmisión de cantos complejos por codificación genética es ciertamente ineficaz comparada con la transmisión por imitación. Esto generó la presión selectiva para la transmisión cultural. Pero la evolución del aprendizaje del canto por sí misma no explica la existencia de dialectos regionales. Una probable explicación es que los dialectos son un inevitable producto colateral de la evolución del aprendizaje vocal y que no tienen ninguna función especial. De forma análoga, no hay ninguna duda de que el lenguaje es una gran ventaja, pero por ejemplo, es dudoso que el hablar chino o español esté asociado con una ventaja en eficacia darwiniana, excepto en el sentido de que no es buena estrategia el hablar español entre los chinos y viceversa.

Variedades de cantos transmitidos a través del aprendizaje por imitación son almacenadas en la memoria auditiva de las aves cantoras. Estos contenidos de memoria pasan a controlar la conducta por medio de aprendizaje motor. De hecho, un registro separado del canto es construido en la memoria motora que controla directamente la producción vocal. En general, todo aprendizaje, el social incluido, debe ser concebido como un proceso por el cual la información específica es almacenada en la memoria. En la medida que las instrucciones verbales o escritas son capaces de estimular el aprendizaje, también conducen a la adquisición de nuevos contenidos en la memoria. Por consiguiente, las conductas culturales definidas anteriormente como elementos conductuales adquiridos por imitación, instrucción, etc., deben imaginarse como contenidos particulares en la memoria de los individuos portadores de cultura.

El almacenamiento de información depende de los cambios en el estado físico-químico de las estructuras soporte de la memoria. La memoria a largo plazo se basa en modificaciones estructurales del cerebro. Las modificaciones implican cambios submicroscópicos de ciertas estructuras nerviosas, las sinapsis. Éstas son especializaciones celulares que establecen contactos capaces de transmitir información entre neuronas. Debido a las particulares pautas de activación simultánea en neuronas pre y postsinápticas que se producen durante el aprendizaje, ciertas sinapsis pasan de un estado de relativa ineficacia a uno de relativa eficacia de un estado desactivado a un estado activado, algo parecido como los bits de la memoria de un ordenador pasan del estado "off" 0 al estado "on" 1. En algunos casos el aprendizaje puede incluso llevar a la formación de nuevas sinapsis o a la supresión de sinapsis previamente existentes. Análogamente, la memoria de un ordenador también puede almacenar información cuando los bits pasan del estado 1 al estado 0.

El cerebro humano contiene quizás 10^{15} sinapsis variables. Estas sinapsis deben ser consideradas como los componentes esenciales de redes neurales que funcionan como sistemas de aprendizaje asociativos. En estas redes, las sinapsis que son activadas doblemente por una coincidencia temporal de actividad sináptica modifican sus propiedades pasando de sinapsis inactivadas a ser sinapsis activadas. Ha sido demostrado matemáticamente y verificado empíricamente que las redes asociativas que incorporan un gran número de conexiones modificables en este sentido son capaces de almacenar grandes cantidades de información en una forma muy organizada. Una propiedad importante es que la información así almacenada es recobrable por contenidos y no por direcciones como en los ordenadores. Además, resulta almacenada de una forma muy repartida. Versiones especiales de estas redes muestran propiedades interesantes tales como la capacidad de auto-organización o la de clasificación de los patrones de entrada.

Cualquier rasgo cultural adquirido por un individuo a partir de otro individuo, debe concebirse como la transferencia de una constelación particular de

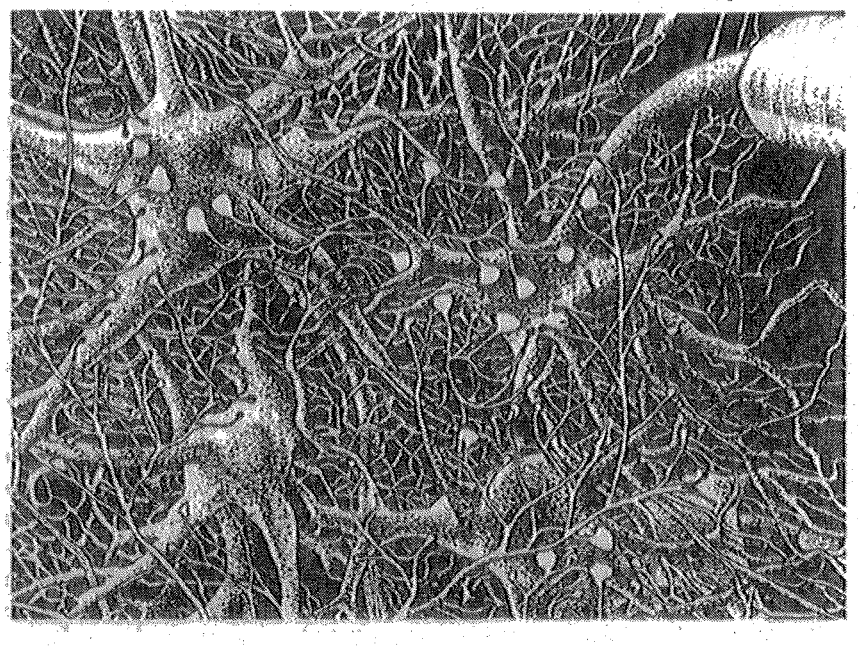

Figura 1. Un meme como una configuración de sinapsis neuronales activadas localizada en algún lugar del cerebro de un individuo.

sinapsis activadas dentro de una red asociativa de un cerebro, a la red asociativa de otro cerebro. Debe pensarse que los diversos rasgos son codificados por constelaciones funcionalmente análogas de sinapsis activadas. Es decir, una pauta cultural de un individuo está codificada informativamente en su cerebro como un patrón particular de sinapsis modificadas. Naturalmente, las constelaciones de sinapsis activadas que un rasgo cultural tiene en un cerebro no serán geométricamente idénticas a las que tenga el otro cerebro. Para eso, los cerebros de diferentes individuos son probablemente demasiado diferentes, pero funcionalmente las constelaciones sinápticas serán equivalentes en el sentido de que sendos contenidos de memoria representan la misma conducta cultural. El lector debe pensar en un ejemplo análogo: un mismo texto almacenado en dos disquetes diferentes por dos ordenadores de diferente tipo es informacionalmente equivalente pero no necesariamente idéntico materialmente.

La representación de la cultura en el cerebro de un individuo no es más que una enorme colección de configuraciones de sinapsis activadas capaces de instruir conductas culturales. Cada rasgo cultural está codificado por tales constelaciones sinápticas. El proceso de herencia cultural puede ser concebido como una transmisión de estas constelaciones de un individuo a otro o a otros. Obviamente, no es una replicación de estructuras corpóreas como tales, pero hay, sin embargo, una multiplicación por transferencia de estructuras equiva-

lentes. Como ya hemos señalado los rasgos biológicos están codificados en los genes (secuencia de las bases adenina, timina, citosina y guanina, a lo largo de las moléculas de ADN). Análogamente, los caracteres culturales deben ser imaginados como codificados en memes, es decir constelaciones de sinapsis activadas y desactivadas dentro de las redes de memoria neural. Es cierto que los genes se duplican de una forma muy directa mientras los memes lo hacen más indirectamente, mediante el aprendizaje social entre individuos. Pero incluso entre genes, la duplicación algunas veces no es tan directa. Los retrovirus que usan ARN como material genético, de los cuales el del sida es un ejemplo, tienen genes que se duplican muy indirectamente utilizando para reproducirse la maquinaria celular controlada por el ADN del organismo que parasitan. Los memes son capaces de codificar, no la síntesis de proteínas como los genes, sino el comportamiento. Indirectamente los genes pueden codificar comportamientos por medio de la síntesis de proteínas que constituyen y controlan las células de los sistemas nerviosos. Los memes, de forma similar a los genes, pueden permanecer latentes por largos períodos y necesitan ser activados por eventos específicos antes de ser traducidos a conductas.

Los memes comparten con los genes las propiedades esenciales que hacen que los últimos sean los protagonistas de la evolución biológica. Los memes son capaces de replicación, aunque en forma indirecta a través de una u otra forma de aprendizaje por imitación o instrucción. La replicación es razonablemente exacta pero no perfecta, es decir, los memes tanto como los genes sufren mutaciones. Surgen nuevas variantes en los cantos de los pájaros, se acuñan nuevas palabras, se crean nuevos rituales, aparecen nuevas modas. Puede parecer que la mutación de los memes no se produce siempre al azar, como lo hacen las mutaciones de los seres, pero deberemos examinar eso cuidadosamente más adelante. En cualquier caso para un proceso de evolución, la variabilidad al azar no es una precondición, aunque sea una característica importante de la evolución darwiniana. Es obvio que los memes están sujetos al fenómeno de la selección ya que no todas las variantes de rasgos culturales son igualmente efectivas en reproducirse. Algunos memes se expanden rápidamente en una población dada, mientras otros desaparecen: "yo sé algo pero no se lo voy a decir a nadie" representa a una mutación memética que no se extenderá, pero "yo te diré una forma segura de ahorrar impuestos" representa a un meme con gran potencial de multiplicación. Se ve que los diferentes memes tienen una eficacia cultural diferente, es decir que varían en su potencial de producir descendencia memética.

Gracias a la genética molecular los genes pueden ser concebidos como estructuras materiales, moléculas específicas que codifican información según un principio bien conocido (las secuencias de bases determinan qué aminoácidos integrarán una proteína). Sin embargo, hasta mitad del presente siglo los genes eran prácticamente constructos hipotéticos que no podían ser relacionados con nada más específico que con los cromosomas. La memética no está todavía tan avanzada como la genética. Los memes todavía son, en gran medi-

da, entes abstractos establecidos por inferencia, aunque sabemos que son información codificada en las estructuras neurales. Es posible, e incluso muy probable, que el código memético sea menos universal y más complejo que el código genético. Sin embargo, la manera en que los genes codifican comportamiento innato, por ejemplo el llanto de los bebés, su reflejo de succión, etc., también es cualquier cosa menos simple y unitario.

Algunos autores, no obstante, prefieren hablar de rasgos culturales o variantes culturales más que de memes. Eso parece lingüísticamente incómodo, la palabra meme es más conveniente. Además acentúa el hecho de que se transmite información codificada y no la conducta cultural misma, lo cual es de hecho físicamente imposible. Al nivel conceptual, en genética es esencial separar el carácter fenotípico, de los genes que lo codifican. El término gen en el contexto de la evolución biológica a menudo se emplea como abreviación para referirse a patrones moleculares complejos que no se explican o que todavía ni se conocen. Cuando por ejemplo se discute la ocurrencia de la anemia falciforme con relación a la malaria, es corriente hablar del gen de la hemoglobina y sus mutaciones. Se deja de lado el hecho de que por lo menos una docena de diferentes genes todavía no completamente conocidos están implicados en la síntesis del pigmento sanguíneo.

Simbiosis

Sea cual sea la estructura de los memes éstos se alojan en organismos codificados por genes. Eso parecería invalidar o limitar la analogía entre genes y memes. Pero una relación huésped-anfitrión no es nada excepcional. Muchos genes se alojan en organismos instruidos por otros genes. Los organismos simbiontes, y por lo tanto también sus genes, son huéspedes de organismos codificados por otros genes. Cualquier ser humano por ejemplo, alberga billones de organismos simbiontes que pertenecen a quizás mil especies diferentes. El fenotipo preciso de una persona no está determinado sólo por genes humanos sino que también por los genes de sus huéspedes. Se distinguen tres tipos de simbiontes: mutualista, donde la especie anfitriona se beneficia de la asociación en términos de eficacia darwiniana (por ejemplo, la flora gástrica de los rumiantes); comensales, que no provocan ni beneficios ni desventajas a los anfitriones (por ejemplo, la flora intestinal del hombre) y los parásitos, que provocan pérdida de eficacia a los anfitriones (por ejemplo, la tenia en los humanos). Esta caracterización de los varios simbiontes no es totalmente inmutable. En situaciones particulares ciertas especies simbiontes pueden pasar de ser comensales a ser parásitos. La Entamoeba coli, un comensal intestinal del hombre generalmente inofensivo, puede convertirse en un parásito mortal si la salud del anfitrión está debilitada por otras causas.

Las mitocondrias, orgánulos citoplásmicos de los organismos eucarióticos, son simbiontes mutualistas muy notables. Las mitocondrias tienen su propio

ADN que se duplica independientemente del ADN nuclear de la célula anfitriona. Los antecesores de las mitocondrias, hace unos dos billones de años, eran seguramente parásitos de células procariotas como ahora lo son muchos virus. Actualmente las mitocondrias están totalmente integradas en los eucariotas y ni las unas ni los otros son capaces de vivir independientemente. Las células anfitrionas son totalmente dependientes de las mitocondrias porque controlan estrechamente la respiración celular. Juegan un rol importante en las células nerviosas, particularmente en las terminaciones presinápticas, que son metabólicamente muy activas. De hecho, hasta el más leve comportamiento humano depende esencialmente de estos simbiontes celulares. El ADN mitocondrial es objeto de una evolución propia a pesar de depender tan íntimamente de los genes de sus anfitriones. Pueden surgir mutantes mitocondriales que son favorecidos o no por la selección natural. El medio intracelular, estrechamente controlado por los genes nucleares de la célula anfitriona, media esa selección. Sin embargo, a veces el medio externo puede afectar al medio interno y por lo tanto afectar la eficacia de las mutantes mitocondriales, promoviendo así la evolución de las mitocondrias dentro del anfitrión. Las mitocondrias se heredan por vía maternal, formando parte del citoplasma de los oocitos. Los espermatozoides no aportan mitocondrias a los descendientes de los anfitriones.

Los intrones, que constituyen una apreciable parte del ADN genómico de los animales superiores, ofrecen un ejemplo de comensalismo. Los intrones, difiriendo de los exones, no codifican la síntesis de proteínas, ya que los trechos correspondientes en el ARN son eliminados por enzimas especiales. Los intrones parecen ser genes mutados que no tienen función alguna, pero que se duplican normalmente durante la reproducción y el crecimiento. Los intrones no influencian la adaptación de un organismo ya que no causan pérdidas de eficacia evolutiva suficientes para ser sometidos a una presión selectiva. Sin embargo, en ciertas plantas algunos intrones parecen haber sido capaces de convertirse en virus patogénicos.

Los simbiontes son frecuentemente responsables de lo que parece ser una evolución lamarckiana basada en la transmisión de características adquiridas fenotípicamente. Un ejemplo relacionado con parásitos es representativo. Cuando anfitriones son infectados por bacterias patógenas, frecuentemente se les trata con antibióticos. Si el tratamiento no es lo suficientemente radical, algunas bacterias mutantes surgidas al azar que son resistentes a los antibióticos, sobreviven. Las bacterias se han adaptado a las nuevas condiciones ambientales. La infección que cunde a otros individuos, superficialmente parece tener una resistencia a los antibióticos fenotípicamente adquirida, pero realmente esta resistencia es un producto de un proceso darwiniano.

Varias especies de parásitos capaces de invadir el sistema nervioso de anfitriones vertebrados causan modificaciones de la conducta. Ejemplos dramáticos son los diversos tipos de encefalitis causadas por virus, por bacterias, por hongos, por protozoos y por helmintos. En algunos casos los parásitos manipu-

lan la conducta de sus anfitriones. El virus de la rabia invade a varias especies pero sus anfitriones preferidos son los cánidos. Las glándulas salivares de estas especies son invadidas masivamente por los virus que causan una salivación excesiva en forma de una espuma virulenta. El virus también invade el sistema nervioso y de alguna forma influye su funcionamiento aumentando la agresividad del anfitrión: un pacífico can doméstico se vuelve rábido. Al mismo tiempo el virus provoca una aversión al agua (por lo cual se habla de la hidrofobia), lo que inhibe el tragar de saliva. Así es que cuando el animal enfermo muerde a sus víctimas les inocula con eficiencia. En otras palabras, la conducta del anfitrión es influida por el virus de tal manera que maximiza la transmisión y replicación de este último. El virus de la rabia incrementa su eficacia darwiniana a costa de la eficacia del anfitrión, manipulando su comportamiento. De hecho, el perro rabioso cesa de servir a sus propios genes y se convierte en un esclavo de los genes virales.

Los huevos del trematodo Dicrocoelium, que frecuentemente habita el hígado de ovejas, son expulsados conjuntamente con los excrementos de este animal. Ciertos caracoles que se alimentan de estos excrementos son los anfitriones intermediarios del primer estadio larval (cercarias) de los trematodos. Las larvas invaden las glándulas dérmicas de los caracoles y son excretadas con la mucosa. Hormigas que habitualmente se alimentan de este material son los anfitriones intermediarios del segundo estado larvario de los trematodos, las metacercarias. La mayoría de estas larvas invaden el abdomen de las hormigas, pero una o dos se dirigen hacia el cerebro de cada hormiga, más precisamente hacia su ganglio subesofágico y modifican de alguna manera su funcionamiento de forma que las hormigas muestran una conducta patológica: se trepan por la pastura hasta alcanzar las hojas superiores y prenden a ellas. Los parásitos manipulan la conducta del anfitrión a su beneficio y en perjuicio del anfitrión. Cuando las hojas, y por lo tanto las hormigas, son ingeridas por las ovejas, estas últimas se infectan con las metacercarias, las cuales les invaden el hígado donde se desarrollarán a trematodos adultos, recomenzando el ciclo.

Los parásitos generan presiones selectivas que favorecen a anfitriones mutantes capaces de prevenir la infección por, o inhibir la multiplicación de los parásitos. Las reacciones inmunitarias que contrarrestan las infecciones y también las conductas que minimizan las posibilidades de nuevas infecciones (beber agua limpia, acicalar el pelaje, evitar conespecíficos enfermos, etc.) favorecen la eficacia del anfitrión. A la inversa, los parásitos están bajo selección natural tendiente a incrementar sus habilidades infectivas y replicativas. Puesto que muchos parásitos se reproducen con altas tasas, una adaptación evolutiva a las reacciones inmunológicas de los anfitriones e incluso a los tratamientos farmacológicos a través de la selección de mutantes resistentes puede tener lugar dentro de un único anfitrión. La evolución de anfitriones y de parásitos tiende a ser altamente interdependiente tomando a menudo la forma de una competición de armamentos. Los ejemplos mejor conocidos de esta coevo-

lución antagonista son los sistemas presa-predador: las presas estando bajo selección para un mejor comportamiento antipredador y los predadores son seleccionados para un comportamiento predador superior. En un sentido amplio, los predadores son parásitos de sus presas. Por lo general, ninguno gana, sólo se intensifican sus comportamientos. Figurativamente hablando, las gacelas huyen cada vez más rápidamente, los guepardos las persiguen cada vez más velozmente, etc.

Una especie parásita demasiado infecciosa que mata a su anfitrión antes de que haya infectado a uno nuevo, se elimina a sí misma. La vida parásita conlleva el riesgo de la extinción. Una virulencia restringida puede resultar en una mejor eficacia darwiniana a largo plazo, una relación mutualista es inherentemente más estable. Por esta razón los parásitos están bajo alguna presión selectiva de convertirse en mutualistas o al menos en comensales. La reproducción asexual de tipo clonal que es característica de muchos simbiontes facilita la evolución de estos rasgos que, de otra forma, podría requerir un improbable proceso de selección de grupo. También hay presión selectiva sobre los organismos anfitriones para convertir parásitos, dentro de lo posible, primero en comensales y luego en mutualistas. Una coevolución cooperativa de este tipo ha determinado muy visiblemente la relación entre plantas floribundas e insectos y pájaros polinizadores. En un sentido amplio, los últimos son también simbiontes mutualistas. Este tipo de coevolución es presumiblemente el camino por el cual los antecesores parásitos de las mitocondrias se convirtieron en mutualistas cooperativos. Pero no existe ninguna certeza de que el proceso ocurra en todos los casos, ya que compite con las presiones selectivas que tornan a los parásitos cada vez más virulentos. El juego de la coevolución entre anfitriones y parásitos favorece a los parásitos, que por ser generalmente más pequeños tienen un ciclo de reproducción más rápido que sus anfitriones. El gran número de especies parásitas existentes atestigua que la vida parásita sigue siendo viable.

Memes mutualistas

En la medida en que los memes son estructuras materiales (conjuntos de sinapsis modificadas) que se dan en organismos anfitriones y que pueden multiplicarse independientemente en ellos, pueden ser considerados análogos a los genes de simbiontes. Más específicamente, los memes deben ser considerados similares a los genes de los simbiontes que invaden el cerebro de sus anfitriones e influyen en su funcionamiento de modo que afectan sus comportamientos. Los memes son paquetes de información codificada que se replican e infectan animales superiores manipulando sus conductas. De la misma forma que los simbiontes, muchos memes pueden sobrevivir como esporas pasivas (como ideas temporalmente olvidadas, libros no leídos, manuscritos no publicados, disquetes perdidos, etc.).

En el contexto de la biología de los simbiontes, es esencial distinguir entre la eficacia genética de los anfitriones y la de los simbiontes, si bien a menudo ambas están íntimamente entrelazadas. De la misma manera, es esencial el diferenciar entre la eficacia genética (biológica) de los portadores de características culturales y la eficacia memética (cultural) de los propios caracteres culturales. Como en el caso de simbiontes, memes o memomas (complejos meméticos) pueden sobrevivir y reproducirse con ventaja, indiferencia o perjuicio a la eficacia genética de sus anfitriones, de tal manera que los caracteres culturales pueden ser equivalentes a mutualistas, comensales o parásitos.[3] Inicialmente, en el estadio filogenético procultural, los memes debieron de ser forzosamente mutualistas porque la capacidad para la cultura, la aptitud para el aprendizaje social, sólo se pudo haber mantenido si confería ventajas a los individuos que los poseían frente a aquellos que no los poseían. La ventaja en eficacia genética de un individuo era determinada por los actuales caracteres culturales que eran posibles gracias a esa capacidad, en otras palabras, por lo menos los primeros pocos memes debieron promocionar los genes de los anfitriones. El aprendizaje social entre algunos de los primitivos homínidos, puede imaginarse que favoreció formas eficientes de caza, de producción de herramientas, formas eficientes de comunicación que les proporcionaban una ventaja sobre aquellos competidores menos educables. Nuevas mutaciones genéticas de los anfitriones podían promover más memes huéspedes a través de la síntesis de cerebros fácilmente infectables por ellos. Pero tales mutaciones eran seleccionadas sólo si los memes que permitían resultaban en una ventaja adaptativa para los anfitriones mismos. Los memes en esta fase pueden ser visualizados simplemente como mecanismos por los cuales los genes de los anfitriones amplificaban su adaptabilidad a través de una extensión de sus capacidades de aprendizaje. Los memes eran entonces una especie de simbiontes esclavos de los genes, parecidos a las mitocondrias de hoy en día. Sin embargo es bien sabido que los esclavos tienen una inclinación por la independencia. ¿Cómo podrían los genes conseguir mantener dominados a los memes pasados aquellos estadios protoculturales?

Muchos simbiontes, como hemos descrito anteriormente, están sujetos a una evolución dentro de sus anfitriones y no sólo cuando pasan de un anfitrión a otro. Lo mismo ocurre con los memes. Nuevos memes potenciales o memes mutantes son continuamente producidos dentro de un sujeto por medio del aprendizaje, la invención, la creatividad o el pensamiento individual. El individuo selecciona estas mutantes por diversos mecanismos. La principal selección

[3] Para evitar malentendidos: la eficacia genética y la eficacia memética no tienen nada que ver con conceptos valorantes tales como correcto o incorrecto, veraz o falso, malo o bueno, justo o injusto. Lamentablemente, un meme exitoso podría ser fácilmente mentira, malvado e injusto e inversamente, un meme que representa la verdad, bondad y justicia podría ser ineficaz. Los valores gnósticos y éticos se relacionan sólo de una manera tenue y tortuosa con la evolución cultural y la evolución biológica a pesar de que indudablemente son productos de ambos procesos.

ocurre a través de principios básicos que hacen del aprendizaje un proceso generalmente adaptativo. A lo largo de la historia filogénica de una especie dada, ciertos eventos han señalado consistentemente a sus miembros un incremento en la adaptación biológica (por ejemplo, alimento, sexo, poder) o un decremento en adaptación (por ejemplo, dolor, frío, derrota). Estos acontecimientos tienden a adquirir un estatus innato especial, se convierten en los llamados reforzadores primarios incondicionados, apetitivos o aversivos. Son tipos de acontecimientos que los organismos buscan o evitan innatamente. Durante el aprendizaje cualquier acontecimiento originalmente neutral que circunstancialmente precede y predice tales refuerzos, pasa a ser buscado o evitado a través del condicionamiento clásico. Similarmente, cualquier respuesta arbitraria que por alguna razón genera o produce tal reforzamiento es correspondientemente aumentada o suprimida a través del condicionamiento instrumental. Además, cualquier plan o estrategia de conducta que por intuición o imaginación es identificado como un probable camino hacia una u otra forma de refuerzo, es retenido o rechazado por el cerebro. A más tardar la utilidad de un comportamiento ideado es comprobada al ser puesto en práctica. Además, cualquier respuesta o estrategia que no es efectiva en producir eventos apetitivos o en evitar eventos aversivos se extingue y es finalmente olvidada. Cada meme potencial pasa por una especie de control de calidad antes de que tenga la posibilidad de pasarse a otros anfitriones.

En general, y como ya lo han mencionado un buen número de autores, todo aprendizaje, ideación, invención o creación de un individuo es un proceso basado en la variación y la selección, que tiene similitudes con la evolución biológica. Memes emergentes en este contexto pueden ser vistos como habiéndose reproducido con éxito en el organismo anfitrión, en el sentido de que las trazas memoriales correspondientes han sido mejor consolidadas a través de un almacenaje repetido, redundante. En este contexto, los memes mutantes que fracasan son los que no pueden establecer en la memoria de ningún anfitrión y por lo tanto cesan de ser memes. Variantes incipientes de memes, exactamente como muchos genes simbióticos, ya son seleccionados dentro de un anfitrión y no sólo al propagarse a otros anfitriones. La frecuente afirmación de que la evolución cultural implica la transmisión de los caracteres adquiridos y por lo tanto es lamarckiana, ignora que estos caracteres adquiridos son a su vez el resultado de un proceso puramente darwiniano ocurrido dentro del primer anfitrión. A este respecto, los memes son equivalentes a los genes de simbiontes, los cuales, como mencionáramos anteriormente, muchas veces están implicados en una evolución que superficialmente parece obedecer reglas lamarckianas, pero que de hecho obedece a una evolución típicamente darwiniana.

El principio de variación y selección también opera cuando los memes son transmitidos de un individuo a otro, por medio de cualquier forma de aprendizaje por imitación o instrucción. Una transmisión imperfecta o errónea es una obvia fuente de variación o mutación de memes. Por otro lado, los anfitriones potenciales no son completamente pasivos frente a los memes que se ofrecen.

Se puede suponer que la bioevolución del anfitrión asegura que individuos receptores seleccionen entre todos los memes en oferta. Mecanismos innatos que evalúan la calidad de los memes, en el sentido de favorecer la adaptación genética, son inevitables. Un frecuente criterio de valoración parece ser el de cuántos portadores de un determinado meme se presentan como modelos. Si muchos conespecíficos exhiben un cierto carácter cultural, la probabilidad de que ese meme sea biológicamente adaptativo es alta y resulta en un "haz lo que hacen todos". Si un meme fuera drásticamente maladaptativo, literalmente mataría su anfitrión, reduciendo por lo tanto su número. Otro indicador de la calidad de un meme son los obvios signos de adaptación biológica exhibida por el portador de un carácter dado. Si un individuo es visiblemente exitoso siendo, por ejemplo, un robusto macho alfa de un grupo de primates que tiene acceso a la mejor comida y las más deseables hembras, entonces los memes que porta son probablemente eficaces y valederos de ser adoptados por los jóvenes del grupo.

Cuando los memes se pasan a otros anfitriones deben ser consolidados y mantenidos en sus memorias. Muchos de los mecanismos de selección anteriormente expuestos que operan sobre los memes generados dentro un individuo también se aplican en esta situación. Hay paralelismos con la biología de los simbiontes. El sistema inmunitario codificado por los genes de los anfitriones es un mecanismo sofisticado designado para seleccionar variantes de simbiontes en vista de la mejor adaptación del anfitrión. Es una coincidencia llamativa el hecho de que ese sistema también opera sobre un principio de variación/selección análogo a la evolución biológica y no es una coincidencia que en el pasado haya sido considerado como un modelo útil para entender el aprendizaje y la memoria. De cualquier modo es efectivo para suprimir variedades de simbiontes independientemente de que hayan surgido a través de mutaciones dentro del individuo o de que hayan entrado en este individuo a través de una infección.

Para ser capaz de coger memes es necesario tener oportunidades. Una manera es de hacer vida social, cultivando las relaciones con otros. Como corolario, la capacidad para el aprendizaje social, para la cultura, promueve la disposición hacia el comportamiento social. Hay paralelismos en la coevolución simbionte-anfitrión. Los herbívoros, por ejemplo, deben asociarse con conespecíficos para infectarse con la fauna gástrica mutualista de la que dependen para la digestión de la celulosa. Se supone que ésta es una razón entre otras para la frecuencia de las manadas en las especies que pastan. Además hay evidencias de que los herbívoros buscan compañía de individuos aparentemente sanos y evitan el contacto con los que están enfermos. La sociabilidad inducida por la cultura debería por lo tanto incluir como rasgo el rechazo al contacto con individuos culturalmente aberrantes, lo que de hecho se observa.

Resumiendo, el asunto es que ya que los genes crean el ambiente en el que los memes prosperan, ellos tienen en principio, el poder de filtrar, suprimir y seleccionar memes de tal manera que sólo sobrevivan y proliferen aquellos que

contribuyan a su adaptación biológica. En otras palabras, la cultura en este estadio es otra estrategia más, "inventada" por algunos genomas para poder seguir adelante en el severamente competitivo juego de la filogenia. Se trata de que los genes tratan de cultivar en su jardín memes obedientes, preparados a trabajar para los amos.

MEMES PARÁSITOS

¿Hasta qué punto son efectivos los mecanismos innatos que censuran a los memes? ¿En qué medida pueden los cerebros instruidos por los genes discernir entre los memes que hospedan? Los mecanismos análogos de filtración para simbiontes, por ejemplo el sistema inmunológico de los anfitriones vertebrados a los que ya nos referimos anteriormente, son mucho menos que perfectos. Comensales, e incluso parásitos, consiguen a menudo infectar a no pocos individuos. ¿Podría surgir y replicarse por lo menos el ocasional meme comensal? Una mayor habilidad para el aprendizaje por imitación e instrucción, que involucra una mayor capacidad memes, obviamente ha significado una ventaja biológica para algunas especies animales avanzadas, a pesar de que eso requiere un cerebro de mayor volumen. Mientras que la mayoría de memes así posibles fueran beneficiosos para el anfitrión, una selección de genes que resultaría en una reducción de la capacidad para el aprendizaje social sería débil. Se produciría, sin embargo, la selección de genes mutantes codificadores de mecanismos capaces de controlar muy específicamente qué memes se aceptan y cuáles se rechazan. En el capítulo anterior hemos esbozado algunos mecanismos que hacen algo semejante. No obstante, la discriminación entre similares alelos meméticos (variantes, mutantes), algunos de los cuales fomentarían la eficacia genética de sus anfitriones, y otros que no, requiere mecanismos de decisión muy inteligentes. Su instrucción requiere probablemente la estrecha cooperación de varios genes, es decir, el ensamblaje de supergenes. La evolución de tales supergenes se sabe que es muy lenta.

Los memes mutantes que no contribuyen a la eficacia genética de sus anfitriones, pueden proliferar si su eficacia cultural es alta, es decir, si son "prendedores", si pueden superar los filtros anteriormente citados, y si no perjudican de forma apreciable la eficacia biológica de sus anfitriones. Algunos rasgos culturales que son biológicamente inútiles pero son inofensivos cuando ocurren embutidos entre numerosas pautas culturales que aumentan la eficacia de los genes, difícilmente van a generar gran presión selectiva en favor de mecanismos que lleven a su eliminación. Memes comensales (tales como conocimientos, creencias, hábitos, costumbres, modas, rituales, etc.), que no tienen ninguna consecuencia para la eficacia genética de sus portadores parecen ser un inevitable desarrollo histórico en cualquier linaje capaz de cultura. Con respecto a la cultura de los pájaros, es verdaderamente difícil demostrar que esta o aquella variedad de canto está relacionada con una eficacia biológica mayor,

Figura 2. Una infección mental: una caricatura de Forges publicada en *El País* el 16 de enero de 1999.

aun cuando está demostrado que los repertorios vocales complejos confieren más eficacia que los más sencillos.

En la cultura humana, manías o modas biológicamente inofensivas son muy abundantes. La moda de chaquetas con dos o tres botones y de collares redondos o agudos no llevan a ninguna diferencia en la tasa de supervivencia y reproducción de sus portadores, aunque la vestimenta en general, en la medida en que provee abrigo, ciertamente lo hace. Es interesante señalar que frecuentemente tales memes comensales están acoplados a otros memes que tienen la función de darles un supuesto significado biológico. Los collares redondos y las chaquetas de dos botones, en una cierta época eran considerados como presuntos indicadores de una virilidad deficiente. Más generalmente, la música, la literatura, las artes, implican conjuntos de memes que no son ni beneficiosos ni perjudiciales para los genes de la mayoría de sus portadores. Pueden ser concebidos como comensales que han colonizado un nicho mental especial, las estructuras cerebrales que normalmente controlan la curiosidad y la exploración, conductas que en general sí contribuyen a la eficacia del genoma.

Dado que los memes manipulan el comportamiento de sus anfitriones están en cierta manera preadaptados para el aumento de su eficacia memética a costa de alguna eficacia biológica del anfitrión. Los memes, como el virus de la rabia, pueden poner la conducta del anfitrión al servicio de su transmisión en

vez de a la de los genes. Las mutaciones de memes que tienen una gran eficacia cultural a expensas del vigor del anfitrión parecen ser algo inevitable, como lo son los parásitos. El consumo de drogas y los deportes peligrosos son probablemente expresiones de dichos memes. En ambos casos es fácil ver cómo estos memes pasan la censura instruida por los genes. Las drogas que producen adicción activan los mismos mecanismos que señalizan recompensa, tan importantes para el aprendizaje, aunque de hecho las drogas no promueven la eficacia biológica como los estímulos que normalmente activan estos mecanismos. La morfina engaña al sistema de refuerzo, de la misma manera que la sacarina engaña al sistema de alimentación. Un meme que se expresa en la toma de drogas que producen adicción no tiene problemas con la censura genética. Es indudable que una juguetona actividad física mantiene, de diversas maneras, la vitalidad de individuos humanos. ¿Pero dónde está el límite a la actividad violenta y excesiva, que disminuye la supervivencia y la reproducción? Un individuo sólo tiene limitada información acerca del borde entre el juego benéfico y el deporte destructor. Es esta incertidumbre la que mantiene actividades tales como el boxeo amateur y el jogging excesivo.

Las disposiciones innatas que forman el aspirar a un estatus social superior son normalmente adaptativas y crean también nichos para memes mutualistas que ayudan e incitan al avance social. Sin embargo, con frecuencia éste es un camino también del que se aprovechan memes parásitos. Por ejemplo, los tatuajes, son o fueron algo prácticamente obligatorios para adquirir rango en algunas culturas. Sin embargo, son la expresión de un meme que está definitivamente asociado con alguna pérdida de eficacia genética. A través del tatuaje se pueden adquirir infecciones que causan enfermedades e incluso la muerte. Sin embargo el meme es obviamente contagioso, se pone de moda con facilidad. Esto se debe a que los tatuajes se perciben como conducentes a una mejor posición social, un atributo que dentro de un cierto marco fomenta la eficacia biológica. Claramente los genes no proporcionan a los humanos suficiente discernimiento para evaluar las ganancias o pérdidas de eficacia asociadas con el tatuaje. El meme se desarrolla sobre la base de esta incertidumbre. De forma similar, los genes, o mejor dicho, las disposiciones innatas que ellos instruyen, no parecen ser suficientemente discernientes acerca del esfuerzo que debe dedicársele a la búsqueda y mantenimiento de recursos. El afán por obtener una mayor tajada del medio ambiente es ciertamente biológicamente ventajoso para el individuo, pero en cierto momento las ganancias dejan de justificar los costes. Se supone por ejemplo, que aves individuales ocasionalmente pierden oportunidades de apareamiento debido a una agresión territorial exagerada. Entre los humanos, la avaricia frecuentemente inhibe la fertilidad. Muchos memes parásitos se benefician del afán por una riqueza capital al detrimento de la eficacia genética. La cultura comercial que tanto domina hoy en día en el mundo civilizado es, en gran medida, debida a esa circunstancia.

El celibato es obviamente un meme parásito que causa la reducción de la reproducción del anfitrión. Es parte de un complejo de memes, de un memo-

ma que manipula el cerebro del anfitrión disminuyendo su actividad sexual, pero aumentando en su lugar el proselitismo, como en el caso del virus de la rabia que inhibe la conducta reproductiva de su anfitrión para favorecer una conducta infecciosa. Incidentalmente, hay ciertos organismos parásitos que van más lejos, ya que para aumentar su propia eficacia castran a sus anfitriones. Por lo menos dentro de una subcultura bien conocida, el meme del celibato transportado por un grupo de anfitriones es compensado por otro meme asociado con él que incita al resto de los portadores del memoma a que se dediquen a una reproducción ilimitada. Los memes que instruyen el uso de anticonceptivos se han extendido explosivamente en los últimos años entre las culturas occidentales hasta tal punto que las poblaciones correspondientes van disminuyendo. Claramente, los memes que determinan el control de natalidad disminuyen la eficacia darwiniana de estos grupos comparada con la de otros sectores que todavía aumentan en número. Nótese que los anticonceptivos deshacen el vínculo entre el placer y la reproducción que normalmente asegura la fertilidad.

Uno esperaría que el genoma de las anfitriones, expuesto a la presión selectiva creada por memes parásitos, se contra-adapte como en el caso de la competencia entre anfitriones y parásitos. La mayor tasa de reproducción de los memes comparada con la de los genes hace a la contra-adaptación una tarea difícil. Adicionalmente, la selección de genes mutantes contrarios a la infección por memes específicos sólo podrá ser efectiva cuando estos memes ya se han propagado y son parte de la herencia cultural de la población. Como analogía, la resistencia parcial contra la myxomatosis (infección viral) sólo comenzó a cundir como un rasgo genético entre los conejos de Australia cuando la enfermedad había tomado un carácter pandémico y los conejos estaban a punto de extinguirse. Un desarrollo semejante amenaza a la especie humana en conexión con el virus del sida. No hay duda de que las mutaciones de genes que de alguna forma aseguran cerebros resistentes o inmunes a la invasión por memes parásitos, tienen ventaja sobre los que no lo hacen. Por otro lado, mutaciones de memes que superan esas resistencias son culturalmente seleccionadas. Surge así un proceso similar a la competencia coevolutiva que ya conocemos en los parásitos: los anfitriones desarrollan una mejor censura y los memes, a su vez, desarrollan una mayor infecciosidad.

La replicación de memes depende de la disponibilidad de cerebros anfitriones. Si reducen la eficacia de los anfitriones demasiado drásticamente los memes pueden eventualmente encontrarse faltos de ellos. Un meme que provoca el suicidio no es probable que se propague mucho. En por lo menos un caso, un suicidio ritual en masa muy publicado que tuvo lugar en Guayanas llevó en un pasado reciente a la extinción de los adherentes de una secta religiosa y, por consecuencia, de sus memes. Al igual que entre los simbiontes hay una presión selectiva que favorece memes menos virulentos. A pesar de ello, los suicidios por harakiri, kamikaze y similares son rasgos culturales que persisten. Nos viene a la mente la similitud con la peste bubónica, donde Yersina pestis

tienen que matar a sus anfitriones humanos para asegurar su propagación. Las pulgas, como anfitriones intermediarios, sólo abandonan y buscan un nuevo portador, las ratas, cuando los cadáveres se enfrían. Las ratas a su vez desparraman las pulgas y propagan así el patógeno. El suicidio cultural aparentemente sólo se puede predicar por medio del ejemplo, los memes correspondientes sólo cunden con la muerte del anfitrión.

Si los memes únicamente fueran cooperativos con los genes, deberíamos esperar que los primeros se transmitiesen íntimamente unidos a los segundos. Según el principio del egoísmo genético, la transmisión de memes mutualistas debería ocurrir principalmente entre individuos genéticamente relacionados, y menos entre aquellos que no lo están. Los primeros son un grupo familiar donde el llamado mecanismo de eficacia inclusiva fomenta el altruismo. Este altruismo inducido por genes tiene que ver con el hecho de que un gen dado, portado por un individuo, también está presente en copias fieles en familiares próximos, con una probabilidad definida por el grado de parentesco. En términos evolutivos es indiferente cuál de estas copias idénticas se duplica, ya que lo importante es que algunas de ellas lo hagan. El promover la eficacia de un familiar es por lo tanto una estrategia evolutiva razonable para un organismo, incluso cuando involucra algunas desventajas para sí mismo. En culturas primitivas la mayoría de los memes beneficiosos son transmitidos de padres a hijos y algunos más entre otros parientes cercanos. Sólo algunos pocos memes biológicamente ventajosos son transmitidos a individuos no parientes. Estos últimos son, de hecho, principalmente competidores genéticos, un marco que promueve el egoísmo. Los no emparentados deberían consecuentemente estar inclinados a pasarse memes dañinos. Casos por ejemplo, en los que operadores de bolsa pasan a miembros de su familia información beneficiosa que ellos recogen, transmitiendo al mismo tiempo rumores engañosos al público general, son publicados regularmente. Pero es cierto también que los potenciales receptores son cautelosos a la hora de cargarse con cualquier tipo de memes si provienen de individuos no parientes. Es común la búsqueda de un banquero, un abogado o un médico que sea pariente, cuando necesitamos consejos de mucha consecuencia. En estas situaciones es común que también los amigos pueden ser reemplazos para familiares. El altruismo por reciprocidad, que implica una especie de contratos entre individuos, generalmente en forma de simple amistad, es de hecho otra forma de altruismo genéticamente viable. Veremos más adelante que los memes pueden potenciar esta estrategia que previene la transmisión de información parásita.

Sea como sea, el simple hecho de que los genes parásitos son muy abundantes sugiere que también los memes parásitos deberían ser comunes. Es poco probable que los genes puedan producir defensas innatas contra cada una de las miríadas de memes biológicamente dañinos que pueden surgir por mutación en una cultura tan variada como la humana. Se debe también considerar la posibilidad de que memes parásitos, como por ejemplo aquellos responsables de la política del poder nuclear o de la pólución ambiental, podrían

erradicar a sus anfitriones humanos de una vez y para siempre, incluso antes que posiblemente lo consigan los genes parásitos del virus sida.

EVOLUCIÓN CULTURAL

La evolución cultural es el inevitable resultado de un proceso de replicación, transmisión, traducción y selección de información. Dentro de una cultura, la información sobrevive codificada como memes en la mente de sus participantes. Los memes se traducen en forma de rasgos culturales y se replican a medida que se van consolidando en un determinado cerebro y en la medida en que son transmitidos a otros cerebros. La replicación es razonablemente exacta, pero innovaciones culturales, es decir mutaciones de memes surgen con una frecuencia apreciable. A través del tiempo, hay una constante renovación de memes. La supervivencia y eficacia reproductora de todos los caracteres culturales no es idéntica. Algunos memes se propagan de forma explosiva, otros sólo lo hacen medianamente, mientras otros muchos memes se extinguen. Caracteres culturales aparecen y desaparecen continuamente. Los diferentes memes tienen eficacias culturales diferentes, de la misma forma que genes diferentes tienen eficacias biológicas diferentes. Resumiendo, la información memética almacenada en la memoria colectiva de los miembros de una cultura está sujeta a variación y selección. Los memes deben ser considerados como entidades independientes que evolucionan, siendo su hábitat los cerebros de algunos animales superiores y siendo el comportamiento cultural de estos su expresión fenotípica. Esencialmente no son muy diferentes de, por ejemplo, el virus de la gripe que habita las cavidades buco-nasales de los vertebrados, provocando en sus anfitriones conductas expectorantes y contagiantes.

¿Existen equivalentes culturales a los más destacados fenómenos de la evolución biológica? La multitud de especies y subspecies que habitan la tierra es quizás el producto más llamativo de la evolución genética. La especiación consiste en el emerger de distintos grupos de genes mutuamente ajustados (genomas) adaptados a sobrevivir y reproducirse en diferentes nichos ecológicos. Las culturas y subculturas pueden ser comprendidas de manera similar como ensamblajes de memes coadaptados, como poblaciones de memomas, que florecen en diferentes nichos socioecológicos. El aislamiento geográfico, por lo menos transitorio, de poblaciones de genes facilita la especiación biológica. La restricción del flujo memético, independientemente de cómo se dé, es un factor importante para la especiación cultural. Los medios de comunicación y la movilidad son las antítesis a la especiación cultural, ya que facilitan el transporte entre culturas potencialmente aisladas. Son testigos de ello la enorme difusión de la cultura Coca-Cola en los años cincuenta y la cultura McDonald's en los años ochenta. Por otra parte, la tendencia a emparejarse con iguales, según características tales como la altura, el color de ojos, la personalidad, etc., ayuda a mantener la distintividad biológica de especies y subespecies. La tendencia

de individuos de cultura similar a agruparse, ilustrada por el aislamiento de las comunidades inmigrantes y de las clases sociales, promueve a su vez la conservación de las culturas específicas a ellas.

Cuando sólo unos pocos individuos son los fundadores de una población mayor, la composición genética de ésta refleja el reducido número de antepasados. Esto favorece la aparición de nuevas especies en islas. Un fenómeno análogo afecta a la evolución cultural. Por ejemplo, se sabe que sólo unos pocos pinzones colonizaron las islas Chatham, en el Pacífico Sur a principios de siglo. Su población actual, unas 50 generaciones después, todavía tiene un repertorio de canciones reducido y aberrante, un dialecto que difiere de la población originaria que vive en Nueva Zelanda. No hay duda de que esto refleja el hecho de que los fundadores llevaron consigo un estilo individual de canto, que han transmitido a sus descendientes.

La competitividad es una característica destacada de la evolución biológica. Las actividades reproductivas e instructivas de los genes dependen de los recursos del medio. Recursos finitos necesariamente limitan la reproducción y por lo tanto su repartición lleva a varias formas de competición entre genomas. En organismos capaces de comportamiento, a menudo la competitividad emerge en forma de conducta agresiva, siendo ejemplos las luchas por posiciones sociales, por espacios territoriales y por parejas sexuales. Los memes también compiten por recursos limitados, principalmente por espacios sinápticos en los anfitriones, pero también por los medios necesarios para reproducirse (una parte de la conducta del anfitrión más el asociado gasto de tiempo y energía, y también frecuentemente medios extraorganísmicos tales como utensilios para escribir, espacios publicitarios, etc.). Por lo tanto, no es sorprendente que los memes también induzcan a sus anfitriones a comportarse competitivamente, incluso agresivamente. Entre los humanos, las conductas agresivas causadas culturalmente son desgraciadamente más que obvias, incluso en sus formas más extremas. Batallas entre los aficionados de fútbol, asesinatos por razones políticas, guerras entre sectas religiosas, violencia entre grupos de diferente habla, son acontecimientos que diariamente desafían nuestra inocente creencia en la moralidad y la racionalidad humana.

Sin embargo, la evolución biológica también produce conductas cooperativas. Por ejemplo, cada miembro de una bandada de pájaros se beneficia en eficacia biológica cuando la vigilancia contra depredadores es aumentada a través de la sociabilidad: muchos ojos ven más que un par. Rasgos comportamentales del mismo tipo determinados culturalmente son de amplia distribución, por lo menos entre los humanos. Sectas religiosas, sociedades científicas, partidos políticos, etc., surgen porque sus miembros son más efectivos en propagar sus creencias, creencias y convicciones, es decir sus memes, en conjunto que individualmente. Más aún, como ya hemos mencionado, la evolución biológica puede dar lugar al altruismo. Los progenitores habitualmente muestran una conducta altruista hacia sus hijos porque así fomentan las copias de sus propios genes portados por estos. Hermanos, hermanas, tíos, tías, primos, sobri-

nos, en general familiares consanguíneos, según el parentesco comparten una cierta proporción de genes. De acuerdo con esta proporción están más o menos dispuestos a comportarse altruísticamente entre ellos. Análogamente, individuos pueden compartir muchos, pocos o ningún meme, dando lugar a un parentesco memético graduado. Así está muy extendida la conducta benéfica entre personas no relacionadas genéticamente pero que tienen las mismas creencias o tradiciones. Los mahometanos ayudan a mahometanos, los francmasones asisten a francmasones, los rotarios aventajan a rotarios, por ejemplo. Esta clase de asociación promueve la eficacia reproductora tanto de genes como de memes. En culturas avanzadas un gran número de memes es transmitido entre personas no relacionadas gracias a instituciones educativas como escuelas y universidades. Es muy común una conducta paternalista de los profesores hacia sus mejores alumnos, es decir, aquellos que se han dejado infectar por muchos de sus memes. Este altruismo cultural puede también ser considerado como una extensión de una forma de altruismo recíproco genéticamente codificado ya mencionado previamente. Proviene de una especie de contrato no verbal que implica sin embargo un "si tú me haces bien, yo te haré bien a ti", una amistad entre individuos no relacionados genéticamente. Memes que codifican conductas de ayuda mutua hacen que estos contratos sean más explícitos, que se institucionalice la hermandad.

La competencia entre grupos familiares frecuentemente acrecienta las luchas intraespecíficas. Bandas de monos capuchinos, que constan principalmente de parientes, desarrollan verdaderas guerras entre sí por árboles en fruta o por hembras errantes. Lo mismo, y exageradamente, se aplica a grupos relacionados culturalmente. Muy frecuentemente grupos tales como los protestantes y católicos, los hindúes y los sijs, etc., eligen matarse unos a otros con una dedicación que no deja de sorprender. En ocasiones el egoísmo memético puede contrarrestar el altruismo genético. Diferencias políticas pueden producir enemistades mortales incluso entre parientes cercanos, como lo demuestran varios episodios trágicos de la guerra civil española. Todas las culturas parecen contener elementos que en cierta manera son extravagantes, que implican esfuerzos, gastos o inconvenientes que parecen desproporcionados con relación a las ventajas que brindan. Los megalitos, las pirámides, las catedrales, la tulipomanía, el alpinismo, las modas, son ejemplos. ¿Puede compararse esto con extravagancias biológicas tales como los cuernos de los alces, el plumaje de las aves del paraíso, los bailes nupciales de los manacines o las flores de las orquídeas? En el contexto biológico es la coevolución la que más a menudo ocasiona caracteres extraordinarios. Siempre que la evolución de dos tipos de organismos ocurra en estrecha dependencia, en el sentido de que cada uno es un agente seleccionador que afecta a la evolución del otro y viceversa, hay lugar para desarrollos de extremos imprevisibles y algunas veces espectaculares. Los machos y las hembras de algunas especies se hallan implicados en este tipo de filogenia descontrolada. Dentro de cada sexo hay competencia por los compañeros sexuales de la mejor calidad. Las hembras que invierten mucho

durante la reproducción se benefician eligiendo compañeros con características que prometen descendencia de calidad. Esto genera la selección de machos con estas características. Pero inevitablemente ello también lleva a la cría de hembras con preferencias siempre más pronunciadas. Esta realimentación mutua y sin fin, puede terminar dando lugar a características tales como la cola del pavo real y las construcciones de las aves chozeras. Memes mutualistas que son como extensiones de los genes tienen la oportunidad de ser acoplados en este tipo de entramado. La cultura vocal de las aves cantoras, como ya hemos mencionado anteriormente, es muy probablemente un producto colateral de una selección sexual al nivel genético. Entre los humanos, las modas de vestir sexualmente diferenciadas tienen probablemente el mismo origen. Pero tanto los memes de la moda como los de los cantos han caído indudablemente bajo la influencia de otras presiones selectivas fuera de la selección sexual, alguna seguramente de naturaleza puramente cultural.

¿Hay algo en la reproducción de los memes que pueda generar una analogía cultural con la selección sexual? A primera vista la replicación de memes se asemeja a una reproducción asexual por gemación o simple clonaje, típico de organismos tales como los virus y las bacterias. Un meme portado por un individuo frecuentemente deriva de un solo meme portado por otro. Por ejemplo, entre estudiantes universitarios norteamericanos, el meme que ocasiona las visitas a los museos de arte parece derivar únicamente del meme relevante del padre. En la misma población, el meme que induce a escuchar música clásica desciende solamente del correspondiente meme maternal. Sin embargo, en algunos casos los memes son derivados compuestos de dos o más memes. El que motiva a ir a misa a los mencionados estudiantes por ejemplo, es el producto de una fusión de dos memes procedentes de ambos padres. Pero la replicación sexual de los memes no es necesariamente paralela a la reproducción sexual de los anfitriones. Frecuentemente los memes de una persona se derivan de la fusión de memes que provienen de personas diferentes a los progenitores (otros parientes, amigos, profesores, celebridades, etc.). Anteriormente hemos sugerido que memes fusionados procedentes de múltiples fuentes, tienden a ser preferidos por el genoma de los anfitriones ya que la probabilidad de que sean de buena calidad es mayor. En pocas palabras, los memes se pueden reproducir de forma asexual, bisexual y multisexual.

Sin embargo, no es obvio que la "sexualidad" más bien isogámica de los memes por sí sola garantice una especie de selección sexual cultural. Más bien las exuberancias culturales probablemente se producen por el mismo tipo de enredadas coevolutivas como las que son efectivas en comunidades biológicas complejas que ocupan nichos muy ricos como lo son los trópicos húmedos. En tales hábitats, las oportunidades de sobrevivir y reproducirse de cualquier organismo están principalmente determinadas por el contexto ecológico creado por otros organismos y no tanto por las condiciones físicas del medio ambiente. La compleja y dinámica red de interacciones simbióticas que caracterizan a este tipo de comunidades, ha llevado a la evolución de fenómenos

tales como flores que parecen abejas, mariposas que se asemejan a colibríes, mariposas que se parecen a otras mariposas, etc. Análogamente, el éxito de un meme que se encuentra en un contexto cultural determinado, dependerá fundamentalmente de este contexto. Por ejemplo, una vez que un grupo de memes de musulmanes o católicos se ha establecido en el cerebro de un individuo, genera una fuerte inclinación a aceptar sólo otros memes de tipo católico o musulmán y a rechazar cualquier meme budista o hindú que se presente. La retroalimentación positiva que se genera es capaz de llevar a la exageración y al fanatismo. De forma general, no hay duda de que la selección de memes por otros memes es un factor importante en la evolución cultural. Las fantasías que esto puede producir están a la vista de todos en nuestra propia cultura. El análisis de las tramas que llevan a estos complejos es un excitante proyecto intelectual para los años venideros.

REFERENCIAS SELECTAS

Ball, I.A. (1984). Memes as replicators. *Ethology & Sociobiology 5:* 145-161

Barker, M.C. & Cunningham, M.A. (1985). The biology of bird song dialects. *Behavioural and Brain Sciences 8:* 85-133.

Biederman, G.B., Robertson. H.A. & Vaughan, M. (1986). Observational learning of two visual discriminations by pigeons: a within-subject design. *Journal of Experimental Analysis of Behavior 46:* 45-49.

Bonner, J.T. (1980). *The Evolution of Culture in Animals.* Princeton: University Press.

Boyd, R. & Richerson, P.J.W. (1985). *Culture and the Evolutionary Process.* Chicago: University Press.

Cavalli-Sforza, L L. & Feldman, M.W. (1981). *Cultural Transmission and Evolution, a Quantitative Approach.* Princeton: University Press.

Churchland, P.S. & Sejnowski, T.J. (1993). *The Computational Brain.* Cambridge: MIT Press.

Curio, E., Ernst, E. & Vieth, W. (1978). Cultural transmission of enemy recognition: one function of mobbing. *Science 202:* 899-901.

Dawkins, R. (1989). *The Selfish Gene* (2ª ed.). London: Oxford University Press.

Delius, J.D. (1991). The nature of culture. En: M.S. Dawkins, T.R. Halliday & R. Dawkins, (eds.), *The Tinbergen Legacy.* London: Chapman & Hall.

Devoogd, T.J., Nixdorf, B. & Nottebohm, F. (1985). Synaptogenesis and change in synaptic morphology related to acquisition of a new behaviour. *Brain Research 329:* 304-308.

Durham, W.A. (1991) *Coevolution. Genes, Culture, and Human Diversity.* Stanford: University Press.

Ebert, D. Experimental evolution of parasites. *Science 282:* 1432-1435.

Futuyma, D.J. & Slatkin, M. (1986). *Coevolution* (2ª ed.). Sunderland, Mass.: Sinauer.

Hewlett, B.S. & Cavalli-Sforza, L.L. (1986). Cultural transmission among Aka Pygmies. *American Anthropology 88:* 922-934.

Kroodsma, D.E. & Miller, E.H. (eds.) (1996). *Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds.* Ithaca: Comstock.

Lefebvre, L. (1986). Cultural diffusion of a novel food-finding behaviour in urban pigeons: an experimental field test. *Ethology, 71:* 295-304.

Lumsden, C.J. & Wilson, E.O. (1981). *Genes, Mind and Culture: the Coevolutionary Process.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Minkhoff, E.C. (1983). *Evolutionary Biology.* Reading, Mass.: Addison Wesley.

Moore, J. (1984). Parasites that change the behaviour of their hosts. *Scientific American 250:* 82-89.

Morris, R.G.M., Kandel, E.R. & Squire, L.R. (eds.) (1988). Learning and Memory. *Trends in Neuroscience 11:* 125-179.

Mosterín, J. (1986). Cultura como información. En: J. Sanmartín, V. Simón y M.L. García Merita (eds.), *La Sociedad Naturalizada.* Valencia: Tirant lo Blanch.

Nishida, T. (1987). Local traditions and cultural transmission. En: B.B. Smuts, D.L. Cheney, R.M. Seyfarth, R.W. Wrangham & T.T. Struhsaker (eds.), *Primate Societies.* Chicago: University Press.

Slater, P.J.P. (1986). The cultural transmission of bird song. *Trends in Ecology and Evolution 1:* 94-97.

Smith, D.C. & Douglas, A.E. (1987). *The Biology of Symbiosis.* London: Arnold.

Staddon, J.E.R. (1983). *Adaptive Behavior and Learning.* Cambridge: University Press.

Zentall, T.R. & Galef, B.G. (eds.) (1988). *Social Learning: Psychological and Biological Perspectives.* Hillsdale: Erlbaum.