

Mente y cerebro

Nº 3/2003
6,5€

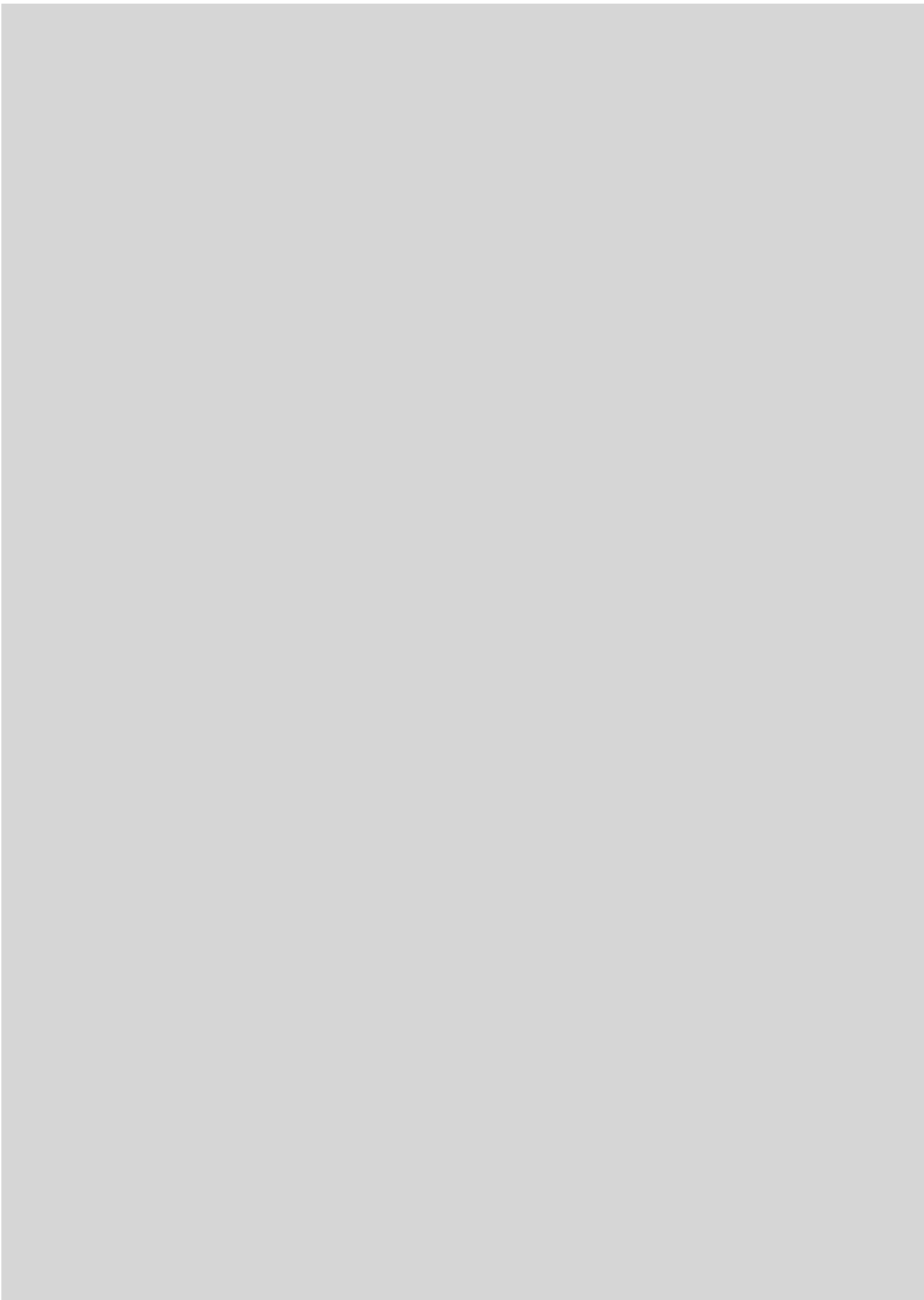
INVESTIGACION
CIENCIA

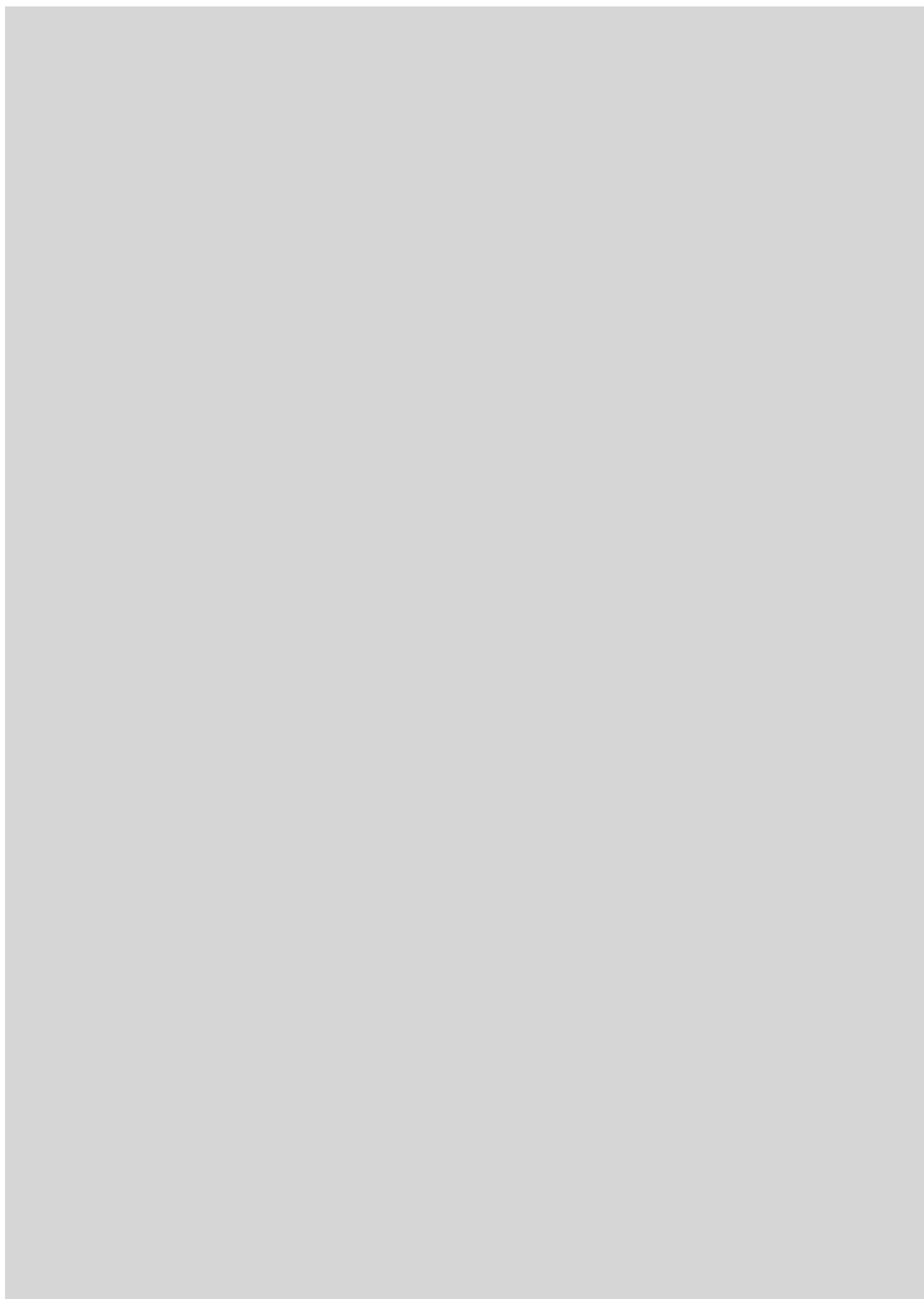
- **Nicolás Achúcarro**
- **Sentido de la orientación en el espacio**
- **Neuronas, hormonas y vuelos espaciales**
- **Mundo real e imagen percibida**
- **Máquinas conscientes**

Placer y amor

2º trimestre 2003









ZEFA / MASTERFILE

Placer y amor

12 Sentido de la orientación en el espacio

Eberhard R. Horn

¿Llegará el día en que el hombre se establezca en el espacio?

20 Neuronas, hormonas y vuelos espaciales

Luis Miguel García Segura y Daniel García Ovejero

Las ratas que crecieron en condiciones de microgravedad durante la misión *Neurolab* presentaron alteraciones permanentes en las neuronas encargadas de la secreción de hormonas que controlan funciones vitales.

31 El pez cebrá, modelo en investigación cerebral

Beatrix Benz y Stephan Neuhauss

El pez cebrá (*Danio rerio*) se ha convertido, de un tiempo a esta parte, en uno de los animales de laboratorio preferidos.

36 Mundo real e imagen percibida

Heinz Penzlin

¿Cómo percibimos el mundo? No tal cual es.

68 Interpretación psicoanalítica de los sueños

Marianne Leuzinger-Bohleber

Desde sus comienzos, se ha acusado al psicoanálisis de carecer de las condiciones que definen al método científico, de ser pura literatura.

74 Psicología del deporte

Jan-Peters Janssen

Disparan a la portería, corren apresurados por los bosques, saltan para caer en un foso de arena o levantan pesos hasta que los huesos crujen.

80 Gall y la frenología

Albrecht Schöne

A finales del siglo XVIII Franz Joseph Gall fundó su "doctrina craneal" o "frenología".

84 Máquinas conscientes

Armin Schulz

Los expertos en inteligencia artificial tratan de simular en el ordenador el proceso humano de adquisición del lenguaje.

51 Neurotransmisores y centros del placer

Rainer Schwarting

La investigación reciente en torno al placer y el enamoramiento saca a la luz estrechas semejanzas entre el apetito sexual y otras formas de deseo.

58 Amor en imágenes

Andreas Bartels y Semir Zeki

Mediante técnicas de formación de imágenes, el investigador observa en el cerebro que el amor trastoca nuestra vida sentimental.

60 El amor y sus formas

Hans-Werner Bierhoff

Aunque no existe una vara de medir el amor, la psicología se esfuerza, a través de la estadística y los tests, por precisar su polimórfica presentación.

66 Amor juvenil

Inge Seiffge-Krenke

Cuando los hijos caminan por las sendas del amor, a los padres sólo les queda a menudo un recurso: confiar en ellos.

SECCIONES

ENCEFALOSCOPIO

5 Cromosoma 14. Narcisismo newtoniano. La estancia china y el computador. Vida pautada. Arritmias. Vista y oído, por el mismo camino. Origen de la agricultura. Inteligencia maquiavélica. La obesidad de los ricos. Primates y cultura. Percepción: manténgase la distancia.

RETROSPECTIVA

8 **Nicolás Achúcarro Lund (1880-1918)**

ENTREVISTA

42 **La competición perfecta**
¿Qué impulsa a los deportistas de elite a dar el máximo rendimiento? *Mente y cerebro* conversa con Heike Henkel, campeona olímpica de salto de altura, y con Paul Meier, tercero en el mundial de decatlón.

MENTE, CEREBRO Y SOCIEDAD

45 La izquierda ayuda a la derecha. Neurobiología del parpadeo. Detectores de mentiras. Trasplantes memorables.

SYLLABUS

88 **Neurotransistores**
Los futuristas sueñan en un mañana de hombres con neurochips implantados. Los pasos dados en la investigación ponen sordina a un campo que, no obstante, se mueve.

LIBROS

90 **Cajal y su legado**

ENSAYO FILOSÓFICO

94 **Idea y libertad**

PUNTO DE MIRA

96 **Psicoterapia en la red**
¿Puede sustituir la pantalla del ordenador al diván? Mientras llega la reglamentación jurídica, un grupo de investigadores de Amsterdam defienden la posibilidad de curar las alteraciones psíquicas a través de la Red.

DIRECTOR GENERAL

José M.^a Valderas Gallardo

DIRECTORA FINANCIERA

Pilar Bronchal Garfella

EDICIONES

Juan Pedro Campos Gómez

PRODUCCIÓN

M.^a Cruz Iglesias Capón
Bernat Peso Infante

SECRETARÍA

Purificación Mayoral Martínez

ADMINISTRACIÓN

Victoria Andrés Laiglesia

SUSCRIPCIONES

Concepción Orenes Delgado
Olga Blanco Romero

EDITA

Prensa Científica, S. A. Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344 Telefax 934 145 413
www.investigacionyciencia.es

Gehirn & Geist**CHEFREDAKTEUR:**

Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)

STELLV. CHEFREDAKTEUR/LEITER PRODUKTENTWICKLUNG:

Dr. Carsten Könneker

REDAKTION: Dr. Katja Gaschler,

Dr. Hartwig Hanser (freiber.)

STANDIGER MITARBEITER:

Hermann Englert

SCHLUSSREDAKTION:

Katharina Werle, Christina Peiberg

BILDREDAKTION:

Alice Krüßmann

ART DIRECTOR/LAYOUT:

Karsten Kramarczik

REDAKTIONSASSISTENZ:

Eva Kahlmann, Ursula Wessels

GESCHÄFTSLEITUNG:

Dean Sanderson, Markus Bossle

COLABORADORES DE ESTE NUMERO**ASESORAMIENTO Y TRADUCCIÓN:**

IGNACIO NAVASCUÉS: *Sentido de la orientación en el espacio y Punto de mira*; FRANCESC ASENSI: *El pez cebra, modelo en investigación cerebral* y *Syllabus*; JUAN ACORDAGOICOECHEA: *Mundo real e imagen percibida*, *Entrevista*, *Detectores de mentiras*; CARMINA FUSTER: *La izquierda ayuda a la derecha* y *Trasplantes memorables*; JUAN AYUSO: *Neurotransmisores y centros del placer*, *Amor en imágenes*, *El amor y sus formas* y *Amor juvenil*; ANGEL GONZÁLEZ DE PABLO: *Interpretación psicoanalítica de los sueños* y *Gall y la frenología*; JAVIER NAVARRO: *Psicología del deporte*; DAVID BARBERO: *Máquinas conscientes*.



Portada: ZEFA / Masterfile

DISTRIBUCION**para España:****LOGISTA, S. A.**

Aragoneses, 18
(Pol. Ind. Alcobendas)
28108 Alcobendas (Madrid)
Tel. 914 843 900

para los restantes países:**Prensa Científica, S. A.**

Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona
Teléfono 934 143 344

PUBLICIDAD

GM Publicidad
Edificio Eurobuilding
Juan Ramón Jiménez, 8, 1.^a planta
28036 Madrid
Tel. 912 776 400 - Fax 914 097 046

Cataluña:
QUERALTO COMUNICACION
Julían Queraltó
Sant Antoni M.^a Claret, 281 4.º 3.^a
08041 Barcelona
Tel. y fax 933 524 532
Móvil 629 555 703

Copyright © 2002 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg

Copyright © 2003 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a 08021 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista.

ISSN 1695-0887

Dep. legal: B. 39.017 - 2002

Imprime Rotocayfo-Quebecor, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

Vida pautada

Los humanos compartimos con los ratones y otros animales relojes internos que controlan las pautas del sueño, los ciclos de celo, circuitos hormonales y varios procesos fisiológicos más. En el caso del ritmo circadiano, de 24 horas, ese reloj interno funciona incluso en ausencia de señales externas. Lo comprobamos con los ratones, que desarrollan una actividad locomotriz de día-noche en absoluta oscuridad. Aun cuando la luz solar pone de nuevo a punto nuestro reloj interno, nosotros mismos, cuando en los viajes saltamos de un huso horario a otro, pugnamos durante cierto tiempo contra ese desajuste interno (el "jet-lag", por hacer concepción al anglicismo). Del engranaje de ese reloj se encargan una serie de factores de transcripción, determinados por genes cuya denominación alude al fenómeno: *period*, *clock*, *timeless* y *cryptochrome*.



Arritmias

En el control del cerebro, del sistema nervioso y del corazón interviene un flujo de corriente eléctrica que cruza las membranas celulares. Si nos fijamos en el corazón, late unas 100.000 veces al día; cada latido requiere una pauta regular y coordinada de contracción muscular que viene promovida por una actividad eléctrica sintonizada con suma finura. Si esa cadencia rítmica se desbarata, se altera el bombeo cardíaco o se interrumpe lisa y llanamente. Se conocen varios defectos moleculares con capacidad suficiente para producir episodios de muerte cardíaca súbita. Todos se refieren a proteínas vinculadas a procesos de transporte iónico; las mutaciones sufridas por las mismas provocan ese fatal desenlace al desestabilizar la actividad eléctrica. De acuerdo con una investigación reciente entre miembros de una misma familia que padecen un trastorno hereditario, la arritmia cardíaca QT de tipo 4, podría causar el mismo efecto otra proteína. Se trataría de una mutación en la anquirina B, una proteína estructural que hinca los transportadores iónicos en las membranas celulares.

Vista y oído, por el mismo camino

Desde hace algún tiempo se conocían las zonas corticales del sistema auditivo de los primates. No se había conseguido, empero, cartografiar el alcance de sus proyecciones. Mediante el aislamiento absoluto de todo estímulo acústico de un hemisferio y la observación de la intensificación de la actividad en el otro, se ha comprobado que el sistema auditivo ocupa áreas extensas de tejido cerebral.

En la corteza se activan el giro temporal superior entero y grandes porciones de los lóbulos parietal, prefrontal y límbico. Se halló, asimismo, que había varias áreas auditivas que se superponían con áreas visuales. De ello infieren los investigadores que el sistema auditivo, lo mismo que el visual, contiene vías distintas para procesar la calidad, la ubicación y el movimiento del estímulo.

Origen de la agricultura

De acuerdo con la tesis admitida, la agricultura del Nuevo Mundo habría aparecido, hace entre 7500 y 9000 años, en los altiplanos secos de México y América Central. Para determinar cuándo una planta se domesticó, disponemos, desde 1967, de un crisol harto fiable: el aumento perceptible del tamaño de las semillas cultivadas, comparadas con otras silvestres locales. Dolores Piperno y Karen E. Stotter han rastreado suelos arqueológicos de América Central y del Sur en busca de fitolitos microscópicos (cristales vegetales), finos granos de almidón procedentes de plantas domésticas y polen fósil. Estas muestras microscópicas corresponden, exponen en un número reciente de *Science*, a las primeras plantas domésticas. Con las nuevas técnicas de datación por espectrometría de masas, se ha fijado la domesticación de la calabaza en Ecuador hace 12.000 años. Una fecha que coincidiría, si no antecedería, a la agricultura del altiplano. Por tanto, la agricultura podría haber surgido primero o independientemente en tierras bajas húmedas.

Fitolito de calabaza doméstica del Ecuador





Inteligencia maquiavélica

El cerebro y las manos, los pies y los dientes: he ahí los cuatro puntales que sostienen el curso de la hominización de cuño darwinista. Liberados por los pies de sus funciones locomotrices, las manos liberan, a su vez, a los dientes de sus funciones depredadoras, dejándole sitio al desarrollo del cerebro. Las variaciones en torno a esa presentación son múltiples, lo mismo que las críticas. Durante cierto tiempo ha gozado de predicamento la teoría de la inteligencia maquiavélica. Postula la misma que la inteligencia humana no se habría formado a partir de actividades materiales, sino que habría surgido en las relaciones interindividuales, en los tratos y transacciones, a través de los cuales uno buscaría manipular al resto del grupo para mejorar su estatuto jerárquico. Pero hábiles diplomáticos son los bonobos y los babuinos, sin que ello suponga por su parte ninguna evolución hacia la hominización.

La obesidad de los ricos

La obesidad se cuenta entre las diez principales causas de riesgo en el mundo y entre las cinco primeras de los países ricos. En efecto, esa condición aumenta el riesgo de diabetes de tipo 2, enfermedades cardiovasculares y determinados tumores. El Instituto Rand ha ido más allá en un informe reciente para reseñar que la obesidad aparece vinculada a patologías crónicas con una frecuencia mayor que la pobreza, el tabaco y el alcohol. La vergüenza de la sociedad del siglo XXI es la divisoria entre los cientos de millones de personas que carecen de suficiente alimento por culpa de las desigualdades económicas, la corrupción política y las guerras, y los millones de personas con problemas de sobrepeso. Se debe éste a un consumo mayor de energía procedente de la alimentación que el gasto de la misma a través del desarrollo de una actividad. La causa del desequilibrio no deja de resultar también paradójica: la prosperidad. La gente destina sus ingresos mayores a comer más y a pasar más tiempo ociosa.



Primates y cultura

La posesión y transmisión social de formas culturales sólo se conocía, fuera del hombre, en el chimpancé. Un estudio reciente mostraba que también los orangutanes de Borneo y Sumatra (*Pongo pygmaeus*) desarrollan expresiones de cierto comportamiento elaborado que pasan de una generación a otra. Se refieren, entre otros, al empleo de útiles (hojas a modo de baberos y palitos para extraer las semillas del fruto de *Neesia*), comportamiento que mostraba diferencias geográficas del tenor de las que cabría esperar en el supuesto de que fueran conductas transmitidas por la sociedad. Apoyados en esas observaciones, Carel van Schaik y su equipo, de la Universidad de Duke, proponen que las culturas asimilables a las humanas se iniciaron hace ya por lo menos 14 millones de años, límite temporal que señala la diversificación de orangutanes y chimpancés. A diferencia de la cultura propia de humanos, no parece, sin embargo, que esos simios mejoren lo alcanzado.

Percepción: manténgase la distancia

Desde hace mucho tiempo se ha venido investigando sobre los medios de que se valen los animales y el hombre para medir la distancia a que se encuentra un objeto. Los organismos utilizan estrategias muy dispares para la visión en profundidad, mecanismos que responden a un determinado tamaño corporal, la estructura de su propio sistema de visión y la geometría perceptible del entorno. En general,

cuanto más alto se halla un organismo en la escala zoológica, tanto más refinadas son las técnicas empleadas. Aunque hay excepciones. Se ha observado que el cangrejo *Uca vomeris* no sólo determina la distancia absoluta a que se encuentra un objeto, su madriguera, sino también distancias relativas, por ejemplo, la que media entre otro cangrejo y su hábitaculo.

RETROSPECTIVA

Nicolás Achúcarro Lund (1880-1918)

La neuroglía cerebral y la histopatología
de las enfermedades mentales

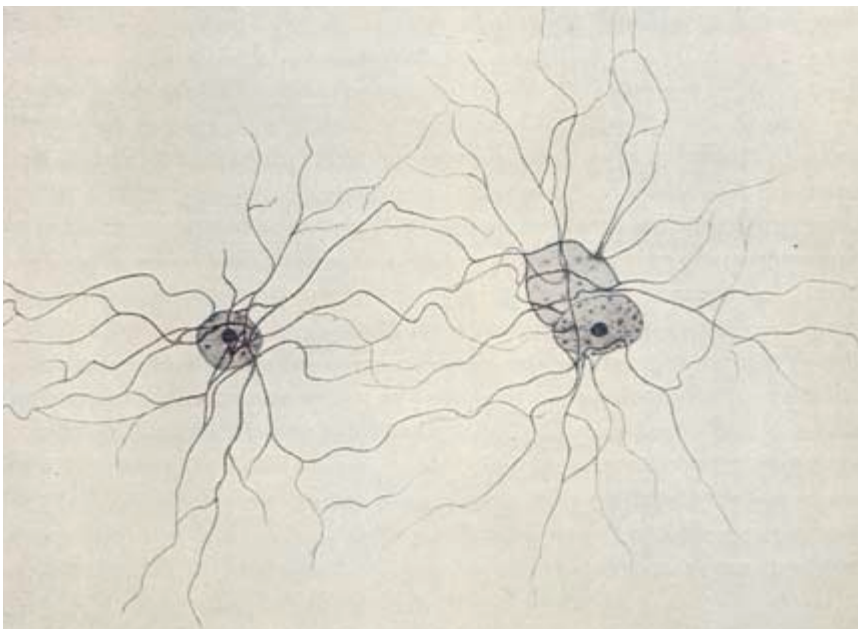
José María López Piñero

Nacido en Bilbao en el seno de una familia de la alta burguesía, la formación inicial de Nicolás Achúcarro fue muy cuidada. Estudió en el Instituto Vizcaíno, de su ciudad natal, donde tuvo entre sus profesores a Miguel de Unamuno, y a continuación en el *Gymnasium* de Wiesbaden, en el que mejoró su preparación cultural y adquirió un perfecto dominio de la lengua alemana, que le permitió conocer directamente la medicina centroeuropea. De regreso a España, comenzó en 1897 a cursar medicina en la Universidad de Madrid. Durante los primeros cursos, tuvo a Santiago Ramón y Cajal como catedrático de histología, a Federico Olóriz de anatomía y a José Gómez Ocaña de fisiología. En el laboratorio de Gómez Ocaña se inició en la experimentación fisiológica, interesándose especialmente en los problemas del funcionalismo endocrino, y sobresalió también en sus estudios de anatomía con Olóriz, obteniendo los premios destinados a los alumnos de la disciplina, mientras que entonces fue muy escasa su relación con Cajal.

De acuerdo con la coyuntura histórica (1898), el joven Achúcarro consideraba a España desde una actitud profundamente pesimista y, por otra parte, las revistas alemanas de anatomía y fisiología que ya consultaba le servían de contraste para juzgar todavía más duramente su actividad científica. En consecuencia, tras aprobar los dos primeros cursos, se trasladó en otoño de 1899 a la Universidad de Marburg, donde perfeccionó durante medio año su formación en patología general, fisiología y bioquímica.

Reanudados sus estudios en Madrid, cursó como alumno libre los tres últimos años de la licenciatura. Su formación clínica la adquirió en el servicio que dirigía Juan Madinaveitia en el Hospital General. A través de Madinaveitia y de Francisco Giner de los Ríos —con el que tuvo auténtica amistad— entró Achúcarro

1. “CELULAS FIBROSAS” de la corteza cerebral humana en la enfermedad de Alzheimer. Tinción con el método del tanino y la plata amoniaca (1914).



en relación con Luis Simarro, el maestro que orientó definitivamente su dedicación científica. Durante los últimos años de estudiante, empezó a trabajar en su laboratorio sobre histología normal y patológica del sistema nervioso, al mismo tiempo que decidía especializarse en neuropsiquiatría.

Recién terminada la licenciatura, Achúcarro pasó varios meses en París (1904-1905), asistiendo a la clínica de Pierre Marie en la *Salpêtrière* y a las lecciones de Joseph Babinski en la *Pitié*. Junto a los dos continuadores más destacados de la obra de Jean Martin Charcot, tuvo ocasión de asimilar la sólida fundamentación anatomopatológica característica de la llamada neurología “clásica” francesa. Se trasladó después a Florencia, ciudad en la que perfeccionó su formación psiquiátrica bajo la dirección de Ernesto Lugaro y Eugenio Tanzi. Por último, residió tres años en Munich, trabajando junto a Emil Kraepelin y Alois Alzheimer, cuyas contribuciones sobre la nosología psiquiátrica y la especificidad histopatológica de las psicosis se convirtieron en uno de los principales fundamentos de su obra de investigador. A mediados de 1908, Alzheimer le propuso ante el gobierno norteamericano para organizar y dirigir el departamento anatomopatológico del Manicomio Federal de Washington, donde permaneció hasta su regreso a España en mayo de 1910.

Los ocho años escasos que le restaban de vida los pasó en Madrid, sin que se resintiera la calidad e intensidad de su labor por la diversidad de puestos que ocupó. Ejerció privadamente como neuropsiquiatra, consiguió una plaza en el Hospital General y trabajó durante unos pocos meses en el laboratorio de Cajal, quien lo incorporó también, aunque sin sueldo, al personal de su cátedra. A partir de 1912, dirigió el Laboratorio de Histología Normal y Patológica fundado por la Junta para Ampliación de Estudios, donde tuvo como discípulos, entre otros, a Pío del Río-Hortega, Gonzalo Rodríguez Lafora, Felipe Jiménez de Asúa, José Miguel Sacristán, Luis Calandre y Miguel Gayarre. Sin embargo, en pleno desarrollo de su labor investigadora y su actividad docente, murió a los treinta y ocho años, tras varios meses de agudo sufrimiento, en su residencia veraniega de Neguri, víctima al parecer de una enfermedad de Hodgkin.

Fernando de Castro distinguió cuatro grandes capítulos en la obra de Achúcarro: el problema de las *Stäbchenzellen* o células en bastoncito, el método del tanino y la plata amoniaca, las investigaciones sobre la glía y el estudio de las

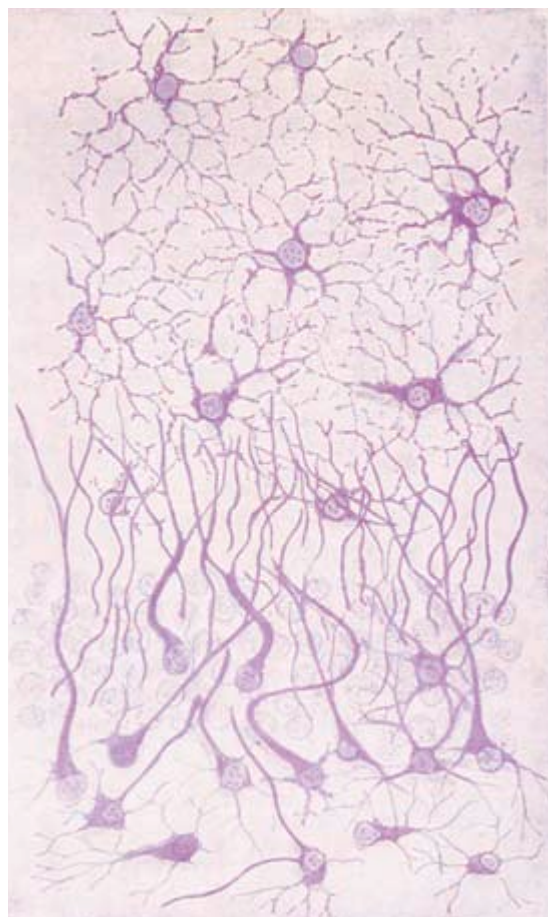
alteraciones en el ganglio cervical superior simpático en algunas psicosis.

La significación funcional de las *Stäbchenzellen* que Franz Nissl había descubierto el año 1898 en el cerebro de los parálisis cerebrales fue aclarada por Achúcarro en su tesis doctoral sobre la anatomía patológica de la rabia (1906) y en un artículo monográfico de 1908. Basándose en sus hallazgos en el *stratum radiatum* del asta de Ammon, propuso la hipótesis de que dichas células son formas de adaptación de las pirámides amónicas en curso de degeneración. Para verificar esta hipótesis, realizó una serie de experiencias en el asta de Ammon del conejo, produciendo heridas superficiales e inflamaciones locales con sustancias cáusticas y con cultivos de esporotricos. Pudo así comprobar que las “células en bastoncito” que aparecían en la zona reaccional limitante almacenaban gotas de grasa y lipoides en cantidad directamente relacionada con su cercanía al foco necrótico. Su función principal consiste en fagocitar los productos de desintegración de las neuronas en los procesos inflamatorios y su característica forma alargada se debe al movimiento activo para fagocitar, adaptándose al tupido enrejado que forman las dendritas en la corteza cerebral. Por ello, a pesar de su presencia constante en la corteza de los parálisis generales, no son lesiones patognomónicas de esta afección, sino elementos de una respuesta más general ante procesos inflamatorios cerebrales.

Partiendo de la cuestión de la génesis de las células en bastoncito, Achúcarro intentó desde 1910 obtener una técnica que coloreara “los distintos elementos de la neuroglía y otras células intersticiales del tejido nervioso [entonces] desconocido”. Resultado de su labor en tal sentido fue la invención del método del tanino y la plata amoniaca, que presentó a la Sociedad Española de Biología el 20 de octubre de 1911. Con el nuevo proceder, que era el mejor

existente hasta el momento para teñir la neuroglía y la sustancia fundamental del tejido conectivo, especialmente la reticulina, Achúcarro consiguió varios notables hallazgos, entre los que destacan los relativos a las lesiones vasculares en la parálisis general progresiva.

Aunque significó un progreso importante, el método del tanino y la plata amoniaca no permitía realizar estudios sistemáticos sobre la neuroglía, sobre todo por no ofrecer coloraciones adecuadas de su protoplasma y sus relaciones con las neuronas. Por ello, Achúcarro recurrió al proceder del oro-sublímado de Cajal, que éste dio a conocer en 1913. Lo utilizó en una serie de investigaciones, realizadas en colaboración con su discípulo Miguel Gayarre, acerca de la corteza cerebral en la parálisis general y en la demencia senil. En la primera de estas enfermedades, describió las transformaciones que sufren los astrocitos y otros hechos de menor interés. En la segunda, las nuevas investigaciones confirmaron una serie de hallazgos anteriores del propio Achúcarro, relativos a alteraciones fibrilares neuróglícas simultáneas a las neuronales descritas por su maestro Alzheimer, que en sus fases



2. ESTRATIFICACION neuróglíca en la *fascia dentata* de un niño de tres años (1915).

finales tienen un aspecto ensortijado o reticular parecido. Las interpretó como procesos regresivos similares a los que experimentan las neurofibrillas en los cabos periféricos de las neuritas seccionadas en los centros nerviosos, que Cajal había estudiado en sus célebres trabajos sobre la degeneración y la generación del sistema nervioso. Achúcarro estudió también todas las fases de la regresión de los astrocitos en la demencia senil, hasta que quedan transformados en residuos gliofibrilares ensortijados o reticulares.

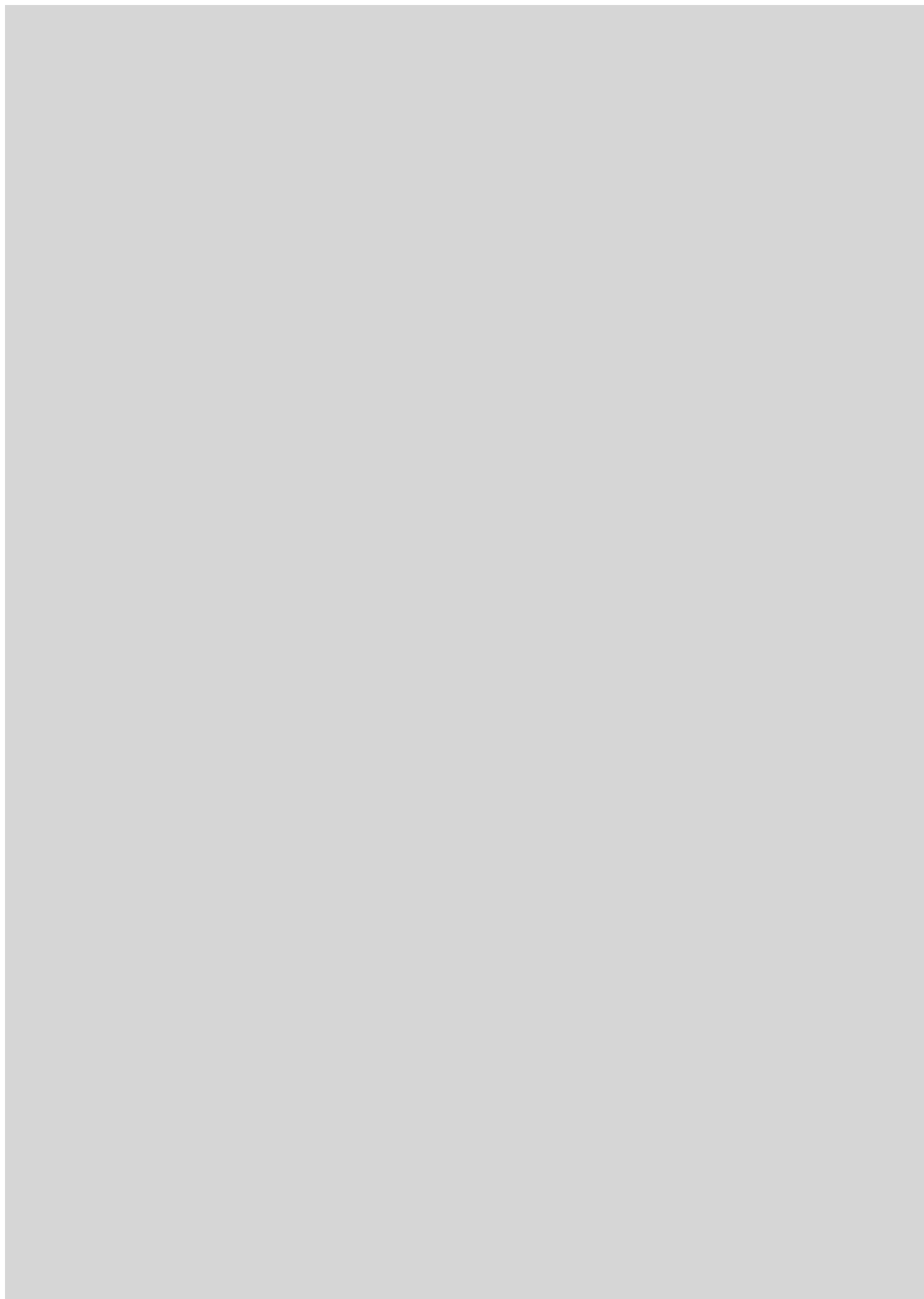
Para continuar sus investigaciones histopatológicas, a Achúcarro se le planteó la necesidad ineludible de conocer la disposición de la neuroglía en las capas corticales y en las demás regiones del cerebro y otros órganos nerviosos. Hasta entonces, se había utilizado el término “citoarquitectura” para designar la topografía estratificada de las neuronas. En un artículo publicado en 1913, Achúcarro propuso el de “glioarquitectura” para referirse al plan dispositivo del tejido neuróglia, problema al que consagró varias investigaciones realizadas principalmente en el asta de Ammon y en la *fascia dentata* del cuerpo humano y en diferentes zonas nerviosas de varios animales de experimentación.

Los resultados que obtuvo con ellas son, sin duda, uno de los aspectos de mayor importancia de su contribución científica. En primer término, comprobó que la topografía neuróglia en el asta de Ammon y en la *fascia dentata* corresponde a la disposición en estratos de las neuronas en ambas. En segundo, que la neuroglía, tanto en su variedad protoplasmática como en la fibrosa, está más diferenciada en los organismos más avanzados filogenéticamente, es decir, en el hombre y los antropoides. En tercero, que las variedades de neuroglía se distribuyen de acuerdo con la estructura neuronal de las capas: en las de gran densidad neuronal, como el *stratum lucidum* y el *stratum radiatum*, aparece exclusivamente una neuroglía protoplasmática; en otras, como el *stratum oriens* o de las células polimorfas, se localiza una neuroglía de transición, que tiene parecido con la fibrosa, pero conservando todavía estructura protoplasmática; en la *fascia dentata*, hay escaso desarrollo de la neuroglía, con células pequeñas que sólo en parte tienen caracteres protoplasmáticos y que corresponden a una zona cortical de desarrollo tardío.

Estos hechos parecían exigir una investigación comparada de la neuroglía en la serie filogenética, que Achúcarro llevó a cabo en uno de sus últimos trabajos

(1915), desde el punto de vista de las relaciones de la neuroglía con el aparato vascular. La elección de dicho punto de vista estuvo motivada por su adhesión a la hipótesis de que la neuroglía protoplasmática tenía naturaleza glandular. Esta interpretación se basaba principalmente en la existencia de ciertas granulaciones en el citoplasma neuróglia que fueron interpretadas como mitocondrias, en el carácter alveolar de dicho citoplasma y, sobre todo, en la presencia de apéndices neuróglia implantados en la adventicia de los vasos. Achúcarro centró sus indagaciones en estos últimos, pensando que correspondían al aparato excretor y vector de la neuroglía, a través del cual vertían en el torrente circulatorio la sustancia elaborada en su citoplasma. Con ello, el tejido neuróglia quedaba interpretado como una glándula endocrina intersticial del sistema nervioso. El hecho de que esta hipótesis fuera posteriormente abandonada no debe hacer olvidar la gran fertilidad que los trabajos que realizó con este motivo tuvieron para describir numerosos detalles estructurales de la neuroglía.

Aunque presente en toda la obra histopatológica de Achúcarro, su condición de neuropsiquiatra se manifiesta de un modo especial en sus investigaciones acerca de las alteraciones del ganglio cervical simpático en algunas enfermedades mentales (1913). El punto de partida de dichos trabajos, según su propia declaración, fue la relación que establecía la neurofisiología entre el sistema simpático y la vida afectiva. La importancia del ganglio cervical superior en la inervación de los vasos cerebrales le condujo a la decisión de estudiar su estructura en diversas enfermedades mentales “para tantear los resultados posibles en una investigación de mayor empeño”. Entre las numerosas dificultades que encontró en tal tarea, la más importante fue la extraordinaria variedad de la morfología de las células simpáticas y su evolución a lo largo de la vida, que le impidió prácticamente contar con una imagen-tipo normal a la que referir las diferentes alteraciones patológicas. A pesar de ello, consiguió descubrir una lesión, que llamó “degeneración vacuolar”, consistente en una alteración que afecta tanto al soma celular como a las dendritas, de carácter semejante a las que aparecen en las neuronas del cerebro y la médula espinal en la idiocia amaurotica juvenil. Achúcarro la encontró principalmente en la enfermedad de Korsakow, aunque no como lesión específica, ya que comprobó su presencia en otras enfermedades nerviosas y mentales.



Sentido de la orientación en el espacio

¿Llegará el día en que el hombre se establezca en el espacio? Los investigadores han comenzado a analizar la reacción de nuestro cuerpo ante la ingravidez. Han aparecido las primeras sorpresas. El principal desafío que plantea la vida en una nave o una estación espacial no es de carácter biológico, sino psicológico

Eberhard R. Horn

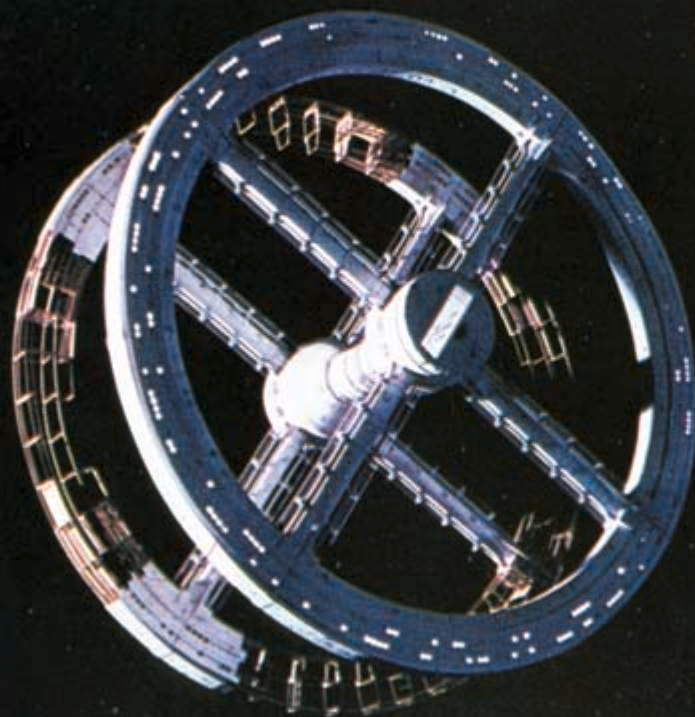
El año 2001 ha quedado atrás y todavía no hemos vivido ninguna odisea en el espacio. Pero más vale tarde que nunca; quizá sea sólo una cuestión de tiempo y el hombre consiga algún día volar a otros planetas e incluso colonizar el espacio. Cuando eso llegue habrá de soportar durante más tiempo la ingravidez y quién sabe si pasará largos períodos en este estado; por ejemplo, durante los vuelos interestelares o en las estaciones espaciales. ¿En qué nos estamos, de verdad, aventurando? ¿Podrían el hombre u otros organismos prolongar su existencia en condiciones tan insólitas? ¿No tendría esta experiencia repercusiones negativas a largo plazo sobre nuestro cuerpo

y quizás incluso sobre las funciones superiores de nuestro cerebro?

El ser humano percibe la gravitación (véase el recuadro “La supresión de la gravedad”) gracias a un órgano situado en el oído interno. Aquí se alojan los otolitos, unos cristales de carbonato cálcico. Su posición en el órgano depende de la postura momentánea del cuerpo en el espacio. Mediante la fuerza de la gravedad, estos cristallitos doblan los cilios rectos de las células sensoriales de dicho órgano y los excitan. El cerebro identifica las células sensoriales activadas y deduce en qué posición nos encontramos con respecto al campo gravitatorio.

Para nuestra sorpresa, el hombre y los animales se desenvuelven muy bien sin la fuerza de la gravedad, aunque su ausencia influye en todos los planos del sis-

tema nervioso, desde las neuronas hasta la psique. ¿Puede entonces el tejido nervioso compensar la ingravidez y acostumbrarse a ella? En busca de una respuesta, Bruce McNaughton, de la Universidad de Arizona en Tucson, investigó las neuronas localizadoras del cerebro de las ratas. Se trata de unas células nerviosas que sólo se activan cuando el animal se detiene en un lugar concreto. De esta forma, elabora “mapas espaciales” en el cerebro, es decir, representaciones del entorno que le ayudan a orientarse. Para ello, las neuronas localizadoras colaboran con otras células nerviosas que representan las distintas direcciones de la cabeza. Cuando una rata intenta orientarse, mueve la cabeza para que reaccionen los órganos del sentido postural. Si advertimos que estos órganos



1. NUESTRO FUTURO EN EL ESPACIO: ¿Llegará el hombre a dominar el universo?

Muchas novelas y películas como *2001: Una odisea en el espacio* se basan en esa idea.

no pueden funcionar sin la fuerza de la gravedad, la importancia de las neuronas localizadoras quizá nos parezca menor.

En 1998 McNaughton envió al espacio un grupo de ratas, en el marco de la misión *Neurolab*: un vuelo de 16 días en una cápsula espacial en el que se llevaron a cabo 26 experimentos neurocientíficos. Estas ratas habían elaborado mapas espaciales neuronales a través de un entrenamiento en una pasarela en la tierra. Durante los primeros días en órbita se comprobó que estos mapas habían desaparecido. No obstante, poco después las ratas recuperaron los mapas, lo que significa que se habían acostumbrado a las nuevas condiciones. Las neuronas localizadoras, que habían resultado dañadas temporalmente por la privación de la gravedad, “recordaron” de nuevo su capacidad y se adaptaron a partir de ese momento a la nueva situación, aunque no contaban con la información proporcionada por la fuerza de la gravedad.

El sentido del equilibrio mostró una capacidad de adaptación similar. En 1970 un grupo de científicos investigó el llamado VIII par craneal de las ranas, el nervio que transmite la información del órgano gravitatorio al cerebro. Comprobaron que las fibras habitualmente activas pierden gran parte de su capacidad

cuando entran en una zona de ingravidez. No obstante, la actividad volvió a la normalidad en el transcurso del vuelo espacial.

Cuando el suelo se convierte en el techo

¿Cómo reacciona la corteza cerebral, encargada de las funciones superiores del hombre, ante la ausencia de la fuerza gravitatoria? Los investigadores pueden registrar la actividad de la corteza cerebral en los electroencefalogramas (EEG). De esta manera, vigilan a los astronautas durante sus misiones. Miden la frecuencia de las ondas electroencefalográficas dominantes para diferenciar los distintos grados de vigilia y las diversas fases del sueño. Casi todas estas ondas se modifican durante el vuelo espacial, sobre todo el EEG del sueño, que indica un sueño de peor calidad.

En principio, la ingravidez influye además en las neuronas de la corteza cerebral y, por lo tanto, también en la percepción, la sensación, el discernimiento y la psique. De hecho, cuando están en órbita, casi todos los astronautas experimentan ilusiones relativas al espacio y al movimiento, que relacionan con su propio cuerpo o con su entorno. Por ejem-

plo, al erguirse —con los pies sujetos al suelo— sienten que el “techo” de la nave espacial desciende y viceversa.

Con todo, parece que estos cambios de percepción facilitan la adaptación de los astronautas a la nueva situación. Para orientarse en la astronave utilizan puntos de referencia espacial muy distintos: algunos cosmonautas consideran que lo que hay “debajo” es el suelo, mientras que otros opinan que es el techo. Pero ahí no queda todo: ¡el sistema nervioso central utiliza el propio cuerpo como referencia!

Todo esto ha quedado demostrado tras las investigaciones de dos grupos del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNRS) de Francia. Joseph McIntyre, fisiólogo del CNRS de París, se propuso averiguar si los astronautas podían apreciar la dirección que seguían los objetos. Para ello, trabajó con los cosmonautas de la estación espacial rusa Mir en 1997 y 1999; el experimento consistió en proyectar sobre una pantalla líneas de una determinada orientación. Una vez desaparecida de la pantalla la línea, debían trazar de memoria otra raya que siguiera la misma orientación. El sistema nervioso humano muestra una clara preferencia por la horizontalidad

La supresión de la gravedad



VUELO EN PICADO. Este avión especial recrea la ingravidez durante fases de medio minuto aproximadamente.



EN EL ESPACIO. Las lanzaderas son idóneas para los experimentos prolongados.

La **gravitación** es la propiedad que tienen todos los cuerpos de atraerse mutuamente en razón de su masa. La fuerza de la gravedad terrestre obedece a la gravitación de la Tierra y de los cuerpos situados en su campo de atracción. Se denomina también **aceleración terrestre** y se representa con la letra *g*. La **ingravidez** (*g* cero) se define como la ausencia aparente de la fuerza de gravitación. Los investigadores

recrean el estado de ingravidez para realizar experimentos neurobiológicos.

Dentro del campo gravitatorio de la Tierra, la ingravidez tan sólo se produce en la caída libre. Con las torres de caída libre se logran períodos de hasta 4 segundos y medio sin gravedad. De esta forma, los científicos pueden estudiar procesos que se establecen y se desarrollan con rapidez, como el procesamiento de la señal en las células sensoriales. En los **vuelos parabólicos** los aviones preparados al efecto se elevan y descienden en picado, dibujando una parábola. Cuando el avión alcanza el segmento superior de la parábola, permanece en condiciones de ingravidez durante 20 a 30 segundos. Estos vuelos no sólo permiten llevar a cabo experimentos completos con reacciones de desarrollo rápido, sino también estudiar las reacciones del equilibrio o los movimientos oculares humanos. Asimismo, pueden prepararse de este modo experimentos idóneos para el espacio exterior, que exigen fases más prolongadas de ingravidez, y evaluar la idoneidad de algunos instrumentos experimentales en el espacio.

No obstante, se precisan **vuelos orbitales** más largos —ya sea en naves tripuladas o en satélites de exploración autónomos— para estudiar procesos lentos o constantes, como el desarrollo y el envejecimiento del sistema nervioso o los ritmos biológicos. En estos vuelos, la nave espacial da vueltas alrededor de la Tierra a una altura entre 300 y 500 km. En el sentido estricto de la palabra, no se puede hablar de ingravidez absoluta, sino de **microgravedad**: un campo de fuerza complejo, que se compone de varias fuerzas de poca consideración. Debido a la proximidad de la Tierra, se origina una ligera fuerza gravitatoria en reposo (aproximadamente $5 \times 10^{-5} g$). A este valor hay que sumar la aceleración debida a los movimientos humanos y de la máquina (10^{-2} a $10^{-3} g$) y las igniciones del motor necesarias para corregir la trayectoria (10^{-4} a $10^{-6} g$).



Y EN CASA. La torre de caída libre de Bremen es perfecta para realizar experimentos breves sin gravedad.

y la verticalidad; mientras permanecieron en la Tierra, los astronautas reprodujeron con total exactitud la dirección de las rectas paralelas y perpendiculares al sentido de la gravedad. En cambio, en las zonas de ingravidez los resultados óptimos correspondieron a las líneas que seguían la dirección de su propio cuerpo.

En el experimento de Gilles Clément, del CNRS de Toulouse, se pidió a los astronautas que calcularan su propia posición en el espacio. Se les expuso, sentados o tumbados boca arriba, a una centrifugación con la fuerza de la aceleración terrestre (véase la figura 2). Debido a la combinación de las fuerzas centrífuga y gravitatoria, las células sensoriales reaccionaron como si el cuerpo se hubiera inclinado 45°. En la Tierra los astronautas que permanecieron sentados durante el experimento, percibieron una inclinación lateral de 35°.

Durante la misión *Neurolab*, los científicos repitieron este experimento en condiciones de ingravidez. En este caso actuó exclusivamente la fuerza centrífuga; las células sensoriales reacciona-

ron como si la persona sentada hubiera experimentado una inclinación lateral de 90°. No obstante, en los primeros días de vuelo la percepción subjetiva se correspondió con los 35° a los que se habían acostumbrado los astronautas. En este experimento, los astronautas volvieron a utilizar otras referencias, como su propio cuerpo.

La ingravidez no sólo altera la percepción, sino también el control de los movimientos voluntarios. Da lo mismo que se intente agarrar un lápiz o copiar un dibujo, los movimientos dirigidos hacia un fin pierden precisión con la ingravidez; para recuperar dicha merma, los sujetos deben moverse con mucha lentitud.

¿Podría un astronauta bajo los efectos de la ingravidez aprehender una pelota que le cayera desde arriba con la misma precisión que si estuviera en la Tierra? Cuando la pelota sigue una trayectoria descendente, su velocidad se acelera progresivamente debido a la fuerza de la gravedad. En cambio, en el espacio mantiene siempre la misma velocidad, por lo que el receptor debe modificar sus

movimientos. Alain Berthoz, del CNRS de París realizó el siguiente experimento durante la misión *Neurolab*: indicó a los astronautas que recogieran una serie de pelotas lanzadas —según su perspectiva— desde arriba. ¿Resultado? Los receptores desplegaron la misma habilidad que en la Tierra. Aparentemente, el cerebro humano también se adaptó a la nueva situación espacial y desarrolló una estrategia adecuada para agarrar la pelota.

Por el contrario, la capacidad cognitiva, como el pensamiento lógico o las actividades de memoria, apenas se modifican con la ingravidez. En 1997 Dietrich Manzey y sus colaboradores, de la Escuela Técnica Superior de Lüneburg, evaluaron periódicamente el pensamiento lógico y la memoria de un astronauta ruso durante los 438 días que permaneció en la estación espacial rusa Mir. La función mental tan sólo disminuyó durante la semana posterior a la transición de la zona de gravedad a la de ingravidez, debido sobre todo al trabajo desmesurado que hubo de realizar en esta fase. Por lo demás, el rendimiento fue similar al observado antes de la misión.

Además de la ingravidez, deben considerarse las condiciones ambientales extremas que se dan en el espacio; influyen enormemente en el organismo du-

2. EN EL TIOVIVO. Esta máquina centrífuga se utilizó en 1998, dentro de la misión *Neurolab*, para estimular el órgano del equilibrio bajo una ingravidez simulada.



rante los vuelos espaciales. Obligan al cerebro —no obstante su notable capacidad de adaptación— a realizar un esfuerzo inusitado, que tiene consecuencias graves para el sistema nervioso central y la psique. El largo período de aislamiento en grupos pequeños —el vuelo de ida y vuelta a Marte durará como mínimo 3 años— puede plantear graves problemas psíquicos, sobre todo por la obligación de convivir y relacionarse en un espacio tan reducido. Por esta razón, se ha desarrollado la psicología espacial de forma paralela a la técnica de los vuelos espaciales tripulados. Se trata de prever y evitar cualquier pro-

blema psíquico que se presente en el curso de los vuelos prolongados.

La ingravidez nos hace sensibles

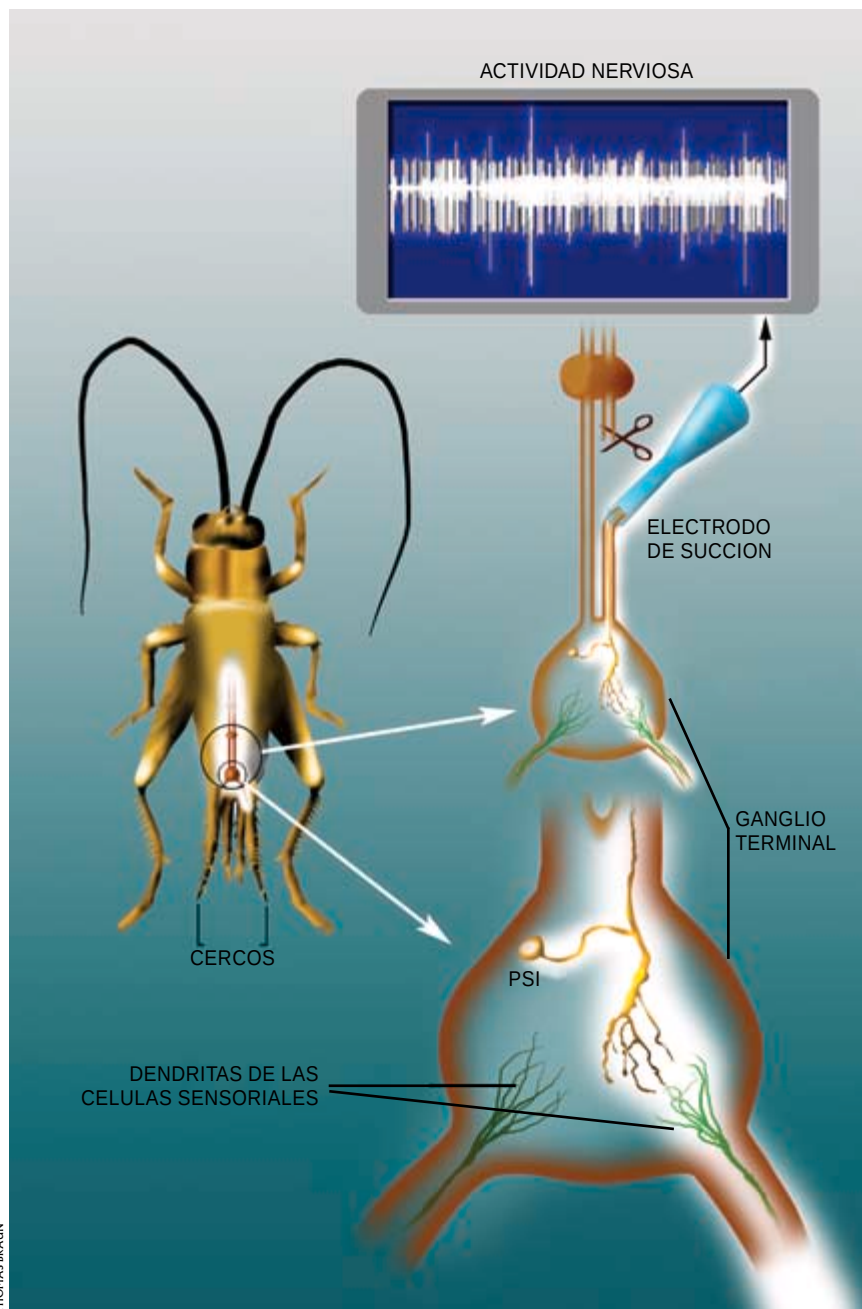
¿Cuáles son las experiencias personales de los astronautas en el cosmos? Durante el vuelo son frecuentes los momentos de tensión emocional. Los problemas propios de la tripulación afectan también a la convivencia y la conducta de los subordinados. Las diferencias culturales y lingüísticas constituyen fuente de conflictos cuando se trabaja en espacios mínimos, según indicaron los astronautas estadounidenses que permanecieron en la estación rusa Mir: muchas veces

se sentían marginados social y culturalmente por sus compañeros rusos, pues sólo hablaban en ruso entre ellos y con la estación terrestre.

Debido al escaso número de vuelos espaciales que se realizan, los psicólogos basan sus investigaciones en grupos reducidos y aislados en la Tierra, por ejemplo, en cabinas experimentales, en laboratorios de la Antártida o en submarinos. Sin embargo, las variaciones biológicas que experimenta el sistema nervioso cuando el cuerpo está en órbita no siempre pueden medirse durante el vuelo espacial. Algunos instrumentos son difíciles de manejar y otros requieren un tiempo de medición excesivo. Por estas razones, la investigación científica suele realizarse nada más aterrizar. El sistema nervioso, acostumbrado a la ingravidez, no vuelve de inmediato a su estado primitivo cuando se regresa a la Tierra. El investigador podrá evaluar la adaptación progresiva a las condiciones terrestres para inferir cómo se modificó el rendimiento en el transcurso del vuelo espacial.

Con estos experimentos se comprobó que el sistema nervioso se muestra más sensible con la ingravidez. Stephen Highstein, de la Universidad de Washington en Saint Louis, envió al espacio un grupo de pejesapos. Al día siguiente a su regreso, estimuló el órgano del equilibrio de los peces. El VIII par craneal de los animales que viajaron al espacio reaccionó con mayor intensidad que el de los peces testigo que se quedaron en la Tierra.

Los experimentos de centrifugación de Gilles Cléments mostraron un resultado similar. Nada más volver de la zona de ingravidez, los astronautas expuestos a la fuerza centrífuga percibieron una mayor inclinación lateral que antes del vuelo. No obstante, en pocos días recuperaron su estado primitivo. Es posible que



3. EL PULSO DE UNA NEURONA: El grillo posee cercos en el abdomen, unos apéndices en los que se aloja el órgano postural. Al excitarlos, el grillo gira en el espacio alrededor de su eje, pero la cabeza se mueve en sentido opuesto. Este órgano sensitivo se halla en contacto con una célula nerviosa, la neurona PSI, que transmite al cerebro información sobre la posición del insecto en el espacio. La actividad de esta neurona con las distintas posiciones se puede medir en el punto de unión de los dos ganglios del abdomen.

Entre los bastidores de la investigación espacial

El proyecto rVOR de nuestro grupo comenzó a planificarse en 1985, cuando presentamos la primera solicitud para realizar un experimento espacial. Para sacar el máximo partido del vuelo espacial, es normal invertir varios años en planificar y desarrollar el proyecto. Cabe destacar, además, que, debido a los requisitos de los vuelos espaciales —coste elevado, automatización y viabilidad de los experimentos—, nos vimos obligados a limitar nuestro empeño. Nos concentramos en los primeros estadios del desarrollo de los animales de experimentación, pues queríamos utilizar sistemas pasivos de transporte y evitar la necesidad de alimentarlos, proceso que requiere mucho tiempo.

Uno de los principales problemas prácticos que se nos plantearon fue el alojamiento de los animales de experimentación durante el vuelo espacial. Con este fin, construimos un miniacuario (véase la imagen), en el que alojamos los embriones de los peces y las ranas que estudiamos en 1997 y 2001; al comienzo del vuelo espacial los embriones tenían de 2 a 4 días de vida. La reserva del vitelo es suficiente como para resistir un vuelo de 10 a 14 días.

El siguiente paso consistió en la creación de un minisistema de experimentación, un sistema de alojamiento que fuera adecuado para los animales en estadios posteriores y que permitiera prolongar el estudio en varias semanas o meses. La calidad del agua —imprescindible para la supervivencia— está garantizada por un proceso de reciclaje continuo; el sistema incluye un dispositivo automático que conduce los alimentos a los reservorios pertinentes. Si se produce una concentración peligrosa de sustancias nocivas, la tripulación puede sustituir el contenedor con los residuos. El corazón de este sistema es una unidad de control electrónico que puede manejarse desde la Tierra durante el vuelo. Se han analizado todos los componentes y se han obtenido resultados satisfactorios: el miniacuario se evaluó en el espacio y las bombas, en la Tierra. Al igual que en todos los experimentos espaciales, el calendario está dictado por los proyectos de vuelo.



EBERHARD HORN

AUTARQUIA. En un miniacuario como el de la fotografía, pueden desarrollarse los embriones de los peces y las ranas durante un máximo de 2 semanas sin necesidad de alimentarlos. Durante el vuelo espacial, el miniacuario se aloja en un contenedor. Conviene que una de las paredes sea transparente para poder filmar el miniacuario durante el vuelo.

mediante este aumento de la sensibilidad, el órgano del equilibrio busque una estimulación que le permita determinar la posición del cuerpo en el espacio.

Las investigaciones sobre este tema efectuadas por mi grupo de la Universidad de Ulm se basan en un descubrimiento de Torsten Wiesel y David Hubel, de la facultad de medicina de Harvard: determinadas neuronas de la corteza visual del cerebro de los gatitos no se desarrollan correctamente si no reciben impresiones visuales en un período concreto de la vida. Entre tanto, se ha demostrado que todos los sentidos atraviesan estos “períodos críticos” durante su desarrollo. Han sido los viajes espaciales los que han permitido investigar si el sentido postural también muestra una fase sensible de estas características: en la Tierra no es posible llevar a cabo expe-

rimentos prolongados en los que se suprima la fuerza de la gravedad.

Se han planteado tres preguntas, que todavía no tienen respuesta:

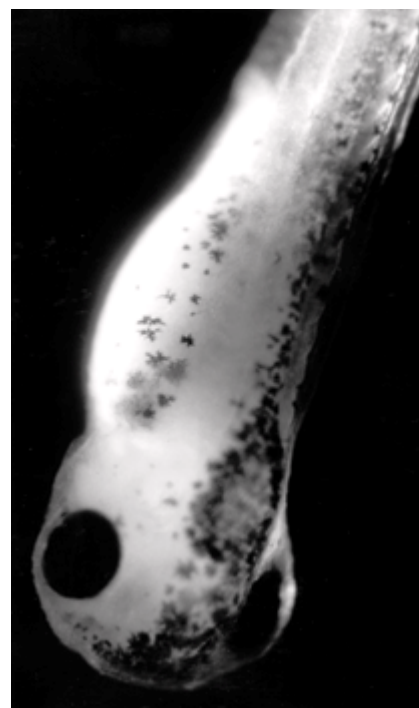
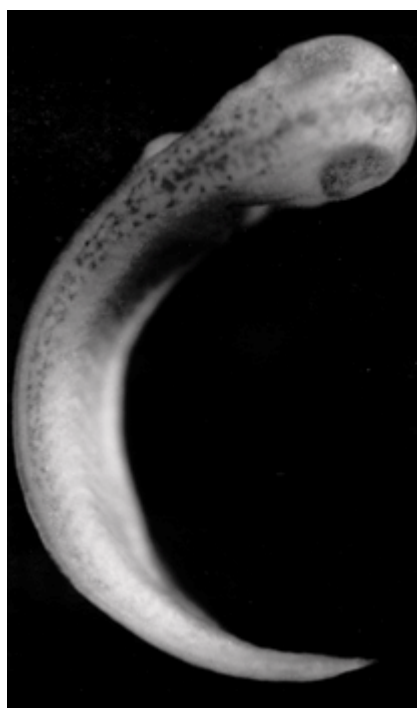
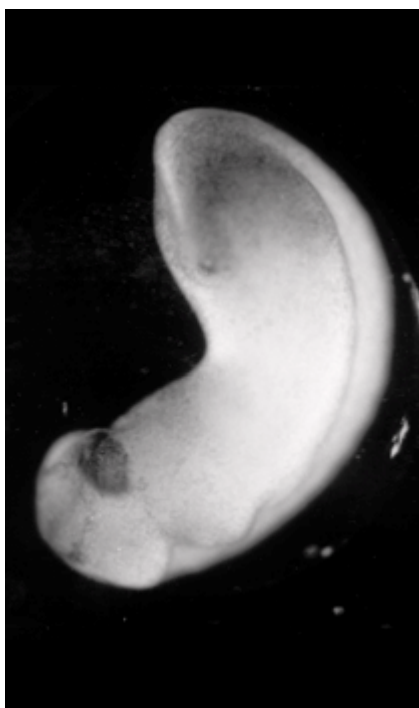
- ¿Repercute la ingravidez en el desarrollo del sentido de la posición?
- ¿Hay alguna etapa de la vida en la que no ejerza ningún efecto?
- ¿Son irreversibles las alteraciones sufridas en el espacio?

El sentido de la postura atravesaría, en efecto, un período crítico si la respuesta a estos tres interrogantes fuera afirmativa.

En nuestros experimentos espaciales —financiados por el Centro Alemán de Aeronáutica y Cosmonáutica— estudiamos un movimiento ocular desencadenado con los cambios de posición y contrario a éstos. Los expertos lo denominan reflejo oculo-vestibular estático o

inducido por el giro (abreviado rVOR, según las siglas sajonas). Por animales de experimentación escogimos ranas de uñas y percas. En 1993 (Spacelab-Mission D-2 alemana) y en 1997 (Shuttle-to-Mir-Mission SMM-06), pusimos en órbita a un grupo de estos vertebrados en distintas fases de desarrollo. Las mediciones se efectuaron nada más regresar a la Tierra, pues con la ingravidez se pierde el rVOR.

La supresión de la gravedad influye claramente en el desarrollo del reflejo ocular estático de los peces y las ranas, aunque cada especie reacciona de forma peculiar. Tras permanecer fuera del campo gravitatorio, el reflejo de los renacuajos fue más ligero que el de los congéneres que continuaron en la Tierra, mientras que el reflejo de las larvas de los peces resultó más pronunciado. Es de suponer que los



4. APRENDIZAJE PRECOZ. Se han llevado a cabo tres misiones espaciales en las que se expuso a la gravedad a varios renacuajos de ranas de uñas de 24, 48 y 72 días de vida (*de izquierda a derecha*). Durante el vuelo espacial se alimentaron sobre todo de las reservas de su vitelo.

efectos también dependen de la fase de la vida en la que se suprime la fuerza de la gravedad: si se hace en uno de los primeros estadios del desarrollo, se retrasará el reflejo, mientras que el órgano del equilibrio se acomoda y sensibiliza en estadios posteriores.

Se cumple así el primer requisito que define la existencia del período crítico. ¿En qué se diferencia el sentido postural de los demás sentidos en este punto? Cuando los animales se habían acostumbrado de nuevo a la fuerza gravitatoria, nos llevamos una gran sorpresa: el reflejo ocular estático se manifestó, después del viaje espacial, como el de los animales de control que se quedaron en la Tierra; es decir, resultaron efímeras la hipersensibilidad y la latencia.

Sin embargo, las alteraciones sufridas durante un período crítico deberían ser irreversibles. ¿Por qué el reflejo se afecta sólo con la ingravidez? Para responder a esta pregunta, habría que estudiar todos los eslabones de la cadena entre el estímulo y la reacción, que abarca desde el órgano del equilibrio hasta los músculos oculares. Michael Wiederholt, de la Universidad de Texas en San An-

tonio, comprobó en la misión *Neurolab* que los otolitos de los peces pequeños y los caracoles marinos crecen cuando se suprime la gravedad, por lo que estimulan con mayor intensidad las células sensoriales.

Las propiedades de algunas células nerviosas también pueden resultar alteradas. Debido al elevado número de neuronas y a su escaso tamaño, apenas si hay forma de medir tales cambios entre los animales vertebrados en la Tierra, por no hablar de las complicaciones adicionales que plantean los experimentos en condiciones de ingravidez. Dado que después de un vuelo espacial tan sólo se pueden llevar a cabo estudios determinados, y dado que las propiedades de las células son muy variables, sería muy complicado obtener un resultado definitivo. Por estas razones, en nuestros siguientes experimentos recurrimos a un modelo poco común: el grillo. Su reacción es comparable con el reflejo oculovestibular: cuando se hace rodar a los insectos hacia los lados, giran la cabeza en dirección opuesta. Asimismo, los grillos poseen a ambos lados del sistema nervioso una neurona muy especial, la denominada PSI (interneurona sensible a la postura), que se activa dependiendo de la posición del grillo en el espacio (*véase la figura 3*).

Dentro de la misión *Neurolab* de 1998, expusimos a grillos en una de las cuatro fases diferentes del desarrollo a los efectos de la ingravidez. Cuando se lanzó la nave, el insecto más joven se encontraba

todavía en fase de huevo, que eclosionó a los dos días. Todos los grillos se desarrollaron del mismo modo que sus congéneres de la Tierra y atravesaron dos o tres mudas. Una vez terminada la misión de 16 días y de nuevo en la Tierra, evaluamos el movimiento de la cabeza y la reacción de las PSI modificando la posición del insecto en el espacio.

El resultado fue el siguiente: a diferencia de lo que sucedió con los peces y los renacuajos, los movimientos de la cabeza de los grillos apenas se modificaron, con independencia de la edad de las larvas al comienzo del vuelo espacial. Por contra, las células PSI no reaccionaron prácticamente a los cambios de posición después del vuelo. A las dos semanas, la interneurona ya se había recuperado. No cabe duda de que la sensibilidad de las neuronas resulta afectada cuando se suprime la gravedad. Se explicará así por qué el efecto ocular estático también se modifica con la ingravidez.

Con todo, aún no se ha aclarado si el desarrollo del sentido postural presenta o no un período crítico. Se ha propuesto que entre los peces este período coincide con el momento en el que comienza a apreciarse el rVOR estático. Si la gravedad se suprime antes de ese momento, el reflejo se intensifica y, cuando se restablece la fuerza gravitatoria, aún se aprecian los efectos.

En las siguientes investigaciones sobre el reflejo ocular estático y el período crítico, nos centramos en los renacuajos, cuyas características neurobiológicas se

habían ya estudiado a fondo. Sobre el renacuajo, en efecto, se posee abundante información, pues su desarrollo no sólo se ha investigado en la Tierra, sino también en el espacio. Asimismo, se ha conseguido por primera vez fecundar un huevo de estos batracios en el espacio.

Hasta la fecha, hemos mandado al espacio tres grupos de renacuajos (*véase la figura 4*); el último grupo se envió en 2001, a bordo de la nave *Soyuz* (expedición Andrómeda), que se acopló a la estación espacial internacional (ISS); anteriormente se estudió a los renacuajos en la misión D-2 en 1993 y en la Shuttle-to-Mir-Mission SMM-06 en 1997. Sin embargo, sólo se pudo demostrar el primero de los tres requisitos que debe cumplir el período crítico: la supresión de la fuerza gravitatoria repercute en el desarrollo de los reflejos del renacuajo.

Por el momento, no se ha satisfecho ninguno de los otros dos criterios. No hay indicios de que exista una etapa de la vida insensible, ni de que las alteraciones de los reflejos sean irreversibles. De hecho, el reflejo oculo vestibular inducido por el giro de algunos animales se modificó dos semanas después de su permanencia en el espacio, por lo que no se puede hablar de transformaciones irreversibles.

Los resultados obtenidos hasta ahora también rebaten que el órgano del equilibrio atravesase durante su desarrollo un período crítico, en el estricto sentido de la palabra. Si se demostrara que el sentido postural —a diferencia de los demás sentidos— se desarrolla sin atravesar una fase sensible y que, por lo tanto, no está afectado por la gravitación, la sorpresa sería mayúscula. Por otra parte, la posibilidad de que el ser humano viva en el espacio durante varias generaciones estaría un poco más cerca.

EBERHARD R. HORN explica los mecanismos de adaptación de la fisiología a las condiciones de gravedad e ingravidez en la Universidad de Ulm.

Bibliografía complementaria

NEUROWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG UNTER SCHWERELOSIGKEIT. E. R. Horn, en *Lexicon der Neurowissenschaft*. Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg, 2001.

MENSCH, LEBEN, SCHWERKRAFT, KOSMOS. Dirigido por H. Rahmann y K. A. Kirsch. Verlag Günter Heimbach; Stuttgart, 2001.

THE NEUROLAB SPACELAB MISSION. J. C. Buchey y J. L. Homick, en *Neuroscience Research in Space*; Houston, NASA, 2002.

Neuronas, hormonas y vuelos espaciales

Las ratas que crecieron en condiciones de microgravedad durante la misión *Neurolab* de la NASA presentaron alteraciones permanentes en las neuronas encargadas de la secreción de hormonas que controlan funciones vitales.

¿Significa esto que los seres humanos no podrán desarrollarse con normalidad en el espacio?

¿Plantea una limitación para el establecimiento de colonias humanas fuera de la Tierra?

Luis Miguel García Segura
y Daniel García Ovejero

Con la creación de la Estación Espacial Internacional y el impulso de nuevos programas de exploración planetaria, se han proyectado viajes tripulados de larga duración y estancias prolongadas en el espacio. Estos nuevos proyectos han aumentado el interés por conocer mejor los efectos de los vuelos espaciales y la microgravedad sobre el hombre y los animales.

El proyecto *Neurolab* supuso la posibilidad de realizar estudios específicos sobre el sistema nervioso de animales en

microgravedad [véase “El cerebro en el espacio”, por Javier de Felipe en MENTE Y CEREBRO, número 1, octubre 2002]. Los científicos españoles participantes en este proyecto analizaron el efecto de un vuelo espacial en animales en desarrollo y sus posibles consecuencias a largo plazo sobre la estructura y función del cerebro.

La investigación se desarrolla pensando en el posible establecimiento de colonias de seres humanos fuera de la Tierra. Podríamos enunciar la cuestión general que subyace bajo tales estudios de una forma parecida a ésta: ¿puede adaptarse a la vida en la Tierra el cerebro de un niño que nace en el espacio, en condiciones de microgravedad? Merced

a la respuesta obtenida podrá decidirse sobre la viabilidad de tales colonias y conocerse si el nacimiento en ellas impedirá la readaptación a la Tierra.

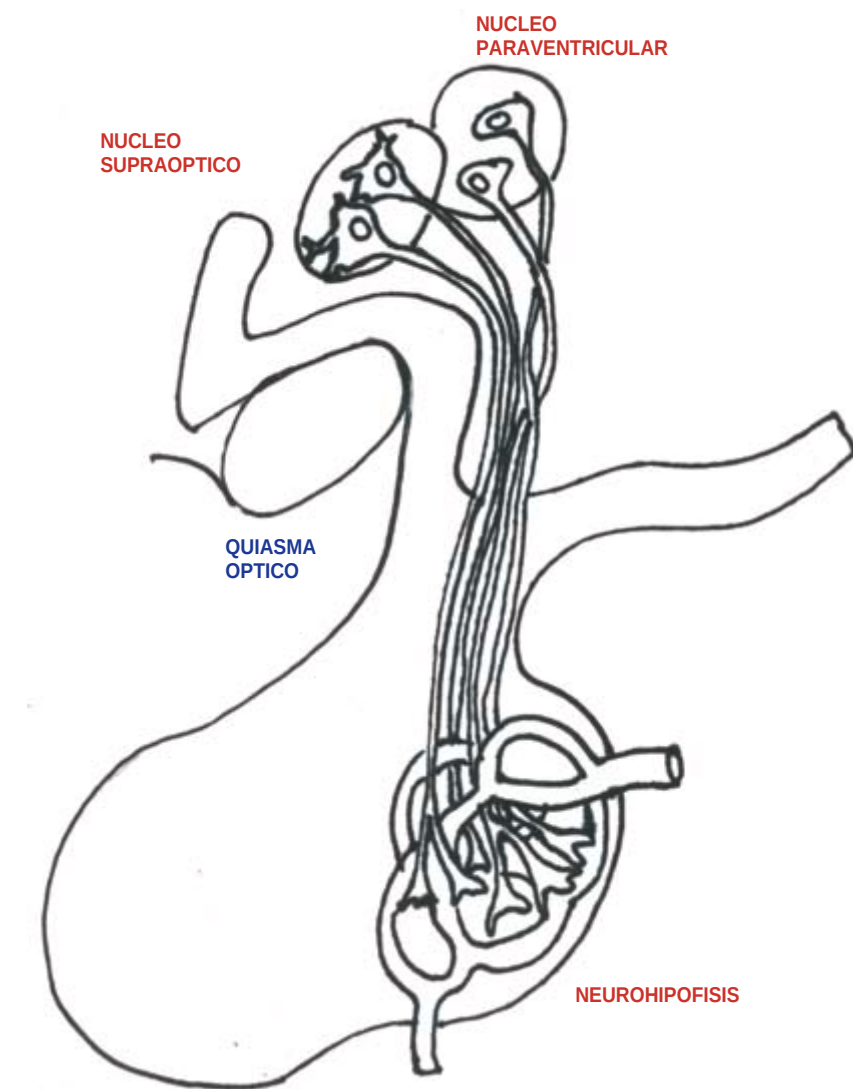
Quizás algunos piensen que no es un tema urgente. Suelen mostrarse así quienes no prevén la velocidad con que operan los cambios técnicos. En todo caso, el proyecto *Neurolab* sirve también para comprender las consecuencias que tiene para el cerebro una alteración de las condiciones ambientales normales durante el desarrollo. Y éste no es un asunto sobre futuros, sino una cuestión de importancia vital para comprender muchas de las enfermedades y disfunciones del sistema nervioso.

Dos grupos de científicos españoles del Instituto Cajal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas estudiamos los cerebros de ratas que tenían una edad de 14 días en el momento del despegue y regresaron a la Tierra con un mes de edad. Es decir, animales que salieron en edad infantil y volvieron jóvenes, a punto de entrar en la pubertad. El grupo de Javier de Felipe estudió la corteza cerebral, una parte del cerebro esencial para la percepción, el control de los movimientos, el comportamiento, la capacidad cognoscitiva y los procesos de memoria y aprendizaje [véase el artículo mencionado de Javier de Felipe en *MENTE Y CEREBRO*]. En nuestro grupo, formado por José Luis Trejo, Iratxe Ciriza Ereño y los dos autores de este artículo y en colaboración con Kerry Walton, de la facultad de medicina de la Universidad de Nueva York, nos interesamos por otra zona del cerebro menos vistosa y más escondida: el hipotálamo.

En contraste con la corteza cerebral, que se ocupa sobre todo, aunque no exclusivamente, de las relaciones con el medio externo, el hipotálamo atiende principalmente a las relaciones con el medio interno. Esta última labor pasa casi del todo inadvertida por nuestra conciencia; pese a ello, resulta fundamental para nuestra vida. Del cuerpo llegan al cerebro señales silenciosas que alteran nuestro estado de ánimo y nos provocan deseos y emociones que, a menudo, sorprenden a nuestra pobre consciencia, que se entera de muy poco de lo que ocurre en el organismo. El cerebro, por su parte, manda señales a todos los órganos del cuerpo y regula su funcionamiento, sin que nos demos cuenta y sin la intervención de nuestra voluntad. El hipotálamo desempeña un papel esencial en esta comunicación.

El control de las funciones corporales inconscientes por parte del cerebro se realiza de dos maneras: mediante el sistema nervioso vegetativo y mediante la secreción de hormonas, sustancias químicas que se vierten a la sangre y afectan a órganos lejanos. El control de la secreción hormonal por el cerebro, o control neuroendocrino, se realiza con la ayuda de la hipófisis, glándula endocrina asociada al hipotálamo.

Hay dos grupos de células hipotálámicas que producen hormonas: las neuronas neurosecretoras del sistema magnocelular (compuesto por neuronas de gran tamaño) y las neuronas neurosecretoras del sistema parvocelular (de pequeño tamaño). Las grandes células neurosecretoras del sistema magnocelular se encuentran en los núcleos su-



1. REPRESENTACION ESQUEMATICA de la situación de las neuronas magnocelulares del núcleo supraóptico y el núcleo paraventricular del hipotálamo. Los axones de estas neuronas liberan su contenido hormonal en los capilares de la neurohipófisis.

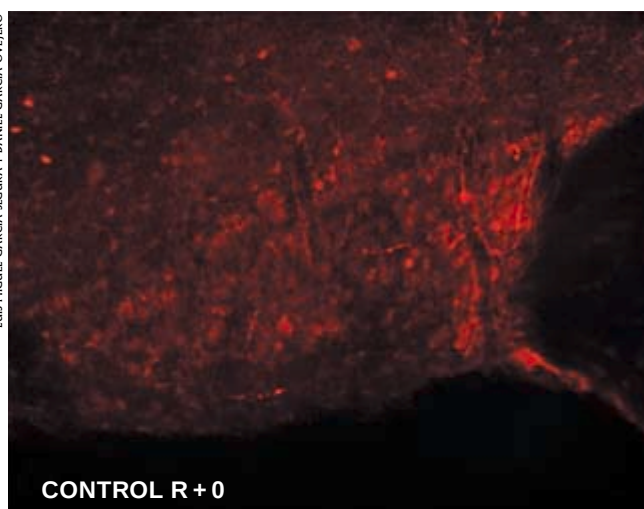
praóptico y paraventricular del hipotálamo; son las responsables de la síntesis de las hormonas oxitocina y arginin-vasopresina, así como de su liberación en la neurohipófisis para ser vertidas a la sangre. Por su parte, las pequeñas neuronas del sistema parvocelular se hallan distribuidas por distintos núcleos hipotálámicos. Sus axones inervan la eminencia media, donde liberan las hormonas a la sangre en el sistema portal hipotálamo-hipofisario.

El núcleo supraóptico

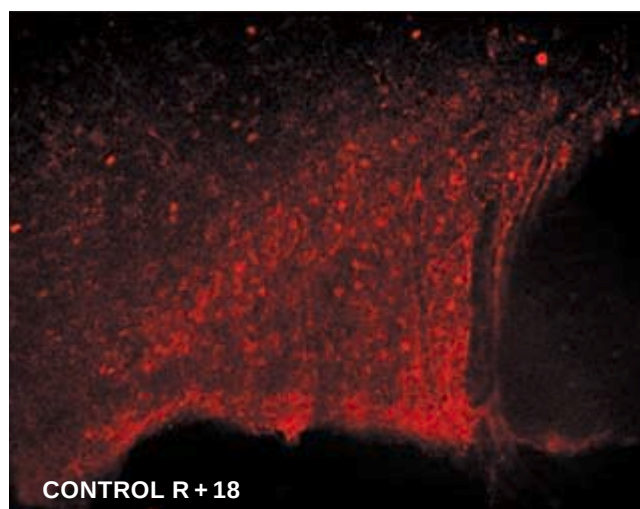
Debido a su característico aspecto en secciones de cerebro procesadas con la técnica de Nissl, que tiñe todos los cuerpos neuronales, muchos neuroanatomistas de los siglos XIX y XX reconocie-

ron el núcleo supraóptico como una agrupación densa de células grandes y teñidas muy intensamente, localizadas dorsal y lateralmente al quiasma y al tracto óptico. El núcleo supraóptico fue identificado en 1887 por el científico húngaro Mihaly Lenhossek (1863-1937).

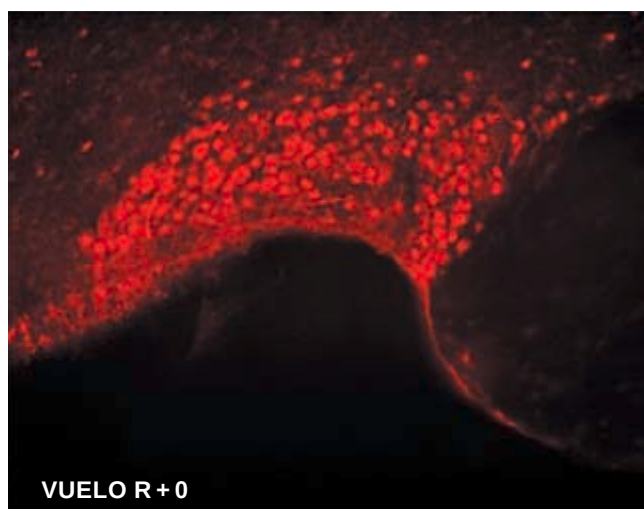
El núcleo supraóptico produce dos tipos de hormonas: la arginin-vasopresina y la oxitocina. La arginin-vasopresina, u hormona antidiurética, constituye uno de los principales reguladores del balance hídrico corporal. Los axones de las células productoras de arginin-vasopresina terminan en la hipófisis posterior o neurohipófisis; desde aquí, la hormona se libera a la circulación en respuesta a diversos estímulos fisiológicos, como un incremento en la osmolaridad de la



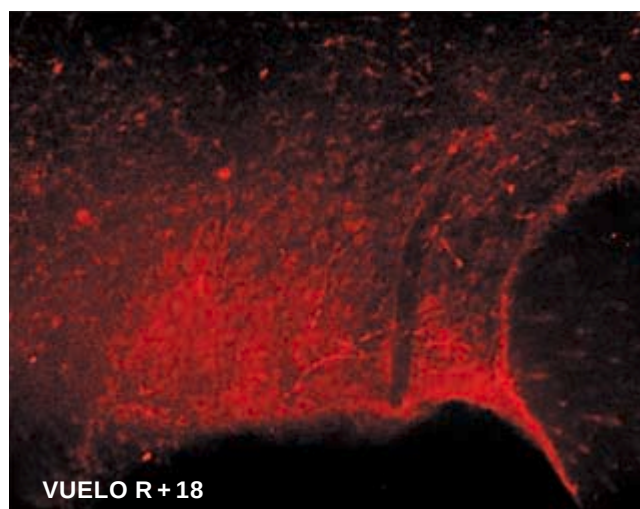
CONTROL R + 0



CONTROL R + 18



VUELO R + 0



VUELO R + 18

2. EXPRESION DE LA PROTEINA C-FOS en el núcleo supraóptico de ratas del grupo control y del grupo de vuelo en el día del aterrizaje (R + 0) y 18 semanas más tarde (R + 18). El vuelo produce un aumento en la expresión de la proteína c-Fos en el día del aterrizaje, lo que indica una mayor actividad transcripcional de las neuronas del núcleo supraóptico.

sangre o situaciones donde disminuye la presión arterial, una hemorragia por ejemplo.

La hormona arginin-vasopresina actúa sobre las células de los túbulos colectores del riñón para regular la reabsorción de agua; actúa también sobre las arteriolas de muchos órganos, donde ejerce un efecto vasoconstrictor. Si, por el contrario, aumenta el volumen sanguíneo, lo detectan los receptores de elongación de la pared auricular; se produce entonces una inhibición de la arginin-vasopresina. Por último, las náuseas, la hipoxia y el amamantamiento pueden también provocar la liberación de dicha hormona. Se ha demostrado, además, que la arginin-vasopresina está implicada directamente

en la memoria a corto plazo y puede afectar a distintos patrones conductuales.

Vayamos con la segunda hormona producida por el núcleo supraóptico, la oxitocina. Esta proteína se secreta desde las terminales axónicas de las neuronas magnocelulares en la hipófisis posterior para estimular las contracciones del miometrio durante el parto. También contrae las células mioepiteliales de las glándulas mamarias, provocando la eyeción de la leche.

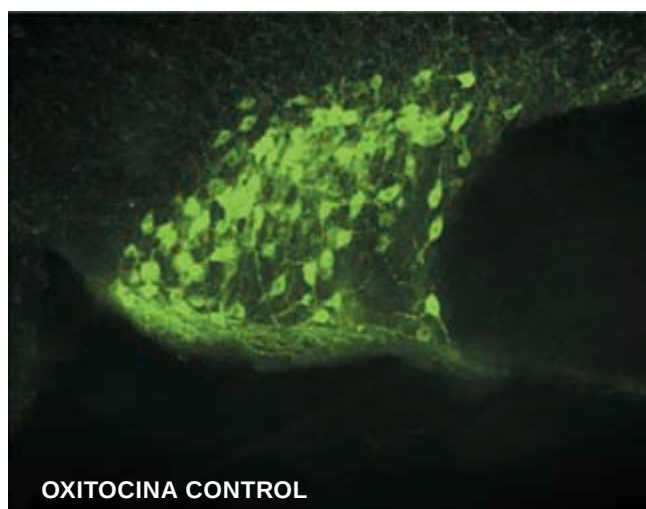
Además de ser secretada desde los terminales neurohipofisarios, la oxitocina se libera localmente, en los núcleos productores; así acontece durante el parto y la lactancia. Esta liberación local parece ejercer una función autocrina de

retroalimentación positiva, que amplifica su liberación en la hipófisis.

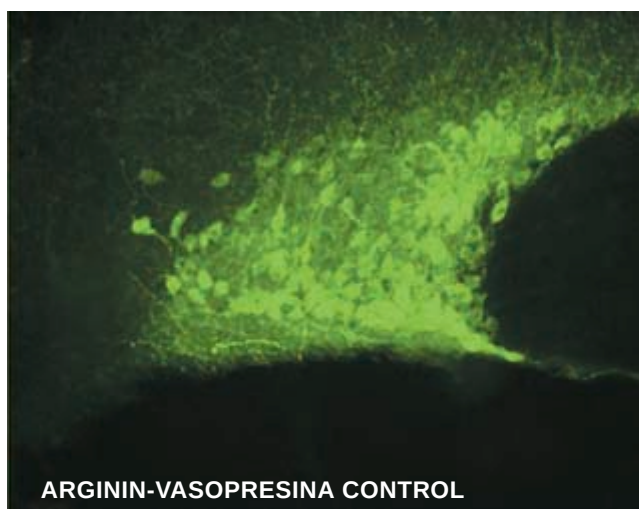
Antecedentes

El sistema hipotálamo-neurohipofisario interviene en las respuestas del organismo a los cambios en la posición de la cabeza y el cuerpo respecto al eje gravitatorio. Las respuestas inducidas por la inclinación del cuerpo en la Tierra se deben a cambios en la información proveniente de sensores especializados: los barorreceptores, los órganos vestibulares y los propiorreceptores.

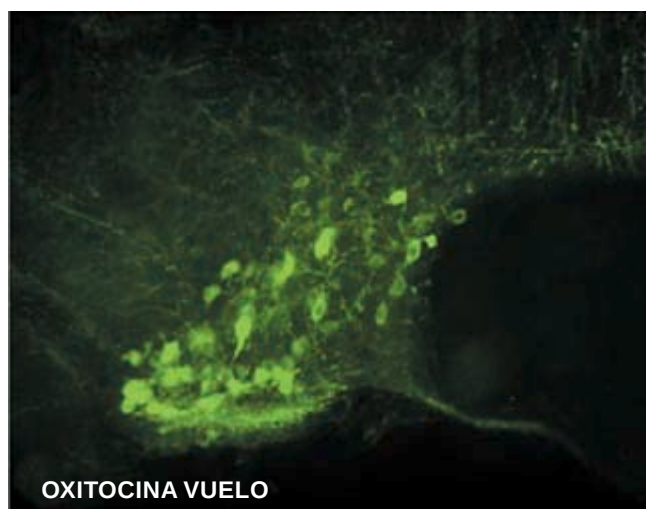
Dicha información se utiliza habitualmente para llevar a cabo el control postural, con todo lo que esto comporta, incluidos la redistribución del riego sanguíneo y el control de la presión arterial. La información viaja desde estos sensores al hipotálamo; afecta, pues, al sistema neuroendocrino, al autónomo y a diferentes tipos de comportamiento emocional y las respuestas al estrés. También el cerebelo parece desempeñar un papel significativo en estas respues-



OXITOCINA CONTROL



ARGININ-VASOPRESINA CONTROL



OXITOCINA VUELO



ARGININ-VASOPRESINA VUELO

LUIS MIGUEL GARCIA SEGURA Y DANIEL GARCIA OVEJERO

3. EXPRESION DE OXITOCINA Y ARGININ-VASOPRESINA en el núcleo supraóptico de ratas del grupo control y del grupo de vuelo en el día del aterrizaje. El vuelo produce una disminución en la expresión de ambas hormonas detectable el día del aterrizaje.

tas homeostáticas a través de sus conexiones con el hipotálamo.

En investigaciones precedentes sobre animales y tripulantes de varias misiones de los programas espaciales ruso y estadounidense, se había sugerido que los vuelos espaciales podían repercutir en los sistemas peptidérgicos hipotalámicos. Las pruebas más abundantes procedían de los vuelos de la serie *Kosmos* de la extinta Unión Soviética.

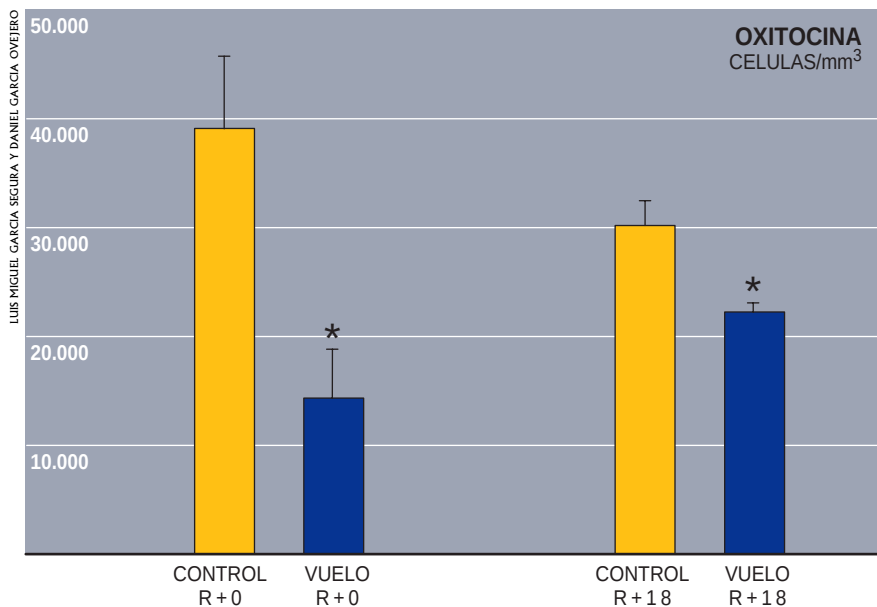
En 1976, Oleg Georgievich Gazenko, pionero de los estudios soviéticos sobre el cerebro en el espacio, creyó encontrar indicios de un decremento de la actividad del sistema hipotalámico-neurohipofisario después del vuelo, en ratas que permanecieron 22 días en el satélite *Kosmos-605*. Gazenko y su grupo detectaron una disminución en la concentración de ARN y proteínas en las neuronas del núcleo supraóptico, en el segundo día tras el aterrizaje. Veinticinco días después, la concentración de ARN en las neuronas del supraóptico seguía todavía por debajo de los niveles de norma-

lidad, mientras que se había incrementado el contenido proteico.

Aunque las técnicas para medir ARN y proteínas eran por aquel entonces bastante rudimentarias, los trabajos de Gazenko sirvieron de punto de arranque de la neurobiología espacial en la Unión Soviética. Tras esas investigaciones pioneras, siguieron siendo científicos soviéticos los que dominaron el campo. En estudios realizados en 1980 sobre ratas de la misión *Kosmos-936*, que se mantuvieron en microgravedad durante 18 días y medio, se encontró un decremento significativo en el número de corpúsculos neurosecretorios (cuerpos de Herring) en los axones de las neuronas magnocelulares. Los datos obtenidos en investigaciones de 1987 en ratas que habían volado en el satélite *Kosmos-1667* suge-

rían que éstas experimentaban una caída en la producción de arginin-vasopresina. En conformidad con tales hallazgos, se observó en 1992 que existía una reducción de los niveles de oxitocina y arginin-vasopresina, en ratas sometidas a microgravedad durante 14 días en los satélites *Kosmos-1887* y *Kosmos-2044*. También en 1994 se detectó una reducción en la actividad de las neuronas de los núcleos hipotalámicos que producen arginin-vasopresina y el factor liberador de la hormona de crecimiento en microgravedad. Todos estos resultados podrían interpretarse, pues, como indicios de un decremento en la actividad funcional del sistema hipotálamo-neurohipofisario en condiciones de microgravedad.

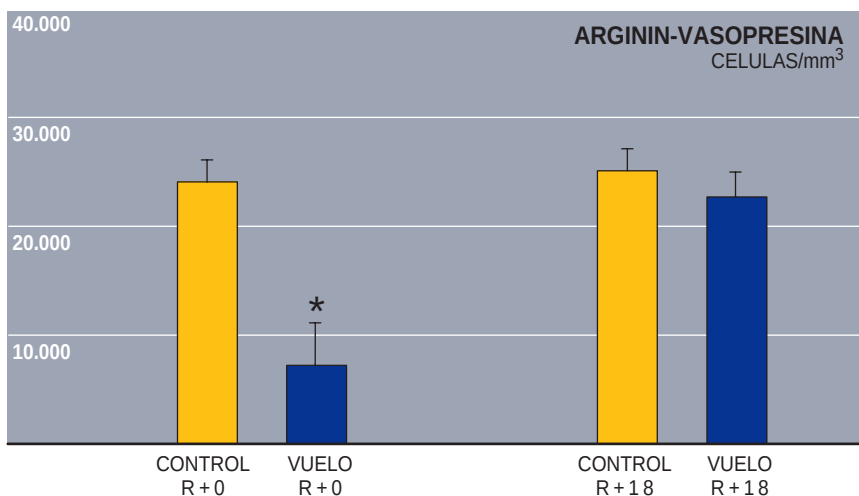
Sin embargo, otros trabajos sugerían que la actividad del sistema hipotálamo-



4. DIFERENCIAS ENCONTRADAS en el número de neuronas que expresan oxitocina en el núcleo supraóptico de las ratas del grupo control y del grupo de vuelo sacrificadas en el día del aterrizaje (R + 0) o 18 semanas más tarde (R + 18). El histograma muestra la disminución en la expresión de oxitocina inducida por el vuelo espacial. Nótese que el número de neuronas que expresan oxitocina no se ha recuperado plenamente a las 18 semanas después del aterrizaje. Los asteriscos indican diferencias significativas respecto a los animales control.

neurohipofisario aumentaba en los vuelos espaciales. Fueron asimismo investigadores soviéticos quienes mostraron en 1976 rasgos morfológicos que apuntaban a un incremento de la actividad celular en el sistema neurosecretor hi-

potálamo-hipofisario de ratas sacrificadas el segundo día después de un vuelo espacial. Los cambios eran reversibles; se volvía a los niveles normales antes del vigésimo séptimo día después del aterrizaje.



5. DIFERENCIAS ENCONTRADAS en el número de neuronas que expresan arginin-vasopresina en el núcleo supraóptico de las ratas del grupo control y del grupo de vuelo sacrificadas en el día del aterrizaje (R + 0) o 18 semanas más tarde (R + 18). El histograma muestra la disminución en la expresión de arginin-vasopresina inducida por el vuelo espacial. El número de neuronas que expresan arginin-vasopresina se ha recuperado plenamente a las 18 semanas después del aterrizaje.

Los resultados del primer trabajo que los científicos norteamericanos dedicaron al estudio del cerebro en animales sometidos a un vuelo espacial iban en la misma dirección. El estudio, en 1975, del hipotálamo de ratones que volaron en el *Apolo XII*, demostró que el núcleo celular de las neuronas del núcleo supraóptico era, en ellos, significativamente mayor que en los ratones control que permanecieron en tierra. Es más, en 1993 se detectó un incremento en la translocación de arginin-vasopresina desde el hipotálamo al lóbulo posterior de la hipófisis en ratas, tras un vuelo espacial de nueve días, durante la misión *Ciencias de la Vida en el Espacio-1* (SLS-1). Este cambio tardó en la liberación de arginin-vasopresina se atribuyó a un episodio de estrés agudo, probablemente ocurrido durante el aterrizaje, o tras el mismo. También se detectó, en los propios astronautas, un incremento en los niveles de arginin-vasopresina en plasma durante y después del vuelo.

Los resultados dispares obtenidos en los distintos estudios pueden deberse, en parte, a diferencias metodológicas; pero pueden también reflejar el efecto del estrés agudo durante el aterrizaje, que enmascararía los efectos de la microgravedad sobre el hipotálamo.

Los experimentos de simulación de microgravedad no ayudan mucho a aclarar el panorama. En primer lugar, es muy difícil demostrar fehacientemente que un modelo de simulación cumple las condiciones y contempla las variables que intervienen en la secreción hormonal en condiciones de microgravedad. Bien es verdad que hay numerosos resultados derivados del tipo de prueba empleado —suspensión, inmovilización, inmersión o sometimiento a distintos grados de inclinación corporal—, pero tenemos que ser muy cuidadosos a la hora de valorarlos.

El núcleo supraóptico en la misión *Neurolab*

Mientras que todos los estudios mencionados se refieren a ratas o astronautas adultos, la misión *Neurolab* aportó la posibilidad de conocer la repercusión de un vuelo espacial en el desarrollo del cerebro.

En el marco de la misión, nos correspondía a nosotros determinar si se producían modificaciones de algún tipo en el núcleo supraóptico de ratas jóvenes. En caso de que fuera así, nos importaba también conocer si los cambios producidos eran permanentes o revertían al cabo de un tiempo de recuperación después de volver a la Tierra.

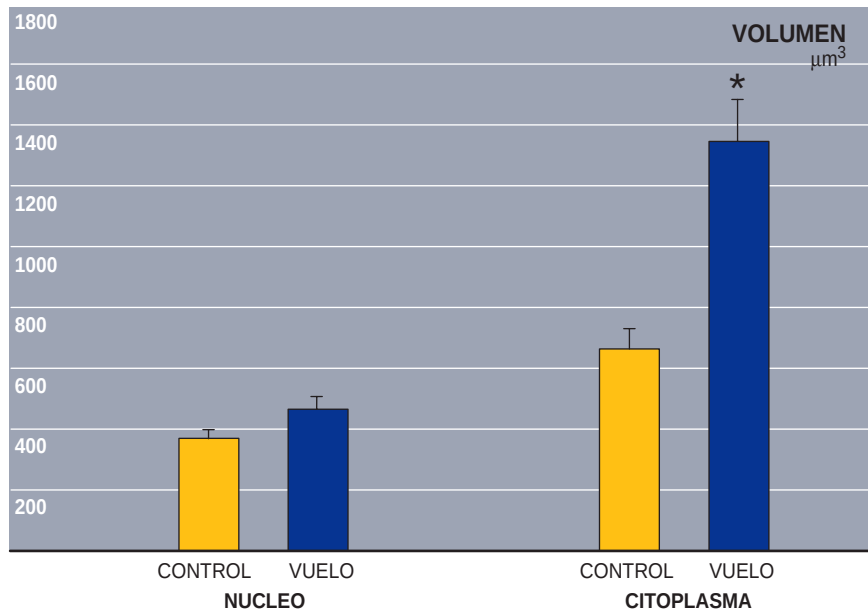
Dividimos el estudio en cuatro tareas específicas. Consistía la primera en comprobar si se producían modificaciones macroscópicas en el núcleo supraóptico de las ratas como efecto del vuelo. En la segunda se trataba de detectar posibles cambios en la expresión hormonal del núcleo supraóptico, observando los niveles de oxitocina y vasopresina en las neuronas magnocelulares. En tercer lugar, había que medir la expresión del gen *c-fos*, un buen marcador del estado de transcripción, en las neuronas magnocelulares del núcleo supraóptico, para así identificar el estado de activación de las mismas. Por último, nos proponíamos estudiar la ultraestructura neuronal, realizando mediciones para determinar posibles anomalías en el volumen del núcleo, del citoplasma o de varios orgánulos citoplásmicos, indicativas, a su vez, de una posible variación en el estado de activación neuronal.

Los experimentos se acometieron con ratas hembra procedentes de la cepa Sprague-Dawley, criadas en las instalaciones de la NASA en Cabo Cañaveral. Todos los protocolos empleados con los animales fueron aprobados por los pertinentes Comités de Protección Animal de la NASA y siguieron las directrices al respecto del norteamericano Instituto Nacional de la Salud. Se crearon tres grupos de ratas según el peso, en escala descendente; se asignaron aleatoriamente a cada grupo experimental, de suerte que cada grupo tuviera el mismo peso medio inicial.

Los animales fueron alojados en jaulas individuales de simulación de vuelo (10 centímetros de alto por otros 10 de ancho y 28 de profundidad). Se les mantuvo a todos en un ciclo de luz-oscuridad, de igual duración (12h:12h), que seguían antes de empezar el experimento. Se les alimentó con barras de comida normalizadas (barritas bañadas en sorbato al 15 % para retrasar el crecimiento de moho, esterilizadas por radiación y almacenadas en bolsas de polietileno a 4 °C hasta su uso), y con libre disponibilidad de agua. Se establecieron dos grupos experimentales: el de vuelo y el control asincrónico en tierra.

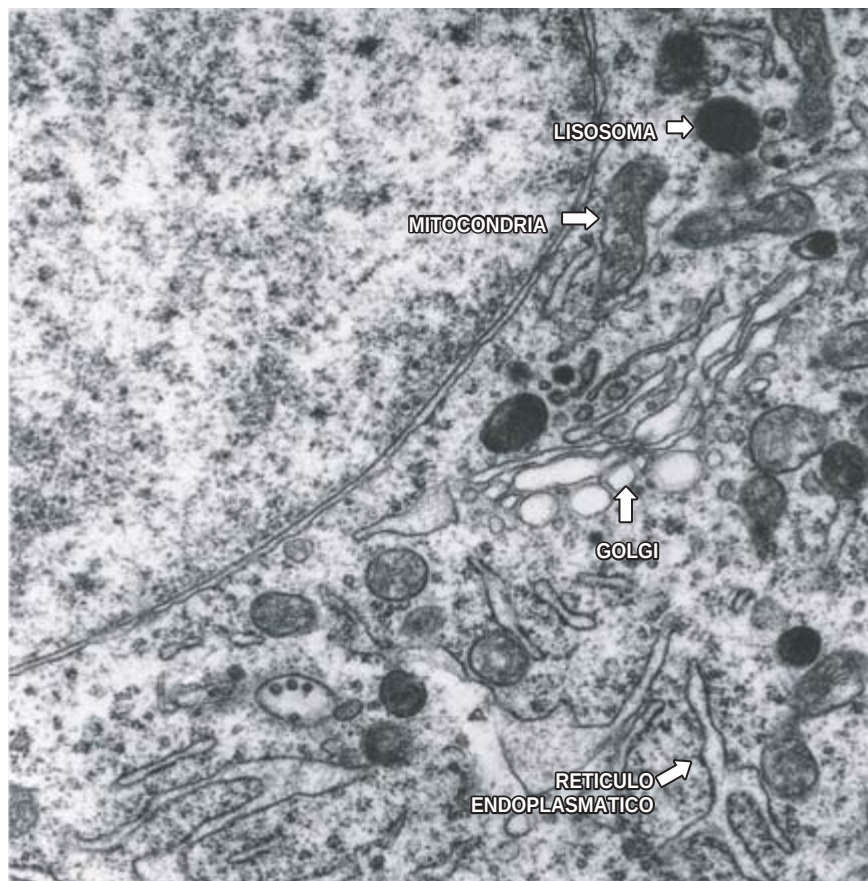
Grupo de vuelo y grupo control asincrónico

El grupo de vuelo lo componían 14 ratas hembra de 15 días de edad. Permanecieron en órbita durante 16 días a bordo del transbordador espacial *Columbia* (vuelo STS-90, misión *Neurolab*, experimento 150). Al aterrizar el transbordador los animales (subgrupo R +0) fueron primero sometidos a un examen



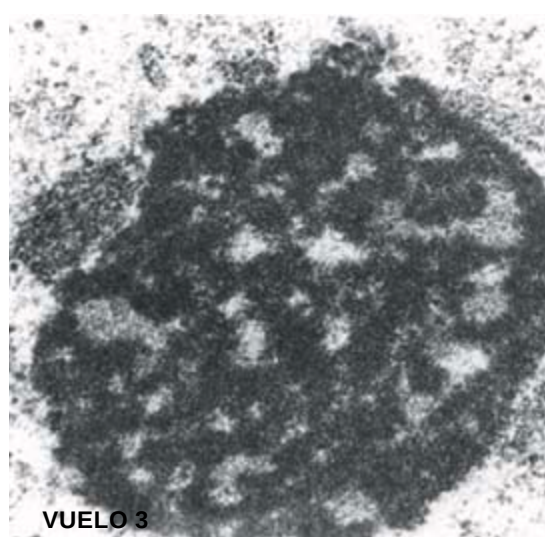
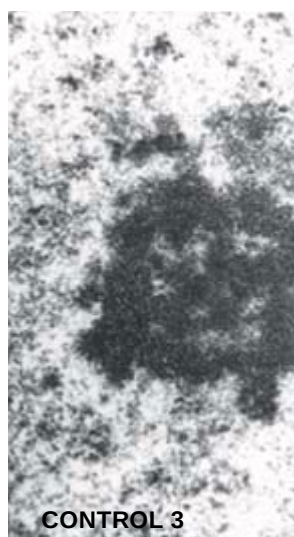
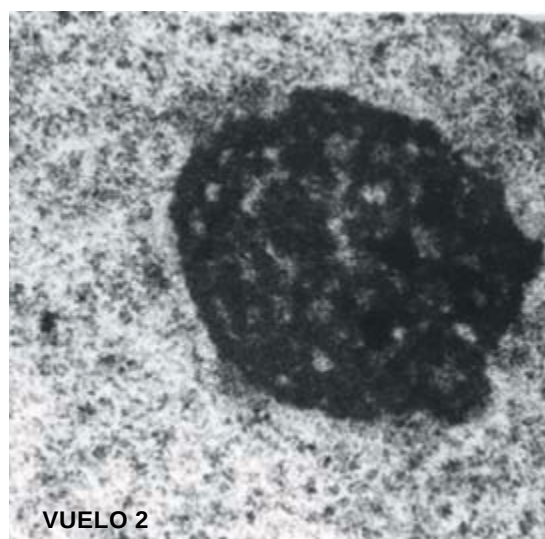
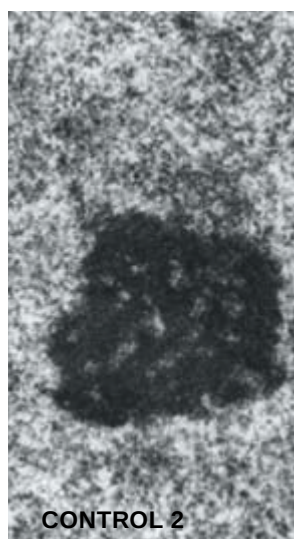
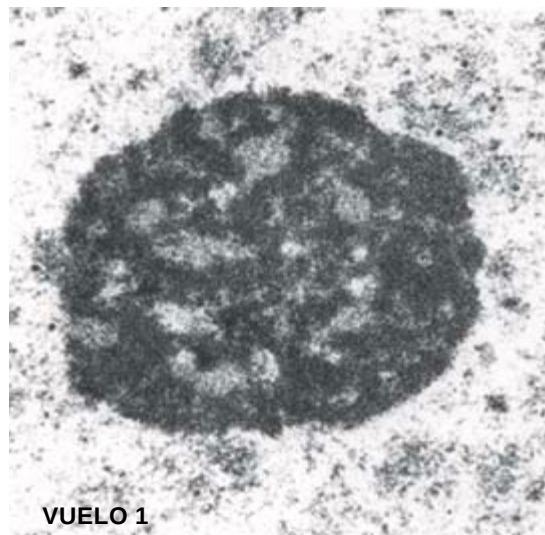
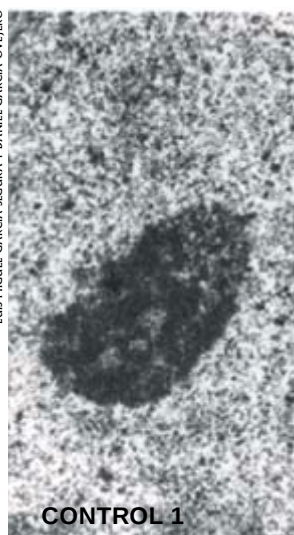
LUIS MIGUEL GARCIA SEGURA Y DANIEL GARCIA OVEJERO

6. VOLUMEN DEL NUCLEO celular y del citoplasma en las neuronas del núcleo supraóptico, el día del aterrizaje, en el grupo control y en el grupo de vuelo. El vuelo espacial induce un aumento en el volumen del citoplasma, indicativo de una mayor actividad biosintética.



LUIS MIGUEL GARCIA SEGURA Y DANIEL GARCIA OVEJERO

7. DETALLE DEL CITOPLASMA DE UNA NEURONA del núcleo supraóptico de una rata del grupo de vuelo, vista al microscopio electrónico. Se muestran ejemplos de los orgánulos estudiados: mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático y lisosomas. La parte superior izquierda de la imagen está ocupada por el núcleo celular.



8. EJEMPLOS DE NUCLEOLOS de neuronas del núcleo supraóptico de tres animales del grupo de vuelo y de tres animales del grupo control. El aumento de volumen y los cambios operados en la configuración del nucleolo como consecuencia del vuelo espacial revelan una mayor actividad transcripcional.

veterinario para determinar su estado físico. Tres horas después del aterrizaje, pasaron a manos de los investigadores. Se procedió entonces al pesaje y al sacrificio por decapitación de seis de los animales de cada grupo. Los ocho animales restantes fueron mantenidos durante 18 semanas más antes del sacrificio, en condiciones de estabulación normales en jaulas de vivero. Nos referiremos a este segundo grupo de ratas como el subgrupo R + 18.

El grupo control asincrónico en tierra constaba de 14 ratas hembra, también de 15 días de edad, que permanecieron en jaulas y condiciones idénticas a las del grupo de vuelo. El control llevó un desfase temporal de dos días, es decir, las ratas accedieron a las jaulas y fueron sacrificadas dos días después que las ratas del grupo de vuelo para una mayor comodidad en el procesamiento de las muestras. Este grupo también está separado en tratamientos R + 0 (6 animales) y R + 18 (los 8 restantes).

Efectos reversibles y efectos permanentes sobre el núcleo supraóptico

El examen macroscópico y microscópico del hipotálamo de las ratas sometidas al vuelo espacial no reveló anomalías relevantes en lo que se refiere a la estructura y morfología del núcleo supraóptico. Esto nos permite considerar el resto de resultados obtenidos adaptaciones fisiológicas y no respuestas patológicas derivadas de un defecto estructural o de alguna anomalía celular causadas por la microgravedad.

Tras el estudio detenido de nuestras preparaciones, observamos una disminución significativa de la expresión de oxitocina y de vasopresina en las neuronas magnocelulares del grupo de vuelo. Ante esos resultados cabe dos posibles explicaciones. Quizás exista una disminución real de la síntesis de hormonas, por cuya razón se detecta menos concentración de las mismas. Tal interpretación se hallaría de acuerdo con la idea de Gazenko, quien sugería que el vuelo espacial causaría una disminución en la actividad del núcleo supraóptico.

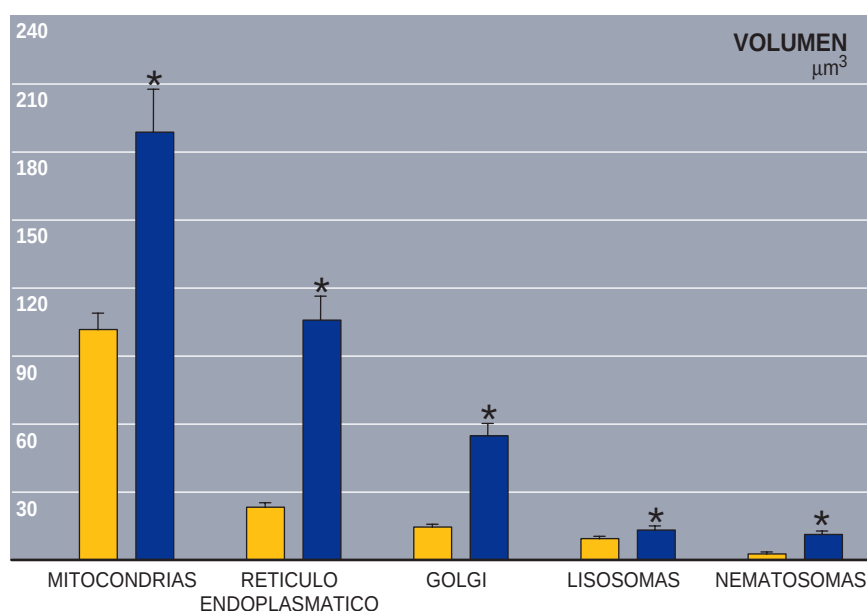
Pero admiten también una interpretación alternativa: el menor contenido hormonal en ambos tipos neuronales podría deberse a que, una vez sintetizadas, la oxitocina y la vasopresina han sido liberadas ya en la neurohipófisis, para llevar a cabo su función fisiológica. Dicho en modo metafórico, un lavabo puede vaciarse más rápido debido a que se ha cerrado el grifo o a que se ha agrandado el desagüe.

Para decidir entre ambas alternativas, se necesitaba conocer el estado metabólico celular. La segunda interpretación recibiría un importante apoyo si encontramos que las neuronas del núcleo supraóptico habían sufrido una activación transcripcional antes de empaquetar y liberar las vesículas que estarían cargadas de oxitocina y arginin-vasopresina. Con ese fin estudiamos la expresión del gen *c-fos*, constituido en marcador del estado de activación transcripcional.

Por los distintos estudios llevados a cabo, *c-fos* parece ser un marcador anatómico, muy sensible, de actividad celular de zonas del sistema nervioso central. La expresión de este gen en el núcleo supraóptico había sido estudiada con detalle por Miguel A. Lafarga, Maite Berciano y su grupo, de la Universidad de Cantabria en Santander. Lafarga, Berciano y otros investigadores han observado los efectos producidos por la administración intraperitoneal de soluciones hipertónicas de cloruro sódico, la deshidratación y la privación de agua: esos estímulos osmóticos inducen la expresión de *c-fos* en el núcleo supraóptico e incrementan la transcripción en el núcleo de sus neuronas.

El número de neuronas con expresión de la proteína c-Fos, producto del gen *c-fos*, resultó ser mayor en las neuronas de las ratas del grupo de vuelo, al contrario de lo que ocurría con la vasopresina y la oxitocina. De ello se infería la existencia de una mayor activación de la transcripción en las neuronas magnocelulares del núcleo supraóptico de las ratas tras el vuelo. Con tal premisa, nos empezamos a decantar por la opción de que, lejos de disminuir la formación de oxitocina o arginin-vasopresina a consecuencia del vuelo espacial, las neuronas del núcleo supraóptico estarían liberando de manera continuada el producto a la neurohipófisis; por esa razón se detectaría menos cantidad del mismo en el hipotálamo, donde se sintetiza.

Para asentar nuestra interpretación, realizamos estudios morfológicos cuantitativos sobre todos los orgánulos celulares. Cada uno de ellos nos había de servir como indicador de diferentes aspectos; así, del estado del sistema que lleva a cabo la síntesis proteica, el volumen nucleolar y tamaño relativo del retículo endoplásmico y el aparato de Golgi; de la degradación proteica, los lisosomas, y de la activación del metabolismo energético celular las mitocondrias. También medimos el volumen celular ocupado por los nematosomas, corpúsculos de función desconocida,



LUIS MIGUEL GARCIA SEGURA Y DANIEL GARCIA OVEJERO

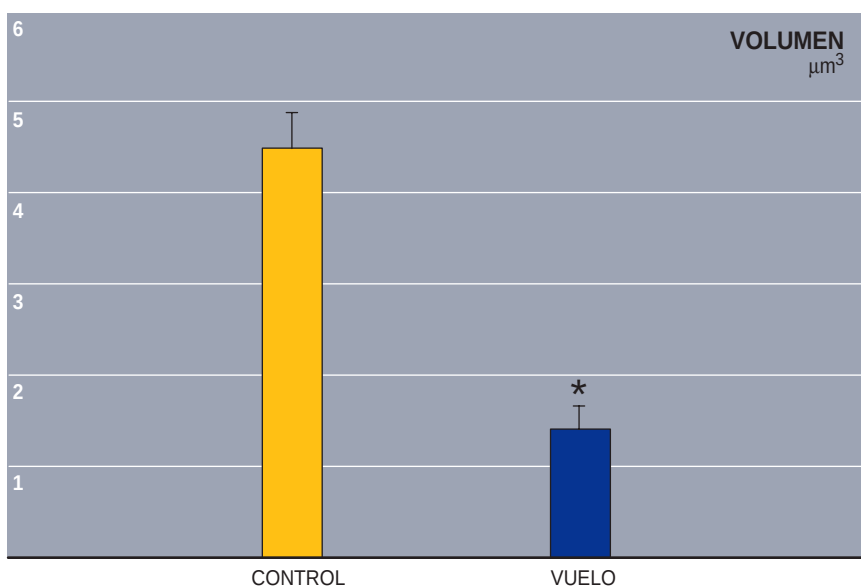
9. VOLUMEN TOTAL ocupado por distintos orgánulos celulares el día del aterrizaje. Las neuronas de las ratas que estuvieron en el espacio mostraron un mayor volumen de distintos orgánulos relacionados con la biosíntesis y metabolismo celular.

presentes en neuronas de distintas zonas del sistema nervioso, particularmente en neuronas hipotalámicas, incluidas las del núcleo supraóptico.

No se trataba de un enfoque carente de fundamento. Lafarga y otros habían demostrado que las modificaciones en la ultraestructura del nucleolo y en el volumen del cuerpo celular y de los orgá-

nulos citoplásmicos de las neuronas del núcleo supraóptico reflejaban de una manera fiable su estado de actividad. Las variaciones comprenden a las neuronas que producen oxitocina y a las que sintetizan arginin-vasopresina.

Después de realizar las medidas y los cálculos pertinentes, y de aplicar las consiguientes pruebas estadísticas, detec-



LUIS MIGUEL GARCIA SEGURA Y DANIEL GARCIA OVEJERO

10. VOLUMEN TOTAL ocupado por las vesículas de secreción en el cuerpo celular de las neuronas del núcleo supraóptico, el día del aterrizaje, en el grupo control y en el grupo de vuelo. El vuelo espacial induce una disminución en las vesículas de secreción, que puede deberse a una mayor liberación de las mismas en la neurohipófisis.

tamos un aumento significativo del volumen del citoplasma en las ratas sometidas al vuelo espacial. No ocurrió lo mismo con el volumen nuclear, que, a pesar de ser algo mayor en el grupo de vuelo, no presentó variación significativa al compararlo con el grupo control.

Tal y como apuntan muchos otros investigadores, no es raro observar un aumento de volumen citoplásmico en respuesta a estímulos diversos. En este contexto, se ha informado de aumentos de hasta el 180 % en el tamaño total de las neuronas neurosecretoras del núcleo supraóptico bajo condiciones de privación extrema de agua en ratas. En lo que se refiere al núcleo celular, predominan los trabajos que encuentran, como nosotros, que el tamaño nuclear no varía, aunque lo haga el estado fisiológico del sujeto. La hipertrofia del citoplasma viene acompañada de un incremento en los orgánulos o constituyentes celulares.

Comparando, pues, el grupo de vuelo con el control, hemos encontrado un aumento en el volumen ocupado por numerosos orgánulos, cada uno de los cuales está implicado en una función necesaria para células hiperactivadas. Así, observamos un incremento en el

tamaño de los nucleolos, que participan en la síntesis de proteínas mediante la formación de los ribosomas.

Además, las neuronas de los animales del grupo de vuelo tenían un mayor número de centros fibrilares en el nucleolo. Estas estructuras contienen la maquinaria de transcripción nucleolar; su número guarda relación directa con la tasa de transcripción de genes ribosomales. Las variaciones observadas en el volumen y ultraestructura del nucleolo y la distribución de sus componentes podrían deberse, por tanto, a cambios en la tasa transcripcional de los genes intranucleolares que codifican el ARN ribosómico.

En los animales del grupo de vuelo aumentaron también el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi, principales responsables de la traducción del ARN mensajero y el procesamiento pos-traducciona, respectivamente.

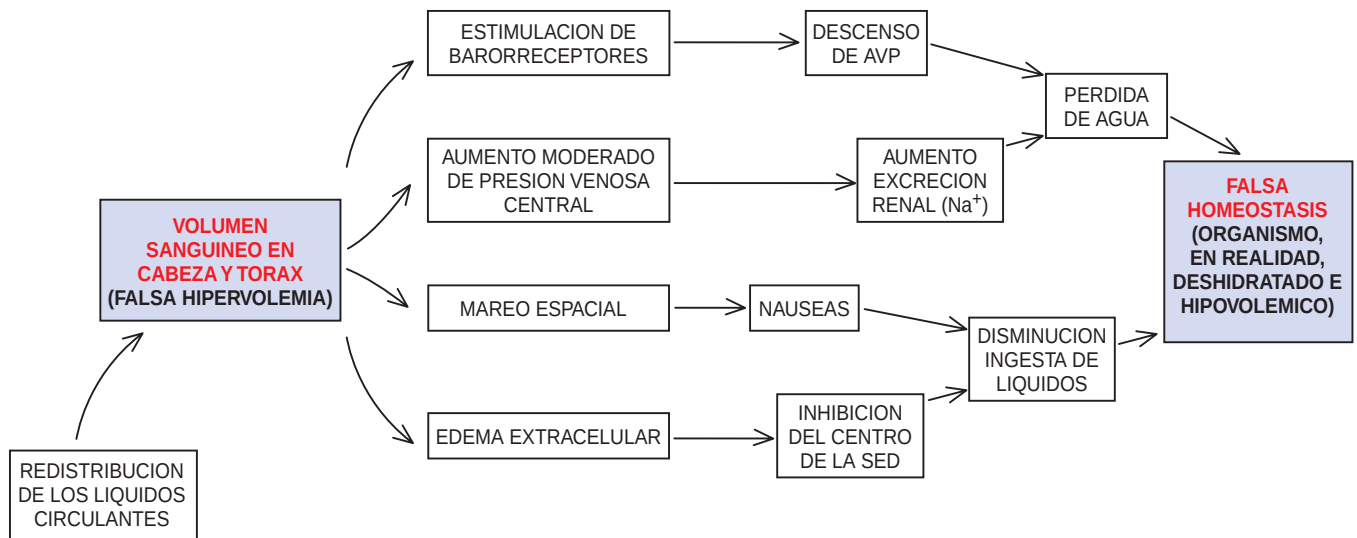
Nuestro estudio reveló que las neuronas del núcleo supraóptico de las ratas sometidas al vuelo espacial tenían una cantidad mayor de mitocondrias. En nues-

tra opinión, ello refleja una activación del metabolismo energético de las células. Pensamos que las neuronas magnocelulares del núcleo supraóptico requieren un aporte de energía superior al normal para mantener de manera continuada la hiperactividad neurosecretora que nosotros suponemos debida al vuelo espacial.

El aumento en el número de lisosomas puede estar relacionado con una endocitosis de productos, que compense la intensa exocitosis desarrollada en el terminal axónico y las terminaciones dendríticas al secretar la oxitocina y la arginin-vasopresina.

También encontramos que el vuelo espacial aumentaba el volumen total ocupado por unos misteriosos orgánulos citoplasmáticos de función desconocida: los nematosomas. Estos orgánulos, también conocidos como cuerpos estigmoides o cuerpos glomerulares, son agregados granulares que aparecen dentro de algunos tipos celulares. Los nematosomas se alojan principalmente en la

2 INGRAVIDEZ



1 DESPEGUE



zona periférica del citoplasma; algunos presentan pequeños acompañantes a modo de satélite, lo que sugiere que estas estructuras no son estáticas, sino que bajo ciertas condiciones pueden modificar su tamaño y forma. De hecho, su número en las neuronas hipotalámicas cambia con distintos tratamientos hormonales. Mediante técnicas inmunohistoquímicas se ha encontrado que contienen proteínas, ácido ribonucleico (ARN), ribonucleoproteínas y enzimas. Se piensa que podrían constituir una reserva de ribonucleoproteínas, material prerribosomal o material para la formación de sinapsis.

Por último, el volumen total ocupado por las vesículas de secreción en el cuerpo celular de las neuronas del núcleo supraóptico era significativamente menor

en las ratas de vuelo que en las ratas control. Puesto que la actividad biosintética general de estas neuronas es mayor en el grupo de vuelo, la disminución en las vesículas de secreción en el cuerpo celular sugiere que dichas vesículas han sido transportadas con su carga hormonal al terminal axónico, localizado en la neurohipófisis. Aquí, las hormonas habrían sido liberadas para llevar a cabo su función endocrina. En definitiva, nuestra conclusión es que el vuelo espacial aumentó la liberación hormonal desde las neuronas del supraóptico.

Un aspecto muy importante es el de la reversibilidad o no de los efectos de este periplo espacial. Según nuestros resultados, el incremento en la liberación hormonal sería reversible al cabo de dieciocho semanas en el caso de la arginin-

vasopresina, pero no en el de la oxitocina. En este caso, aunque se apreciaba una recuperación de los niveles normales de expresión de la hormona, aun después de haber transcurrido dieciocho semanas, perdura la disminución significativa en la misma. Esto implicaría que después de dieciocho semanas la oxitocina sigue liberándose en la neurohipófisis en mayor medida en ratas sometidas a un vuelo espacial que en otras mantenidas en tierra.

Considerados en su conjunto esta gaviella de resultados, puede concluirse que existe una hipersecreción de oxitocina y arginin-vasopresina desde las neuronas magnocelulares del núcleo supraóptico de ratas sometidas a un vuelo espacial. Al cabo de dieciocho semanas hay una tendencia clara a la recuperación de los niveles de arginin-vasopresina previos al vuelo, que hace que los cambios operados en la hormona puedan interpretarse como adaptaciones fisiológicas reversibles a una situación ambiental extraña. Sin embargo, los niveles de oxitocina nunca llegaron a recuperar su nivel control, por lo que en este caso estamos hablando de efectos irreversibles, que pueden reflejar una incapacidad del organismo para readaptar la secreción hormonal a las condiciones terrestres.

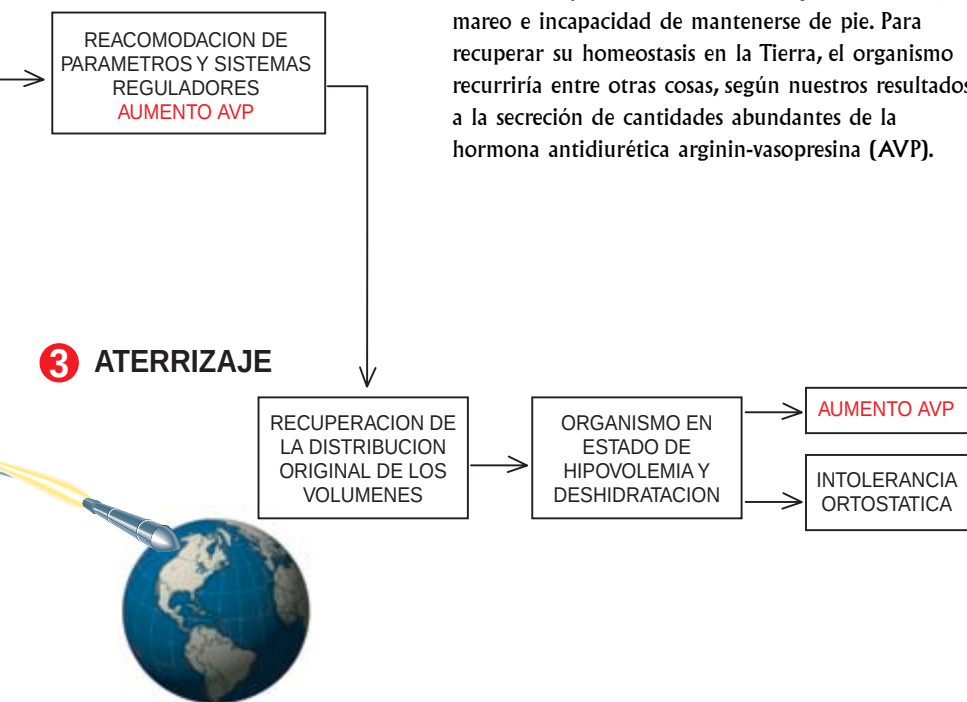
11. UNA EXPLICACION PLAUSIBLE DE LOS AJUSTES FISIOLÓGICOS producidos por un vuelo espacial, causantes presumibles del aumento en la secreción de arginin-vasopresina. Después del despegue, al entrar en microgravedad, la sangre pierde peso y se redistribuye libremente; se desplaza hacia la cabeza y el tórax. El organismo “detecta” un exceso de fluidos corporales, que interpreta como una hipervolemia que hay que corregir. Se ponen entonces en marcha varios mecanismos, encaminados a reducir el volumen de líquidos corporales por dos vías: una, eliminando líquidos; y otra, evitando la bebida. Esto conduce a una “falsa homeostasis”, ya que el volumen en tórax y abdomen es el adecuado, pero hay una carencia general de líquido. Al volver a la Tierra, la sangre y los fluidos recuperan su peso y, por tanto, su distribución original. En este momento, el cuerpo nota el estado real de su volemia,

que está por debajo del mínimo normal; percibe su deshidratación. Tales condiciones producen, en los astronautas y en los animales de experimentación, mareo e incapacidad de mantenerse de pie. Para recuperar su homeostasis en la Tierra, el organismo recurriría entre otras cosas, según nuestros resultados, a la secreción de cantidades abundantes de la hormona antidiurética arginin-vasopresina (AVP).

¿Por qué y para qué ocurre esta hipersecreción hormonal en el espacio?

Está sobradamente comprobado que en diversas regiones hipotalámicas del hombre se produce una hipersecreción hormonal en respuesta al estrés. Más aún, en los seres humanos e incluso en las ratas parece que tanto la arginin-vasopresina como la oxitocina responden de suerte tal, que la mayoría de los autores las considera hormonas de estrés. Es lógico pensar, entonces, que sea la propia situación estresante que acompaña al viaje espacial la causante directa o indirecta del aumento en la liberación de péptidos neurohipofisarios, sugerida por nuestros resultados. En efecto, muchas condiciones que rodean al despegue de los transbordadores, a la estancia de las ratas en el espacio y al aterrizaje y readaptación a la gravedad terrestre podrían provocar situaciones de estrés.

Sin embargo, podrían ser otras causas las principales responsables de la hiperactividad de las neuronas magnocelulares del núcleo supraóptico y del consecuente aumento en la síntesis y secreción hormonal por parte de las mismas. De hecho, el estrés no parece ser el desencadenante fundamental de la secreción de arginin-vasopresina en el



núcleo supraóptico de la rata en otros modelos experimentales. Por el contrario, un estado anormal de volemia, presión sanguínea u osmolaridad causada por el vuelo espacial, tal y como se ha demostrado en los astronautas, podría hallarse tras la respuesta del núcleo supraóptico para adaptarse a la nueva situación.

En estudios precedentes con astronautas se ha observado que los vuelos espaciales producen una importante disminución en la masa corporal total, en el volumen de líquido extracelular durante y después del vuelo y en el volumen de plasma circulante. Además, durante los vuelos espaciales se produce una redistribución de los líquidos corporales como consecuencia de la microgravedad. De ese modo, la sangre y otros fluidos se desplazan de las extremidades al tórax y la cabeza de los astronautas. Se trata de un efecto que ocurre en el primer día y tarda de 6 a 10 horas en estabilizarse completamente. Al volver a la Tierra, se recupera la distribución original, volviendo el volumen de las piernas a sus niveles normales en una hora y media, aunque queda una disminución residual del mismo que perdura después de la primera semana tras aterrizar. Este desplazamiento de la sangre puede provocar diversos efectos, que conducen al final a una deshidratación y una estimulación de la síntesis y secreción de hormona antidiurética o arginin-vasopresina.

A diferencia de lo que acontece con la arginin-vasopresina, la síntesis y liberación de oxitocina en el núcleo supraóptico sí se ve afectada por las situaciones de estrés. La oxitocina ejerce efectos sistémicos y centrales, desempeñando un papel importante en el alumbramiento, la lactancia, el cuidado de la prole, el apareamiento, la relación de pareja, la memoria y las situaciones de ansiedad y estrés. La falta de oxitocina provoca mayor agresividad de las madres y las crías respecto a un adulto intruso. Por tanto, es posible que un aumento o desregulación en los niveles de oxitocina pudiera provocar una disminución de la agresividad de las madres, relacionada con el celo de éstas por sus crías, lo que repercutiría en el cuidado de las mismas. En este sentido, es interesante anotar que las ratas madre de la misión *Neurolab* dejaron de atender correctamente a sus crías en el espacio, lo que provocó la muerte de las más pequeñas, que aún eran dependientes de la lactancia materna para sobrevivir. Esta alteración de la conducta materna en el espacio puede deberse a las alteraciones sufridas por las neuronas del núcleo supraóptico.

En conclusión, nuestro estudio demuestra que un vuelo espacial, cuando el cerebro está aún en una fase juvenil de desarrollo, puede producir alteraciones en los sistemas hipotalámicos que regulan la secreción hormonal y controlan funciones vitales de gran importancia para la vida del individuo y de su prole. Además, algunas de estas alteraciones presentan carácter permanente y, por lo tanto, tendrían efectos deletéreos que se mantendrían durante toda la vida, aunque se regresara a condiciones normales de gravedad terrestre. Es evidente que nuestros datos, obtenidos en ratas, no pueden ser directamente extrapolados al ser humano, pero suponen una llamada de atención ante los posibles riesgos que puede suponer para nuestra especie la vida en condiciones de microgravedad, lejos de nuestra casa, el planeta Tierra. En definitiva, quizás esto nos deba hacer reflexionar una vez más sobre la importancia de mantener nuestro planeta habitable, porque es muy posible que nuestra especie no pueda llegar nunca a reproducirse fuera del mismo.

DANIEL GARCIA OVEJERO y LUIS MIGUEL GARCIA SEGURA estudiaron biología en la Universidad Complutense de Madrid y trabajan en el Instituto Cajal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas sobre la influencia de hormonas en el cerebro. Luis Miguel García Segura ha sido director del Instituto Cajal y es actualmente presidente de la Sociedad Española de Neurociencia.

Bibliografía complementaria

EL CEREBRO EN EL ESPACIO. J. de Felipe en *Mente y Cerebro*, n.º 1, págs. 2-11, 2002.

SPACE FLIGHT INDUCES CHANGES IN THE SYNAPTIC CIRCUITRY OF THE POSTNATAL DEVELOPING NEOCORTEX. J. de Felipe, J. I. Arellano, A. Merchán Pérez, M. C. González Albo, K. Walton y R. Llinás en *Cerebral Cortex*, vol. 12, págs 883-891, 2002.

SPACE FLIGHT AFFECTS MAGNOCELLULAR SUPRAOPTIC NEURONS OF YOUNG PREPUBERAL RATS: TRANSIENT AND PERMANENT EFFECTS. D. García Ovejero, J. L. Trejo, I. Ciriza, K. D. Walton y L. M. García Segura en *Developmental Brain Research*, vol. 130, páginas 191-205; 2001.

REGULACIÓN NEURAL Y ENDOCRINA DE LAS FUNCIONES VEGETATIVAS. L. M. García Segura, J. M. Delgado, A. Ferrús, F. Mora y F. J. Rubia, en *Manual de Neurociencia*, Editorial Síntesis, Madrid, páginas 755-773, 1998.

El pez cebra, modelo en investigación cerebral

El pez cebra (*Danio rerio*) se ha convertido, de un tiempo a esta parte, en uno de los animales de laboratorio preferidos por los investigadores. Constituye el modelo ideal para el estudio de la retinitis pigmentosa y otras enfermedades del sistema nervioso

Beatrix Benz y Stephan Neuhauss

Los peces cebra no son muy exigentes. Ni les deleita una música suave, ni muestran especial sensibilidad por la luz tenue. Basta con que un puñado de algas artificiales flote en la pecera para que la pareja se sienta a gusto. Su propio lecho nupcial se reduce a una sencilla batea de plástico cuyo tamaño apenas alcanza la mitad de una caja de zapatos. Y como tal, reposa en una estantería metálica del cuarto de los peces de la Universidad de Zurich.

Al atardecer se llevan allí los candidatos al apareamiento. Por la mañana la hembra pone los huevos y el macho los

fecunda. Se procede de esa forma rutinaria con la esperanza de que, entre la progenie, aparezcan individuos dignos de estudio genético, embrionario, fisiológico o de cualquier otro nivel. En nuestro laboratorio de Zurich y en el que dirige Teresa Nicolson en Tübingen, nos servimos de los peces cebra para investigar ciertas enfermedades responsables de sordera y ceguera en el hombre: la retinitis pigmentosa, que origina el desprendimiento de retina, o el síndrome de Usher 1-B, asociado a la sordera total o parcial congénitas.

El pez cebra, pariente de la carpa, se ha convertido, de un tiempo a esta parte, en uno de los animales de laboratorio preferidos por los investigadores de todo el

mundo. Se dispone ya de amplias colecciones de mutantes genéticos; el Instituto Max Plank de Biología Evolutiva de Tübingen cuenta, por sí solo, con unas 400 variedades diferentes.

Danio rerio, su denominación linneana, entró en la historia de la investigación genética a comienzos del decenio de los setenta, de la mano de George Streisinger, de la Universidad de Oregón. Hasta entonces Streisinger se había centrado en el estudio de los genes de los bacteriófagos, virus que se multiplican en las bacterias. Pensó en extender su campo de trabajo, tomar por modelo un vertebrado primitivo. Así dio con el pez cebra. De escasos centímetros, resulta, en efecto, ideal para la genética pros-



1. CAMBIO DE DIRECCION. En los años setenta los investigadores descubrieron las virtualidades del pez cebra hasta el punto de convertirlo en animal de experimentación modelico, en sustitución de la mosca del vinagre o del nemátodo *Caenorhabditis elegans*.

pectiva, que se ocupa de la búsqueda de genes desconocidos.

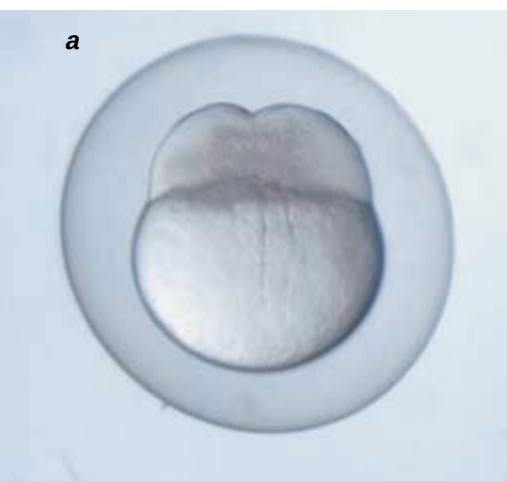
De ese método se valen los investigadores en su trabajo con animales que presentan algún defecto corporal, una malformación congénita por ejemplo, o cualquier otra particularidad de interés. Con las herramientas propias de la biología molecular se busca el lugar del

genoma donde el animal normal (el “tipo salvaje”) diverge del individuo malformado. Probablemente allí radique uno de los genes responsable de la función que es normal en el ‘tipo salvaje’ y se halla alterada en la estirpe mutante.

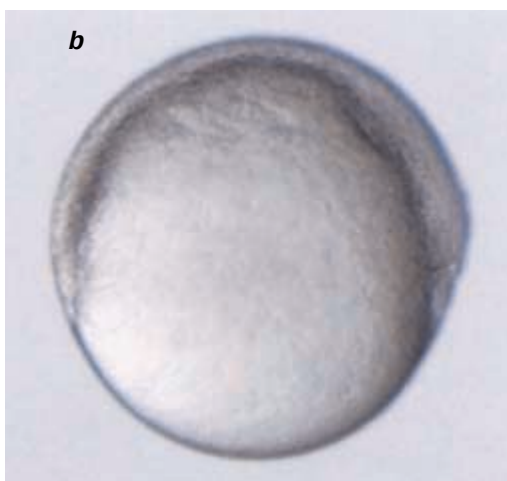
No es frecuente que en la progenie natural de los peces cebra aparezcan individuos con características extraordina-

rias que permitan grandes avances en el conocimiento. Pero pueden provocarse por vía experimental. En el laboratorio se someten los peces machos a un baño con urea etil-nitrosilada. Esta sustancia determina que, en el proceso de espermatogénesis, aparezcan anomalías del ADN que se transmiten a la generación siguiente.

En cada pez hijo hay, junto al gen mutante paterno, una copia normal procedente de la madre. Ello significa que tales anomalías del ADN no se mani-



STEPHAN NEUBAUSS / ETH ZÜRICH



festarán. Siguiendo el patrón de cruza- mientos habrá que esperar a las dos gene- raciones siguientes para que aparezcan individuos en los que se exprese la alte- ración genética.

Modelo ideal

Resulta, pues, imperioso disponer de un “modelo animal” en el que las genera- ciones no se dilaten en el tiempo y la prole sea numerosa. Para ello la especie idó- nea era el pez cebra. Cada apareamiento da lugar a un centenar de nuevos indi- viduos. Aporta otras ventajas adiciona- les: facilidad de mantenimiento (basta- n pequeños acuarios), alimentación común y acomodación a una calidad media del agua.

A principios de los años noventa, dos grupos de trabajo emprendieron un pro- yecto ambicioso. El formado en torno a Christiane Nüsslen-Volhard, del Instituto Max Plank en Tübingen, por una parte, y Wolfgang Driever, que entonces trabajaba en la facultad de medicina de Harvard, por otra, obtu- vieron unos dos millones de peces gené- ticamente modificados. Ambos grupos se proponían encontrar el mayor número posible de individuos con defectos defi- nidos del desarrollo embrionario here- ditarios. El éxito les acompañó. Sus resultados aparecieron en un número monográfico de *Development* (tomo 123, 1996) y concernían a peces con defectos del sistema nervioso, de los músculos, de la estructura corporal y de los órganos internos.

En los acuarios en los que hoy se crían individuos genéticamente modificados nadan variedades con nombres exóticos (“Belladonna”, “Visión perdida” u “Obe- lix”), que, no obstante, en buena parte de los casos, remiten a alguna particulari- dad genética. Así, se llaman “perezosos”,

“dormilones” o “entumecidos” las estir- pes a las que les cuesta moverse hacia delante. La conocida por “Macho” nos revela su indiferencia ante el rozamiento: carece del sentido del tacto y además es ciego. Mediante experimentos se ha demostrado que las células ganglionar- es de “Macho” no emiten ninguna señal eléctrica. Se trata de neuronas situadas, en la retina, por detrás de los recepto- res; actúan como estación intermedia para los estímulos visuales que a través de la vía óptica se dirigen al cerebro.

Trastornos de la visión

De los trastornos de la visión nos ocupa- mos en nuestro laboratorio de Zurich. Entre las numerosísimas líneas genéti- cas hemos seleccionado una docena que pueden servir como modelo para la reti- nitis pigmentosa. En esta enfermedad hereditaria la retina se va desprendien- do de una manera progresiva, hasta dejar ciegos a los pacientes. La enfermedad empieza por afectar a los bastoncillos, células necesarias para la visión noc- turna y con poca luz. Suele iniciarse, pues, en jóvenes que comienzan a sufrir una ceguera nocturna. Más tarde, incluso a plena luz del día, aparece un área ciega anular en la periferia del campo visual, que va avanzando hacia el centro, donde se encuentran los conos, células reti- nianas importantes para la visión con mucha luz y en color. En los países indus- trializados la retinitis pigmentosa cons- tituye una de las principales causas de pérdida de visión.

¿Podemos extraer de los peces infor- mación provechosa para el conocimiento del sistema visual humano? Sin la menor duda. Se ha demostrado que no sólo las estructuras del ojo humano y del pez son comparables, sino que también lo son las proteínas necesarias para la instauración y funcionamiento del sistema visual.

Sumada a la facilidad de crianza y ex- traordinaria capacidad reproductora, dicha proximidad a la especie humana consti- tuye, en verdad, la razón del éxito del pez cebra como organismo modelo. Antes, la investigación genética se basaba en el ne- mático *Caenorhabditis* y en la mosca de la fruta *Drosophila*. Pero no servían para el estudio del sistema visual, pues el nemá- todo carece de ojos y la mosca tiene ojos compuestos, muy complejos.

Del estudio comparado del despren- dimiento de retina en el ojo del pez cebra y su curso en el hombre, podemos afir- mar que, en ambas especies, la enfer- medad empieza con la muerte de los bas- tones y de los conos. En uno y otro caso, además, se trata de una apoptosis, pro- ceso de muerte celular que sigue una pauta perfectamente establecida. El pró- ximo paso será el estudio celular de la muerte de los fotorreceptores.

Desde su fase de larva el pez cebra resulta apropiado para el trabajo experi- mental. Posee una propiedad muy valio- sa: es transparente. Merced a esa cuali- dad, podemos observar y estudiar al microscopio cada uno de los pasos de maduración y crecimiento. El desarro- llo del embrión en larva se produce muy

2. ANIMALES TRANSPARENTES en sus primeras fases de desarrollo.

Desde el estadio de dos células (a), pasando por la fase pluricelular (b), hasta la fase embrionaria donde se distinguen la situación del ojo y diversas estructuras corporales (c), han transcurrido 24 horas. Abajo, en esta página (d), se ofrece una larva de cinco días.

d





3. Imagen de un minicarrusel con rayas. Mediante este aparato las larvas del pez cebra ponen de manifiesto su capacidad visual.

pronto. Un día después de la fecundación, se evidencia la estructura típica del cuerpo de los vertebrados: la disposición de la cabeza y de los ojos, así como la *chorda dorsalis* allí donde posteriormente aparecerá la columna vertebral. Esta hilera de células sometidas a presión será la encargada de estabilizar el cuerpo. Al cabo de otros cuatro días, se han desarrollado los ojos y sus conexiones con el cerebro, hasta el punto de que pueden reconocer formas, colores y movimientos. Puede empezar la investigación del sistema visual.

Tests visuales

¿Cómo podemos saber si un pez está o no ciego? Antes de responder conviene avanzar una matización. Para aseverar que un animal “ve” no basta saber que

distingue entre claridad y oscuridad. Para estar seguro de que nos hallamos ante un sistema visual desarrollado, la larva debe registrar también determinados patrones de movimientos o colores.

Así las cosas, acometimos una investigación que nos permitiera determinar si en la larva operaba o no el nistagmo optocinético. Esta reacción es típica de los vertebrados y se da de forma particularmente manifiesta en la especie humana. Se observa, por ejemplo, en los viajeros de un tren que fijan su mirada en el paisaje que va pasando: sus ojos tiemblan. Primero siguen con parsimonia los objetos y luego vuelven rápidamente a la posición de partida. De esta forma la imagen visual captada por la retina queda estabilizada por breve tiempo y puede ser procesada por el cerebro.

Para la prueba del nistagmo colocamos las larvas en una batea de plástico llena de un líquido viscoso. Podían mover los ojos, pero no el cuerpo. Se introduce luego la larva a estudiar en una suerte de tambor cuya pared interior está pintada a rayas. Si el tambor gira poco a poco, los ojos del pez presentan los característicos movimientos bruscos. Con otro método se estudia la visión a distancia de los alevines. El acuario de cristal se sitúa sobre un monitor de ordenador, dispuesto horizontalmente, que presenta un patrón de rayas móviles. Este “test optomotor” se basa en el movimiento reflejo de las larvas que les lleva a perseguir nadando los objetos móviles. Al cabo de pocos minutos, los animales que ven se acumulan en un extremo del recipiente.

Hay otra prueba muy importante para estudiar las retinitis y la degeneración reticular en los animales: el electrorretinograma (ERG). En él se detectan directamente mínimas corrientes eléctricas producidas en la retina. De esta forma el ERG ofrece información sobre la llegada correcta del estímulo luminoso al cerebro del pez. La exploración de la actividad eléctrica de la retina se utiliza también en las personas para diagnosticar una retinitis pigmentosa.

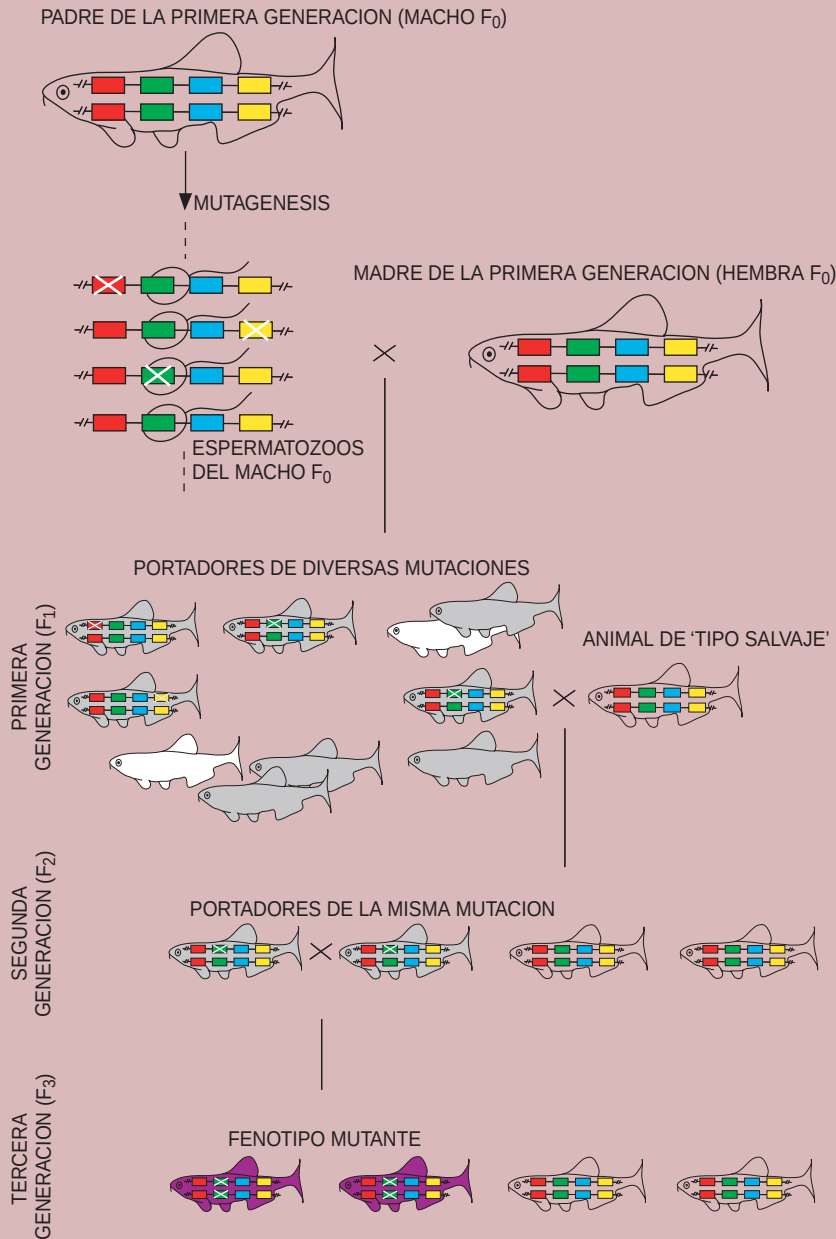
Test auditivo

En la Universidad de Tübingen Teresa Nicolson y su equipo trabajan en otro sistema sensorial del pez cebra: el auditivo. Las larvas perciben los sonidos. Pero la bióloga se ha hecho con un amplio repertorio de mutantes que oyen mal o son sordos.

En líneas generales el oído del pez funciona igual que el humano. Las ondas sonoras inciden sobre una membrana situada en el interior del oído cuyas oscilaciones son convertidas en impulsos eléctricos por las células sensoriales pilosas. Los peces disponen, además, de la línea lateral. Desde un prisma evolutivo, este órgano sensorial procede de las mismas estructuras que el oído interno; en consecuencia, dispone también para su funcionamiento de células pilosas. Con este aparato sensorial situado a lo largo de uno y otro lado del cuerpo los peces captan los movimientos del agua, por insignificantes que sean. Si las larvas sufren de pronto un cambio de presión, reaccionan con un reflejo vibratorio acústico de temor. La misma reacción puede desencadenarse dando un simple golpe en la placa de Petri: súbitamente, las larvas empiezan a nadar hacia el borde.

Pero los individuos genéticamente modificados con defectos en la percep-

De la mutagénesis a una línea genética del pez cebra



Cuando se emprende la investigación del oído y los genes que lo regulan, se empieza por comparar la dotación genética de un individuo sano con la de uno sordo. ¿Cómo identificar a un pez sordo? Se coloca un pez macho —el animal F_0 — en un líquido con una sustancia química que daña el material genético de los espermatozoides (*cruz blanca*). Los investigadores confían en que con ello resulte también dañado un gen que desempeña una función esencial para el oído. Puesto que cada espermatozoide es potencialmente portador de otras patologías, los descendientes del macho F_0 diferirán entre sí. Por otra parte, en muchos casos el correspondiente gen materno actuaría compensatoriamente y la lesión no se manifestaría. Para impedir esta compensación y conseguir un animal sordo (fenotipo mutante) hacen falta dos emparejamientos más (de la primera a la tercera generación).

ción de las vibraciones permanecen inmutables después del golpe, quietos en el fondo de la placa de Petri. En algunos individuos con trastornos de la percepción de vibraciones se observa a menudo una alteración del equilibrio: al nadar los peces dan vueltas en torno a su propio eje o trazan círculos de avance.

Fundados en tales observaciones, los investigadores deducen que se hallan degeneradas las células sensoriales pilosas de ambos sistemas sensoriales. Se ha descubierto una de las bases moleculares de este trastorno: en la mutante “Mariner” no interviene el gen que rige la miosina VIIA. Se desconoce qué función exacta en las células sensoriales pilosas desempeña esta proteína, muy similar a una de las proteínas musculares humanas.

Nicolson y su grupo utilizan también el pez cebra como modelo para abordar ciertas patologías humanas. Las personas que tienen una mutación en el mismo gen que los “Mariner” padecen distintas formas de sordera congénita, entre ellas el síndrome de Usher IB, así llamado en homenaje a Charles Usher, oftalmólogo inglés. Quienes lo padecen nacen con graves defectos de audición o incluso sordos. Por regla general a partir de los diez años empiezan a degenerar progresivamente también células visuales y aparece la retinitis pigmentosa. Se ignora el mecanismo por el cual un solo gen, que además rige la síntesis de una proteína que interviene en el movimiento, incide simultáneamente en el oído y en la vista.

BEATRIX BENZ y STEPHAN NEUHAUSS trabajan en Zurich, en cuyo famoso Politécnico enseña el segundo.

Bibliografía complementaria

A FIN-DE-SIÈCLE ACHIEVEMENT: CHARTING NEW WATERS IN VERTEBRATE BIOLOGY. D. J. Grunwald, en *Science*, vol. 274, página 1634; 1996.

GENES FROM ZEBRAFISH SCREEN. N. Holder y A. McMahon, en *Nature*, vol. 384, página 515; 1996.

GENETIC DISORDERS OF VISION REVEALED BY A BEHAVIORAL SCREEN OF 400 ESSENTIAL LOCI IN ZEBRAFISH. S. C. Neuhauss *et al.*, en *Journal of Neuroscience*, vol. 19, n.º 19, página 8603; 1999.

MARINER IS DEFECTIVE IN MYOSIN VIIA: A ZEBRAFISH MODEL FOR HUMAN HEREDITARY DEAFNESS. S. Ernest *et al.*, en *Human Molecular Genetics*, n.º 9, pág. 2189; 2000.

Mundo real e imagen percibida

¿Cómo percibimos el mundo? No tal cual es.

Las imágenes que nos formamos guardan una relación más estrecha con nuestra supervivencia diaria que con el mundo real

Heinz Penzlin

Parece incuestionable. “Ahí fuera” existe un mundo independiente de nosotros. Un mundo que es tal como lo vivimos, azul el cielo, fría la nieve que cubre el coche, olorosa la rosa cortada y armonioso el canto del ruiseñor en el matorral.

Parece incuestionable, pero, ¿es así en realidad? Los resultados de los científicos que estudian los sentidos apuntan en otra dirección. A tenor de los mismos, el cerebro no se limita a reproducir el mundo exterior, sino que construye un mundo “percibido”. Al igual que el resto de los animales, los humanos nos pasamos la vida en una especie de realidad virtual, que no refleja, en todos sus ámbitos, el mundo real. Los investigadores pueden hacerse hoy una idea bastante precisa de cómo nuestros sentidos se distancian de la realidad y de por qué, a pesar de todo, nos las arreglamos bastante bien.

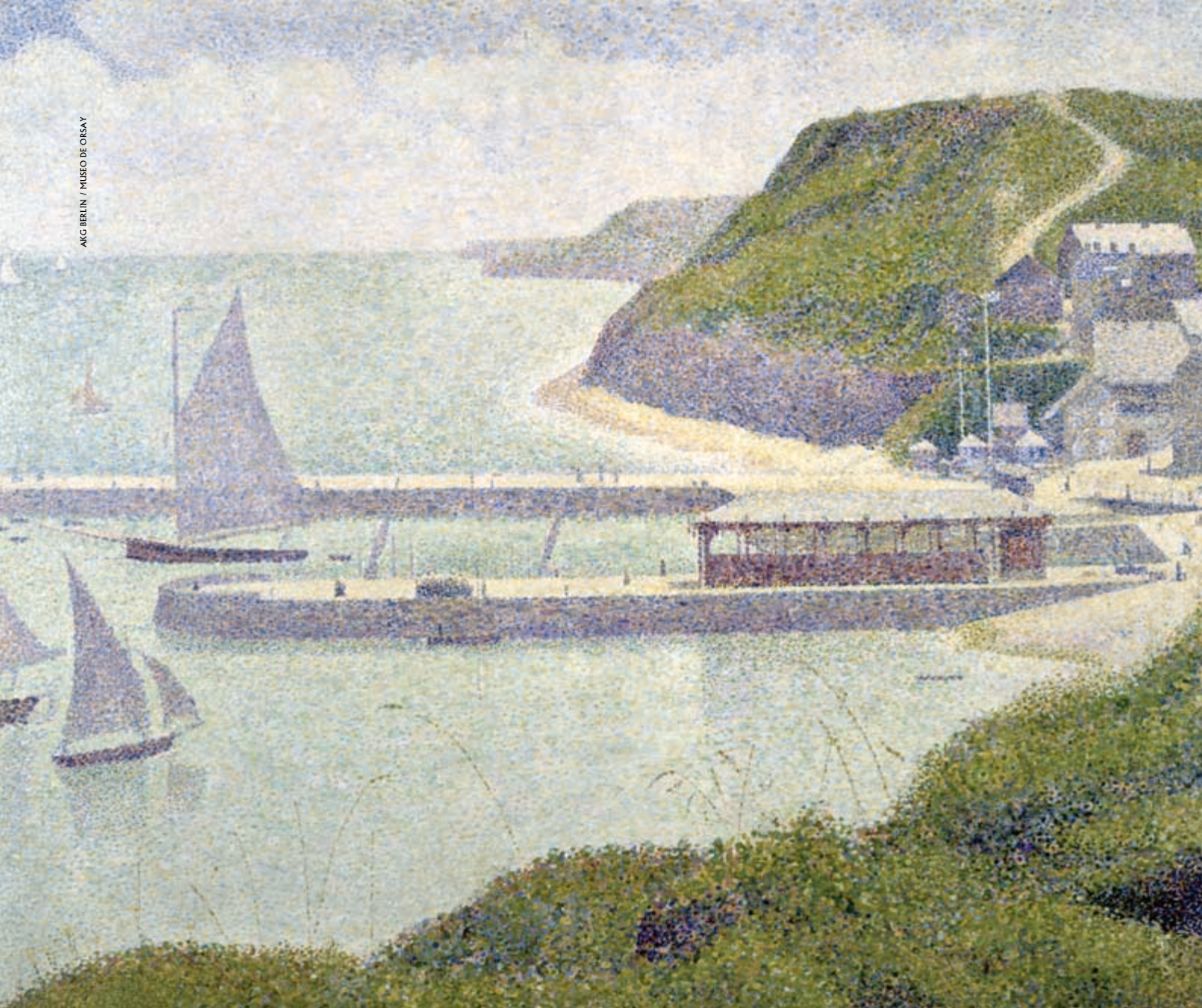
De entre los múltiples acontecimientos de su entorno, un ser vivo puede registrar sólo aquellos para los que tiene las antenas correspondientes, es decir, células sensoriales que captan un determinado estímulo y transmiten la información recibida al sistema nervioso. Ahora bien, no todos los animales están dotados de los mismos órganos sensoriales. Aunque casi todas las especies poseen órganos del gusto y del equilibrio y muchos animales tienen, además, órganos de visión, sólo los vertebrados y algunos insectos pueden oír.

Numerosas especies pueden percibir considerablemente menos que el ser humano, mas otras están provistas de sentidos que nos son del todo extraños. ¿Quién puede imaginarse cómo se orientan los murciélagos valiéndose de los ultrasonidos o cómo ven las abejas la luz ultravioleta? Las palomas mensajeras, las aves migratorias o las abejas cuentan, además, con un sentido magnético; algunos peces llegan a registrar campos

eléctricos. Las serpientes cascabel “ven” en la oscuridad como si portaran una cámara de infrarrojos y, de esa forma, localizan sus presas de sangre caliente.

Lo mismo que el resto del reino animal, los hombres sólo registramos los sucesos más importantes de entre los infinitos que ocurren sin cesar a nuestro alrededor. Nuestros ojos sólo ven ondas electromagnéticas entre 400 y 800 nanómetros de longitud; sólo podemos oír sonidos entre 16 y 20.000 hertz. Carecemos de sensibilidad perceptiva de la corriente alterna, las ondas de radio y los ultrasonidos, como también de los rayos X y los rayos gamma. Sólo notamos, con dolor, la radiación ultravioleta cuando el sol nos quema (el calor de los rayos solares que sentimos se debe al infrarrojo de la luz solar). Tampoco advertimos que nos estamos moviendo siempre en un campo magnético.

Cuando los científicos investigan la exactitud con que nuestras percepciones reflejan el mundo que nos rodea,



1. CENTELLEO DE COLORES. Debido a la baja resolución cromática de nuestra percepción, en este cuadro de Georges Seurat (1859-1891), “Puerto de Bessin, antepuerto, marea alta”, se difuminan los contornos de cada uno de los puntos de color dando una impresión de unidad.

acostumbran concentrarse en el sentido de la vista; en última instancia, todo nuestro mundo de percepción está dominado por lo óptico-espacial. La retina de los ojos recibe las informaciones visuales, las transmite en forma de excitaciones de las células nerviosas e inicia una elaboración paralela.

Con todo, la calidad de la retina es más bien precaria. Abundan los errores de reproducción, pues el cristalino no concentra con precisión en un foco toda la luz incidente (independientemente de su longitud de onda y del lugar por donde la luz atraviesa el cristalino). Que nosotros no notemos nada de esto y que, sin embargo, podamos ver con nitidez, no se lo debemos al aparato formador de la imagen, ¡sino a nuestro cerebro! Este tiene en cuenta, en sus cálculos, las imprecisiones de la imagen de la retina refe-

ridas y las compensa; gracias a ello tenemos la impresión de una imagen precisa.

Por esta misma razón percibimos un mundo inmóvil y no tenemos la sensación de que el entorno se desplaza en sentido contrario con cada cambio de nuestra dirección visual. Pero si, por ejemplo, uno desplaza su glóbulo ocular y, por tanto, la imagen en su retina (y no lo hace por medio del músculo ocular, sino por una suave presión lateral con el dedo en el rabillo del ojo), le parece entonces que el mundo exterior se mueve.

El cerebro llega a cometer errores provocados por él mismo. El ojo humano, al

fijar un objeto, no está quieto, sino que no para de moverse de aquí para allá de unas 20 a 150 veces por segundo y transmite, cada vez, la imagen de la retina a 5 o 10 células visuales. La imagen aparecerá, pues, ininterrumpidamente movida.

Tal “tremor ocular” no constituye, sin embargo, un fallo imperdonable del ojo. Al contrario, es necesario para la visión. Detallémoslo con un experimento sencillo. Si un microproyector, adosado a una lente de contacto, lanza una imagen directamente a la retina, la imagen de la retina se desentiende del movimiento del ojo. Al cabo de unos pocos segun-



2. CUESTION DE VISTA. Muchas flores, como esta espantalobos (*Colutea arborescens*), tienen manchas que absorben los rayos ultravioletas (derecha; fotografía tomada con un filtro de ultravioleta). A diferencia de los humanos, las abejas reconocen las manchas.

dos dejamos de percibir la imagen así fijada; la mente no la tiene en cuenta y desaparece de nuestra conciencia. Este hecho ayuda a suprimir del ojo imágenes turbadoras como, por ejemplo, las sombras de los capilares retinianos.

Descomposición de colores y movimiento

Los batracios carecen de estos movimientos oculares involuntarios. Es probable que, por esta razón, sólo presten atención a objetos en movimiento (las posibles presas). Por consiguiente, los

científicos no deben transferir sin más las experiencias y vivencias visuales humanas a animales con órganos visuales análogos.

Nuestro cerebro, y en menor medida el sistema reproductor de imágenes del ojo, determina lo que vemos conscientemente. La elaboración neuronal de imágenes empieza ya en la retina, una parte de la corteza cerebral que, en el curso de la evolución, migró hacia la periferia. La retina consta de varias capas de células que seleccionan qué informaciones ópticas merecen una elaboración posterior,

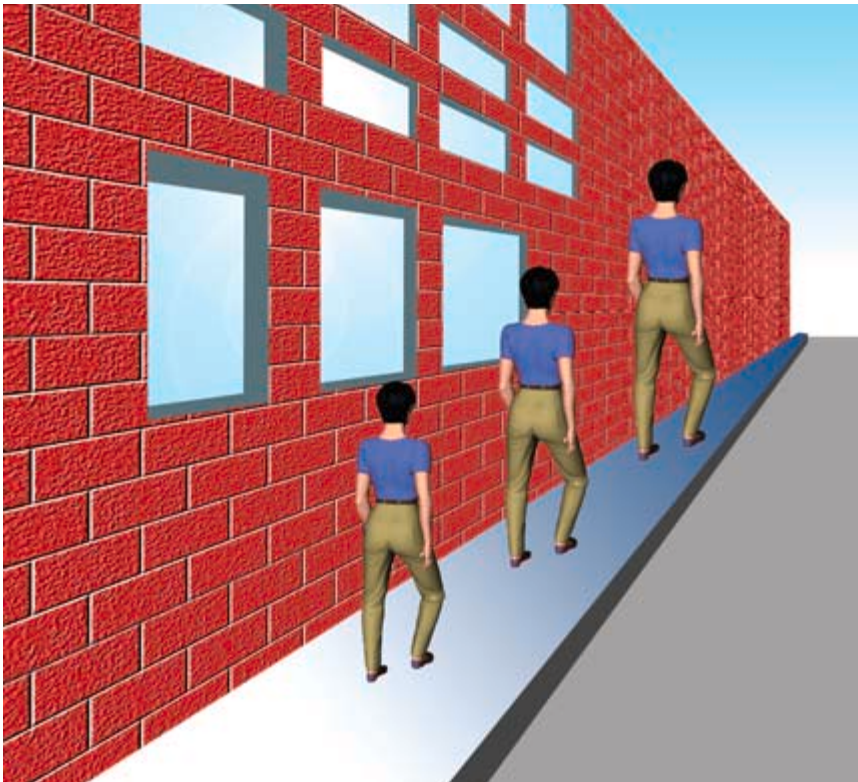
y las agrupan. En el hombre, frente a unos 125 millones de células visuales de la retina hallamos tan sólo 1 millón de fibras nerviosas que salen del ojo constituidas en nervio ocular.

La imagen de la retina se divide, después, en dos: la parte izquierda del campo de visión —y, por cierto, de ambos ojos— se dirige, por la vía ocular, a la mitad derecha del cerebro; y la parte derecha al hemisferio cerebral izquierdo. Las informaciones van después al cuerpo geniculado lateral (abreviado, CGL), una estación intermedia de la vía ocular desde el ojo a la corteza cerebral.

Sin embargo, el CGL no es un lugar de mero intercambio, sino que reelabora las informaciones ópticas antes de enviarlas, después, a la corteza visual primaria. En el CGL empieza a separarse el camino de elaboración de colores, formas, de informaciones del movimiento y espaciales. Desde la corteza visual primaria el sistema visual analiza, en paralelo, la imagen recibida en tres pistas:

- El primer canal elabora sobre todo los colores, con una resolución relativamente baja.
- El segundo canal, por el contrario, reacciona con alta resolución ante las siluetas y la orientación de imágenes y ofrece así las informaciones más relevantes sobre lo que se percibe.
- El tercer canal registra fundamentalmente los movimientos y las relaciones espaciales. Se ocupa, pues, de la percepción profunda tridimensional. Pero resulta insensible a los colores y tampoco reacciona ante las formas en reposo. En cambio, sí informa sobre la ubicación de los objetos. A su cuenta va la llamada ilusión de Ponzo (véase la figura 3).

El cerebro trabaja los colores y el movimiento no sólo por separado. (Incluso llegamos a percibirlos por separado, si bien en condiciones normales no se nos suele presentar así en la vida cotidiana.) El canal del color trabaja más lento que el del movimiento. De ahí que la percepción de los colores se demore unos setenta u ochenta milisegundos al reconocimiento de los movimientos. En determinadas condiciones puede dar lugar a interpretaciones erróneas. Nos lo evidencia un experimento clásico. Los sujetos del ensayo contemplaban en una pan-



3. ILUSION DEL TAMAÑO. En la ilusión de Ponzo la perspectiva del fondo engaña a nuestro cerebro: concluye erróneamente que las tres figuras, iguales, tienen distinto tamaño.

talla un grupo de cuadrados, que se movían, todos a la vez, continuamente hacia arriba y hacia abajo, y, simultáneamente, a un ritmo distinto, iban cambiando también sus colores. Los sujetos habían de indicar qué color aparecía en cada cambio de sentido del movimiento. El número de falsas asignaciones cromáticas era, por lo general, muy alto.

Artistas y diseñadores hace tiempo que se valen de las distintas prestaciones de los canales visuales. Así, a causa de la baja resolución del canal cromático, se ven como un todo continuo los puntos separados de un cuadro puntillista o los toscos brochazos de una pintura impresionista (véase la figura 1).

Así percibe el mundo un murciélago

De cuanto antecede queda claro que el proceso visual no es una imagen fiel del mundo exterior, sino un constructo del cerebro a partir de las informaciones que le llegan. Con los elementos sueltos de la elaboración abstracta de las impresiones sensoriales, la actividad del cerebro arma nuestro mundo perceptivo tridimensional. En esta tarea invierte, inconsciente e incesantemente, un enorme esfuerzo en cálculos.

Algunas ilusiones ópticas muestran hasta qué punto nuestro aparato mental configura las percepciones. Una sencilla medición con una regla demuestra

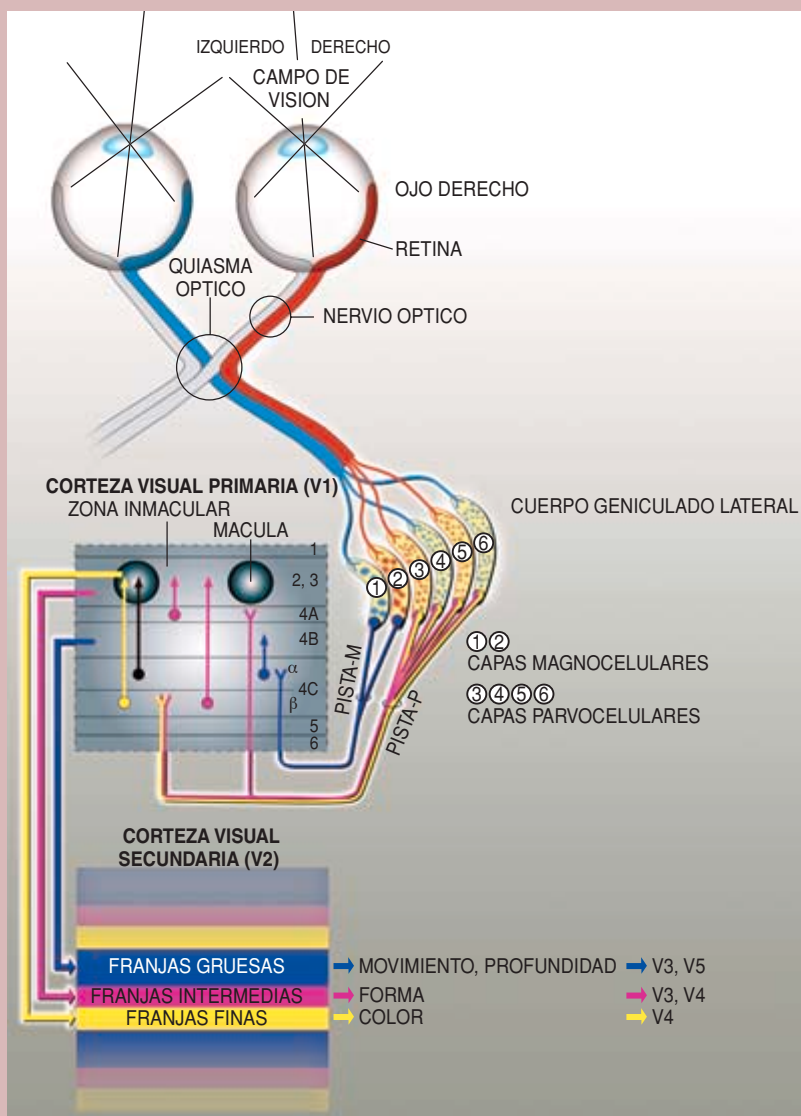
que las tres figuras de la ilusión de Ponzo (véase la figura 3) tienen el mismo tamaño y, sin embargo, la sensación subjetiva que dicta el cerebro permanece inalterada. En la ilusión de Kanizsa (véase la figura 4) el espectador reconoce un triángulo algo más blanco incluso que el papel, aunque sabe que se trata tan sólo de una estructura imaginada. Dos líneas horizontales cruzando la imagen deshacen esta impresión, porque ya no es posible aquella sencilla interpretación; la impide nuestro cerebro — más exactamente, la corteza visual secundaria — al no poder construir la silueta.

Cabe presumir que todos los animales superiores experimenten sensaciones

El largo camino hacia la formación cerebral de la imagen

La imagen de la retina se divide en dos después de abandonar el ojo. La mitad derecha del campo de visión de ambos ojos llega, a través del nervio óptico, al hemisferio izquierdo del cerebro. Allí el cuerpo geniculado lateral (CGL) almacena la media imagen seis veces, en diferentes capas; es decir, tres veces la imagen del ojo izquierdo y otras tres la del derecho. Las cuatro capas superiores de los estratos celulares contienen células nerviosas relativamente pequeñas; por eso se las llama parvocelulares. Las dos capas inferiores están formadas por células comparativamente mayores y, por ello, se llaman capas magnocelulares.

Aquí se separan las tres pistas que se dirigen a la corteza visual. El primer canal —el “canal cromático”— conduce de las capas parvocelulares del CGL a los “blobs” o “máculas” en las capas 2 y 3 de la corteza visual primaria (V1) y, más adelante, a las franjas finas de la corteza visual secundaria. El segundo canal —el “canal de la forma”— parte también de las capas parvocelulares del CGL, pasa después por las regiones intermaculares para acabar en las pálidas franjas intermedias de la corteza visual secundaria. El conjunto de estos dos canales entre el CGL y la V1 recibe también el nombre de pista-P. Por último, el canal número tres va desde las capas magnocelulares del CGL a las franjas gruesas de la corteza visual secundaria. Se ocupa de los movimientos y la espacialidad y se la designa también, entre el CGL y V1, como pista-M. Los tres canales se dirigen, para ulteriores elaboraciones, a las partes subordinadas de la corteza visual (V3-V5).



subjetivas y puedan, por tanto, construir activamente un mundo de percepciones en el que orientarse. En este supuesto la pregunta obligatoria es si su mundo perceptivo se asemeja al nuestro o si, quizás, es de un tipo totalmente distinto. Thomas Nagel, de la Universidad de Nueva York, publicó su famoso artículo “¿Cómo se puede ser un murciélago?”. Los murciélagos, con su sistema de localización por ultrasonidos, consiguen logros similares a los que obtienen los “animales con ojos”. Sin embargo, el mundo perceptivo de los murciélagos, que estaría configurado por la ecolocalización, nos sigue siendo inaccesible a los humanos.

No resulta simple adentrarse en los fundamentos de la percepción humana. Pero precisamente por eso hace tiempo

que filósofos y científicos se interesan por la cuestión. Immanuel Kant (1724-1804) sostenía que el hombre, para poder percibir, debía gozar de algunas condiciones innatas: una sensibilidad para el espacio y el tiempo, así como determinadas formas de pensamiento. De hecho, nuestro cerebro tiene capacidades innatas con cuya ayuda elabora las informaciones visuales y puede construir una imagen útil de la realidad.

Un buen ejemplo podrían ser los llamados efectos de constancia, automáticos, de nuestro sistema perceptivo. Así, percibimos como fijos en el espacio objetos de nuestro entorno, aunque su imagen en la retina está constantemente desplazándose, porque nuestros ojos, nuestra cabeza o todo nuestro cuerpo se mueven. Los especialistas llaman a este fenómeno

no la constancia del movimiento y de la dirección.

Reconocemos, además, la coloración y la luminosidad relativa de los objetos con independencia de las condiciones lumínicas. Gracias a la constancia de luminosidad percibimos siempre lo negro como oscuro y lo blanco como claro, aunque una superficie negra expuesta a un sol radiante refleja mil veces más luz que una blanca en el crepúsculo. Algo parecido acontece con la constancia cromática: a mediodía, los matices de la luz solar difieren bastante de los del amanecer o atardecer, pero nosotros apenas notamos cambios cromáticos en la percepción de los objetos.

En nuestro cerebro se halla también arraigada la tendencia a interpretar tridimensionales las imágenes. Por ello interpretamos como un cubo, por más que es evidente que es bidimensional, la llamada figura de Necker (*véase la figura 4, derecha*). El dibujo admite, además, dos interpretaciones, según se vea el cuadrado de la izquierda abajo o el de la derecha arriba. En este caso se da un fenómeno fascinante: si el que contempla el dibujo se ha decidido por una variante y sigue mirando el dibujo, tras unos pocos segundos, cambia la imagen y se le impone la otra alternativa. Quizá, las células nerviosas que son responsables de la primera interpretación se cansan, después de un tiempo, y se imponen las de la otra interpretación.

Pero, ¿es realmente innata nuestra capacidad de construir un mundo espacial perceptivo a partir de las diferencias de las imágenes de la retina de ambos ojos y de otras informaciones, como, por ejemplo, percepciones de desplazamientos debidos al movimiento? ¿O no se requiere, además, acudir a experiencias vitales de fases anteriores? Cuando los científicos tratan de dilucidarlo con ayuda de experimentos, deben afrontar un nuevo problema: ni los lactantes ni los animales pueden explicar al investigador qué perciben. Por consiguiente, habrán de extraer sus conclusiones de lo observado en los tests de comportamiento.

Lactantes en tests forzados

Algunas de estas pruebas permiten sospechar que muchos animales superiores nacen con capacidad de percepción espacial. Para estos experimentos los científicos se valieron del miedo innato de los animales a los bordes cortados a pico. Los colocaron en un disco de cristal, debajo del cual había, a un lado, una superficie plana y, al otro, un escalón escarpado. El resultado era inequívoco: las

¿Existe un mundo ahí fuera?

Se conoce por realismo el sistema filosófico que proclama la existencia del mundo exterior, independiente de la percepción de nuestros sentidos y de nuestra conciencia. Nuestro entorno constituiría una realidad genuina; no sería un mero constructo mental. Al realismo se opone el idealismo.

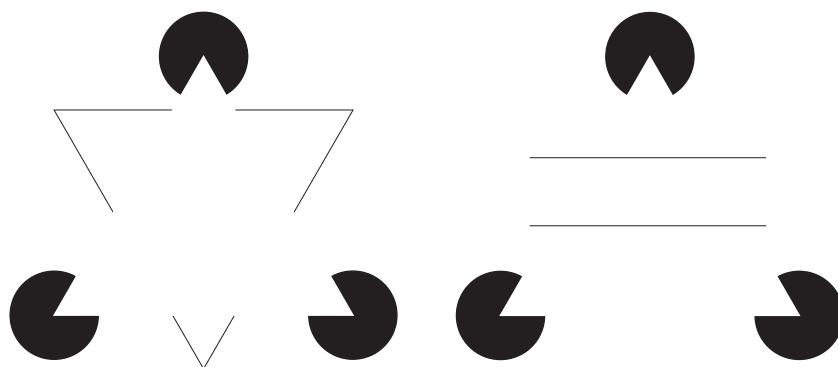
También los científicos parten en su trabajo de este postulado de realidad. Pues si no, ¿sobre qué investigarían? La suposición de la existencia de una realidad independiente es ciertamente necesaria, aunque en puridad científica no se puede probar ni negar. Con todo, concuerda con la conciencia de realidad, natural e inquebrantable, del ser humano y que está en la base de su comportamiento cotidiano. Incluso cuando alguien niega, por razones filosóficas, la realidad de un mundo independiente, no abandona nunca en su actuación esta conciencia personal de realidad.

Ahora bien, hay concepciones muy distintas a propósito de la naturaleza real de ese mundo “exterior”. El realismo ingenuo sostiene que es tal como lo percibimos con nuestros sentidos y nuestra mente. Por lo que llevamos dicho en este artículo, esta opinión no se podría tomar por correcta. Pero son muchos los humanos que son realistas ingenuos a lo largo de toda su vida, porque nunca han tenido un motivo serio para ponerlo en duda. Se las arreglan bien en la vida diaria con esta visión del mundo. Si en alguna ocasión una observación contradice

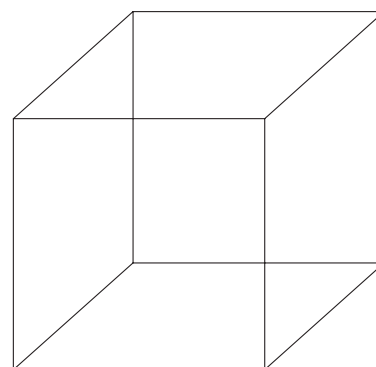
esta visión, la rechazan como una ilusión de los sentidos o como una curiosidad.

Hace más de dos mil años, Demócrito (ca. 460-375 a.C.) defendía ya que las cualidades, perceptibles por los sentidos, de las cosas eran subjetivas y que no se las podía atribuir a las cosas en sí mismas: “Nada es por naturaleza blanco o negro, amarillo o rojo, amargo o dulce”. Según el filósofo griego, sólo eran objetivas las propiedades cuantitativas, tales como cantidad y extensión, y también la figura, peso, impenetrabilidad y movimiento. A esta concepción se la llama realismo físico. Por de pronto, en el mundo objetivo no existen ni colores ni tonos, ni ruidos ni olores, ni siquiera luminosidad. Las ondas luminosas físicas son independientes de los sujetos y sólo con la presencia de los vivientes que las pueden ver se origina la luz como sensación. Al nacer, nosotros no vemos la luz del mundo, sino que nos la conectamos.

Por último, el realismo crítico da un paso más y deja abierto el tema de si los rasgos que observamos son también propiedades del mundo objetivo, pero sostiene que se da una relación entre ambos mundos. Según el realismo crítico, habría de ser posible, al menos hasta cierto grado, hacer afirmaciones válidas sobre el mundo real. ¿No será que el modo en que pensamos y percibimos es precisamente como es porque refleja el orden real?



4. TODO ES ILUSION. En la ilusión de Kanizsa (*izquierda*) vemos un triángulo que no existe, porque nuestro cerebro trata de completar una figura insinuada. Unas rayas transversales deshacen la ilusión (*centro*). El sistema nervioso llega incluso a construir figuras tridimensionales con dibujos bidimensionales en cuanto tiene un punto de apoyo. El cubo de Necker (*derecha*) permite dos interpretaciones distintas según cuál sea la cara del cubo que vea como parte delantera. Cada pocos segundos se cae en la otra interpretación.



crías (polluelos y diferentes mamíferos, desde ratas, perros, gatos y cabras hasta leopardos polares y monos) se acercaban, muy temblorosos, todos juntos a la pared escarpada y apenas prestaban atención a la superficie plana. Tampoco en esto es el hombre una excepción: lactantes de tres días reaccionan con desasosiego, cuando se les coloca sobre el escalón escarpado. Al parecer, está fijada en nuestra cabeza, desde el nacimiento, una forma tridimensional de visión.

Otros tests de conducta apuntan a una disposición innata del hombre a presumir una causa tras un fenómeno percibido. Tendemos a pensar en contextos causales lineales e inmediatos. Esto explica también nuestra propensión natural a las supersticiones.

Muchas expectativas nos son también innatas. Un ejemplo: los investigadores mantenían sujetos a una silla a lactantes de catorce días y movían una caja por encima de sus cabezas. Los infantes se comportaban como si esperaran un golpe, aunque todavía no habían podido tener ninguna experiencia en esa línea: levantaban, a la defensiva, sus bracitos y parpadeaban. Esta conducta expectativa se puede observar también en animales superiores.

Ajustes previos innatos ayudan al cerebro a interpretar las informaciones sobre

el mundo que le suministran los órganos de los sentidos. ¿No es sorprendente, sin embargo, que el mundo subjetivo de la percepción que construye nuestro aparato pensante con datos tan imprecisos e incompletos encaje tan bien con el mundo objetivo que resulta adecuado para nuestra vida cotidiana? En realidad, nuestro mundo perceptivo representa sólo un conjunto de hipótesis de nuestro “yo” sobre el entorno. Pero, puesto que éstas prueban su eficacia en el día a día, parece que reflejan correctamente al menos algunos aspectos del mundo real. ¿Cómo ha adquirido nuestro cerebro esa capacidad de establecer hipótesis útiles sobre el mundo?

Lo mismo que los otros rasgos y características de los animales se adaptaron al entorno en el curso de la evolución, el aparato perceptivo fue mejorando también paso a paso. Si las mutaciones casuales del patrimonio hereditario se acreditaban en el crisol del entorno, contribuían al éxito de la propagación de la especie y se conservaban en las generaciones siguientes. Pero si abocaban al fracaso, los animales que las portaban desaparecían más pronto o más tarde. En palabras del paleontólogo George G. Simpson (1902-1984), “el simio que no tenía una percepción realista de la rama a la que saltaba, era pronto un simio muerto y, por tanto, no forma parte de nuestros ancestros”.

Estas consideraciones son el núcleo de la epistemología evolutiva. En virtud del desarrollo evolutivo, el mundo mental que construye nuestro cerebro con ayuda de los sentidos copia tan bien el mundo real, al menos en algunos rasgos esenciales, que nosotros podemos desenvolvernos con éxito en dicho medio. Ahora bien, las innovaciones se presentan, en el curso de la evolución, instadas por una presión de adaptación; sólo siguen adelante en la medida en que son necesarias para el éxito de la propagación de la especie. El sistema perceptivo animal y humano se ha adaptado, pues, a la rea-

lidad en la medida en que era necesario para su respectiva supervivencia. Ello significa que nuestra percepción sigue siendo incompleta e imprecisa y nunca sabremos con seguridad si el mundo real es, de hecho, tridimensional.

Por idéntica razón no podemos esperar que nuestro aparato perceptivo, específicamente adaptado, mantenga su validez cuando abandonamos el mundo con el que estamos familiarizados y nos adentramos en el macrocosmos o en el microcosmos. Con nuestras limitadas capacidades de representarnos objetos, nos encontramos muy pronto inermes en estos dos mundos y la “sana razón humana” desaparece. Ningún ser humano puede representarse realmente las lejanías cósmicas o un espacio-tiempo curvado. También nos supera con creces el intento de visualizar, en la física cuántica, la doble naturaleza de partícula y onda. Es obvio que podemos lamentar el déficit de una visión inmediata en los mundos de lo pequeño y de lo grande, pero no podemos evitarlo: está innato en nuestro cerebro el precio por arreglárnoslas, por lo general bastante bien, en el mundo.

HEINZ PENZLIN fue, hasta su jubilación, profesor de fisiología animal en la Universidad Friedrich Schiller de Jena. Ha cultivado, en particular, la neurobiología y endocrinología de los insectos.

Bibliografía complementaria

THE VISUAL BRAIN IN ACTION. A. D. Milner y M. A. Goodale. Oxford University Press, 1996.

DAS GEHIRN UND SEINE WIRKLICHKEIT. KOGNITIVE NEUROBIOLOGIE UND IHRE PHILOSOPHISCHEN KONSEQUENZEN. G. Roth. Suhrkamp; Frankfurt a. M., 1997.

INNER VISION. AN EXPLORATION OF ART AND BRAIN. S. Zeki. Oxford University Press, 1999.

ENTREVISTA

La competición perfecta

¿Qué impulsa a los deportistas de elite a dar el máximo rendimiento?

Mente y cerebro conversa con Heike Henkel, campeona olímpica de salto de altura, y con Paul Meier, tercero en el mundial de decatlón

Carsten Könneker

Myc: Señora Henkel, ¿qué le pasa a uno por la cabeza cuando el listón está para récord del mundo y tiene, en los próximos segundos, la oportunidad de entrar en la historia del deporte?



GUSTAV SCHROEDER

Henkel: Nunca pensaba en el récord del mundo. Para mí sólo era una altura, que hasta aquel momento no había saltado.

Myc: La motivación de un atleta, ¿depende del número de espectadores que han acudido al estadio a verle?

Henkel: No. El ambiente ha de ser propicio: competición exigente y espectadores satisfechos. A mí me importaba menos cuántos eran. En la fase de mayor concentración, justo antes de la salida, siempre me abstraía de todo; no me daba cuenta de nada. Reparar, en ese momento, en la atención del público me habría distraído.

Myc: Señor Meier, usted consiguió su mayor éxito deportivo en el mundial de atletismo de 1993 en Stuttgart: medalla de bronce en decatlón. En la última prueba, los 1500 metros, usted fue llevado hasta la meta por diez mil espectadores que gritaban enardecidos "Paule, Paule". ¿Se percató durante la carrera?

Meier: En una carrera de 1500 metros una cosa así se nota. Cuando nos volvían a llevar al estadio y vi que las gradas seguían completamente abarrotadas (aunque a esa hora tardía sólo quedaba la prueba de decatlón), me motivé muchísimo. Y el aliento entusiasta durante la carrera me animó.

Myc: En su concentración en las pruebas técnicas, ¿prescindía del entorno

1. MEDALLA POR SINTONIA. En el mundial de atletismo de 1993 en Stuttgart, el entusiasmo del público empujó al decatleta Paul Meier a la medalla de bronce.

cuando se preparaba para un lanzamiento o para un salto?

Meier: No, yo siempre he sentido al público, bien en los aplausos bien en la tensa expectación. Cuando, de pronto, el silencio se adueñaba de las gradas y notaba que todos tenían la mirada fija en mí, siempre he sido consciente de esa situación. Pero no ha perjudicado mi concentración. Al contrario; he transformado la expectación del público en una tensión positiva. En esos momentos, cuanto más atención notaba, más motivado estaba.

Myc: Esta corriente de cariño popular, ¿es tal vez incluso un motivo para dedicarse a un deporte de elite?

Henkel: No para mí. He perseguido sólo la competición perfecta.

Myc: ¿Qué es una competición perfecta?

Henkel: Aquella en la que una puede ejecutar lo que ha estado entrenando y, además, mejorar su marca.

Myc: Y, al final, gana.

Henkel: Evidentemente, ése es el final perfecto.

Myc: Para poder ganar, ¿hay que estar totalmente seguro de sí mismo y de sus capacidades?

Henkel: Así lo creo. Cuando, en 1991, iba camino del mundial de Tokio, sabía a ciencia cierta que ganaría. Tenía una seguridad del cien por cien, pues, por primera vez, había superado en los entrenamientos los dos metros. Una vez en Tokio, pasé revista a las otras atletas y me dije: ¡las ganarás a todas!

Myc: Esa certeza absoluta, ¿viene de uno mismo o es, más bien, el entorno



DP/A

(entrenador, asesor) el que le hace fuerte a uno?

Henkel: En la preparación notas ya cómo reacciona el entrenador. Probablemente él estaba tan convencido como yo. Diría que nos transmitíamos esta seguridad de uno al otro.

Myc: Usted saltó en Tokio 2,05 metros, que era —y sigue siendo todavía— el récord de Alemania. ¿Qué hace que uno supere en un campeonato incluso su mejor marca de los entrenamientos?

Henkel: Un campeonato es algo totalmente diferente. En los entrenamientos no estás tan motivada, porque no te juegas nada.

Myc: ¿Realizaba también entrenamientos mentales de cara a ese objetivo?

Henkel: No. Nunca hemos practicado ejercicios psicológicos; tan sólo saltos, carreras, ejercicios físicos y técnicos.

Meier: ¿Se pueden separar estos aspectos? Para mí, la preparación física óptima

2. SUPERDOTADA POR AFICION. Casi no existe un título que la saltadora de altura Heike Henkel no haya conquistado. La campeona olímpica de 1992 retiene, con 2,07 metros, el récord mundial en pista cubierta.

era, a la vez, la mejor preparación psíquica.

Myc: En su carrera deportiva, usted ha vivido, junto a grandes éxitos, amargas y dolorosas derrotas; las lesiones le han dejado fuera una y otra vez. Si mira hacia atrás, ¿qué piensa? La mayor motivación para alcanzar otras cimas más altas, ¿viene de un éxito notable o, quizá, del fracaso como reacción ante la adversidad: “justo ahora es la ocasión?”

Meier: Son estímulos muy diferentes, pero con los mismos efectos.

Myc: ¿Se requiere un espíritu fuerte para sobreponerse al retroceso que implican las inoportunas lesiones?

Meier: Por supuesto. Después de una lesión siempre he tenido una recupera-

ción del nivel bastante rápida. Probablemente es una muestra de talento y dotes deportivas. En parte ha sido una ventaja, pero también un inconveniente.

Myc: ¿En qué sentido?

Meier: Es posible que más de una vez me haya precipitado en abordar marcas máximas y que, con ello, haya exigido demasiado a mi cuerpo.

Myc: ¿Cómo andamos de factor placer? Ustedes dos han hecho, durante muchos años, del deporte el centro de su vida, ¿no dependen, pues, en última instancia, casi exclusivamente del goteo de los éxitos y de los patrocinadores?

Henkel: No. Para mí siempre fue decisivo divertirme en lo que hacía. Si no disfrutas, tampoco puedes triunfar. A mí no



3. PAREJA EN LA VIDA PRIVADA.

Heike Henkel y Paul Meier (*izquierda*) viven juntos y, desde marzo del 2002, tienen una hija. En la foto, durante la entrevista con el redactor de *Mente y cerebro*.

me importaba el salto de altura en sí mismo; de hecho, fui a parar a esa especialidad casi por casualidad. Lo más importante era el trato con el entrenador y el grupo. Después, esto ha sido también lo que más he echado en falta.

Meier: Pero, al menos a veces, el objetivo puede desplazar o sustituir al placer. Mentiría, si dijera que me divertían cada una de las formas de entrenamiento que son necesarias para llegar a ser un buen decatleta. Para ser un buen atleta hay que hacer cosas que no son nada divertidas.

Myc: Sin duda, ustedes dos habrían podido tener éxito en otros deportes. ¿Se decidieron por el atletismo a causa de su objetividad, es decir, porque se puede medir con precisión cada centímetro que se gana, cada centésima de segundo que se rebaja?

Meier: Es probable. Creo que en el atletismo los éxitos son algo más satisfactorios y las derrotas algo más duras. No cabe la discusión; se puede medir con precisión el resultado. En el fútbol, puedo tener un mal día, pero gana mi equipo y parece que todo va viento en popa; o al contrario. Eso no sucede en el atletismo.

Myc: Un buen deportista, ¿ha de ser también agresivo? ¿Se da algo así como un ataque de rabia al ver que otro atleta

establece un nuevo récord? ¿Le espolea a superarse?

Henkel: A mí, no. Pero cuando pienso, por ejemplo, en mi reacción al darse a conocer determinados casos de dopaje, creo que ese dato siempre me ha estimulado a demostrar que también se puede saltar más alto sin pastillas. Este es mi lema: por mucho que se droguen las otras, saltaré más alto. Ello me daba fuerzas. No estoy en condiciones de evaluar si en esta actitud hay un punto de agresividad o rabia.

Myc: El problema del dopaje en el atletismo, ¿es una consecuencia de la objetividad atlética mencionada?

Henkel: No. También se dopan otros, incluso en deportes de equipo.

Myc: ¿Qué lleva a un deportista a recurrir a sustancias prohibidas?

Henkel: Yo diría que una falta de confianza en sí mismo.

Meier: Creo que la causa fundamental es económica; o quizá también ésta: “quiero ser el mejor”. Nunca me he planteado doparme. Quería conocer mis exactos límites naturales. Ahora los conozco; cosa que me satisface mucho.

Myc: Una ayuda de drogas, ¿habría falseado el resultado?

Meier: Evidentemente

Myc: ¿Pueden entender que otros deportistas se dopen?

Meier: Como persona que ha tenido el privilegio de crecer en Alemania me cuesta mucho juzgar a un ruso o a un ucraniano que se ha dopado. Con los aproximadamente 50.000 dólares que reporta

una medalla de oro, este atleta puede mantener a su familia durante diez años. En Alemania puedo, en vez de dedicarme a un deporte, aprender un oficio normal y vivir bien de ese trabajo. En otros países las personas no suelen tener esa posibilidad.

Henkel: Incluso en Estados Unidos es frecuente que los deportistas tengan sus propias motivaciones; por ejemplo, para salir de la marginación.

Meier: Y ésa es también la razón de que las federaciones no podrán controlar nunca el problema del dopaje. A un joven que, por el deporte, quiere salir de la pobreza no se le plantea el problema de si el producto en cuestión “está o no permitido”. En su jerarquía de valores se trata de un proceder correcto.

Myc: Pero también en los países industrializados hay mucho dinero en juego en las competiciones de elite.

Meier: Cierto. Pero para mí el dinero no fue nunca un motivo.

Myc: ¿Por qué se ha dedicado a un deporte de alto rendimiento?

Meier: Quería participar en una olimpiada y medirme con los mejores del mundo en mi especialidad. Quería aparecer en la televisión y tener un contrato con un patrocinador. Quería experimentar todas estas cosas.

Myc: Cuando se ha llegado a un cierto nivel y el público le aplaude, ¿se tiene miedo al fracaso?

Henkel: Por supuesto, pero debes dejarlo de lado. Por suerte, yo siempre lo logré, incluso en 1992, cuando, poco antes de la olimpiada de Barcelona, aumentó mucho la presión exterior.

Meier: Yo nunca he sido consciente de esta presión. La mayor presión venía siempre de mí mismo.

Myc: En la práctica de deportes de alto rendimiento, ¿han adquirido ustedes capacidades espirituales que les son valiosas ahora, por ejemplo en el ejercicio de su profesión?

Meier: Sí; sobre todo el juego limpio y la capacidad de fijarme objetivos. Las he puesto en práctica una y otra vez en mi profesión de ingeniero.

Henkel: En el deporte de elite aprendes a desenvolverte en público y a perder los miedos a relacionarte. Yo era más bien una persona introvertida y tuve que aprender a mostrarme abierta y segura de mí misma. Por ejemplo, antes de ser una deportista de elite no me habría atrevido a tomar la palabra ante extraños.

MENTE, CEREBRO Y SOCIEDAD

La izquierda ayuda a la derecha

Un joven investigador coloca en grave aprieto una premisa fundamental del entrenamiento deportivo. Su consigna: primero la izquierda

Katja Gaschler

¿Quién no se ha encontrado delante de la puerta de su casa con una bolsa de la compra en cada mano y las llaves en el fondo del bolsillo izquierdo del pantalón? Lo habitual es tomar todas las bolsas con la derecha e intentar sacar las llaves de los estrechos tejanos con la izquierda, para luego abrir la puerta —sin dar demasiada importancia a este detalle— con esa misma mano.

Sin embargo, la acción debería despertar cierta admiración. Es de suponer que los diestros no se dedican a practicar cómo abrir las puertas con la mano izquierda.

Si bien la ejecución de la mayor parte de las acciones se aprende con la mano dominante, podemos defendernos con la otra, con más o menos soltura. Existe, por tanto, un grado de transferencia de las habilidades de una mano a otra, tanto para diestros como para zurdos.

Matthias Weigelt, doctorando de investigación psicológica en el Instituto Max Planck de Munich, encuentra sorprendente que hasta ahora la ciencia del deporte no haya estudiado este fenómeno. Resulta difícil encontrar trabajos sistemáticos que relacionen la transferencia de lateralidad en los movimientos con la formación motora básica.

En puridad, la observación no es nueva. La psicología experimental ha considerado el fenómeno desde hace más de un siglo. En 1850, Gustav Theodor Fechner (1801-1887) experimentó consigo mismo y se dedicó a escribir en un papel el número “9” al revés, tal como lo veríamos reflejado en un espejo. El investigador de Leipzig observó que al poco tiempo

era capaz de hacerlo también con la mano derecha. Semejante “transmisión mágica” despertó entonces un gran interés, como demuestran numerosas publicaciones científicas aparecidas a finales del siglo XIX.

Sin una teoría que les diera sentido, la mayoría de estos informes quedaron en simples anécdotas. Los entrenadores deportivos tienen hoy en día experiencia con el fenómeno. En las carreras de obstáculos, los atletas que han saltado durante los entrenamientos con la pierna

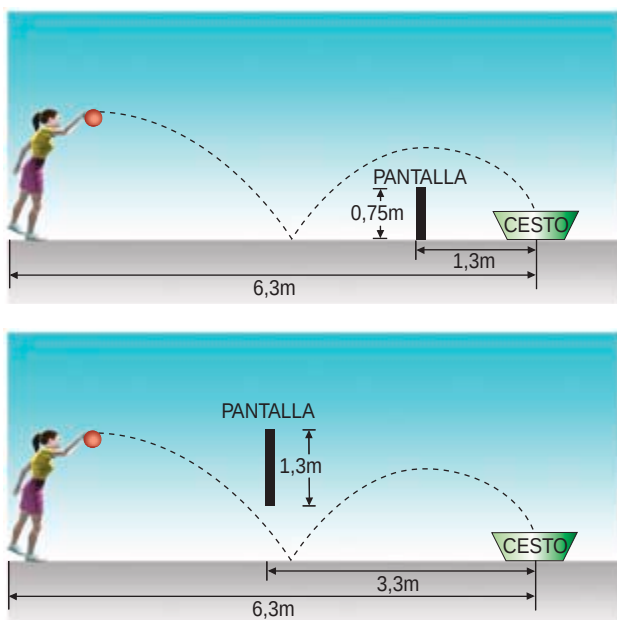
“mala” obtienen mejores resultados en la competición.

Los fisioterapeutas aplican este principio para acelerar la recuperación de las extremidades lesionadas. Tras una operación en la rodilla, se insta a los pacientes a realizar ejercicios de rehabilitación con la pierna sana, porque provocan una imperceptible estimulación muscular contralateral. La otra pierna también se entrena.

¿Aprende el lado izquierdo tan bien del derecho como a la inversa? No se trata



1. POR LAS NUBES. Para los deportistas profesionales, como Michael Jordan, el entrenamiento bilateral es una necesidad.



2. ENCESTAR CON TINO.

Los participantes en el ensayo que habían entrenado primero con la mano izquierda alcanzaron el cesto oculto con mayor éxito cuando luego ejecutaron el ejercicio con la derecha (*arriba*). La ligera modificación del ejercicio (*abajo*) simplemente ratificó los resultados.

de una pregunta retórica o académica, pues puede condicionar la eficacia de los planes de entrenamiento específicos. Matthias Weigelt abordó esta cuestión en su proyecto de licenciatura en la Universidad de Virginia de Charlottesville.

En sus experimentos, las personas seleccionadas debían lanzar una pelota de tenis para que rebotara contra el suelo, de manera que el segundo rebote cayera dentro de un cesto (véase la figura 2). Una pantalla interpuesta entre el participante y el cesto exigía un incremento de la percepción espacial y reducía la probabilidad de acertar. ¿Variaría

la habilidad de los participantes según el tipo de entrenamiento recibido?

Weigelt dividió a los cincuenta y seis participantes, todos ellos diestros, en cuatro grupos y entrenó de forma distinta a cada uno de ellos. Todos los participantes realizaron 48 lanzamientos, si bien tras el tercero ya eran capaces de controlar su puntería. El primer grupo empleó sólo la mano derecha. El segundo grupo empezó con la derecha, pero a la mitad del ejercicio cambió a la izquierda. Los del tercer grupo lanzaron la pelota primero con la izquierda y luego con la derecha. En el cuarto grupo se entrena-

ron de forma alternante: debían cambiar de mano cada tres lanzamientos.

Por debajo de la pantalla

Tras el entrenamiento llegó la hora de la verdad y se requirió a los participantes que efectuaran varios lanzamientos, primero con una mano y luego con la otra. El cambio venía determinado por una señal, sin previo aviso. La evaluación se hizo justo después del entrenamiento y se repitió a los cinco minutos y al cabo de una semana.

Los resultados fueron concluyentes. “El grupo que había empezado a entrenar con la izquierda y había pasado luego a entrenar con la derecha, expone Weigelt, así como el grupo que había entrenado de forma flexible, superaban con creces al resto.” Superaban, por tanto, a los participantes que habían empezado a entrenar con la mano dominante (*derecha*) y que habían pasado luego a entrenar con la izquierda. El hecho de que los aciertos se lograran en lanzamientos con una u otra mano no modificaba los resultados. Al parecer la mano derecha aprendía consistentemente mejor de la izquierda que a la inversa.

Muchas especialidades deportivas conceden gran importancia tanto al dominio de un tipo de movimiento específico como al de otros movimientos relacionados. Weigelt abordó también este tipo de movimientos. Retiró la pantalla del suelo y la suspendió en el aire, a menor distancia del lanzador (véase la figura 2, *abajo*). Los participantes tenían ahora que adecuar su lanzamiento para que la pelota pasara por debajo de la pantalla. Los resultados fueron superponibles a los del experimento anterior. Al parecer, los que se habían beneficiado de estas formas de entrenamiento adecuaban la habilidad adquirida a un ejercicio con movimientos similares.

En el marco de un proyecto común con el Instituto de Ciencias del Deporte de Jena, Weigelt y Oliver Senff reprodujeron una versión del mismo ensayo con sesenta y ocho niños diestros de quinto y sexto de primaria. Se trataba de lanzar una moneda con la ayuda de los dedos índice y pulgar y acertar en un vaso. ¡Esto les iba a encantar a los chicos de Jena! Una vez más, fueron mejores los que antes habían estado practicando con la izquierda.

¿Qué interpretación dar a estos resultados? Es normal que un diestro cometa más errores cuando realiza un movimiento con la izquierda. Cuanto más variables son los movimientos específicos que se repiten, mayor la experiencia que se adquiere para su ejecución. El



3. MATTHIAS WEIGELT, formado en ciencia del movimiento en la Universidad de Virginia, participa como doctorando en el grupo de trabajo Conocimiento y Acción del Instituto Max Planck de Psicología de Munich, donde estudia los mecanismos cognitivos que gobiernan el movimiento.

cerebro puede formarse así una representación estable y estructurada de ese movimiento.

La interpretación de Weigelt descansa sobre la presunción de que la percepción y la ejecución de un movimiento se almacenan de forma conjunta en el cerebro, no como elementos diferenciados. En la misma línea, cabe recordar que a finales de 2001 se descubrió un nuevo tipo de célula nerviosa (neuronas espejo) que parece asumir a la vez funciones sensoriales y motoras.

Aún se derivan otras ventajas del entrenamiento previo con la izquierda. Según los investigadores, el hemisferio cerebral derecho está más especializado en el procesamiento de información espa-

cial que el izquierdo. La mayoría de las fibras nerviosas motoras en su trayecto desde el cerebro a los músculos se cruzan (decusan) donde el encéfalo se convierte en médula espinal. Es el hemisferio derecho del cerebro el que controla la parte izquierda del cuerpo y viceversa. Podría así explicarse la importancia de incluir de forma temprana la parte izquierda del cuerpo (y, por tanto, la parte derecha del cerebro) en el entrenamiento de movimientos que requieren elevada precisión espacial. Los resultados obtenidos por Weigelt parecen apoyar esta hipótesis.

Para favorecer el desarrollo motor básico, tanto en la escuela como en el deporte profesional, se debería reco-

mendar a los diestros de manos y pies entrenar desde un buen principio y de forma sistemática la parte izquierda del cuerpo. Los profesores y entrenadores deberían revisar sus planes de entrenamiento. En ejercicios difíciles desde el punto de vista espacial, podría ser incluso mejor no cambiar de lado hasta haber conseguido un nivel aceptable con el izquierdo.

¿Y los zurdos? Entrenar alternativamente con la derecha y con la izquierda no parece constituir en ningún caso un error. De todos modos, para saber si les merece la pena empezar a entrenar primero con la derecha, hay que esperar a los resultados de estudios realizados con zurdos.

Neurobiología del parpadeo

La expresión según la cual “la cara es el espejo del alma” tiene un substrato fisiológico

José M. Delgado García y A. Gruart

Se podría pensar que el parpadeo es sólo un mecanismo automático y repetitivo de cierre de los párpados, con el fin exclusivo de proteger la delicada superficie corneal. Para comprobar que es algo más que esto, colóquese en oscuridad total e imagine una imagen visual: observará que ésta se modifica cada vez que parpadea. El movimiento palpebral, tan simple en apariencia, esconde más de una sorpresa acerca del funcionamiento cerebral para la generación de respuestas motoras.

Se define el parpadeo como el cierre parcial o completo de la fisura palpebral. El cierre de los párpados es el resultado de la contracción del músculo *orbicularis oculi*, inervado por motoneuronas del núcleo motor facial. Las especies con membrana nictitante o tercer párpado (casi todas las terrestres, salvo primates y alguna que otra excepción) tienen también el músculo *retractor bulbi*, que se inserta en el polo posterior del globo ocular y produce una retracción de éste hacia el fondo de la órbita ocular, facilitando el cierre de los párpados. Los párpados se elevan de modo simultáneo por acción del músculo *levator palpebrae*, músculo que se controla por el sis-

tema motor de la musculatura extraocular, encargada de mover el ojo.

El parpadeo puede ser de origen espontáneo, voluntario, emocional, pasivo, reflejo y aprendido. El parpadeo *espontáneo*, que ocurre unas 14-15 veces por minuto en el hombre, no sólo tiene la misión de proteger y humedecer la córnea, sino que está también asociado con los estadios iniciales y finales del procesamiento de la información visual, incluso imaginaria. Además, el movimiento palpebral interviene, de forma *voluntaria* o bajo control *emocional*, en complejas pautas de expresión facial, como la sonrisa, el llanto, la angustia, el guiño, etcétera. El párpado sigue también de forma *pasiva* (esto es, sin activación del músculo *orbicularis oculi*) el movimiento ocular, como cuando se mira arriba o abajo.

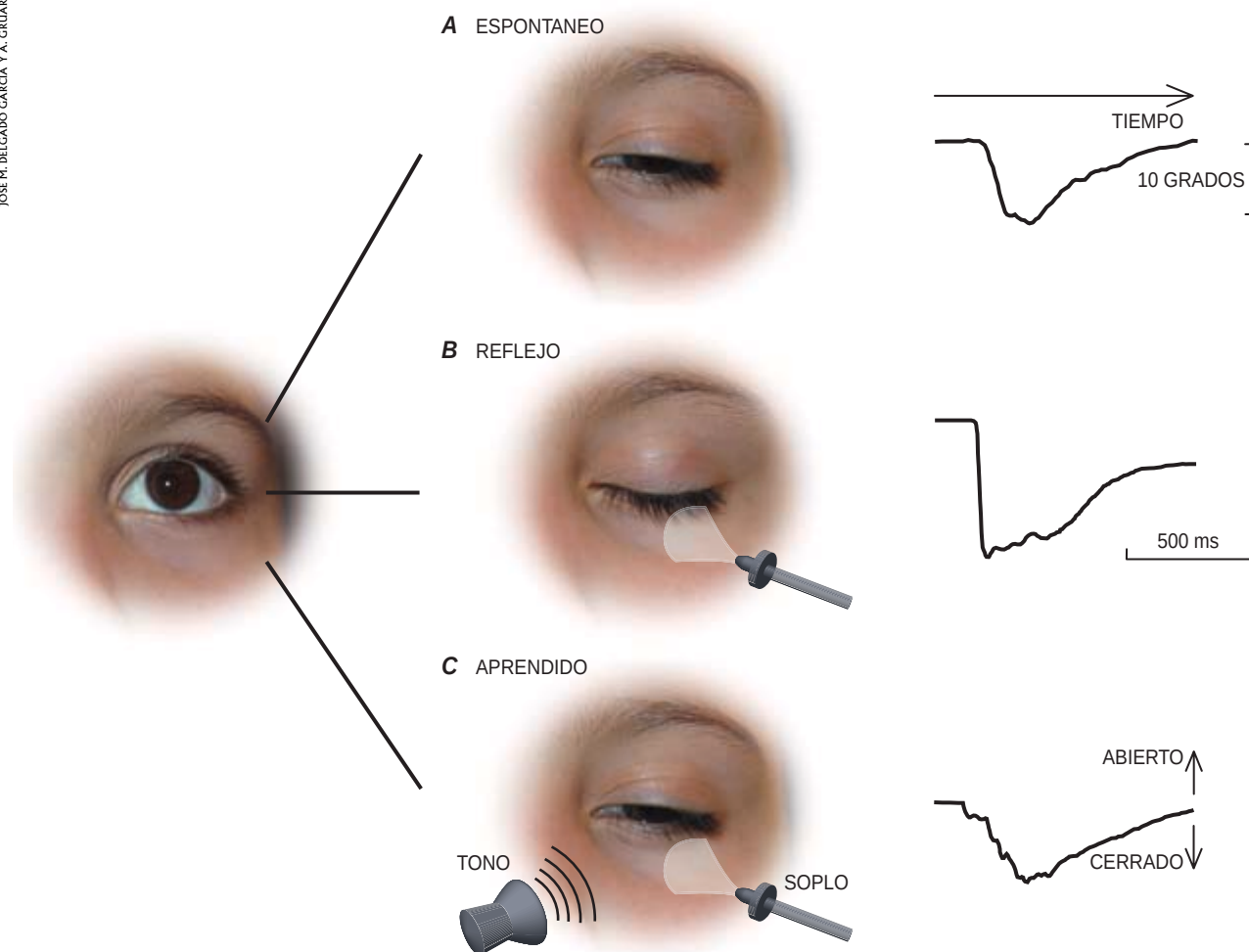
Al mirar hacia arriba los párpados superiores se elevan por acción del músculo *levator palpebrae*, pero al mirar hacia abajo los párpados bajan de forma pasiva, por liberación de la energía acumulada en tendones y aponeurosis. Así, la posición natural de los párpados es cerrada, incluso si nos colocamos cabeza abajo; si los párpados están abiertos durante la vigilia es por la acción tónica (mantenida) del músculo *levator palpebrae*.

El *movimiento reflejo* de los párpados se puede inducir por estímulos táctiles, acústicos y visuales. El reflejo corneal consiste en una bajada rápida del párpado y se induce por activación de los mecanonociceptores de la córnea e, incluso, de los mecanorreceptores de la piel de los párpados y los asociados a las pestañas.

El cierre reflejo de los párpados es, probablemente, el movimiento más rápido que se puede hacer, alcanzando hasta 2000 grados por segundo de velocidad angular. El movimiento es tan rápido, que normalmente no vemos el oscurecimiento producido por el paso del párpado por delante de la pupila. La bajada inicial se sigue de unas cuantas oscilaciones en la dirección de cierre, hasta que se inicia la apertura.

La frecuencia de oscilación del párpado durante el reflejo corneal depende del tamaño del mismo; así, ocurre a 50 hertz en el ratón, a 20 en el gato y a 10 en el hombre. Las respuestas reflejas a un sonido intenso o a un *flash* de luz son de un inicio más lento y de menor amplitud y velocidad que las producidas por un sople de aire aplicado a la córnea.

El condicionamiento clásico (pavloviano) de la respuesta palpebral es uno de los modelos experimentales más uti-



EJEMPLOS DE MOVIMIENTO ESPONTANEO (A), reflejo (B) y aprendido (C) de los párpados. Nótese que el movimiento reflejo se produce mediante la aplicación de un soplo de aire a la córnea, mientras que el aprendido es el resultado del emparejamiento (durante varias sesiones) de un tono audible (por ejemplo, 600 hertz durante 350 milisegundos) seguido de un soplo de aire (3 atmósferas, 100 milisegundos). La respuesta refleja es normalmente más amplia y rápida que las otras. A la derecha se muestra el registro (por medios electromagnéticos) del desplazamiento del párpado en cada una de las tres respuestas. Se indica la evolución de la posición del párpado (primero hacia abajo y luego hacia arriba) a lo largo del tiempo.

lizados para el estudio de los mecanismos neuronales subyacentes al aprendizaje motor. Dichos estudios se iniciaron hace más de 50 años en el hombre, aunque ahora se realizan en especies como el conejo o el ratón. La cinética de la *respuesta palpebral aprendida* es muy distinta de la refleja, ya que el movimiento del párpado es paulatino, o en escalera, alcanzando una velocidad máxima unas cinco veces menor que en la respuesta refleja. La respuesta palpebral aprendida se elabora de modo cuántico, esto es, el párpado baja cada vez un poco más en respuesta al estímulo condicionado. Las dimensiones de ese *cuanto*, o míni-

mo de respuesta, en el gato son 2-3 grados de amplitud y unos 50 milisegundos de duración.

Recientemente, hemos podido reconstruir el complejo entramado neuronal que se encarga del movimiento de los párpados. Para ello, hemos inyectado una pequeñísima cantidad del virus atenuado de la rabia en el párpado y hemos seguido su ruta desde el músculo *orbicularis oculi* hasta las motoneuronas que inervan dicho músculo, y de éstas, a todas las neuronas premotoras que proyectan sobre las motoneuronas. La cantidad de centros neuronales identificados (más de 30 en la rata) indica la complejidad

del control neuronal necesario para mover los párpados de forma adecuada según la situación.

Las motoneuronas faciales que inervan el músculo *orbicularis oculi* no tienen un disparo tónico, sino que disparan en salvas o brotes de potenciales de acción a una frecuencia dominante, que depende de las características oscilatorias de cada especie. El músculo *orbicularis oculi* carece de propioceptores, por lo que no existe información subjetiva de la posición del párpado sobre el ojo.

El refrán de que *la cara es el espejo del alma* tiene, pues, un sólido substrato fisiológico, ya que no somos conscientes de la disposición de la musculatura facial y, por ende, de nuestra expresión facial, salvo que la veamos en un espejo.

JOSE M. DELGADO GARCIA y A. GRUART pertenecen a la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, donde el primero ocupa la cátedra de fisiología.

Detectores de mentiras

Los detectores de mentiras, reservados antaño a los juicios de ficción cinematográfica, se han convertido en objeto de estudio para su posible uso en controles fronterizos y en procesos penales reales

Hubertus Breuer

“**P**or favor, póngase delante de la cámara y diga en voz alta y con claridad el motivo de su viaje!” Ante una orden semejante se podrían encontrar, en el futuro, los pasajeros en los controles de seguridad de los aeropuertos. Y la lente, que en ese momento enfoca al viajero, descubriría la más mínima mentira. ¿Es esto posible? Por el momento no, pero neurólogos, psicólogos e ingenieros trabajan en sus laboratorios y talleres en el diseño de máquinas de la verdad, de detectores de mentiras de técnica avanzada.

Estos aparatos preguntan al cuerpo, no a la persona. En ello, reside el atractivo de su técnica, señala Mike Gazzaniga, director del Centro de Neurología Cognitiva en el Dartmouth College de New Hampshire. Se confía en que el cuerpo, a diferencia de la persona, no engañe. El detector de mentiras clásico, el polígrafo, registra parámetros fisiológicos (ritmo cardíaco, frecuencia respiratoria o resistencia epidérmica). Se basa en el supuesto siguiente: si una persona miente, el cuerpo se desequilibra, porque es fácil que un mentiroso empiece a sudar, sin que pueda evitarlo.

De la sesión del detector de mentiras forma parte una determinada técnica en la elaboración del cuestionario. A menudo se trata del test de control, en el que se alternan preguntas indiferentes —“¿Se llama usted Peter Schmidt?”— con interrogaciones comprometidas —“¿Lleva usted una bomba en el equipaje?”—. El cambio inesperado desconcentrará a los culpables y, de ese modo, desencadenará las reacciones corporales delatadoras. Al menos eso reza la teoría. En la práctica, sin embargo, los aparatos utilizados hasta ahora se equivocan en más del 20 %. Circulan, además, por Internet consejos de cómo se puede engañar al aparato (morderse los labios o tensar músculos). Suele desecharse, por ello, su uso en procesos penales.

Signos delatores

De unos años a esta parte los ingenieros de detectores de mentiras se valen también de los avances en psicología cognitiva e investigación cerebral. Si se registran, con ayuda del electroencefalograma (EEG), las ondas de la corriente cerebral en el cuero cabelludo, a los mentirosos los delatará un patrón de ondas característico.

Este procedimiento lo ha desarrollado Lawrence Farwell, psicofisiólogo del Laboratorio de Investigación del Cerebro de Fairfield, en el estado de Iowa. Con un electrodo fijado a una cinta alrededor de la frente del sujeto, el investigador mide los potenciales P300. Son éstos desviaciones positivas en el EEG que aparecen justo 300 milisegundos después de una percepción; reflejan la elaboración cognitiva de las excitaciones sensoriales.

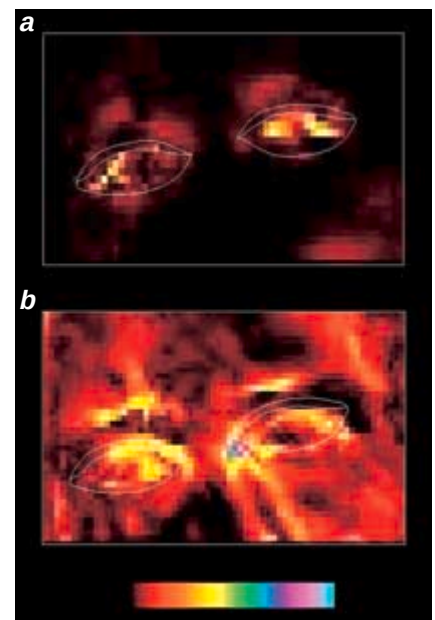
Farwell cree que sólo se originan cuando alguien ve u oye cosas, imágenes o palabras que le son familiares o que tienen para él una carga emocional singular. A diferencia del polígrafo, el nuevo procedimiento no registra si alguien se altera, sino si el sujeto se halla familiarizado con una información determinada. No se requiere, pues, enfrentarlo ante preguntas incómodas, sino ante pruebas de “conocimiento del hecho delictivo”, verbigracia, fotografías u otras informaciones de las que sólo tenga noticia el culpable. Si las ondas cerebrales, a la vista del lugar o del arma del delito, delatan un reconocimiento, el sospechoso pasa a ser culpable. Con este método, opina su creador, podría haberse desenmascarado a los miembros de la organización terrorista de Bin Laden, al mostrarles bases de entrenamiento de Al Qaeda; el inocente no las reconocería.

Farwell ha contrastado la validez de su método. Ha descubierto a colaboradores del FBI entre un grupo de ciudadanos normales. Se conectó a todos los sujetos del experimento al EEG; Farwell les iba mostrando en una pantalla imágenes, palabras y fotografías. Cuando aparecía una de las ideas intencionadas, que se habían fijado de antemano, los sujetos del test tenían que apretar un botón. El investigador, por su parte, iba intercalando detalles tomados de libros de entrenamiento del FBI; éstos sólo serían conocidos por los enterados. Farwell partía del supuesto de que los iniciados reaccionarán ante las informaciones secretas con las mismas típicas curvas cerebrales que ante las palabras

convenidas con anterioridad. La reacción ante las ideas intencionadas servía de base de comparación, lo mismo que los potenciales P300 en el reconocimiento de lo sabido. Farwell atribuye a su método un porcentaje de éxito del 100 %.

Otros se muestran más escépticos. Para que el test funcione, los sujetos del experimento han de estar mirando a la pantalla. Pero si dirigen la vista a los objetos que les presentan, la señal P300 no tendrá nunca formas delatorias. Por lo que se refiere a los datos sobre el “conocimiento del hecho delictivo”, decisivo para el test, habría que excluir la posibilidad de que un sospechoso se hallara familiarizado con él por casualidad, por ejemplo a través de los medios de comunicación o por haber asistido a un juicio. Y, por otra parte, exige del sospechoso que lo conozca. Pero podemos imaginar, por ejemplo, que un afgano, estudiante universitario en EE.UU., tenga conocimiento de un manual de Al Qaeda por la prensa, o que un terrorista no haya visto nunca un determinado campo de en-

MENTIROSOS SONROJADOS. Cuando una persona miente, brilla en la imagen de calor la zona de los ojos. Con esta técnica se puede llegar a hacer visible una diferencia de temperatura de unas 25 milésimas de grado.



JAMES A. LEVINE / CLINICA MAYO

trenamiento. Para Emanuel Donchin, de la Universidad de Illinois, antiguo profesor de Farwell, éste no es más que un empresario que quiere vender su producto.

Otro procedimiento, muy reciente, elude todos estos problemas. Daniel Langleben, psiquiatra de la Universidad de Pennsylvania, utiliza aparatos de tomografía de espín nuclear para detectar en el cerebro el proceso del mentir. Al paso que se ajusta un campo magnético intenso, la máquina emite ondas electromagnéticas, cuya energía es absorbida por los tejidos; además, cada uno según su composición, se refleja, con cierto retraso, de una forma alterada característica. A partir de los patrones de estas señales, se construyen imágenes con una precisión milimétrica de la actividad cerebral.

Sede de la mentira

Langleben reunió para una prueba 18 sujetos. Les entregó una carta de la baraja que ellos habían de memorizar. Después, el psiquiatra introducía a cada individuo en el tambor magnético del tomógrafo de espín nuclear; allí les iba presentando, en una pantalla de ordenador, diferentes naipes. A la vista de cada uno habían de negar que estuviera en su sobre, aunque ello supusiera mentir.

Cree con ello haber desvelado la sede cerebral del mentir. Sus gráficos mues-

tran que, cuando se miente, se activa la porción anterior del *gyrus cinguli*. Esta circunvolución contornea al cuerpo calloso, es decir, el haz de fibras nerviosas que enlaza uno con otro los dos hemisferios cerebrales. El cíngulo pertenece, además, al sistema límbico y participa preferentemente en las decisiones conflictivas. En el *gyrus cinguli* —supone Langleben— fracasa nuestra decisión de mentir. El método saca a la luz un rasgo simpático del ser humano: en el fondo todos queremos decir la verdad. Pero si alguien se dispone a mentir deliberadamente, cae en un conflicto, que se refleja en el *gyrus cinguli*. En la interpretación de Langleben, “para mentir hay que trabajar más”.

Con todo, los 18 sujetos del experimento no bastan para mantener que este proceso se da igual en todos los humanos. John Cohen, psiquiatra de la Universidad de Princeton, objeta que el *gyrus cinguli* indica conflictos, pero no necesariamente cómo se resuelven. Por ejemplo, una persona podría estar considerando contar una trola, pero se decide, al final, por la verdad. Por último, el procedimiento es, por ahora, caro y costoso. Además, no es adecuado para examinar con rapidez a una gran multitud, como se requiere, por ejemplo, en un aeropuerto.

El nuevo tipo de detectores que James Levine acaba de desarrollar quizá resuelva

en el futuro este problema. Levine, psiquiatra de la clínica Mayo en Rochester, ha presentado un rápido y elegante test de mentiras, sin tomógrafos ni EEG. Parte del siguiente planteamiento: cuando alguien miente, la irrigación sanguínea de su cara aumenta y, por tanto, sube su temperatura. En los casos extremos se nota a simple vista, porque el embustero se pone rojo. Mas incluso en el caso de redomados mentirosos debería captarse el enrojecimiento, si se emplea un aparato de medición de finura suficiente. Levine hizo que los sujetos del experimento representaran la escena de un atraco. En el test debían negar que habían participado en la representación de la fechoría. El psicólogo los filmó con una cámara de infrarrojos, capacitada para captar diferencias de temperatura de unas veinticinco milésimas de grado.

La hipótesis de Levine se mostró cierta. La cámara pudo detectar calentamientos en la zona de los ojos del mentiroso, pues ahí la piel es delgada. El personal de los aeropuertos —opina Levine— podría poner en práctica esta técnica sin necesidad de un tedioso entrenamiento. Pero el porcentaje de aciertos es similar al del polígrafo, apenas del 80 %. Así pues, habrá que refinar el detector del sonrojo antes de aplicarlo a masas de turistas nerviosos o a terroristas que mienten sin pestañear.

Trasplantes memorables

Rolf Degen

La lectura de ciertos trabajos con visos de seriedad científica puede producir la misma sensación que se experimenta cuando subimos a una escalera mecánica que no funciona: pura frustración. Viene esto a cuento de un escrito reciente de Paul Pearsall, profesor de medicina en Hawai. Propone allí la tesis de que el receptor de un trasplante adquiere con el órgano ciertos rasgos de la personalidad del donante.

Pearsall manifiesta haber observado el fenómeno en relación al trasplante de los más diversos órganos y documenta momentos estelares de diez trasplantes de corazón. Las experiencias del autor durante las entrevistas que realizó a receptores de un trasplante, allegados y familiares de los donantes, darían material suficiente como para hacer una película de terror.

- Un niño de nueve años que recibe un corazón de otro niño de tres años que había fallecido ahogado, presenta desde el primer día una fobia irracional al agua.
- Un varón de 25 años, hasta el momento poco dado a sensiblerías, descubre de pronto su lado femenino y delicado desde que se le trasplantara el corazón de una mujer lesbiana de 24 años.
- Un hombre de 47 años sorprende a cuantos lo rodean por su repentina inmadurez desde que se le trasplantara el corazón de una niña de 14 años.
- A un hombre de 56 años le persiguen las visiones del asesinato del que fue víctima el donante.

Según el autor, los receptores desconocían la historia de los donantes. La teoría de Pearsall, extremadamente vaga en su formulación, atribuye estos sor-

prendentes cambios a un tipo de memoria que denomina celular, y según la cual todas las estructuras del cuerpo tienen memoria. Una memoria que pasaría al receptor de un órgano.

Para cualquier estudiante que se inicia en la metodología de la investigación científica debe resultar desalentador comprobar que un profesor sortee con tanta displicencia los preceptos más fundamentales. Quien postule una teoría no debería ser la misma persona encargada de realizar las entrevistas, cuando menos para evitar suspicacias en torno a si se han condicionado las respuestas. De la misma manera, tampoco se debería realizar un estudio sin explicitar por adelantado los resultados que confirmarán o refutarán la hipótesis. Además, las entrevistas reflejan el anhelo de los beneficiados por relacionarse con los desconocidos a quienes deben la vida.

Neurotransmisores y centros del placer

La investigación reciente en torno al placer y el enamoramiento saca a la luz estrechas semejanzas entre el apetito sexual y otras formas de deseo

Rainer Schwarting

El amor, que nos coloca al borde de la desesperación o nos traspone a un estado de embelesamiento, constituye inagotable fuente clásica de inspiración para artistas y poetas. Pero no debemos olvidar que se halla, también, en el origen de muchas contiendas. Por amor se produjo el rapto de Helena, que desencadenó la guerra de Troya. Aquí nos ceñiremos a un enfoque puramente biológico, suficiente para desvelar numerosos misterios que rodean a ese fenómeno. En su óptica, a la postre, lo único tangible es el placer sexual.

Pero no todo es así de simple. Al abordar los orígenes del fenómeno, se nos multiplican los misterios. ¿Por qué deseamos a una determinada persona? ¿Qué función cumple la sensación de placer? ¿Podría en verdad sustituirse una hora de intimidad con el ser amado por una sinfonía de Brahms o por una caja de bombones?

Conviene distinguir, de entrada, varios tipos de placer. No es lo mismo el placer que acompaña al deseo (placer *por* conseguir algo) que el placer del deseo satisfecho (placer *en* el disfrute de algo). Se trata de la consabida distinción entre apetito y posesión del bien apetecido. Además, el placer y el amor no constitu-

yen fines absolutos en sí mismos, sino que se ordenan a un cometido biológico.

En contra de una opinión muy extendida, el apetito sexual no evolucionó para satisfacer el placer personal, sino para impulsar la reproducción; lo mismo que las ganas de comer chocolate, subordinadas en su origen a una función nutritiva. En la misma línea de argumentación, otras sensaciones de más amplio alcance que acostumbran agruparse bajo el epígrafe de “amor” reflejan un trasfondo biológico, puesto que contribuyen al establecimiento y mantenimiento de un vínculo entre dos personas. En estos procesos participan neurotransmisores del organismo y determinadas estructuras cerebrales. El placer y el amor se construyen fundamentalmente en nuestro cerebro y orientan nuestro comportamiento hacia un objetivo prefijado.

El objeto de la concupiscencia

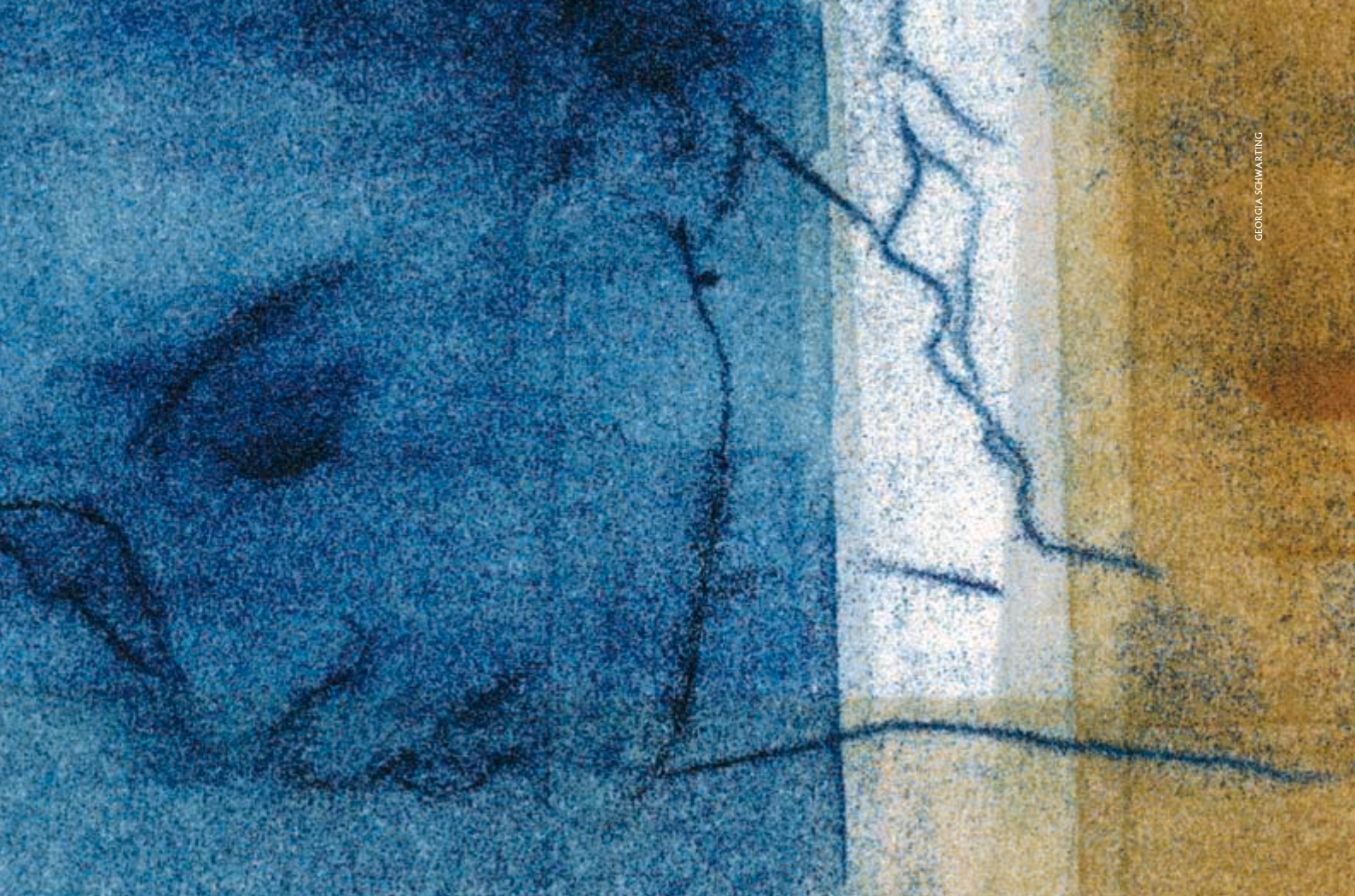
Al considerar la persona que despierta nuestra libido surge una cuestión básica: ¿es de sexo complementario el objeto de nuestra concupiscencia o acaso de nuestro propio sexo? La orientación sexual depende, en primer lugar, del propio sexo; éste no se refleja únicamente en los órganos genitales, sino también en el cerebro. A este respecto, desempeñan un papel decisivo las hormonas, las sexuales en particular. Mucho antes de

la pubertad, las hormonas se ocupan de que se desarrollen con características predominantemente masculinas o femeninas no sólo nuestros órganos sexuales, sino también partes de nuestro cerebro.

Ya antes del parto acontecen fenómenos decisivos. Durante el primer tercio del embarazo de un feto genéticamente masculino le llegan al cerebro minúsculas cantidades de testosterona, hormona sexual que influye en el desarrollo del encéfalo. En numerosas zonas cerebrales hallamos receptores muy sensibles de hormonas. En el hipotálamo sobre todo se alojan los receptores de hormonas responsables de la determinación sexual. Si la testosterona puede desplegar toda su efectividad en la crítica fase prenatal, el cerebro es masculino; sin esta hormona, se desarrolla un cerebro femenino.

Conviene tener en cuenta que la testosterona no actúa directamente como tal, sino que ésta se transforma antes en un estrógeno, que los no iniciados identifican sin más con la hormona sexual femenina. Los fetos genéticamente femeninos se protegen de este efecto específico del estrógeno gracias a una alfa-fetoproteína. Con rigor, pues, no podemos hablar de hormonas sexuales masculinas o femeninas.

Ahora bien, ¿cómo puede la testosterona transformada en estrógeno confor-



mar un cerebro masculino? A lo largo del desarrollo cerebral, la hormona interviene en un proceso natural que elimina neuronas sobrantes. La consecuencia es que muere un número menor de neuronas, por lo que los mamíferos masculinos disponen de una zona en la región anterior del hipotálamo mucho mayor y más rica en neuronas. Hay que especificar que esta diferencia es menor en el hombre que en la rata.

La región cerebral en cuestión reviste una importancia capital para la orientación y el comportamiento sexuales. Prueba de ello es la gran actividad de las neuronas ubicadas en el hipotálamo anterior cuando un macho corteja a una hembra o copula con ella. Pero si esa zona se halla resentida, decae la conducta de apareamiento del macho, aunque persista su interés hacia la hembra. En otras palabras, no se ha perdido el apetito sexual, aunque sí amortiguado el placer de su satisfacción.

Por su parte, determinadas experiencias sufridas durante la preñez influyen en la orientación sexual de la descendencia. Por ejemplo, el estrés de la madre. En las ratas, los cerebros de la progenie masculina de una madre estresada presentan, por término medio, menos carac-

1. TERNURA. La intimidad y la proximidad se enclavan en el espectro sentimental del amor tanto como el apetito y el placer sexuales; su investigación empero es más complicada

terísticas propias de su sexo; además, manifiestan con más frecuencia una orientación homosexual y tienden ostensiblemente a un comportamiento “maternal”. Ciertamente es que, pese al estrés, no faltó la necesaria emisión de testosterona al cerebro, pero llegaba demasiado pronto. Quizá sea atribuible este fenómeno a la descarga incrementada de endorfina —un opiáceo que lo produce el propio organismo— por parte de una madre estresada.

No siempre esa progenie masculina “afeminada” se torna homosexual. Si se crían junto a hembras sexualmente activas, arraiga en ellos una orientación heterosexual. Lo que demuestra que el comportamiento sexual no viene condicionado sólo por las hormonas. Se da una estrecha conjunción de factores genéticos, hormonas, propia experiencia y entorno social.

Ahora bien, ¿de qué modo fundamental influye el estrés en el cerebro masculino, la inclinación sexual y la conservación de la especie? La sociobiología ofrece una explicación: gracias a la homo-

sexualidad algunas poblaciones se han adaptado a condiciones de vida difíciles. En períodos de máxima penuria se reduce la procreación y se puede atender mejor a un número reducido de descendientes. En el supuesto de que las ratas experimenten algo parecido al placer, la homosexualidad constituiría, en tiempos duros para la población, una alternativa a la ausencia de satisfacción heterosexual.

Con más razón podría aplicarse ese razonamiento al género humano, cuyo comportamiento sexual, desvinculado en parte de su finalidad de propagación de la especie, puede orientarse a voluntad hacia la obtención de placer. Ciertas investigaciones hechas con humanos confirman los resultados obtenidos en experimentos con animales. También entre nosotros parece que el hipotálamo anterior es esencial para la definición sexual. Los varones homosexuales cuentan con menos neuronas en esta región cerebral que los heterosexuales; con otras palabras, en este aspecto su cerebro tiene una configuración más bien femenina.

A esto se añade que, en el género humano, el estrés de la madre durante el embarazo puede derivar con más frecuencia en una orientación homosexual de los descendientes varones. De todas formas, estos resultados obtenidos de estudios con personas son todavía escasos y se han logrado generalmente por vía indirecta. Lo que explica la diversidad de opiniones sobre el tema y en muchos casos el rechazo total de estas tesis.

Pese a todo hay un hecho que se va evidenciando con fuerza creciente: las inclinaciones homosexuales o heterosexuales no son sólo una cuestión de educación o del entorno social. Existe un componente biológico. Desempeña igualmente un papel importante la conformación individual del cerebro, un fenómeno que se inicia, así se cree, en fases tempranas del desarrollo.

Pero el sexo y el deseo no lo son todo en la vida. La mayoría de los hombres concede al menos la misma importancia a la calidad de la relación con la otra persona. A la postre, el atractivo sexual y los mutuos compromisos se ordenan a un fin biológico: asegurar la conservación de la especie. Si miramos a nuestros parientes más próximos en el mundo animal observaremos comportamientos muy dispares: los orangutanes sólo se unen para el apareamiento, el resto del tiempo viven en solitario; los gibones son monógamos, los gorilas forman harenes y los chimpancés cambian a menudo de pareja.

Aunque en nuestro género puedan darse todos esos tipos de relación, predomina la monogamia. Parece claro que la relación escogida se halla sujeta a fuertes influencias de orden cultural y social, explicación que no excluye, en absoluto, hondas razones biológicas, que



OKAPIA / NAS / T. MCHUGH

2. FIDELIDAD DEL RATON. El ratón campañol americano mantiene una relación estable con su pareja. De ahí el interés de la ciencia en investigar esta vinculación de macho y hembra.

compete a los científicos sacar a la luz ayudados por modelos animales.

Los estudios hechos con los ratones campañoles han prestado un notable servicio a este respecto. El campañol de la pradera (*véase la figura 2*) practica una estricta monogamia y se dedica casi exclusivamente a cuidar de sus crías. En el polo opuesto está el campañol de las Montañas Rocosas, que cambia frecuentemente de pareja y abandona pronto la progenie a su suerte. Ambas especies guardan un estrecho parecido morfológico y genético. Pero evidencian diferencias palmarias en la vasopresina y la oxitocina, las dos hormonas del hipotálamo. El cerebro del monógamo campañol de la pradera dispone de más receptores hormonales que el de su promiscuo pariente de la montaña.

La concentración en sangre de las hormonas sube significativamente durante la cópula, si bien depende del sexo: en los machos aumenta la vasopresina, en las hembras la oxitocina. Parece que también entre los hombres depende del sexo el papel relativo que cumplen una y otra hormonas en la excitación, erección y orgasmo. Así, en los varones aumenta la concentración en sangre de vasopresina en la fase previa a la copulación, para ceder el puesto al incremento de oxitocina durante el orgasmo. Según algunos investigadores, la vasopresina podría rebajar el apetito sexual en la mujer, mientras que la oxitocina ejercería una función destacada en la fase del flirteo y en la de cópula. No obstante, sépase que todo esto son meras transposiciones de resultados de experimentos hechos

Glosario

Dopamina: Neurotransmisor del sistema nervioso central. Desempeña un papel importante en la regulación de los movimientos y en los circuitos de compensación cerebrales cuya actividad genera una sensación agradable.

Hormonas sexuales: Regulan el desarrollo y la función de los órganos sexuales. Influyen, además, en el sistema nervioso y, a través de éste, en el comportamiento.

Hipotálamo: Parte del cerebro que regula los sistemas vegetativo y hormonal; foco de producción de las hormonas oxitocina y vasopresina. El hipo-

tálamo regula también las emociones y los afectos.

Oxitocina: Hormona del hipotálamo que dirige la contracción de la matriz y de las glándulas mamarias, por lo que regula el parto y la secreción de leche. Además, parece que influye también en el comportamiento sexual.

Receptores: Moléculas de la superficie celular que se enlazan a neurotransmisores y hormonas para enviar señales al interior de la célula.

Septum: Estructura de la corteza cerebral.

Testosterona: Hormona sexual masculina que se produce en los testículos, regula la fisonomía de los rasgos sexuales e influye en el comportamiento.

Vasopresina: Hormona del hipotálamo que regula la resorción de agua en el riñón. Ejerce múltiples efectos en el sistema nervioso; influye, por ejemplo, en el ritmo de sueño y vigilia, en la memoria y en la sensación de sed.

Sistema neurovegetativo: Parte del sistema nervioso regulador de procesos vitales que transcurren inconscientemente como la respiración, la digestión y las funciones sexuales del organismo. Está subordinado al hipotálamo.



3. NO HAY DONJUANES. El gibbon de carrillos blancos prefiere las relaciones monógamas.

óptica del amor como una vinculación de pareja se puede empezar a entender biológicamente este fenómeno.

Centros del placer y neurotransmisores de la felicidad

¿Qué relación guarda el amor con las funciones cerebrales? ¿Existen centros del placer y neurotransmisores de la felicidad? En este contexto, el año 1954 representa un hito en la investigación, con la implantación por James Olds y Peter Milner de microelectrodos en cerebros de ratas para estimular a los animales. A las ratas les resultó tan placentera la estimulación eléctrica, que se apostaban en los lugares donde los neurólogos activaban el mecanismo inductor.

Además, aprendieron a apretar una palanca con la que podían ellas mismas desencadenar tales estímulos. La consecuencia podía ser que los animales se estimulaban varios miles de veces por hora con lo que incluso abandonaban sus necesidades naturales, un comportamiento que recuerda a los drogodependientes y en cierto sentido también a personas muy enamoradas. Todo apuntaba a que el estímulo eléctrico activaba un centro de recompensa o incluso de placer.

Muchas regiones cerebrales son sensibles a la autoestimulación eléctrica. Por vía experimental se comprobó que sólo en algunas zonas esta excitación llevaba a los animales a una hiperautoestimulación, en particular del hipotálamo lateral, si bien aquí no se ubicaba el presunto centro del placer. La estimulación activaba también conexiones fibrilares que cursan por la región estimulada. Enseguida se centró la atención en un sistema de neuronas que arranca del mesencéfalo, continúa por el hipotálamo lateral y abastece amplias zonas del prosencéfalo del neurotransmisor dopamina.

Con ello aumentó el interés por las funciones de este transmisor, en el que los investigadores vieron una especie de señalizador del placer. Su punto de referencia se apoyaba en la observación de que la actividad de esta sustancia se intensificaba en los procesos asociados a sensaciones agradables. Por ejemplo, cuando los animales se autoestiman eléctricamente, ingieren alimentos sabrosos o copulan, igual que acontece cuando se hallan bajo el influjo de cocaína, anfetamina, heroína o nicotina.

con animales. Es aconsejable no abusar de las generalizaciones. En el ámbito de la sexualidad, las hormonas y el comportamiento humanos muestran una dependencia mutua muy inferior a la que se da entre los animales. Es evidente que las normas sociales, los procesos de aprendizaje, las valoraciones y las expectativas pueden prevalecer sobre la influencia de determinadas hormonas.

En cuanto a los vínculos de unión, en el caso de los ratones campañoles, tienen un papel muy relevante las dos hormo-

nas. Los campañoles macho de la pradera, que presentan abundancia de vasopresina en el cerebro, muestran una fuerte vinculación con su pareja y se ocupan de los juveniles; las hembras, con predominio de oxitocina, atienden al cuidado y protección de las crías. El incremento hormonal durante el apareamiento es un posible factor de fortalecimiento de la vinculación en la pareja. A su vez, parece que en los hombres la vasopresina y la oxitocina desempeñan también estas funciones, al menos parcialmente. Bajo la

La investigación actual del mundo de las emociones

Cuando hablamos en términos coloquiales del placer y del amor nos referimos por regla general a los sentimientos vividos subjetivamente. Desde un prisma científico, se trata de emociones, es decir, estados más complejos que no se pueden describir como meras sensaciones. Son reconocibles, además, por la gesticulación y la expresión así como por alteraciones, por ejemplo palpitaciones cardíacas. Y son justamente estos fenómenos concomitantes los que utiliza el investigador para medir las emociones. Porque cuando trabaja con animales, depende incluso de ellos: al fin y al cabo los animales de experimentación no le pueden contar cómo se sienten, sino sólo comunicarse mediante su comportamiento no verbal.



SAT / BOETTCHER

A LA LUZ DE LAS CANDILEJAS.
Muchos espectadores de televisión están fascinados por las emociones fuertes.

A la hora de abordar psicológicamente las emociones humanas, el científico intenta provocar en el laboratorio una determinada conmoción sentimental. Sin embargo, tratándose de emociones fuertes, surgen problemas éticos. Bastantes espacios televisivos viven de poner de forma programada a muchas personas en un estado de perturbación emocional ("¡Y ahora entra su hermano Bernardo, al que usted creía perdido desde hace veinte años!"). Pero un científico no puede manipular la vida sentimental humana.

¿Cuál es el proceder del científico en experimentos de investigación del placer y del amor? Una posibilidad consiste en invitar a los probandos a recordar momentos felices de sus vidas. Como alternativa se puede confrontar a estas personas con estímulos que provoquen un estado sentimental positivo o placentero, por ejemplo con imágenes o secuencias cinematográficas, y extraordinariamente con excitaciones de roce, sabor o de orden acústico. Posteriormente se comparan las alteraciones provocadas psíquicas o corporales con estados neutrales de tristeza o de enfado.

En un comienzo la investigación biológica de las emociones se centraba en las alteraciones hormonales, la actividad del sistema nervioso vegetativo y la actividad eléctrica cerebral. Desde hace poco, se incorporaron las técnicas de formación de imagen (tomografía de espín nuclear o tomografía de emisión de positrones), que permiten ver las profundidades del cerebro sin intervención quirúrgica. Merced a tales procedimientos, los científicos pueden comprobar y ampliar muchos conocimientos que ya

antes habían conseguido con modelos animales.

¿Qué resultados se han obtenido? Muchas regiones cerebrales están activas y en diverso grado durante una determinada situación emocional. Al fin y al cabo una emoción se puede componer de muchos elementos individuales; por ejemplo, la cognición (experimentar, recordar), alteraciones corporales (subida de la presión sanguínea, descarga de adrenalina), mímica (sonrisa) y preparativos para la acción (tensión muscular). Se puede diferenciar la importancia de los componentes individuales según las condiciones del experimento; ésa es la razón de que frecuentemente difieran las alteraciones observadas en el cerebro de un caso a otro. Si, sea por caso, la situación experimental no permite el despliegue real de una emoción provocada, esa alteración de la actividad en distintas áreas cerebrales no se podría corresponder con sensaciones sino más bien con una represión de la actividad. Desde el punto de vista experimental, resulta muy difícil constatar y diferenciar anatómicamente los diversos tipos de emoción. En este marco, los investigadores comienzan por estudiar el papel de los hemisferios cerebrales, para abordar a continuación la función de las distintas estructuras que contiene cada uno. Parece que el hemisferio izquierdo reviste mayor importancia para las emociones positivas, mientras que el derecho es responsable de las negativas. Pero esto no significa que se experimenten las vivencias de placer a la izquierda y las de tristeza a la derecha, sino que los hemisferios cerebrales contribuyen de manera diferente a emociones más o menos agradables.

Lo mismo que con la estimulación eléctrica, los animales aprenden a suministrarse estas drogas, sobre todo, cuando se las inyectan directamente en el sistema neuronal dopaminérgico. Si se desconecta experimentalmente este sistema, dejan de registrarse los efectos gratificantes de tipo eléctrico, químico o natural en determinadas circunstancias. Es como si en estos casos desaparecieran los sentimientos de placer por cuya consecución los animales emprendían una y otra vez una determinada tarea. En todo caso no está muy claro que las ratas puedan ex-

perimentar placer valorable con nuestros parámetros.

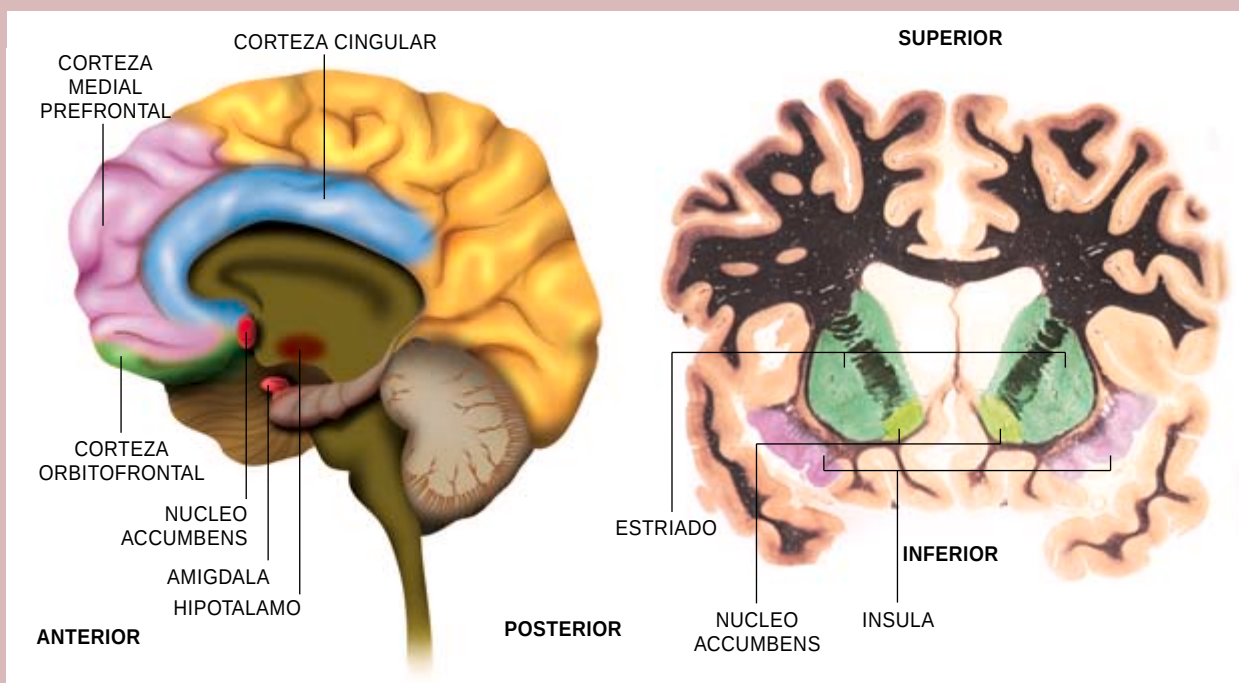
Pero aun cuando tal sucediera, ¿significa ello que, mediante estos experimentos, los investigadores han localizado tanto el centro como el neurotransmisor del placer? No del todo. La estimulación eléctrica en el hipotálamo lateral provoca una actividad constante de las vías nerviosas, con lo que se simula más bien el placer del apetito concupiscible que el placer de su consumación (la posesión del bien buscado). Por añadidura la dopamina, ya en esta fase de expectación y preparación, se cuida de que el organismo oriente su

comportamiento hacia las metas pretendidas y esté en condiciones de aprovechar nuevas informaciones que le adviertan que se pueden alcanzar tales fines.

¿Orgasmo mediante electrodos?

Analicemos el siguiente experimento. Dentro de un recinto equipado para el test, a una rata macho se le muestra una hembra con la que había podido copular antes. El macho tiene después acceso a dicho espacio. Se comprueba la subida de dopamina en el cerebro de éste no sólo durante la cópula sino ya antes, en el momento de acceder al susodicho

¿Dónde se encienden las luces con el apetito sexual?



THOMAS BRAUN (izquierda); NACHNHAUTA; NEUROANATOMIE (derecha)

Parece que la actividad en la corteza prefrontal y en la orbitofrontal son de suma importancia para las vivencias conscientes e inconscientes de las sensaciones. La insula (véase a la derecha el corte vertical del prosencéfalo) y partes de la corteza cingular (véase a la izquierda el corte longitudinal) controlan funciones autónomas, como la actividad cardio-

circulatoria (ínsula), o funciones intestinales (corteza cingular). Otras partes de la corteza cingular y del estriado preparan actividades sexuales o conducentes a ellas a través de la conexión con la motivación, en este caso del placer sexual. De esta manera el cerebro reparte la compleja tarea de la "emoción placentera" entre diferentes ámbitos parciales.

recinto. Parece reconocerlo y relacionarlo con las maniobras sexuales anteriores. Correlativamente se podría pensar que el animal espera volver a disfrutar del placer y adopta la actitud correspondiente.

En todo caso, los resultados de experimentos con estimulación eléctrica se han extraído de modelos animales. La implantación de electrodos en el cerebro humano sólo es posible en el marco de intervenciones terapéuticas, por lo que en este terreno contamos todavía con pocas investigaciones. Algunos pacientes, cuyo hipotálamo lateral se había estimulado eléctricamente, informaban de "sensaciones difíciles de describir, como si pasara algo interesante y excitante". Por el contrario, una estimulación en otras regiones cerebrales, por ejemplo en el septum, provocaba sensaciones agradablemente positivas. Unas vivencias descritas como placer similar al orgasmo. Cuando un paciente podía autoestimularse allí mismo lo hacía en sumo grado, pero sin llegar a alcanzar el orgasmo.

Ultimamente se han podido comprobar y ampliar en el hombre muchos conocimientos conseguidos en experimentos con animales, merced a las técnicas de formación de imagen (tomografía de espín nuclear y tomografía de emisión de positrones). Con estos métodos se han podido identificar una serie de regiones cerebrales que se activan cuando se producen diversas emociones. En todo caso se puede estimular la misma estructura cerebral tanto con sensaciones de placer como también con sentimientos no deseados, por ejemplo el miedo. No se han podido localizar hasta ahora y de forma inequívoca centros específicos del placer.

Queda abierta la cuestión de cuáles son las regiones cerebrales que participan en las sensaciones de placer y de amor. En busca de una respuesta, se investigaron a algunos probandos que se excitaban sexualmente contemplando imágenes y escenas eróticas o pornográficas. El estudio mostraba fuertes transformaciones en varias zonas cerebrales. Llamaba la atención que muchas de las áreas afectadas se ubicaban en la parte

frontal del cerebro. Otro aspecto a resaltar es que los modelos de cambios de actividad guardan una estrecha semejanza en el cerebro de la mujer y del hombre, lo que lleva a suponer que el cerebro de varón y el de mujer elaboran las sensaciones de placer de manera parecida.

Son múltiples y diversos los estímulos y situaciones que pueden producir en nosotros sensaciones de placer. La gama va desde la contemplación de una puesta de sol o de la persona amada, pasando por una buena comida, sexo o consumo de drogas hasta la consecución del premio gordo de la lotería. Con lo que nuestro cerebro tiene que resolver una tarea difícil: hemos de reconocer y valorar las situaciones más variadas, conectarlas en su caso con el recuerdo y reaccionar en consecuencia. Es decir, a nuestro cerebro se le exigen respuestas muy diferenciadas. Habría, pues, que suponer que los cambios en la actividad de las diversas áreas se diferencian mucho según los casos. No obstante, conviene reseñar que determinadas regiones cerebrales se muestran activas en las situaciones emocionales más dis-

pares, lo que significa que pueden elaborar sensaciones de todo tipo.

Hasta ahora no se ha mencionado una fuente muy importante de placer para muchas personas: la música. ¿No vibramos al escuchar cierta composición en el estado de ánimo adecuado? Algunas mediciones recientes de la actividad metabólica cerebral arrojan el siguiente resultado: las regiones cerebrales que cambian su actividad son idénticas con el placer sexual que con las fases de placer provocadas por la audición musical. Se activan, asimismo, esas estructuras cuando comemos chocolate o consumimos estupefacientes. Evidentemente todos estos estímulos excitan los sistemas elementales de valoración, refuerzo y acción en nuestro cerebro.

Por tanto, hay que plantearse si contamos en nuestro cerebro con redes neuronales responsables de todos los posibles objetivos anhelados y de las sensaciones de placer vinculadas a aquéllos. Algunos resultados obtenidos responden afirmativamente, aunque no se hallan exentos de contradicciones. El dolor, por ejemplo, puede activar regiones que también se excitan con la sensación de euforia. Muchos de nosotros sabemos por propia experiencia cuán próximo puede estar el dolor del amor o del placer. Parece que en el cerebro existe esa proverbial proximidad.

No resulta sencillo, ni mucho menos, ubicar con seguridad el placer y el amor en el cerebro, algo que no tiene por qué sorprendernos, pues al fin y al cabo apenas se han podido hasta ahora aprehender esas sensaciones inequívocamente: las conocemos bien sólo desde nuestra propia experiencia. La conclusión es que el hombre seguirá estando a merced del huracán del amor — con todos sus fenómenos concomitantes, desde el mal de amor autodestructivo hasta la inspiración artística de altos vuelos.

RAINER SCHWARTING es catedrático de psicología general y fisiológica en la Universidad de Marburgo.

Bibliografía complementaria

AFFECTIVE NEUROSCIENCE. THE FOUNDATIONS OF HUMAN AND ANIMAL EMOTIONS. J. Panssepp. Oxford University Press; Nueva York, 1998.

DROGENSUCHT - EINGRIFF UND EINBLICK INS GEHIRN. R. Schwarting, en *Kosmos Gehirn*, dirigido por H. Kettenmann y M. Gibson. Addendum zu Neuroforum; pág. 66, 2001.

Amor en imágenes

Mediante técnicas de formación de imágenes, el investigador observa en el cerebro que el amor trastoca nuestra vida sentimental

Andreas Bartels y Semir Zeki

El amor es la sublimación de los sentidos, en frase de Diótima, sacerdotisa y maestra de Sócrates. En nuestra cabeza acaece todo lo que pensamos y sentimos, amor incluido. Hasta no hace mucho la neurología podía aportar muy poco a la comprensión de esta emoción tan particular. Los científicos se habían dedicado preferentemente a estudiar los sentimientos negativos (la agresión, el miedo o la depresión); por una razón inmediata: era mucho más sencillo enojar o asustar a los sometidos a un ensayo que despertar de manera fiable alegría o amor en un experimento de laboratorio. Pero

eso no impidió que en el Colegio Universitario de Londres nos decidiéramos a dar el primer paso para la conquista neurocientífica de los sentimientos positivos. Empezamos con el estudio del amor romántico.

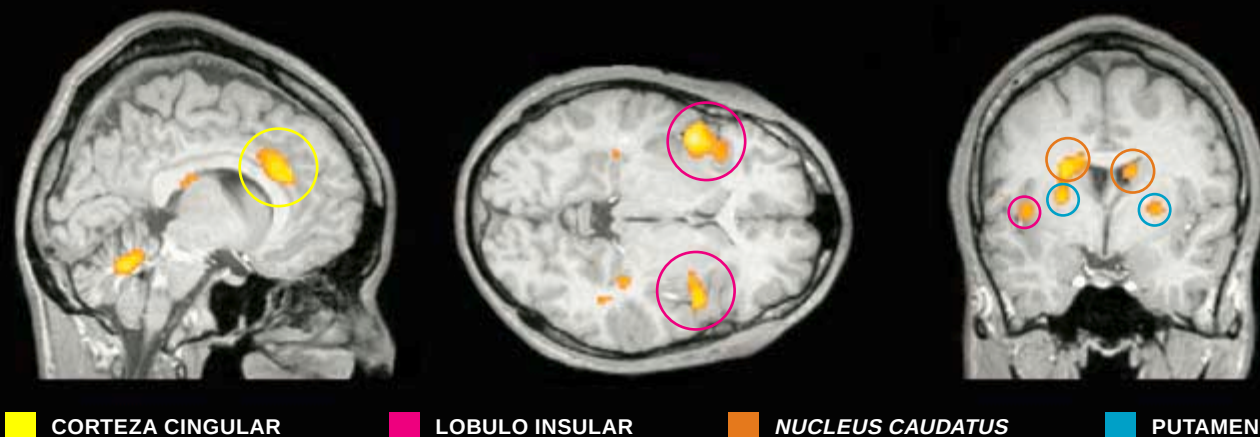
El muestreo inicial abarcó varios miles de estudiantes de Londres y alrededores. Les exhortamos, por correo electrónico, a presentarse, en el supuesto de que estuviesen enamorados “verdadera, loca y profundamente”. Respondieron unos setenta; de ellos, alrededor de tres cuartas partes eran mujeres. Les pedimos que nos describieran brevemente su relación amorosa, se sometieron luego a una entrevista personal y, por fin, seleccionamos once probandos femeninos y seis mas-

culinos. De esta forma podíamos llevar a cabo un muestreo multicultural y multiétnico que se nutría de once nacionalidades diferentes.

Para nuestra sorpresa, ninguno de los participantes acababa de enamorarse hacía poco, sino que todos mantenían de hacía tiempo una relación muy satisfactoria, con un promedio de dos años. Y hubo suerte en la selección: al cumplimentar un formulario de contenido psicológico sobre temas relacionados con el amor, y con el que ya se había examinado en otra ocasión a cientos de enamorados, nuestros probandos alcanzaron “calificaciones amorosas” superiores a los mejores del estudio anterior. Para proceder con más seguridad les sometimos a un test fisiológico adicional, similar al detector de mentiras, basado en la medición de la resistencia cutánea. El resultado fue que casi todos los sujetos empezaban a sudar al contemplar la foto del ser amado.

Nos decidimos a explorar a los enamorados mediante tomografías de resonancia magnética funcional, procedimiento que permite observar, con notable

1. CONTROL CEREBRAL. En estas tomografías de resonancia de espín nuclear se advierte que las regiones cerebrales del sistema límbico coloreadas de amarillo se excitan sólo en los enamorados que contemplan una foto de su pareja. Los “módulos del amor” están ubicados en el interior de cuatro estructuras diferentes, cuya función se conoce en parte. La corteza cingular colabora en el reconocimiento de los sentimientos, la ínsula integra información de los órganos sensoriales, en tanto que algunas partes del nucleus caudatus y del putamen se hallan activos durante la excitación sexual.



resolución espacial, la actividad cerebral en un determinado momento. Ni que decir tiene que el escáner no se presta a reforzar los sentimientos amorosos. Le mostrábamos la foto de la persona amada al probando sometido al escáner y le exhortábamos a pensar en dicha persona y a relajarse. A tenor de lo que expresaban, todos sentían en esos momentos y de manera clara sus fuertes sentimientos de cariño hacia la persona en cuestión.

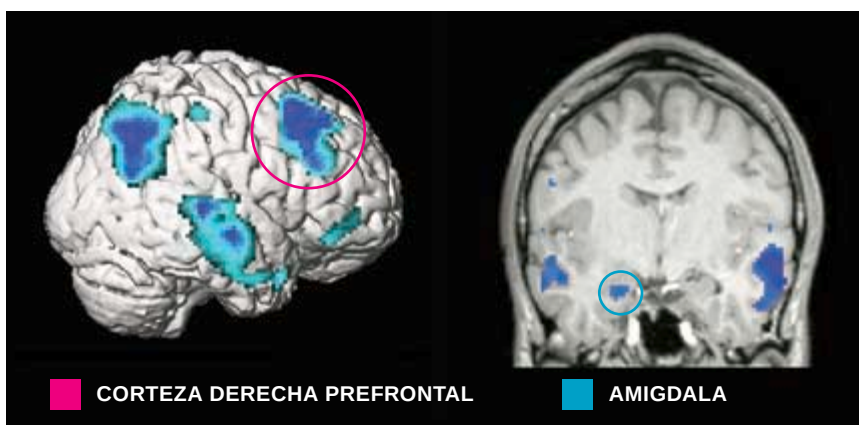
Bajo nuestro control, cada sujeto contemplaba fotos de tres de sus compañeros del mismo género y la misma edad que las personas de su relación amorosa y a los que además conocían desde aproximadamente el mismo tiempo. Un detalle especial: la foto del compañero sentimental no debía resaltar rasgos específicos que los diferenciases de los otros; un observador externo no habría podido distinguir a esa persona de entre las cuatro fotos.

A continuación, procedimos a comparar la actividad cerebral bajo las dos condiciones experimentales diferentes mencionadas. Resultó lo siguiente: sólo cuando los participantes pensaban amorosamente en su pareja, centelleaban cuatro áreas diferentes y minúsculas. Las cuatro se hallaban simétricamente situadas en los dos hemisferios cerebrales, en el sistema límbico; corresponde a éste controlar las emociones. Por el contrario, las cortezas visuales no acusaban ninguna diferencia notable de actividad cuando se veían la foto de la pareja y las de los compañeros. Parece, pues, que el “cerebro visual” se limita a transmitir la información objetiva al “cerebro emocional”.

La imagen de actividad en el sistema límbico se diferenciaba en este caso de los patrones que se encontraron en el transcurso de otros estudios sobre las emociones, modelos que estaban relacionados con sentimientos positivos. En el caso de las cuatro áreas activadas se trata de algo así como de módulos del amor especializados. Probablemente cumpla cada uno de ellos una función específica, en torno a las cuales hasta ahora sólo se pueden hacer especulaciones.

Algunas drogas euforizantes en concreto, como la cocaína, activan en el hombre áreas más amplias, incluyendo los cuatro módulos del amor que nosotros verificamos. Con lo que el amor representa un ámbito parcial de estados de euforia no sólo en el aspecto psicológico, sino también desde el punto de vista neurológico.

Pero el propio escáner sí puede reflejar la diferencia entre amor y pura excitación sexual. El apetito sexual, entre otros efectos, activa algunas regiones



2. EL AMOR FORTALECE. Los sentimientos amorosos pueden inactivar diferentes regiones cerebrales competentes en las emociones negativas, por ejemplo algunas áreas del lóbulo temporal derecho y partes de la amígdala, que están activas con el miedo, la tristeza y la agresión.

del hipotálamo, que se veía inactivo en nuestros experimentos sobre el amor. El amor y el deseo sexual, conjuntamente, parecen despertar actividad tanto en el *nucleus caudatus* como en el *putamen*, donde se ubican dos de los módulos del amor localizados por nosotros. Puede ser que tales estructuras aporten el componente erótico al amor romántico.

Eficaz contra la melancolía y el fastidio

El tercer módulo del amor se encuentra en la corteza cingular anterior (véase la figura 2, izquierda). Nos vale para reconocer nuestros sentimientos y los de la otra parte implicada, una capacidad sin duda esencial para la vivencia amorosa. Por fin, el cuarto es un dominio parcial del lóbulo insular (*ínsula*); alojado en la región profunda del cerebro, ejerce diversas funciones. Así, el lóbulo insular muestra más actividad cuanto más atractivos le parecen al probando los rostros presentados. Integra la información visual sensorial en el mundo de los sentimientos. Pero parece que complementariamente también recibe información de la región abdominal. Quizá las mariposas de nuestro vientre hagan una parada en la ínsula antes de encontrar su ruta hasta nuestra conciencia.

No deja de resultar sorprendente que estos pocos y minúsculos centros cerebrales provoquen un sentimiento tan poderoso e inspirador como el amor. Diferentes estudios anatómicos muestran que estos pequeños módulos del amor guardan relación con todas las regiones cerebrales. En cada caso estas conexiones se utilizan de manera muy distinta; por eso, toda experiencia amo-

rosa se nos muestra singular y exclusiva.

No podemos olvidar que una emoción tan compleja como el amor exige no sólo una actividad cerebral específica, sino también un sutil equilibrio entre las regiones activas e inactivas. En nuestros experimentos encontramos varias áreas inmovilizadas, preferentemente en el hemisferio cerebral derecho (véase la figura 2). Todas ellas acostumbran intervenir en sentimientos negativos; por ejemplo, la amígdala, que participa en la tristeza, el miedo e incluso en la agresión. Evidentemente los sentimientos amorosos pueden sofocar la actividad de estas regiones.

En nuestra calidad de neurólogos podemos decir que el amor no sólo nos hace felices sino también audaces y tiernos. Por cierto, en nuestros experimentos pudimos comprobar que el lóbulo frontal derecho de los que intervenían en el ensayo estaba casi completamente paralizado; es el que se activa en las personas depresivas o tristes. Los depresivos profundos se benefician últimamente de terapias que reprimen la actividad de esa región mediante impulsos magnéticos.

ANDREAS BARTELS y SEMIR ZEKI ser hallan adscritos al Colegio Universitario de Londres. Zeki es catedrático y codirector del Departamento Wellcome de neurología por imagen en dicha institución.

Bibliografía complementaria

THE NEURAL BASIS OF ROMANTIC LOVE. A. Bartels, S. Zeki, en *Neuroreport*, vol. 11, págs. 3829; 2000.

El amor y sus formas

Aunque no existe una vara de medir el amor,
la psicología se esfuerza, a través de la estadística y los tests,
por precisar su polimórfica presentación

Hans-Werner Bierhoff

¿Se puede indagar con rigor científico una experiencia tan íntima y profundamente subjetiva como la del amor? Es difícil, por no decir imposible, desarrollar un modelo completo de ese sentimiento. Romanticismo, enamoramiento, amistad estrecha, celos, abnegación, solícita diligencia... parece como si este fenómeno se pudiera manifestar en cualquier forma pensable.

Sin embargo, los científicos suponen que el amor es psicológicamente explicable y mensurable. Aunque hace ya unos

veinticinco años que se investiga en los ámbitos académicos, todavía no se ha dado con una definición del concepto “amor” que tenga una validez científica general. Algunos defienden un modelo según el cual cualquier excitación fisiológica puede desatar sentimientos apasionados, siempre y cuando el cerebro los pueda ubicar en un contexto romántico (véase el recuadro “La excitación, origen del amor: la teoría de los dos factores”). En contra de esta postura, la investigación reciente sitúa en primer plano nuestras *ideas* sobre el amor.

En este terreno puso la primera piedra John Alan Lee en el año 1973. Para

apreciar y hacer justicia en todas sus dimensiones a la diversidad del fenómeno, este sociólogo de la Universidad de Toronto desarrolló, a partir de textos filosóficos y literarios, seis “estilos de amor” (véase el recuadro “Relaciones amorosas: una cuestión de estilo”). Los denominó eros (el amor romántico), ludus (el amor lúdico), storge (el amor de amistad), manía (el amor celoso, posesivo); pragma (el amor pragmático) y ágape (el amor desinteresado o altruista). Lee sabía que estos estilos no se presentan nunca aislados, sino siempre en diferentes combinaciones. Los contemplaba como “colores” que se mezclan en cada

persona para formar una determinada composición cromática.

Los seis estilos de amor de Lee constituyen un amplio espectro de ideas sobre la relación interpersonal. Pero los investigadores de las relaciones humanas aportan además otros signos distintivos. Así, la teoría de la vinculación, propuesta en 1969 por John Bowlby, toma en consideración la influencia de los primeros años de la vida. Procede de la tradición psicoanalítica e investiga el modo en que las conexiones sentimentales del niño con sus padres repercuten en las relaciones posteriores.

Por su parte, Robert Sternberg, psicólogo de la Universidad de Yale, describe el amor, en su teoría del triángulo, como una conjunción de pasión, intimidad y vinculación (véase el recuadro "El amor: siempre una relación triangular"). Aunque el concepto de *vinculación* en Sternberg remite a una inversión en una relación a largo plazo.

El hecho es que los diferentes conceptos sólo representan intentos de explicar y de abordar el amor, pero no nos permiten cuantificarlo. Para presentar enunciados estadísticos se requieren instrumentos que estandaricen las experiencias amorosas. Y que se explique según los estilos del amor de Lee.

Basándonos en cuestionarios norteamericanos, desarrollamos en 1993 un test extenso, el "Inventario marburgués de gradación de estilos amorosos" (IMEA). El gentilicio alude a que se realizó en la Universidad de Marburgo. A partir de ese elenco podemos calcular con qué intensidad se inclina uno a los diferentes estilos de amor. El cuestionario abarca diez enunciados dirigidos a cada encuestado; se responde positiva o negativamente, en una escala de nueve que va desde "totalmente exacto" hasta "totalmente falso". Hasta ahora han rellenado este cuestionario más de dos mil personas. Nuestras encuestas arrojaron los siguientes resultados:

Los valores más altos de la escala los consigue en nuestro ámbito el estilo de amor romántico. Le siguen el altruismo, la amistad y los celos. Las modalidades pragmática y lúdica figuran al final de la lista. La conclusión es que la mayoría

1. INTERPRETACION DE LOS

SENTIMIENTOS. El cine y la televisión presentan a menudo las distintas formas del amor mediante arquetipos exagerados, lo que nos da pie a amar —o a odiar— a los protagonistas de una película.



BREAKING THE WAVES



VERHANGNISVILLE AFFÄRE



CROCODILE DUNDEE



ROSSINI



TITANIC



ROSSINI

Relaciones amorosas: una cuestión de estilo

John Alan Lee aportó una descripción pormenorizada de las relaciones íntimas. Distinguía seis estilos de amor. Los psicólogos determinan el grado de intensidad de cada uno de ellos con ayuda del Inventario marburgués de gradación de estilos amorosos (IMEA), un cuestionario normalizado. Dos declaraciones, elegidas como prototipos, nos ilustran las correspondientes modalidades de amar.

Eros: tomado del dios griego del amor

El amor romántico ha sido el tema de innumerables películas y novelas. Se caracteriza por la pasión y la atracción sexual. Los amantes románticos perciben al otro como físicamente atractivo y viven su vida sexual de forma intensa y satisfactoria.

- Mi compañera y yo tenemos la misma longitud de onda sentimental.
- Nuestra vida sexual es intensa y satisfactoria.

Storge: amor amistoso

El amor de amistad es el resultado de intereses y hábitos comunes; a menudo se desarrolla a partir de una amistad previa. Los amantes se ayudan mutuamente; se pelean en raras ocasiones. El centro de esta relación lo ocupan la confianza y la seguridad.

- La forma óptima del amor parte de una estrecha amistad.
- Mis relaciones amorosas más satisfactorias se derivaron de buenas amistades.

Agape: del griego, caridad

Cuando una relación se basa en la entrega y en el desprendimiento Lee habla del amor altruista. En este caso se antepone el bien de la persona amada al propio.

- Preferiría sufrir yo que ver sufrir a la persona amada.
- Por lo general estoy dispuesto a subordinar mis propios deseos a los de la otra persona.

Manía, del griego, rabia y locura

Los celos son determinantes en el amor posesivo. Los entusiasmos y las depresiones emocionales alternan en función de si la persona celosa está momentáneamente segura de la otra o no. El celoso vive la idea de la posible infidelidad de la otra persona como un verdadero tormento que lo marca todo.

- Si mi compañera no me dedica ninguna atención me siento profundamente enfermo.
- Cuando estoy enamorado difícilmente me puedo concentrar en algo diferente.

Ludus: tomado de la dramaturgia clásica

En el amor lúdico priva la libertad sexual. El amante lúdico, en cada nueva "conquista", ve confirmado su atractivo. Por eso busca aventuras amorosas y no una relación verdadera

y de larga duración. Es frecuente la existencia de varias relaciones simultáneas.

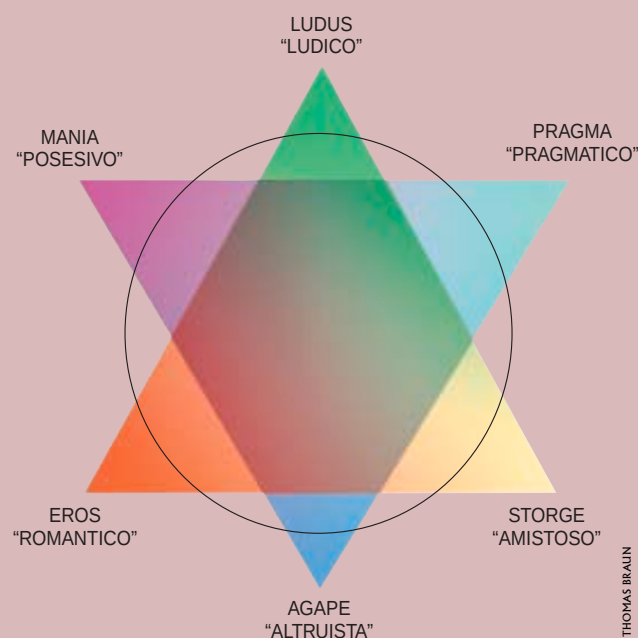
- En ocasiones tuve que impedir que una de las personas relacionadas conmigo pudiera saber algo sobre la otra, y a la inversa.
- Me encanta jugar "el juego del amor" con varias personas.

Pragma: la utilidad

El amor pragmático elige a la otra persona por alguna fría razón y con el objeto de mantener una relación provechosa. Se reprimen los sentimientos o no se consideran importantes. Los amantes pragmáticos tienen una idea muy clara de su futuro, al que se ha de acomodar la relación amorosa.

- Intento planificar mi vida antes de elegir a la otra persona.
- Sólo inicio una relación amorosa cuando se pueden armonizar nuestros planes.

Una misma persona puede cultivar distintos tipos de amor simultáneamente. Se puede amar con abnegación sin tender a la infidelidad. Hay una relación positiva entre el amor romántico, el posesivo y el altruista. Las variantes de amor romántico y lúdico son diametralmente opuestas. Los amantes románticos raramente buscan aventuras extramaritales. Conviene tener en cuenta que estas relaciones estadísticas no son tan amplias que deban tomarse al pie de la letra, pero pueden valer como valores aproximados.



de la gente no se decanta por las aventuras sexuales, sino que desea una persona amada en exclusiva de la que puedan estar siempre románticamente enamorados.

En el Lejano Oriente el panorama es algo distinto. Los chinos aprecian igual-

mente el amor romántico, pero también valoran más que en Occidente el amor altruista y pragmático. Ellos combinan los dos estilos en un tipo característico del amor que podría interpretarse de mutuo compromiso. La forma de amar de los hombres parece estar estrecha-

mente implicada en las influencias culturales en cambio constante.

Huida a la vida en común

En el curso del período de la división de Alemania, en la República Federal y en la República Democrática se desarro-

llaron diferentes enfoques del amor. Todavía se advierten las huellas del fenómeno. En 1966 los alemanes orientales alcanzaron puntuaciones superiores a los occidentales en casi todas las escalas del amor. Sólo en la variedad del amor lúdico se adelantó la parte occidental. Resultaba palmario que la sociedad que acentuaba los valores colectivos promovía una sensibilidad mayor de la vida en pareja.

Lo normal es que desde la reunificación vayan desapareciendo tales diferencias. Pero nuestros resultados muestran que en una sociedad caracterizada por el individualismo y la autorrealización se valora cada vez menos el amor sincero de pareja. También da que pensar el hecho de que una sociedad colectivizada y al mismo tiempo reprimida busque el refugio de una vida en común de pareja, donde se pueda construir un espacio individual libre.

Es difícil concebir el amor como experiencia trascendental. Pese a ello, nuestros métodos han podido descubrir algo sobre las relaciones entre estilos de amor y satisfacción en la vida en pareja. La conclusión predominante es que la felicidad se consigue con altos valores en el amor romántico. Pero sería demasiado simple la ecuación “amor romántico igual a felicidad”. También se traducen positivamente en satisfacción la abnegación, la amistad y el pragmatismo. El amor lúdico por sí solo no hace feliz. Antes bien nos hace pensar en sentimientos de insatisfacción y decepción.

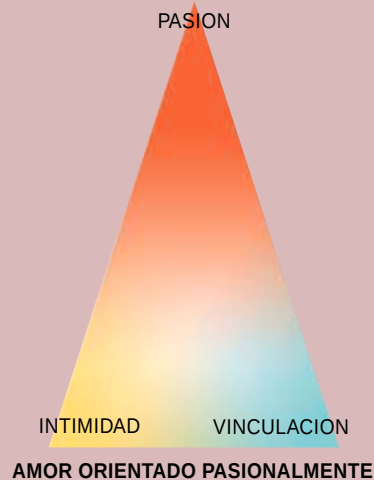
Para muchos el amor es una emoción humana básica, supuestamente innata. Pero, ¿dónde está el sentido biológico del amor? ¿Por qué amamos? La llamada psicología evolutiva, desarrollada en los últimos quince años, da respuestas a estas preguntas.

Según esta disciplina, el amor aumenta las posibilidades de que dos personas, después del acto procreador, continúen unidas, lo que beneficia a la prole. Los padres protegen a los hijos y tejen una red social con ellos. Aumenta así la probabilidad de saberse genéticamente representados en la generación siguiente y de asegurar, por tanto, la propagación de la especie. El amor romántico y el de amistad contribuyen a este objetivo. También el amor altruista ayuda a la estabilidad de una relación.

El diferente papel biológico del varón y de la mujer sugiere que los hombres aman de manera distinta que las mujeres. Aunque esto es un tópico que desde hace tiempo no se sostiene frente a la realidad estadística. Referente a los estilos de amor nosotros encontramos clara-

El amor: siempre una relación triangular

La teoría triangular de Robert Sternberg, psicólogo de la Universidad de Yale, parte de que las relaciones íntimas abarcan tres dimensiones centrales: pasión, intimidad y vinculación.



La pasión asocia el amor con la sexualidad. El que ama apasionadamente experimenta euforia, acompañada de fuertes reacciones como aceleración de los latidos cardíacos o las famosas “mariposas en el vientre”, a lo que además se agrega la concupiscencia. La pasión es irracional y se sustrae a nuestro control consciente.

La intimidad por el contrario posibilita la apertura del individuo: se puede hablar con el otro de todo. Esa relación se caracteriza por la sinceridad, la comprensión y el respeto, pero también por el perdón y el apoyo.

La vinculación, el tercer componente, indica la cantidad de tiempo y energía invertidos en una relación. Las dos partes se necesitan y protegen mutuamente y confían en una relación duradera.

Sternberg habla de un amor satisfecho y pleno cuando la pasión, la intimidad y la vinculación están presentes por igual. Al menos se da, sin duda, una estrecha relación entre los tres componentes: cuando se experimenta la intimidad se siente también una pasión y vinculación intensas.

En los seis estilos de amor de Lee nos volvemos a encontrar con los tres componentes de la teoría triangular de Sternberg: cuando el acento recae especialmente en la intimidad y en la vinculación —y menos en la pasión— nos hallamos ante un amor de amistad. La pasión es el supuesto más importante del amor celoso; en el amor romántico hay que contar frecuentemente con la intimidad.

En el supuesto contrario, la vinculación se caracteriza por el amor altruista, así como por la ausencia de amor frívolo. No es casual que falte aquí el amor pragmático de Lee, puesto que representa una forma distanciada de amor a la que Sternberg denomina también “amor vacío”.

La excitación, origen del amor: la teoría de los dos factores

¿Cómo surgen los sentimientos amorosos apasionados? Según la teoría de los dos factores, propuesta por Stanley Schachter, las emociones surgen en nosotros al interpretar cognitivamente la excitación sexual. Mediante una suerte de inspección mental le ponemos la etiqueta correspondiente: euforia, tristeza, fastidio, etc. En caso de simultaneidad de varias fuentes activas de la excitación el cerebro tiene evidentes problemas de discriminación.

Ejemplo: en un experimento de campo una mujer extraordinariamente atractiva entrevistaba a varios hombres sobre cualquier tema, encima de un puente de sólida construcción y de pocos metros de altura. Posteriormente, la misma mujer hablaba por separado con otros hombres, subida a un puente colgante, muy alto y en constante balanceo. Tras cada una de las entrevistas les dejaba su número de teléfono para cualquier tipo de consultas.

Lo que sucedió fue que los hombres del segundo grupo, al menos parcialmente, transfirieron a la mujer su excitación condicionada por la situación vivida durante la entrevista. Generalmente utilizaron el número de teléfono para establecer una relación con la mujer. Al valorar esas conversaciones resultaba que también tenían más contenido sexual.

Las circunstancias dramáticas pueden intensificar el amor pasional. Un tal fenómeno se patentiza en el llamado efecto Romeo-Julietta. Ambos adolescentes tuvieron que hacer prevalecer su amor contra la oposición de sus familias. No sorprendería si ellos interpretasen su excitación como algo más que la expresión de la mutua inclina-

ción. Lo cierto es que las entrevistas a padres que quieren cortar una relación romántica de sus hijos reafirman el efecto contrario: la presión externa fortalece los sentimientos mutuos.

En estos ejemplos llama la atención que el aumento de los sentimientos amorosos muy a menudo parte de emociones negativas, como miedo o estrés. Pero también pueden actuar como elixir de amor el gusto por la aventura o la excitación emocional en competi-

ciones deportivas. La cuestión es si el amor se puede potenciar de forma duradera según el lema: "¡preferible experimentar en tu vida lo desconocido!" La única respuesta es probarlo.

EFFECTO ROMEO-JULIETA: Cuanto más dramáticas son las circunstancias tanto más intensos los sentimientos amorosos. Algo que se puede incluso demostrar experimentalmente.



DETD-MOVIES

mente más semejanzas que diferencias. De todas formas, importa subrayar que el componente de celos en el amor femenino es superior.

Se pueden concebir los celos como una estrategia de defensa contra la infidelidad que se ha adquirido en el curso de la evolución. Seguramente las mujeres son más celosas porque invierten bastante más en los hijos que los hombres. También sufren más si el marido se enamora de otra mujer. Pero a los varones les cuesta más perdonar el engaño. Se trata de un comportamiento que se repite en diferentes ámbitos culturales: el varón

ha visto siempre amenazada su inversión en la vida de pareja, porque nunca podía estar seguro de su paternidad genética. (Con el test de paternidad, desarrollado hace ya algunos años, no se operará un cambio rápido en el panorama.) Aunque la mujer quizá perdone alguna escapada, la situación se torna insostenible si el varón opta constantemente por otra mujer, pues entonces está en peligro la seguridad material de la familia.

Los celos se convierten en un verdadero problema cuando adoptan formas extremas. Muchas personas buscan, por un lado, una gran proximidad y, por otro,

sienten un miedo atroz a perder a su ser amado del que ellas en el fondo desconfían. Si tras esta actitud temerosa se alimenta un proceso de celos exacerbados, habrá que tomar precauciones, especialmente por lo que respecta a los hombres. Aunque éstos por regla general no sean más agresivos que las mujeres, los estallidos de violencia masculinos tienen consecuencias más graves: los celos constituyen la primera causa de asesinato en el matrimonio.

Al contrario que el amor posesivo, el amor lúdico permite la infidelidad como estrategia. Aquí es evidente la ventaja

del hombre, interesado en propagar sus genes lo más posible. Más sutiles son las razones de la mujer: presumiblemente pretende levantar posiciones de retirada para el caso de perder al compañero de esa fase de su vida.

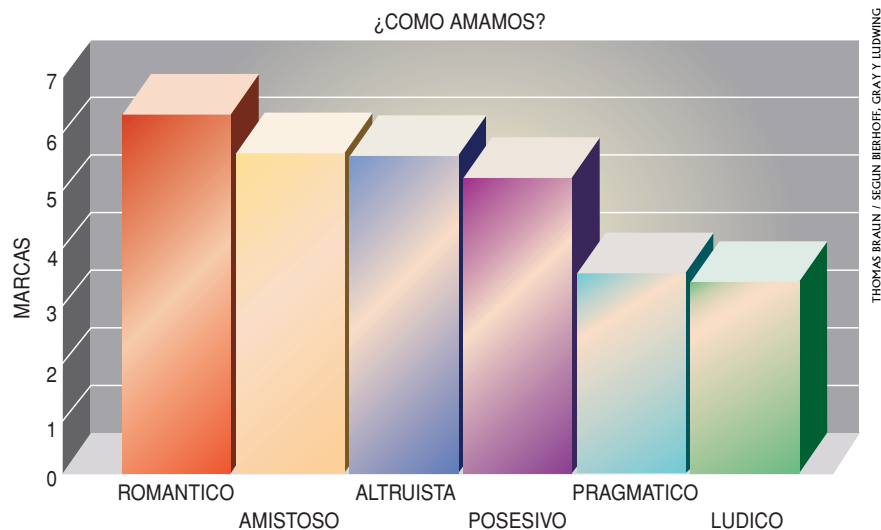
Finalmente el amor pragmático se fundamenta en la racionalidad como base de una relación. Y es que los padres que se dejan arrastrar ante todo por sus emociones, cometen fallos que se podrían evitar. Por el contrario una cuidadosa planificación de la vida podría favorecer el éxito de la reproducción.

¿Tienen que armonizarse los estilos de amor en una pareja? Por muy extendida que esté la idea de que “los contrarios se atraen”, aplicada al amor, carecemos de soporte científico que la respalde. En algún caso uno podría hallar atractiva a una persona con propiedades totalmente contrarias. Por regla general, sin embargo, el otro se asemeja a un yo ideal que uno mismo no consume. La complementariedad no se refleja en la combinación de los estilos del amor. Es mucho más frecuente que las dos personas tiendan al mismo estilo de amor.

Y eso es exactamente lo que hay que esperar desde el punto de vista de la teoría del intercambio, propuesta por Harold Kelley. Esta teoría psicosocial sobre el comportamiento interpersonal parte de un supuesto: los seres humanos sólo construyen una relación duradera cuando es posible una compensación mutua. A semejanza de los procesos de intercambio en economía, también en una relación de pareja se dan costes y beneficios, que al final quedan reflejados en un balance de resultados de esa relación.

La semejanza de estilos de amor de la pareja redundará en provecho mutuo. Ocurre así en las modalidades de amor romántico, amistoso, pragmático y altruista. En el caso de dos amantes celosos, surgen tantos conflictos que los altos costes terminan por agotar la relación. Cuando se enfrentan dos personas con predisposición lúdica puede pasar en cualquier momento lo siguiente: si uno se retira, el otro puede distanciarse igualmente y se acaba el “juego”. Los dos echan mano del mismo repertorio de comportamientos, pero en este caso se quiebra la relación justamente por ese motivo.

Puede que la teoría del intercambio nos suene muy prosaica al reducir las relaciones amorosas a un escueto denominador racional. Pero en las consultas de asesoramiento psicológico ha dado buenos resultados: un análisis desapasionado de coste-beneficios puede ayudar a las parejas a entender *por qué* no fun-



2. TRIUNFO DEL ROMANTICISMO: La población de los países industriales occidentales es más romántica de lo que se suponía. La racionalidad e incluso la libertad sexual figuran en los últimos puestos de la escala.

ción su relación. Y también pone de manifiesto lo que ambas partes perderían con una separación.

No heredado, sólo copiado

Cuando dos personas tienen la sensación de incompatibilidad de sus respectivos estilos de amor, resulta habitual que una intente reeducar a la otra. Con dudoso éxito, pues según las estadísticas nuestro modo de amar es muy constante. Manfred Amelang, catedrático de psicología en Heidelberg, descubrió que al menos el amor romántico, el lúdico y el amistoso normalmente dependen bastante del compañero sexual. Pero quien ama de forma pragmática, absorbente o altruista suele hacerlo por el contrario independientemente de la otra persona. Sin embargo, quien aprecie la abnegación de la persona amada tiene suerte, pues el amor altruista es el más constante de todos.

En ocasiones parece que el estilo de amor de una persona repite el modelo de sus padres. ¿Heredamos de nuestros padres la manera de amar? Un estudio sobre gemelos realizado en Estados Unidos ha negado que se tratara de un carácter hereditario. De acuerdo con dicha investigación, los gemelos univitelinos (genéticamente idénticos) no guardan, a ese respecto, mayor similitud que los bivitelinos (cuyos genes se diferencian tanto como en los hermanos normales). Por tanto, hemos de atribuir al aprendizaje social un papel determinante en el amor. El modo de amar de una persona está muy influenciado por las vivencias

de relación en la infancia y la juventud; en consecuencia, también por la madre y el padre. Es posible que una persona joven se oriente por el ejemplo de sus padres o llegue a la conclusión de comportarse de un modo totalmente distinto y desarrollar su propio modelo social del amor. En todo caso el amor no es ningún sino, predeterminado; está condicionado por nuestras experiencias y, sobre todo, por lo que nosotros hacemos a partir de ellas.

HANS-WERNER BIERHOFF es director del departamento de psicología social de la Universidad del Ruhr en Bochum. Sus campos prioritarios de investigación se extienden a los temas de amor y relaciones íntimas, comportamiento servicial, equidad y psicología del liderazgo.

Bibliografía complementaria

ROMANTISCHE BEZIEHUNGEN. H. W. Bierhoff e I. Grau. Huber; Bern, 1999.

THE DANGEROUS PASSION. WHY JEALOUSY IS AS NECESSARY AS LOVE AND SEX. D. M. Buss. Free Press; Nueva York, 2000.

LÄSST SICH UNTREUE DURCH GESCHLECHT, EINSTELLUNG ODER PERSÖNLICHKEIT VORHERSAGEN? L. Helms y H. W. Bierhoff en *Zeitschrift für Familienforschung*, vol. 13, pág. 15; 2001.

CLOSE RELATIONSHIPS. A SOURCEBOOK. C. Hendrick y S. S. Hendrick. Sage; Thousand Oaks, CA., 2001.

Amor juvenil

Cuando los hijos caminan por las sendas del amor,
a los padres sólo les queda a menudo un recurso: confiar en ellos

Inge Seiffge-Krenke

Llega un día en que los padres se dan cuenta de que sus hijos han dejado de ser niños. La hija vuelve muy tarde por la noche de una fiesta y se la encuentren hecha una desgracia a la hora del desayuno. Los padres se preocupan y la hija responde a sus preguntas con monosílabos y la mirada perdida. Y fracasan estrepitosamente al intentar averiguar las razones de su estado de ánimo. Tan sólo una pregunta lanzada al aire da en el blanco: “¿Estuvo también allí Marcos?” ¡El portazo subsiguiente habla con mayor elocuencia que mil palabras!

Muchos padres contemplan las primeras aventuras amorosas de sus retoños con sentimientos encontrados. Por un lado sienten llegada la hora de su

especial responsabilidad; por otro, sus hijos, precisamente entonces, empiezan a distanciarse de ellos. ¿Hasta dónde llega el primer amor? ¿Cómo surgen las primeras relaciones románticas, caracterizadas por el atractivo sexual? Curiosamente los psicólogos de la evolución no se han dedicado a estas cuestiones hasta hace bien poco tiempo. Wyndol Furman, de la Universidad de Denver, dio el primer paso en el año 1999. Clasificó el tiempo juvenil en cuatro fases: iniciación, status, afección y vinculación.

En la última fase infantil los niños y las niñas juegan en grupos rigurosamente separados. Sólo a la edad de once a trece años, en la **fase de iniciación**, se estrechan los primeros lazos de afecto, casi siempre en el círculo de los amigos de la misma edad. Los encuentros románticos son espontáneos y, por lo general, de corta duración. A menudo “ayudan”

los amigos: las muchachas escriben conjuntamente una carta de amor; algunas median para concertar las citas, que después se hacen en grupo o en compañía de la mejor amiga. La pandilla ofrece una suerte de entorno protector en el que se pueden celebrar sin miedo los encuentros con el otro sexo. Es cierto que los adolescentes se enamoran con amplio despliegue sentimental, pero normalmente no disocian la realidad de la fantasía. Así, por ejemplo, una quinta parte da el nombre de una persona amada, quien, como se puede constatar, ni siquiera sabe que alguien se ha fijado en ella.

1. DOCUMENTO CONTEMPORÁNEO.

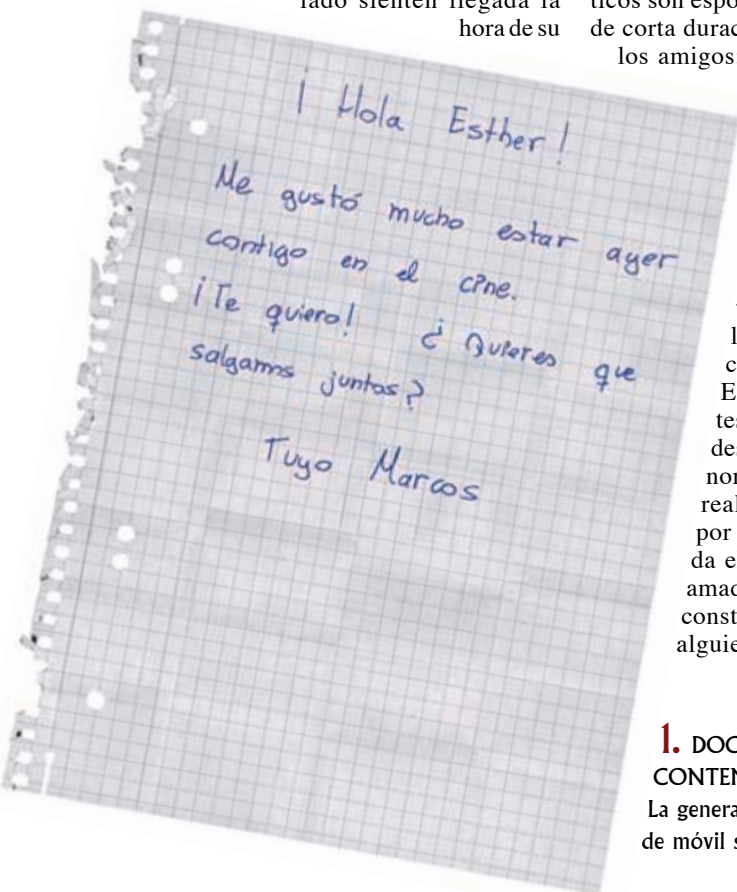
La generación de los mensajes de móvil sabe resumir al máximo.

Entre los catorce y los dieciséis años adquiere importancia la cuestión de si uno se cita con la persona “adecuada” y de si ésta goza de estima entre los mejores amigos y en la pandilla. En un status elevado son cada vez más decisivos, con gran pesar de los padres, detalles superficiales: si el amigo usa la marca correcta de vaqueros o si el peinado de la amiga es “hip”. ¿Son adecuados los símbolos del status como el móvil o el monopatín? No en balde también se inicia la madurez sexual en esta llamada **fase del status**. Si, por ejemplo, un muchacho se queda algo canijo en comparación con los otros de su edad, su status disminuye.

Analizando la distribución del tiempo de los adolescentes se confirma la importancia de las amistades en estas dos primeras fases. Los chicos de entre trece y dieciséis años pasan casi la mitad de su tiempo libre con los amigos; en el caso de las chicas aproximadamente el sesenta por ciento. Las amistades, especialmente entre chicas, se hacen más íntimas que en la infancia. Aquí desempeñan un papel muy importante la lealtad, la exclusividad y el intercambio de confidencias. Como expresión de su proximidad las adolescentes se prestan e intercambian piezas de vestir o se maquillan recíprocamente. Para ellas la mejor amiga es como un espejo con cuya ayuda poder desarrollar su propia identidad.

Madura en el curso de esta fase una imagen de identidad corporal y emocional; con ella, un prototipo de relación. Ya en la adolescencia va madurando la idea de cuánta proximidad corporal y emocional puede ofrecer una relación.

La **fase de la afección**, subsiguiente, se extiende de la adolescencia media a la tardía; de los dieciséis a los dieciocho años. Aquí el compañero o la compañera romántica adquiere por primera vez un determinado perfil. Los jóvenes visiblemente se citan ya como parejas; la relación se hace más exclusiva, íntima y duradera. Son característicos los fuertes



sentimientos positivos y también las sensaciones contradictorias: las explosiones de júbilo o la aflicción inconsolable. Baja ostensiblemente el tiempo libre con los amigos y también disminuyen las reuniones de grupo. La relación romántica de pareja figura en el primer lugar en la escala de todo tipo de relaciones.

En la transición a la joven edad adulta, de los dieciocho a los veinte años, se vuelve a transformar el amor romántico. En esta **fase de la vinculación** permanece todavía la profundidad emocional, pero ahora una visión más pragmática reprime los sentimientos excedentes (como los de la fase anterior). Los novios examinan si su relación tiene consistencia y analizan mutuamente si el otro es adecuado para una convivencia duradera y fundar una familia. La pareja pasa junta entre el cuarenta y cincuenta por ciento de todo su tiempo libre. Como término de comparación, entre los muchachos de trece a catorce años era sólo el veinte por ciento.

El hecho de que la pareja se halle muy unida explica que se desaten con más frecuencia los conflictos. A partir de este momento tienen que negociar cuánta libertad individual se conceden mutuamente. En las dos primeras fases, de los once a los dieciséis años, el principal reto era equilibrar las relaciones con los amigos y las románticas de pareja. Por el contrario, en la adolescencia tardía la meta es establecer una relación íntima y equilibrada. Aquí las dos partes apenas comentan sus problemas con los amigos; los discuten sólo entre ellos.

¿Es la precocidad un riesgo?

Podría dar la impresión de que los padres influyen muy poco en la posterior vida amorosa de sus hijos. Nada más lejos de la verdad. La investigación revela que los hijos que recuerdan su unión con los padres como segura y protectora viven de adultos sus relaciones amorosas con más intimidad y mayor satisfacción sexual. Si, por el contrario, la relación con los padres fue distante y de poca confianza, también las posteriores relaciones románticas manifiestan escasa proximidad emocional y poco compromiso mutuo.

Muy especialmente cuando el niño además tenía miedo de que sus padres le “dejasen solo”, en sus posteriores relaciones amorosas predominará el sexo. Es posible que a esas personas les resulte muy difícil aceptar emocionalmente al otro, por lo que intentan satisfacer con sexo su necesidad de amor y de seguridad.

Es incuestionable la influencia de los padres en la infancia. ¿Persiste en la ju-

2. APROXIMACION PRECAVIDA. Ya en la adolescencia va madurando la idea de cuánta proximidad corporal y emocional puede ofrecer una relación.

ventud? Suelen los adolescentes distanciarse de sus padres al comienzo de la pubertad. Consideran cada vez más incómodas la proximidad corporal o las caricias; no dejan aflorar sus sentimientos y prefieren comentar sus preocupaciones con los amigos. Sin embargo, de forma latente, los adolescentes siguen emocionalmente muy unidos a sus padres. Esto se palpa en el intenso sufrimiento que experimentan en caso de divorcio de los mismos. Por eso no es de extrañar lo señalado por las estadísticas: una estructura familiar afectada durante la infancia y también en la adolescencia perjudica la estabilidad de las relaciones románticas en la joven edad adulta.

Existen también otros factores determinantes de la orientación en las relaciones amorosas de los jóvenes, predominantemente la madurez corporal y sexual. Los psicólogos han venido abordando este campo como un “factor de riesgo” en las relaciones sexuales precoces. Conviene, sin embargo, no olvidar que el creciente “impulso instintivo” no se traduce directamente en relaciones de pareja. Los adolescentes, por ejemplo, desde el comienzo de la pubertad, tienen problemas con la erección del miembro viril en los momentos más inoportunos. Ni las chicas ni los muchachos aceptan de buena gana los consejos de prevención de sus padres. Casi siempre éstos se percatan de que los hijos hacen tiempo que tienen suficiente información sobre estos asuntos por los amigos y la escuela.

En otro aspecto una buena autoconciencia del propio cuerpo refuerza no sólo el atractivo sexual; también influye en la manera en que la amistad y la intimidad configuran las relaciones amorosas de los jóvenes adultos. Ya en la infancia se encauza la imagen positiva del propio cuerpo; en la juventud los padres a lo sumo se pueden permitir discretas observaciones, no la crítica.

Por su parte los adolescentes tienen ante sí una tarea considerable. En primer lugar, definir sus papeles con los amigos, en la familia, en la escuela y en la profesión. También tienen que percibir sus propias características antes de poderlas integrar en su autorretrato. Sólo los individuos con una identidad definida podrán experimentar sensatamente la fusión con el otro sexo.

DEB-HOVIS



Los padres pueden ayudar en estas circunstancias a sus hijos adolescentes dando señales de su completa confianza. El “puerto seguro” tiene un valor incalculable. Así, los jóvenes tendrán siempre la sensación de encontrar apoyo y refugio incondicionales en sus padres en situaciones críticas.

INGE SEIFFGE-KRENKE es catedrática de psicología evolutiva en la Universidad de Maguncia. Sus campos de investigación se centran en la superación del estrés, las relaciones sociales y las enfermedades crónicas de adolescentes.

Bibliografía complementaria

THE DEVELOPMENT OF ROMANTIC RELATIONSHIPS IN ADOLESCENCE. W. Furman, B. Brown y C. Feiring. Cambridge University Press; Nueva York; 1999.

COPING WITH STRESS IN DIFFERENT PHASES OF ROMANTIC DEVELOPMENT. T. Nieder e I. Seiffge-Krenke en *Journal of Adolescence*, vol. 24, pág. 297; 2001.

BEZIEHUNGSERFAHRUNGEN IN DER ADOLESCENZ: WELCHEN STELLENWERT HABEN SIE ZUR VORHERSAGE VON ROMANTISCHEN BEZIEHUNGEN IM JUNGEN ERWACHSENENALTER? I. Seiffge-Krenke en *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, vol. 33, n.º 2, pág. 112; 2001.

Interpretación psicoanalítica de los sueños

Desde sus comienzos, se ha acusado al psicoanálisis de carecer de las condiciones que definen al método científico, de ser pura literatura. La autora propone, a tenor de las observaciones recientes, trazar un puente entre la doctrina de Freud y la ciencia empírica

Marianne Leuzinger-Bohleber

En Nueva Inglaterra, en el año 1848, una explosión de dinamita provocó que una barra de hierro, de unos tres centímetros de grosor, atravesara el cerebro de un trabajador del ferrocarril. Fue un milagro que sobreviviera al accidente. Pero el interés que suscitó entre los neurólogos el caso de Phineas Gage se debió a una razón muy distinta: antes del percance Gage era un sujeto tranquilo, bonachón y sociable; desde la lesión del lóbulo frontal, se convirtió en jaranero, camorrista y desconsiderado. Quienes le habían conocido no se explicaban tamaña transformación. Para los científicos, aquella conducta evidenciaba el nexo inseparable entre el cerebro y la personalidad.

El interés por estos casos clínicos tan peculiares habría de actuar de lazo de unión entre el psicoanálisis y las neurociencias. No hay que olvidar, sin embargo, que los métodos y la interpreta-

ción de los datos obtenidos difieren en uno y otras de manera absolutamente radical. Psicoanalistas y teóricos de la ciencia han venido subrayando que se ocupan de “objetos” diferentes: unos de la psique y otros del cerebro.

Contrario a esa separación, Sigmund Freud (1856-1939), fundador del psicoanálisis, mantuvo la esperanza durante mucho tiempo de que sus teorías recibirían respaldo neurocientífico en cualquier momento. Pero, a la vista del estado del conocimiento de las neurociencias en aquellas fechas, hubo él de renunciar a semejante expectativa.

Desde hace algunos años se perfila en el horizonte un cambio. En número creciente los científicos vuelven a considerar la posibilidad de una vinculación entre los basamentos del conocimiento psicoanalítico y las neurociencias. Se ha llegado a esta opinión gracias al desarrollo experimentado por los métodos de investigación cerebral, que cuentan ya con nuevos procedimientos de formación de imágenes en cerebros activos.

En el año 1999 apareció *Neuropsychanalysis*, revista dedicada a la investigación sobre las emociones, la memoria o el sueño, cuestiones nucleares no sólo de las neurociencias sino también del psicoanálisis. Un año más tarde se fundó la sociedad internacional del mismo nombre. Paralelo a ello, grupos de investigación de orientación psicoanalítica, de diferentes países, han empezado a tratar a pacientes con lesiones cerebrales locales. Abordan las consecuencias psíquicas y repercusiones anímicas de tales daños.

Este diálogo restablecido podría ser muy productivo para la investigación sobre el sueño. En los años cuarenta del siglo pasado, comenzó la indagación cerebral sobre el sueño y su tipología. Eugene Aserinsky y Nathaniel Keitman, neurólogos de la facultad de medicina de Harvard, descubrieron en 1953 una fase del sueño peculiar. Aparecía de un modo periódico en ciclos de unos noventa minutos a lo largo de todo el sueño nocturno; constituía en torno al 25 por ciento de su duración total.

En dicha fase, el cerebro desarrolla una intensa actividad. Los globos oculares se mueven rápidos de un lado para otro. De ahí que a ese estado se le denomine “sueño REM” (del inglés *Rapid Eye Movement*). Recibe también el apelativo de “sueño paradójico”, pues se trata de un estado fisiológico contradictorio: el durmiente se encuentra excitado y, al propio tiempo, sumido en un sueño profundo. Se aceleran la frecuencia respiratoria y la cardíaca, se registran erecciones y, sin embargo, el cuerpo, excepción hecha de la respiración y de los ojos, se halla aparentemente paralizado. Con toda lógica se relacionó dicho fenómeno con el soñar, vinculación que recibió el respaldo de numerosos trabajos experimentales. Si se despierta a un sujeto dormido cuando está hacia el final de una fase REM, el noventa y cinco por ciento de los individuos responden que en ese momento soñaban. Por el contrario, en una fase no-REM lo atestiguan sólo el cinco por ciento de las personas interrogadas.

En los años setenta se identificaron las regiones cerebrales implicadas en el sueño paradójico. A partir de observaciones empíricas, Robert W. McCarley y J. Allan Hobson, neurofisiólogos de la Universidad de Chicago, idearon el “modelo sintético de activación”. Hasta hace poco constituía la explicación teórica predominante sobre el sueño en neurología. De acuerdo con el modelo, en el área pontina se localizan profundamente un pequeño grupo de células nerviosas que literalmente “ponen en marcha” la fase REM del sueño y la ensoñación a ella asociada.

La excitación de tales neuronas desencadenaría la producción, en las “regiones cerebrales superiores”, de imágenes, aunque conscientes, carentes de sentido. En opinión de Hobson y McCarley, estas imágenes no supondrían otra cosa que el intento de la corteza cerebral “de crear lo mejor a partir de señales incoherentes que le llegan desde el tronco encefálico”.

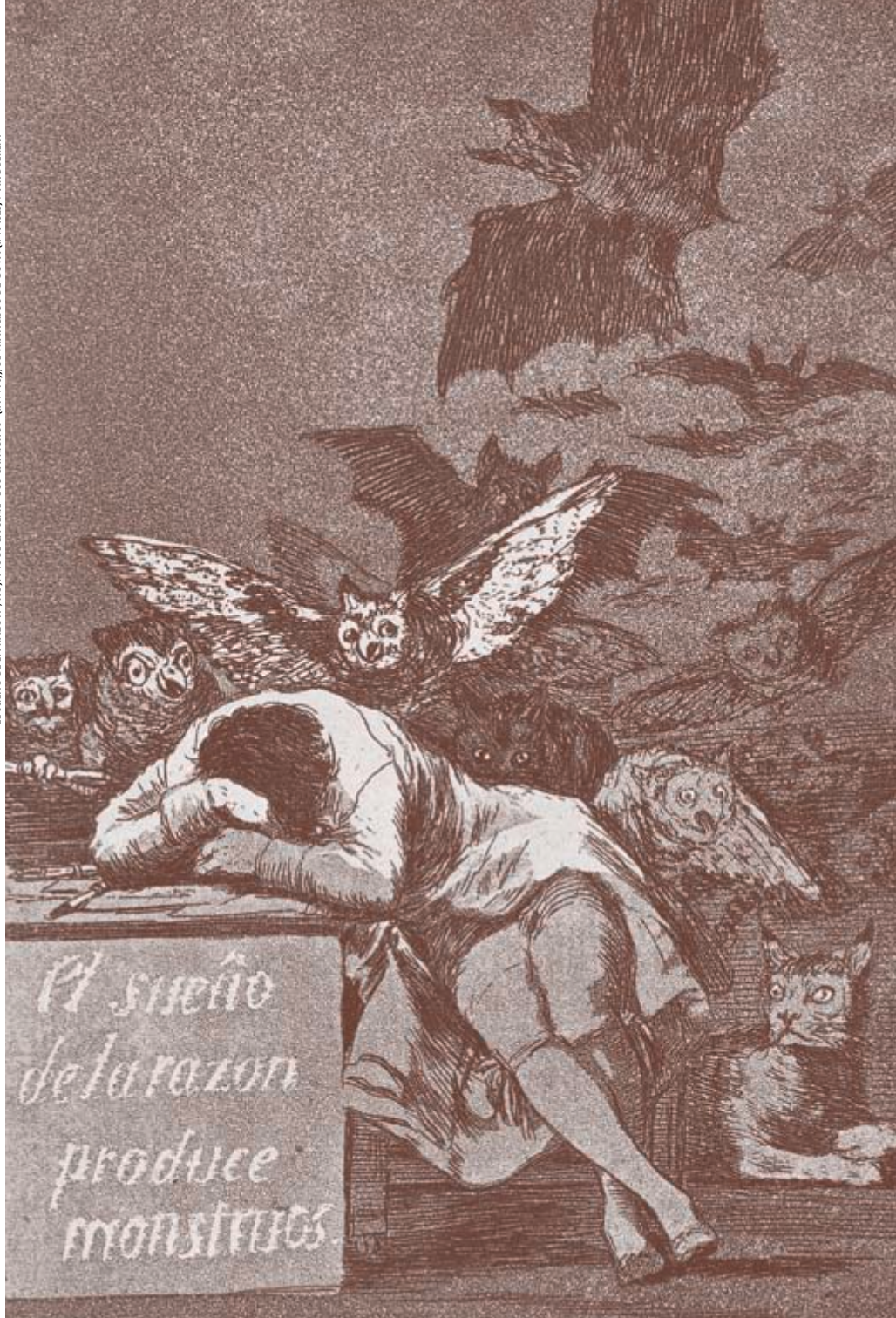
Desde esta perspectiva, la teoría psicoanalítica de los sueños aparece no sólo como científicamente insostenible, sino también como algo del todo absurdo. Los sueños constituirían una pura función fisiológica; no estarían motivados por lo que Freud había supuesto, a saber, por el deseo de resolver a lo largo de la noche una serie de necesidades no satisfechas y problemas pendientes, pertenecientes a la actualidad diaria o a la temprana infancia, a través de un “proceder de tanteo peculiar del micromundo de los sueños”. Con el modelo sintético de activación, los neurólogos volvían a posiciones pre-

freudianas: los sueños serían una suerte de exudado sin sentido.

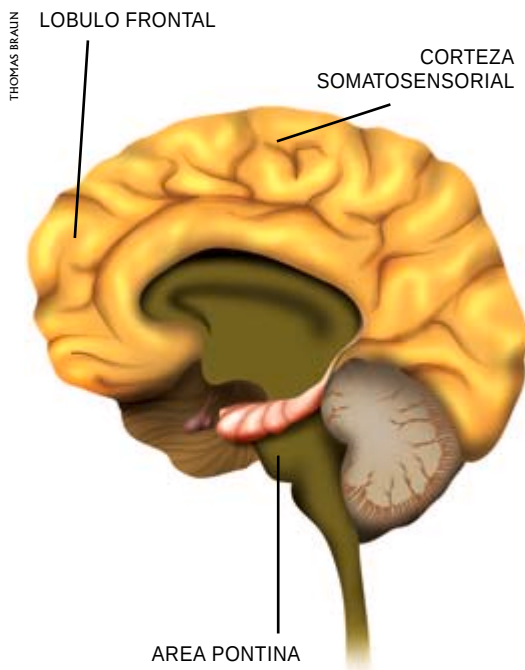
Pero los resultados de otras investigaciones obligaron a un replanteamiento de ese enfoque. Los más eficaces a este respecto fueron los estudios sobre pacientes con lesiones cerebrales, en los que, gracias a los nuevos procedimientos, podía localizarse con exactitud el daño.

Cierta investigación sobre veintiséis pacientes mostró que una lesión en el área

pontina ocasionaba una pérdida casi siempre completa del sueño paradójico, aunque sorprendentemente sólo uno de ellos declaró que había dejado de soñar. Por el contrario, se tiene noticia de más de cien pacientes con “pérdida de la capacidad de soñar”, en quienes los daños no afectaban al área pontina, sino otras regiones diferentes. Aunque sin sueños, todos estos individuos conservaban la fase REM, sin ningún tipo de merma en su duración.



1. EL SUEÑO DE LA RAZON. Los miedos irracionales pueden tener su raíz en recuerdos inconscientes.



2. SUEÑO SIN ENSOÑACION. La fase REM del sueño está relacionada con la región pontina, pero el soñar depende del lóbulo frontal y la corteza somatosensorial.

Estos datos permiten suponer que las regiones cerebrales responsables, respectivamente, de la ensoñación y del sueño paradójico, se encuentran anatómicamente alejadas entre sí. Decisivos para el sueño paradójico son los ya mencionados grupos celulares del área pontina. En cambio, la pérdida completa de

la capacidad de soñar se origina por lesiones en dos áreas de la corteza cerebral. Una de ellas se localiza bilateralmente en la corteza somatosensorial y en los campos situados en su inmediata vecindad. Esta primera zona parece intervenir en la conversión de las percepciones en pensamientos abstractos; ello concuerda con la hipótesis según la cual los estímulos percibidos durante el estado de vigilia se asocian, en los sueños, con imágenes y pensamientos abstractos.

El impulso primario o libido

La segunda región se halla a ambos lados del lóbulo frontal; muy profunda, por encima de las órbitas oculares. En ese lugar, durante el sueño, un haz de fibras nerviosas transmite a la corteza cerebral informaciones procedentes del mesencéfalo. Se ha observado en dicha región un centro motor que nos impele a buscar en el mundo exterior distintas posibilidades de satisfacer nuestras necesidades biológicas más arraigadas. Esto guarda una relación directa con la función que ya Freud en 1900, en su teoría de la interpretación de los sueños, había adscrito a la libido al designarla como el impulso primario de los sueños. ¿Tenía razón Freud? Mark Solms, psicoanalista y neurólogo, resume así la cuestión: “El estado

actual de la investigación empírica en las neurociencias nos permite tomar en serio la hipótesis central de Freud, formulada ya hace más de cien años en su libro sobre la interpretación de los sueños; a saber: que los sueños son fenómenos motivados y que su impulso son los *deseos*”.

Los estudios con tomografía de emisión de positrones (PET) y otras técnicas de formación de imágenes han confirmado, basándose en hallazgos anatómicos, las hipótesis de Solms. Nuestro propio grupo psicoanalista, conjuntamente con otros dedicados a la investigación cerebral, está trabajando en torno a la comprobación de esta hipótesis mediante la resonancia magnética nuclear funcional (RMNf).

Con todo, el diálogo con las neurociencias no sólo tiene interés para la investigación básica, sino también para la práctica cotidiana de los psicoanalistas y terapeutas. Veamos un caso paradigmático. La señora B. se encontraba en una situación desesperada cuando decidió acudir al psicoanálisis. Le resultaba imposible salir de casa, debido a la angustia que ello le causaba; la aglomeración de gente le producía ataques de pánico. Hasta tal punto se sentía así atenazada, que se vio obligada a dejar, hacía unos meses, su puesto de trabajo.

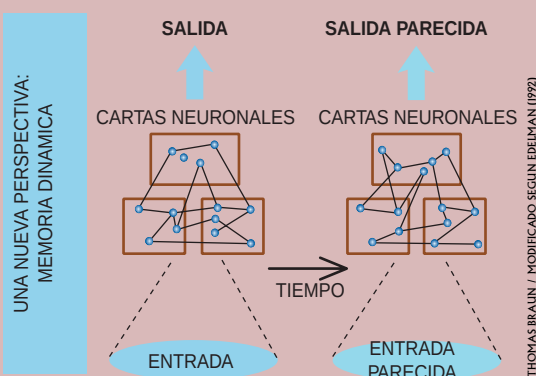
Sufría también ataques de migraña, así como trastornos del sueño y de la alimentación. Las relaciones con su marido le resultaban insoportables, pero, al mismo tiempo, reaccionaba con pánico si éste debía emprender un viaje. En el curso de la terapia psicoanalítica reconoció además que la frigidez y la esterilidad le ocasionaban una notable ansiedad.

La señora B. mostraba ciertas semejanzas curiosas con otras diez mujeres que, por estar aquejadas de una esterilidad psicógena, habían acudido a mi consulta. Todas habían sufrido graves experiencias traumáticas en su infancia. En todos los casos, la madre había padecido, durante los primeros meses de vida de sus hijas, profundas depresiones posparto que habían necesitado de tratamiento con psicofármacos durante semanas. Tal enfermedad lastró la relación entre madres e hijas.

En todos los casos también faltó la figura de alguien (un padre, una abuela o incluso una niñera) que pudiera haber compensado la carencia de atención materna. Además, todas las mujeres, en la edad preescolar, habían sufrido separaciones traumáticas de sus progenitores. El padre de la señora B. abandonó la familia tras una dramática crisis de pareja; mi paciente no volvió a verlo nunca más.

Los recuerdos mienten

La investigación neurológica ha rechazado la idea de que el cerebro almacene el conocimiento de la forma en que lo retiene un ordenador. El saber no se recopila estáticamente sino de una manera dinámica; ello implica que cambia con el paso del tiempo. En los mapas neuronales se establecen nuevos enlaces entre las neuronas, pero también se deshacen otras conexiones y se refuerzan otras más. En el proceso rememorador se utilizan los mapas neuronales, pero los



recuerdos revividos nunca guardan una correspondencia exacta con los originales.

En el curso de la relación terapéutica, la señora B. fue recordando paulatinamente las numerosas situaciones de su infancia que constituían para ella una carga onerosa. Comenzó a entender y a “elaborar” las emociones y fantasías ligadas a ellas. Superó su fobia, encontró un nuevo trabajo y recuperó su vitalidad. Las migrañas y los trastornos del sueño sólo volvieron a aparecer en contadas ocasiones. Terminado el tratamiento, satisfizo su antiguo deseo infantil.

El ejemplo aducido nos revela que las experiencias traumáticas tempranas pueden determinar nuestra forma presente de pensar, sentir y actuar; de provocarnos incluso episodios de enfermedad. El que los pacientes consigan recordar durante la terapia contenidos inconscientes de la memoria y sentimientos penosos remotos puede promover, sin duda, cambios positivos.

Pero, ¿cómo es posible acordarse de experiencias que se remontan hasta el primer año de vida? ¿Cómo podemos ofrecer una explicación neurocientífica de la transformación de la sintomatología de una mujer sometida a terapia psicoanalítica mediante el acto de recordar? ¿Puede, por último, mostrarnos la investigación neurológica de qué modo el cerebro “aprende de nuevo” y abandona, en ese proceso de adaptación, un comportamiento inadecuado?

Nuestro cerebro no es un computador

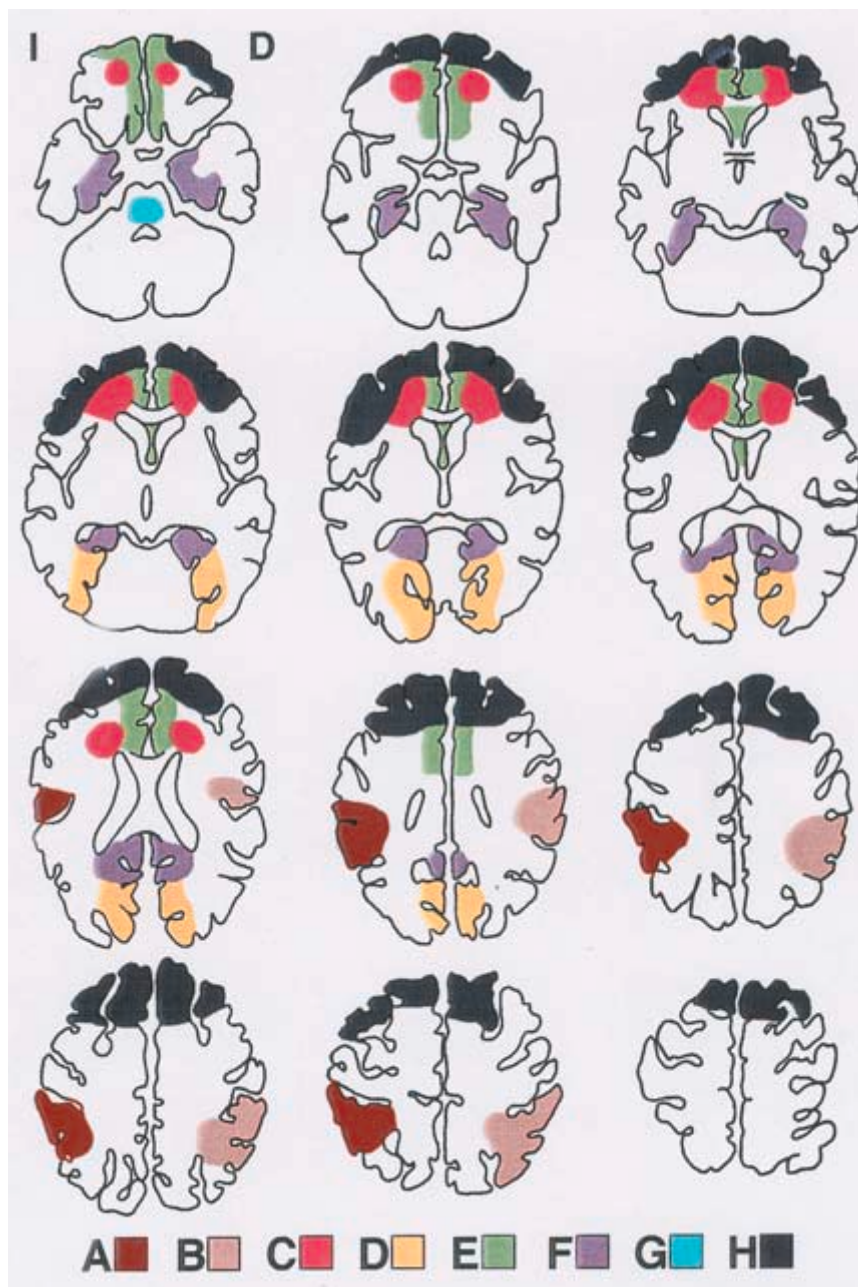
Por razones éticas nos está vedado explorar a los pacientes psíquicos con técnicas de formación de imágenes (PET y RMNf) durante las sesiones terapéuticas. Por eso, no sabremos nunca qué procesos tienen lugar en el cerebro durante una situación terapéutica determinada. Debemos referirnos, por tanto, a estudios de neurociencia básica y comparar con ellos nuestro modelo psicoanalítico-clínico.

En ese contexto, debería abandonarse cierto modelo clásico sobre el funcionamiento de la memoria, de amplia difusión en el campo del psicoanálisis, que todavía se expone en determinados manuales de psicología. Según dicho modelo, nuestro cerebro almacena el saber en la memoria a largo plazo, de forma análoga a como lo hace el disco duro de un ordenador. La información podría transferirse a la memoria a corto plazo, en caso de que los programas cognitivos de reconocimiento —los llamados “programas de geniecillos”— reconociesen similitudes entre la situación presente y otra acaecida previamente. Si el “censor interno” no se interfiere, el saber almacenado alcanza la memoria a corto

plazo, para instalarse allí, como saber actualizado, a disposición del proceso de resolución de un problema nuevo.

Pero la investigación en el dominio de las neurociencias y de la biología del desarrollo ha demostrado que este modelo del funcionamiento de la memoria es falso. El cerebro humano no funciona

como un ordenador. En el cerebro no existe ningún almacén fijo, donde se conserven los saberes y los sentimientos en la memoria a largo plazo y del que puedan volver a recuperarse. Este cambio de paradigma ha sido ya adoptado por la ciencia cognitiva, en su incorporación de los resultados de las investigaciones



3. FORMACION DE IMAGENES CEREBRALES Y FREUD. Con la tomografía de emisión de positrones (PET), los investigadores del sueño ponen de manifiesto las regiones cerebrales que intervienen en la ensoñación (A-H). La imagen muestra distintos cortes en orden ascendente, desde la base del cerebro hasta las zonas más elevadas. Las lesiones en los campos A y B (sobre todo en la corteza somatosensorial) y en el “centro motor” situado profundamente en el lóbulo frontal (C) conllevan una pérdida total de la capacidad de soñar.

Debilidad del psicoanálisis

El psicoanálisis se basa en la hipótesis de que las experiencias cruciales tempranas determinan significativamente toda nuestra vida. Los conflictos insolubles entre los impulsos, a los que Freud denominó “ello”, y las exigencias morales o sociales, el “super-yo”, son expulsados al inconsciente. Desde allí pueden desencadenar trastornos psíquicos. Consecuentemente, para que un paciente se cure de su enfermedad, tiene que recordar en la terapia la situación conflictiva acaecida en su primera infancia, hacerla consciente y elaborarla. Esto al menos es lo que sucede en teoría.

A pesar de que el psicoanálisis es uno de los procedimientos más utilizados en la práctica terapéutica, sigue existiendo, tanto entre sus practicantes como entre los científicos con un método de trabajo empírico, una gran controversia en torno a su eficacia. Así, para Frank Rösler, profesor de biopsicología de la Universidad Philips de Marburgo, el psicoanálisis es un logro histórico-cultural importante que ha posibilitado muchas hipótesis interesantes. Pero, en sí, no es una ciencia, porque carece de fundamentación empírica. No constituiría una teoría científica al no satisfacer los criterios de contrastación y objetividad.



FRANK RÖSLER es profesor de psicología general y de biopsicología en la Universidad Philips, de Marburgo.

sobre la función de la memoria provenientes de la biología.

Los nuevos modelos cuentan que nuestro cerebro debe adaptarse a un medio en continuo cambio. Para ello utilizamos, por supuesto, conocimientos adquiridos con anterioridad, pero hemos de “escribirlos de nuevo” y adaptarlos a la situación actual. Si nuestra memoria funcionara como un ordenador, no podríamos reconocer la quinta sinfonía de Beethoven (¡ta-ta-ta-taaa!) cuando nuestro vecino la toca al piano, pues un piano no produce las mismas señales acústicas que una orquesta sinfónica. Pero nuestro cerebro, cuando se encuentra en estado activo y creativo, es capaz de reconocer sin dificultad la analogía entre una percepción actual y otra anterior. Se trata de una capacidad fundamental, que puede observarse incluso en niños pequeños.

Un niño de ocho meses, sentado ante una mesa sobre la que hay manzanas y periódicos, se llevará a la boca todo, sin hacer ningún tipo de distinción. Pero, tras un corto intervalo de tiempo, desechará los periódicos para atrapar sólo las manzanas. Si, dos horas más tarde,

colocamos sobre la mesa peras y revistas de vivos colores, el niño tomará las peras e ignorará las revistas.

Los movimientos coordinados realizados por el ojo, la mano y la boca posibilitan que el niño, siendo aún incapaz de hablar, pueda construir *categorías* (“fruta apetitosa” frente a “objetos de papel”). Gracias a ello, empieza a utilizar, de forma creativa, el conocimiento adquirido no sólo ante situaciones idénticas, sino también en situaciones análogas futuras.

¿Qué interés encierra lo anterior para una mejor comprensión del proceso de rememoración que se lleva a cabo en una sesión terapéutica? En el recordar, los sucesos muy complejos, que fueron vividos en situaciones pretéritas y convertidos posteriormente en pensamientos y sentimientos, no se recuperan tal cual de la memoria; sucede, más bien, que el cerebro, ante una nueva, aunque comparable, situación, construye pensamientos y sentimientos que sólo se parecen a parecerse a los que intervinieron en la condición originaria. Con otras palabras: nunca experimentamos exactamente en una situación actual los mis-

mos sentimientos, pensamientos y acciones que en una previa, sino otros nuevos, específicos, que se limitan a guardar una cierta similitud con los originarios.

Recuerdos preverbales

Cada vez que tenía lugar la separación de su marido o de su psicoanalista la señora B. reaccionaba con sentimientos de pánico y de desesperación, comparables a los que había sufrido, a buen seguro, tras la pérdida de su padre. En la memoria de la señora B. ese trauma se hallaba, además, ligado a experiencias, asimismo traumáticas, muy precoces en relación con su madre depresiva. Por culpa de esa afección, la madre sería incapaz de caer en la cuenta de las exigencias de su hija, no digamos ya satisfacerlas. Todo ello ocasionó en la señora B., desde la misma lactancia, una serie de vivencias corporales negativas, crisis de miedo cervical y trastornos de la alimentación y del sueño.

El pánico y la desesperación eran, por tanto, en el caso de la señora B., “recuerdos” preverbales inconscientes. Más tarde, en el curso de su vida, se iban exteriorizando de forma recurrente: en la lactancia, en la niñez, en la infancia, en la juventud y, finalmente, en su matrimonio y en el psicoanálisis. En todos estos contextos, los contenidos de la memoria “volvían a escribirse siempre de nuevo”. La señora B. reaccionaba en cada situación nueva con unos sentimientos equiparables a los que había tenido en su época de lactante, sólo que ahora éstos habían dejado de ser adecuados.

Esta teoría de la memoria que acabamos de esbozar explica por qué se busca establecer en la terapia una nueva experiencia de relación de carácter integrado: para comprender esos procesos expirados y eliminados de la consciencia. Los pacientes no pueden, apretando un botón, “reclamar” de un supuesto “almacén” cerebral los recuerdos ligados a situaciones morbígenas del pasado. Deben, por el contrario, establecer, primero, una relación intensa nueva, en la cual queden reflejados los recuerdos negativos vinculados a las relaciones previas. Tal es el papel fundamental del terapeuta: ofrecer al paciente una relación que le ayude a comprender los recuerdos que se van exteriorizando a través de la misma y que le sirva de punto de arranque para que aflore en la consciencia lo que hasta entonces había estado sumido en el inconsciente.

Por lo demás, este punto de vista es, con mucho, el predominante en el psicoanálisis actual, independientemente

de las investigaciones biológicas sobre la memoria y de la ciencia cognitiva. Muchos psicoanalistas han afirmado que sus pacientes no experimentan cambios en su condición hasta que “lo inconsciente no se torna consciente”, tal y como postulara Freud. El paciente, a través de lo que se conoce como transferencia sobre el terapeuta, tiene que revivir los sentimientos y fantasías repulsivos, que, en la mayoría de los casos, se manifiestan de forma muy intensa. Sólo entonces empieza a comprender, con la ayuda terapéutica, por qué esos sentimientos en la actual situación han dejado de ser apropiados. Esta es la razón por la que los trastornos de la conducta y las perturbaciones psicosomáticas, cuyas raíces se remontan a la niñez, necesitan, en la mayoría de las ocasiones, no pocas horas de terapia para ser encauzados.

Las neurociencias enseñan al psicoanálisis el funcionamiento del cerebro humano. Pero del diálogo con el psicoanálisis pueden beneficiarse, a su vez, los neurólogos. Howard Shevrin, neurólogo y psicoanalista de la Universidad de Michigan, ve así dicha mutua interacción: “El psicoanálisis, basándose en su específica investigación de campo, con más de cien años ya de tradición, y en su minucioso trabajo llevado a cabo con los enfermos psíquicos, ofrece a los neurólogos un conjunto de teorías que describen en un plano complejo el proceso de integración anímico. Además, el psicoanálisis tiene siempre presente —a pesar de todas sus generalizaciones— la subjetividad insustituible y el contexto personal y biográfico del individuo”.

MARIANNE LEUZINGER-BOHLEBER es profesora de psicología en el Instituto Psicoanalítico de la Universidad de Kassel y directora interina del Instituto Sigmund Freud de Frankfurt.

Bibliografía complementaria

ERINNERN IN DER ÜBERTRAGUNG: VERGANGENHEIT IN DER GEGENWART? M. Leuzinger-Bohleber y R. Pfeifer, en *Psyche* 52, vol. 9/10, p. 884; 1998.

TRAUMDEUTUNG UND NEUROWISSENSCHAFTEN. M. Solms, en *Hundert Jahre “Traumdeutung” von Sigmund Freud*. Dirigido por Starobinski *et al.* Fischer; Frankfurt a. M., pág. 101; 1999.

TRAUM-EXPEDITIONEN. Dirigido por S. Hau *et al.* Edition Discord; Tübingen, 2002.

Psicología del deporte

Disparan a la portería, corren apresurados por los bosques, saltan para caer en un foso de arena o levantan pesos hasta que los huesos crujen. Algunos persiguen durante años récords y medallas. ¿Qué es lo que impulsa a los hombres a hacer deporte? ¿Dónde reside el secreto del campeón?

Jan-Peters Janssen

Una infernal carrera hasta el oro: el 17 de junio de 1956, en la jornada de clausura de la competición hípica de las Olimpiadas, en Estocolmo, se decide el salto de obstáculos junto con el Premio de las Naciones. En la pista corre Günter Winkler sobre la yegua “Halla”. Al saltar el penúltimo obstáculo, una valla de paja de 1,60 metros de alto, el jinete de repente da un grito de dolor. “Halla” sigue su carrera, tira la barra del último obstáculo, pero lleva a Winkler hasta la meta. Diagnóstico de los médicos: una hernia inguinal grave. El jinete, de 29 años, debe ser hospitalizado; imposible iniciar la segunda manga. ¿Imposible? Winkler ve marcada la decepción en las caras de sus compañeros: con su retirada se esfumaría la posibilidad del oro olímpico en la modalidad por equipos.

“Puedo hacerlo”, decide en contra de la opinión de los médicos y ayudantes. Se le inyecta un calmante y entre todos lo acomodan en la silla de montar. Apenas puede mantenerse sentado. Aunque Winkler lleva las riendas, no puede apretar las piernas para dar la orden de salto a la yegua. El animal deberá superar los obstáculos por sí solo y en el momento adecuado... y lo hace magistralmente (véase la figura 3). En la valla triple de la segunda manga se oyen los gritos de dolor del jinete. Pero Winkler será el único de estos Juegos Olímpicos en terminar una manga sin penalización: ¡oro para el caballo y el jinete, oro para el equipo alemán! Andando el tiempo, el medallista comentaría que su “Halla” era “una mezcla de genio y cabra loca. Los dos teníamos un punto de demencia”.

Este caso expuesto constituye un ejemplo sintomático de la “voluntad de ganar”, fenómeno al cual, dentro y fuera del deporte, los psicólogos atribuyen cuatro formas de vivencia subjetiva: encontrarse ante una tarea enormemente difícil, decidir hacerle frente, confiar en la propia capacidad y acometerla con denuedo, no importa lo que pase.

Pero, ¿cómo se consigue rendir al máximo en el deporte? ¿Qué tipo de personalidad tienen los deportistas de elite? ¿En qué difieren de los deportistas normales y del resto de los mortales? ¿Qué entramado especial de motivos encontramos en el deporte y qué papel representan las emociones?

Observa la investigación y recoge la psicología que las prestaciones excepcionales y la extraordinaria productividad de las personas con talento nacen de la interacción de tres factores: aptitud, obsesión emocional por la tarea planteada y aprendizaje inteligente a partir de la experiencia. Por esto último se entiende el aprendizaje del oficio necesario en cada caso; si se trata de un compositor, el trabajo con partituras.

El talento deportivo se basa en una especial aptitud “cinestésico-propioceptiva”: la capacidad de coordinar inconscientemente los movimientos de las diferentes partes del cuerpo al percibir señales de tendones, músculos y articulaciones. Este don se manifiesta lo mismo en la capacidad sensible de diferenciar estímulos corporales o extracorporales, que en la capacidad de excitar espontáneamente secuencias motoras. Conocemos manifestaciones singulares de este talento: su combinación con una especial velocidad, fuerza, agilidad y resistencia. Los prototipos de las correspondientes combinaciones son entonces el

velocista, el culturista, el gimnasta y el fondista.

Pero la capacidad física, por sí sola, no basta. También cuenta la psique. En el deporte de alto rendimiento importan todas las motivaciones relacionadas con la propia conservación y la de la especie, así como con la búsqueda de estímulos. Con el éxito un deportista refuerza su autoestima. Dentro del grupo en el que entrena satisface necesidades sociales. Descubriendo sus posibilidades o enfrentándose conscientemente a peligros y superándolos, aplaca su curiosidad innata. También influyen las emociones negativas de enojo (frustración y rabia), miedo (unido al estrés), decepción (preocupación y tristeza) y vergüenza. Intervienen, igualmente, sentimientos positivos de alegría (unida al orgullo) y sorpresa.

Por último, el rendimiento deportivo depende también de la resistencia y de la coordinación del organismo. Un entrenamiento de larga duración combina ambos elementos hasta conseguir la prestación óptima. De la preparación adecuada se ocupa la teoría del entrenamiento: planificando un entrenamiento básico, otro preparatorio y otro de alto rendimiento durante varios años, calculando un esfuerzo progresivo y continuado durante el entrenamiento, así como dividiéndolo en períodos y ciclos a lo largo del año.

Los deportistas acostumbran alcanzar su máximo rendimiento en el punto álgido de su madurez biológica —entre los 18 y 30 años— y después de haber entrenado entre diez y quince años. El momento

1. SANGRE, SUDOR Y LAGRIMAS.

En el deporte los *motivos*, como indica su etimología, incitan a moverse.





2. APOGEO DE LOS SENTIMIENTOS. Las emociones intensas actúan negativamente sobre nuestra capacidad de rendir. Pero sin un ápice de sentimiento tampoco superamos retos importantes.

preciso depende de cada disciplina. En el esprint o en natación se trata de dominar la interacción de tendones y músculos. Por eso la prestación óptima de un velocista guarda relación estrecha con el momento biológico de mayor vigor. Suele darse entre los 21 y los 25 años. Tienen que esforzarse más tiempo los atletas en disciplinas que requieren especial concentración mental y coordinación, como los golfistas o jugadores de billar. También los jinetes, quienes practican el vuelo sin motor o los regatistas alcanzan su cenit a los treinta años aproximadamente.

¿En qué difieren de las personas “normales” los deportistas de elite? Filóstrato, autor clásico contemporáneo del emperador romano Marco Aurelio (siglo II d. C.), observó el comportamiento de los atletas de la Olimpia griega y de los gladiadores de Roma. Fue el primero en relacionar la constitución física con la aptitud para la competición: los atletas corpulentos participaban en Olimpia exclusivamente en el boxeo. Por lo demás sólo se les podía ver entre los gladiadores, aunque no había gladiadores pronunciadamente gruesos. Con otras palabras, los deportistas tienen una buena figura.

Gordos sólo son los luchadores de sumo

En la época moderna, Ernst Kretschmer (1888-1964), psiquiatra alemán, distinguía tres tipos constitucionales: pícnicos (obesos), leptosomáticos (de constitución delgada) y atléticos (de constitución normal y musculosos). A los Juegos Olímpicos de verano de Amsterdam, en 1928, se remontan los primeros trabajos antropométricos de la constitución física, que

han venido aportando mayor precisión a las observaciones de Filóstrato. En ese ámbito de investigación, una constitución atlética por naturaleza se adecua especialmente a los deportes que requieren fuerza y elasticidad, mientras que los delgados tienen ventaja en disciplinas de resistencia, sobre todo en carreras de fondo. La tendencia a la obesidad, por el contrario, supone un obstáculo manifiesto para una prestación deportiva de gran nivel, salvo en el caso de los luchadores japoneses de sumo.

Resulta interesante observar que la constitución física viene acompañada por una determinada predisposición del carácter: una cualidad psíquica polar

que, de acuerdo con el psicoanalista suizo Carl Gustav Jung (1875-1961), seguimos denominando “extraversión frente a introversión”. Se habla de extraversión cuando se tiene un carácter abierto hacia otras personas y jovial, mientras que la introversión implica un talante reservado, proclive a la soledad y selectivo en la elección de los amigos. ¿Qué tiene que ver esto con la constitución física? Se demostró que los deportistas atléticos mostraban una tendencia a comportamientos extrvertidos, mientras que en los corredores delgados se aprecia una tendencia a la introversión.

Sobre la relación entre la extraversión y el atletismo esbozó una famosa teoría Hans Jürgen Eysenck (1916-1997). Según este psicólogo experimental, la corteza cerebral desarrolla menos actividad en las personas extrvertidas que en las introvertidas. Las diferencias se manifiestan sobre todo en el sistema de activación reticular ascendente, un conjunto de fibras nerviosas que van del tronco cerebral hacia el cerebro y condicionan nuestra conciencia y nuestra atención. Para estimularse de modo óptimo, prosigue Eysenck, los extrvertidos buscan estímulos sensomotores de todo tipo, mientras que en los introvertidos se advierte un comportamiento que tiende a evitar estímulos.

Esta teoría del grado de excitación cortical de la extraversión e introversión la han comprobado los estudiosos con resultado dispar. En 1988 un trabajo de meta-análisis, que cribaba numerosas investigaciones, confirmó las suposiciones básicas. Probablemente podamos

Entrenamiento mental

Los deportistas recurren a estrategias mentales muy dispares para optimar las secuencias motoras. Los psicólogos distinguen tres niveles: el habla interior, la visualización interior y el entrenamiento ideomotor.

En el habla interior el atleta va emitiendo en silencio las órdenes para ejecutar una prueba determinada. Para un ejercicio de gimnasia sobre el suelo sería algo así como: “Apoyar la cervical en el suelo y levantar el cuerpo; poner las manos junto a la cabeza mientras se baja el tronco, las caderas y las piernas estiradas hasta la horizontal; levantar con fuerza hacia adelante las caderas y las piernas, haciendo fuerza al mismo tiempo con cabeza y brazos; estirar los brazos y después impulsarse con fuerza hacia arriba; estirar cuerpo y piernas; amortiguar la caída y levantar los brazos”.

Al representarse mentalmente la prueba, itera el mismo proceso, como si lo contemplara en una película. Por último, el entrenamiento ideomotor, que no se basa en la fuerza imaginativa de las imágenes, se apoya en sensaciones subjetivas rítmicas y cinestésicas. El cuerpo, por así decirlo, siente como si realizara unos movimientos determinados sin ejecutarlos realmente. El entrenamiento ideomotor es la culminación del entrenamiento mental.

3. MIENTRAS SE ESTE MOTIVADO.

En la competición hípica de los Juegos Olímpicos de 1956, Hans Günter Winkler volvió a la pista a pesar de que acababa de sufrir una hernia inguinal muy dolorosa; ganó la medalla de oro montando a “Halla”.

partir de la idea de que los extrvertidos tienden al deporte más que los introvertidos, pues su bajo nivel de excitación les impele a estimularse con la actividad física. También tienden más a la aventura y al riesgo y pueden soportar mejor el dolor, cualidades todas estas que resultan útiles en diversas modalidades deportivas.

El neuroticismo —un concepto de Eysenck para designar la dimensión del autocontrol y la labilidad— reviste su interés en el deporte. El neuroticismo se asocia al miedo. Un poco de miedo libera una fuerza motivadora que actúa como motor para acometer una tarea. Una angustia excesiva, por el contrario, hace que se pierda la concentración. Estos pensamientos perturbadores se llaman, en el argot psicológico, “cogniciones irrelevantes para la tarea”.

Menoscaban el rendimiento los pensamientos que afectan a nuestra autoestima: el miedo a fracasar. Ahora bien, su ausencia total puede provocar que la tarea a la que nos enfrentamos nos resulte carente de interés. Un grado normal de miedo es, por tanto, óptimo en el deporte, mientras que más miedo obstaculiza el rendimiento, lo mismo en los deportistas comunes que en los de elite. Esta afirmación la conocemos por la relación entre rendimiento y estimulación emocional, según esbozara ya Donald Hebb en 1972 (véase la figura 2).

El sentimiento de enojo constituye otra moneda de doble cara: unas veces incita a prestaciones singulares y en otras dificulta el rendimiento (cuando un deportista pierde el control y provoca que le sancionen). De modo diferente reaccionó la esquiadora rusa de fondo Larissa Lazutina. Durante los Juegos Olímpicos de invierno de Salt Lake City fue descalificada de la carrera de relevos por un valor excesivo de hemoglobina. Muy dolida, tres días después luchó “llena de rabia” en la modalidad de 30 km hasta conseguir la medalla de oro.

El instinto asesino es necesario

¿Qué función desempeñan en el éxito deportivo los escrúpulos y el juego limpio? Depende, en buena medida, de la modalidad deportiva y de cuán reñida sea

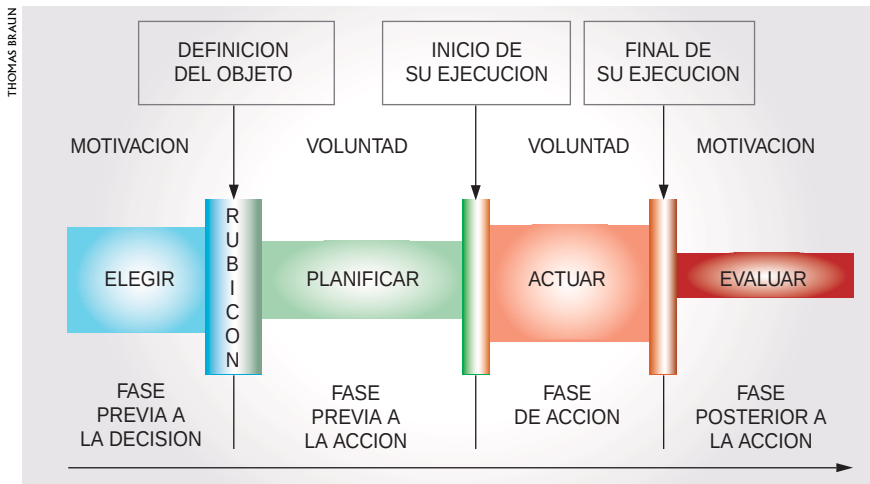


la competencia por llegar a lo más alto. Así, las personas con “instinto asesino” suelen cosechar gran éxito en los deportes de equipo. Para intimidar o dominar al adversario, no rehúyen ni siquiera las faltas.

Por eso hay quien iguala deporte a liberación de la agresividad. Se apoyan en los actos violentos de los campos de fútbol: pisotones sobre el contrario caído, codazos y demás (véase la figura 5). La competición deportiva es un enfrentamiento sujeto a reglas, en el cual se hace uso de medios relacionados con la motricidad y el cuerpo. También forma parte de la competición la neutralización del contrario, incluidas las faltas tácticas. En fútbol, balonmano, waterpolo y hockey sobre hielo el noventa por ciento de las faltas se atienen al reglamento, de modo que no se puede expulsar del partido ni del campo a quien comete la infracción. Sólo un siete por ciento vienen a ser faltas con aviesa intención de causar daño; del tres por ciento restante no se dispone de una clara determinación. De ello se infiere que la mayoría de las infracciones se cometen por razones tácticas, para impedir el ataque contrario, como un lance normal del juego.

En las modalidades individuales se manifiesta también la tendencia a contravenir las reglas del juego limpio. Atañen, por lo común, al consumo de estimulantes, una frontera que algunos atletas de elite atraviesan sin escrúpulos. ¿Qué decir de la actividad sexual de los deportistas? No se dispone de datos fiables. Eysenck preguntó a universitarios con edades entre 18 y 28 años sobre sus hábitos y la frecuencia con que practicaban el sexo, y dividió los resultados en función de la extraversión e introversión. De acuerdo con la encuesta, los hombres y mujeres extrvertidos eran sexualmente más activos, sus hábitos eran más variados y cambiaban de pareja más que los introvertidos de la misma edad y sexo. Como los extrvertidos practican más el deporte que los introvertidos, se puede presumir que los deportistas son más activos sexualmente que los no deportistas de la misma edad. De todas formas, se trata de una hipótesis sin respaldo empírico todavía.

¿Qué motivos de tipo psicológico nos impelen a la práctica del deporte? De las encuestas realizadas en diferentes países occidentales sobre las razones por las que uno ejercita un deporte o lo encuen-



4. EJECUCION DE ACCIONES. El modelo del Rubicón propio de la psicología ilustra el proceso de motivarse, establecer un objetivo, actuar y evaluar *a posteriori*.

tra interesante se desprendieron los siguientes motivos:

- alegría, disfrute, relajación, cambio y entretenimiento;
- necesidad de movimiento: uno hace deporte para estar en forma, por la condición física, la salud y la figura;
- deseo de contactos sociales, pertenencia al grupo y compañía;
- elegir uno mismo, conocer los propios límites, hacer algo especial y compensar el estrés de la vida laboral.

Se mencionan además el afán de riesgo, conocer nuevas experiencias estéticas o ejercitar nuevas habilidades motoras. Si se reordenan todas estas declaraciones según un esquema general de motivaciones básicas humanas, entonces se pueden resumir del siguiente modo:

Motivos de supervivencia. Pertenecen a este grupo las necesidades físicas homeostáticas como el hambre y la sed, la regulación de la temperatura, el ritmo de sueño y vigilia o también la higiene. Entre los motivos mencionados por los deportistas pertenecen a esta categoría: la necesidad de movimiento, el deseo de mejorar la condición física, estar en forma, la salud y la figura; además, la conciencia del propio cuerpo, alegría, disfrute y compensación del estrés laboral, así como la relajación física y mental.

Motivos sociales básicos. Los psicólogos incluyen aquí la sexualidad, el amor, el instinto maternal, la búsqueda de protección, el afán de poder, la sumisión y la lealtad a una autoridad. Estas necesidades no se regulan por el principio de homeostasis. Entre los resultados de las consultas pertenecen a esta categoría el

deseo de contactos sociales, la comunicación, el rendimiento, la ascesis y la libre elección.

Búsqueda de estímulos. La curiosidad es una necesidad básica de todos los mamíferos. En el deporte se satisface sobre todo al correr riesgos, al buscar situaciones límite, cambios y entretenimiento, al aprender nuevas habilidades motoras y al adquirir nuevas experiencias estéticas. Por esta clase de motivos

los psicólogos entienden el comportamiento espontáneo que nos impulsa a descubrir nuestro propio entorno, explorar y manipular nuevos objetos; en resumidas cuentas, jugar. Tenemos una necesidad insaciable de estimulación sensorial y cognitiva. Asistir a conciertos, presenciar actos deportivos, ver la televisión, investigar... todo esto responde a la misma necesidad.

La diversidad del deporte permite que individuos de toda edad y formación sacien los intereses inherentes al ser humano. Por consiguiente, el principio básico de motivación en el deporte radica en la estimulación óptima de las funciones psicoanímicas centrales y secundarias.

Junto a ese elenco de motivos fundamentales, conocemos las razones particulares que nos incitan a determinadas acciones, decisivas si se quiere ganar. Debemos a Heinz Heckhausen un modelo del proceso de la motivación por fases, que arrancan del deseo, pasan por la decisión y arriban a la ejecución de un plan concreto y consiguiente evaluación posterior. (Se le conoce por modelo del Rubicón, en alusión a la decisión de César de luchar contra Pompeyo en el año 49 a.C.). También las decisiones en el deporte y su ejecución siguen este esquema. Volvamos a Hans Günter Winkler. Después de su hernia inguinal grave, quería renunciar a seguir compitiendo. Su inte-

La marca de los deportistas de elite

Desde los años sesenta, psicólogos de EE.UU. y Gran Bretaña han llevado a cabo estudios entre los atletas olímpicos de las más variadas disciplinas. Se han basado en tests de personalidad normalizados y han comparado los resultados con los de la población en general. El fruto de dicho trabajo puede repartirse en cinco grandes categorías del diagnóstico de la personalidad:

Inteligencia: los deportistas de elite, sobre todo los campeones olímpicos, son más inteligentes que la media.

Extraversión/Introversión: los deportistas de elite a menudo son extravertidos y muestran una destacada tendencia, por encima de la media, a la dominancia.

Carácter amistoso/Carácter hostil: los deportistas de elite tienden a ser más agresivos que las personas comunes.

Escrupulosidad/Falta de formalidad: los deportistas de elite tienden a afanarse más y son más perseverantes al perseguir tareas físico-motoras, aunque eso no impide que en parte tiendan a contravenir las reglas del juego limpio.

Autocontrol/Labilidad: los deportistas de elite controlan sus emociones en un grado normal; son algo más insensibles al dolor que la media de la población y, también, menos aprensivos.

5. UNA FALTA GRAVE. Las imágenes de jugadores que han sufrido una falta y se retuercen en el suelo no son extrañas en los campos de fútbol. Mas no por ello hemos de afirmar que el deporte no es otra cosa que dar rienda suelta a la agresividad.

El principal era su propia salud. Pero detrás se acumulaban otros objetivos: lealtad al equipo, evitar el ridículo (cabía la posibilidad de que la lesión resultase menos grave, pese al dolor), conseguir una medalla, etcétera. Como ya sabemos, Winkler decidió continuar.

¡Este caballo es un genio!

A esta fase de elección y decisión le siguió la preparación concreta de la segunda manga; en el caso de Winkler, la inyección de un calmante y confiar en la “inteligencia” de Halla. En la tercera fase, la auténtica carrera de obstáculos, el jinete lesionado tuvo que coordinar varias estrategias de control: controlar la carrera en función del tiempo y las penalizaciones; cumplir las reglas que determinan el recorrido a realizar; administrar sus fuerzas; sobreponerse al dolor; y calibrar las consecuencias del abandono, si no pudiera más.

La cuarta fase se caracteriza por la alegría con la victoria, el alivio porque la herida no se agravó, así como la esperanza de un pronto tratamiento y recuperación. En esta fase se produce a menudo la atribución causal, en la que se busca una explicación a la victoria inesperada: Arthur Schopenhauer llamó ya en 1813 la atención sobre nuestra voluntad por conocer las causas de los propios actos. Winkler, tras la hazaña increíble de su yegua, dio espontáneamente una explicación de la gesta: “Halla” era un genio.

Igual que la expectativa del éxito, el temor al fracaso puede incitarnos a un rendimiento excepcional. Una doble motivación que se da siempre la mano en el deporte de elite, y cuyos efectos conocemos. Si la expectativa del éxito predomina sobre el temor al fracaso, nos hallaremos *a priori* en el mejor camino para alcanzar el éxito. Los atletas redoblan los entrenamientos, tienen mayor confianza en sí mismos y superan las competiciones con mayor éxito.

Mucha gente practica un deporte para entrar en contacto con un grupo. Si predomina esta motivación, ¿mejora el rendimiento de un equipo? Se carece de trabajos fiables sobre el particular, aunque sí los hay sobre la cohesión del grupo;



éste se entrelaza fuertemente con la motivación individual. Hasta los años sesenta, en la investigación de pequeños grupos se consideraba válido el postulado de la amistad: sólo los equipos poco conflictivos y muy integrados consiguen grandes logros.

Hans Lenk, filósofo y medalla olímpica en 1960 en remo, ocho con timonel, descubrió que los equipos, a pesar de los conflictos internos, pueden ser muy competitivos: en 1960 y en 1964 los equipos alemanes de remo de ocho con timonel fueron campeones olímpicos y del mundo, aunque las relaciones interpersonales en los equipos, tanto en el agua como en tierra, eran bastante malas. Lenk lo demostró por medio de encuestas y mediciones sociométricas. Aun así, los psicólogos aprecian una interrelación entre la distribución de las tareas y la simpatía obtenida.

En sus propios estudios de campo con 64 equipos de balonmano, baloncesto y balonvolea, así como con 51 equipos de aeróbico, mi ayudante Andreas Wilhelm

demonstró que sólo el deseo de los miembros del equipo por cumplir y competir favorece el rendimiento, pero no el componente asociado a la trabazón social. Se ignora, por último, qué lugar ocupa el deseo de poder entre los motivos; algunos estudios sugieren que ejerce un peso mayor que la búsqueda de lazos sociales. No hay pruebas.

JAN-PETERS JANSSEN es catedrático de psicología del deporte en la Universidad Christian Albrecht de Kiel.

Bibliografía complementaria

MOTIVATION UND HANDELN. H. Heckhausen. Springer; Berlín, 1989.

METAANALYSEN ZUR PSYCHOPHYSIOLOGISCHEN PERSÖNLICHKEITSFORSCHUNG. M. Myrtek, en *Enzyklopädie der Psychologie*, dirigido por F. Rösler, Serie I: *Biologische Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung*, n.º 5, pág. 285. Hogrefe; Gotinga, 1998.

Gall y la frenología

A finales del siglo XVIII Franz Joseph Gall fundó su “doctrina craneal” o “frenología”.

El médico vienés despertó con ella tal revuelo, que su teoría fue prohibida en Austria y Alemania

Albrecht Schöne

La doctrina sobre el cráneo y el cerebro fundada por el médico vienés Franz Joseph Gall (1758-1828) a finales del siglo XVIII se proponía asociar las propiedades, facultades y disposiciones intelectuales a determinadas áreas de la corteza cerebral. A esas zonas circunscritas Gall las consideraba “órganos”.

Su empeño por comprender las bases materiales de la mente, a través de esa compartimentación topográfica del cerebro en que consistía su “organología”, carecía de fundamento. Pese a ese carácter especulativo, puso en marcha toda una serie de esfuerzos por “localizar” las funciones corticales, una línea de trabajo que ha persistido a lo largo del siglo XX. Incluso hoy en día, cuando las neurociencias cognitivas conciben el cerebro como una malla compleja, formada por miles de millones de células nerviosas entrelazadas multiformemente entre sí, situadas en puntos muy distantes unas de otras y coordinadas en la ejecución de sus tareas, sigue viva la preocupación por la localización. Con ese objetivo se recurre a las técnicas modernas de formación de imágenes (tomografía de emisión de positrones y resonancia magnética), que ponen de manifiesto las zonas donde se desarrolla una mayor actividad neuronal en un momento determinado.

La organología surgió muy pronto en la vida de Gall. En su adolescencia observó que los compañeros de clase con mayor facilidad para el aprendizaje tenían los ojos notoriamente aplanados. Andando el tiempo, Gall atribuiría ese rasgo a la presión ejercida sobre la cubierta ósea de las órbitas oculares por unas circunvoluciones cerebrales muy desarrolladas; creía,

en efecto, que en el lóbulo frontal, situado sobre la órbita, se encontraban los órganos de la memoria verbal y de la comprensión del lenguaje. Aunque estaba equivocado, su conjetura preparó el camino para el descubrimiento del centro del lenguaje, localizado definitivamente en 1861 por Pierre Paul Broca (1824-1880) en el campo frontal del hemisferio cerebral izquierdo, en la zona inferior de la tercera circunvolución cerebral.

Esa primera conclusión, que convertía a la fisonomía en dependiente de unas hipotéticas áreas cerebrales subyacentes, condujo a Gall a una idea peregrina: en principio, mediante la conformación externa del cráneo se podían deducir las capacidades intelectuales y las facultades caracterológicas fundamentales, así como las dotes e impulsos positivos y negativos. Gall, en un primer catálogo provisional, estableció 27 áreas de éstas, u órganos.

Para Gall, el vigor o la debilidad de estos órganos, en punto a rendimiento, dependía de su tamaño (y correspondientemente de su excitabilidad); a su vez, el volumen de las áreas cerebrales competentes determinaba en cada caso, actuando de dentro a fuera, la forma del cráneo. Cabía, pues, coleccionar los rendimientos inmateriales dependientes de dichos órganos mediante las eminencias (protuberancias) y depresiones craneales visibles o palpables, relieve producido por las áreas cerebrales subyacentes. Con esta “cranoscopia” o “frenología”, según dio más tarde en llamarse, el fisónomo Gall causó auténtico furor en la Europa de comienzos de siglo XIX.

Sus lecciones privadas, impartidas en Viena desde 1796, despertaron una expectación pública tal, que el emperador Francisco II, de su puño y letra, las prohibió en 1801, porque la “nueva doctrina de

la cabeza [...] conduce al materialismo, ya que ataca los fundamentos de la religión y de la moral”. Sin embargo, Gall había incluso localizado en el vértice del cráneo del hombre, en la coronilla, el órgano responsable del culto divino, lo que de paso constituía una prueba anatómica de la existencia de Dios.

No parece tampoco que se le pudiera acusar de determinismo neurobiológico, opuesto a la libertad de los actos morales, pues no atribuía un carácter de necesidad a las diferentes morfologías craneanas, en las que se manifestaban las disposiciones del intelecto. Gall defendía, por el contrario, que el ser humano “tiene capacidad para la verdad y el error, para la justicia y la injusticia, así como para mantener ideas propias de un ser independiente”; con ello podía “luchar contra sus inclinaciones”. Cuantos más “contraestímulos” de esta índole “lograra y potenciara a través de la educación, formación y socialización, tanto mayor sería su libre albedrío y su libertad moral”.

Pesó más la sospecha de materialismo expresada por el Emperador. Semejante acusación debe entenderse en un contexto temporal muy concreto: la revuelta revolucionaria jacobina y la negación de la inmortalidad del alma. En efecto, si las facultades del alma no eran más que un producto directo de la materia cerebral, ¿cómo podría aquélla perdurar tras la descomposición de ésta? Tal consecuencia fue formulada con agudeza por el fisiólogo Carl Vogt, quien en 1847 calificó las localizaciones de Gall de “vislumbres infantiles de la ciencia venidera”. Por otro lado, Vogt se adhirió sin reservas a la afirmación de Gall según la cual “todas las capacidades que ahora conocemos bajo el nombre de facultades anímicas son meras funciones de la sustancia cerebral”. No resulta extraño,



FUENTE: "SCHILLERS SCHÄDEL" DE ALBRECHT SCHÖNE

LA PALPACION DE LA CABEZA, DEPORTE DE MODA. En la litografía parisiense aquí reproducida que lleva por título 'Cours de phrénologie amusante' vemos a Gall señalando el cráneo de una dama sentada, lista para la exploración. Con el fin de que pueda percibirse la significación de las protuberancias o depresiones óseas, el maestro se remite a un busto con los órganos cartografiados. Detrás del marido, observador atento de la escena, se hallan dos niños jugando a remedar las exploraciones de Gall en la cabeza de una muñeca.

por tanto, que Vogt expresara que "el pensamiento tiene la misma relación con el cerebro que [...] la orina con los riñones".

En su escrito de defensa, Gall alegó que se había ceñido a "las herramientas corporales de las funciones anímicas" y que no debía confundirse "la esencia actuante con las herramientas que le sirven para actuar". Razón por la cual su organología, en verdad, "servía no sólo a la esperanza sino a la seguridad de una vida eterna del alma".

Pero su pliego de descargo no surtió efecto alguno en Viena. Por un decreto real, emitido en 1802, se le confirmó la prohibición de sus lecciones. Tres años más tarde, abandonó Austria, para no volver. De 1805 a 1807 Gall emprendió una gira de conferencias a través de Alemania, Dinamarca, Holanda, Suiza y Francia. En París residió desde entonces hasta su muerte, acaecida en 1828.

Sus lecciones, por cuya asistencia se pagaba, duraban varios días. En el curso de las mismas Gall disecaba ocasionalmente cerebros humanos y animales, pero por regla general demostraba su organología y cranioscopia sirviéndose de cerebros de cera, de cabezas de cadáveres llevadas consigo o enviadas y de vaciados en yeso. Palpaba las protuberancias y depresiones con morosidad.

Dictaminaba las aptitudes intelectuales y caracteriológicas que aquéllas ponían de relieve. De ese modo, introducía a la concurrencia en la práctica de los dictámenes cranioscópicos.

En el ámbito científico, las doctrinas de Gall se recibieron con mayoritario escepticismo. Pero esa reticencia fue compensada con el entusiasmo de otros dominios. Despertó un eco extraordinario en los medios de comunicación: gacetas periodísticas, artículos de revista a favor y en contra y representaciones gráficas, a menudo caricaturescas, propagaron su fama. Las doctrinas de Gall quedaron reflejadas en el arte del retrato y en la literatura.

Conferencias en Europa

En Potsdam su disertación dejó fascinados a la pareja real prusiana. El duque Carlos Augusto de Sajonia-Weimar-Eisenach (1757-1828) ordenó "exponer, preparar y componer cerebros humanos

en el gran salón, al que todos los médicos, cirujanos y público cultivado en general estaban invitados". Gall "dio diez lecciones abiertas al público y otras tantas restringidas al personal de la corte. Desde entonces todas nuestras damas no paran de hablar de los órganos y de palpar los cráneos; al final han tenido que ponerse pelucas para ocultar las partes débiles del suyo".

Extraemos del periódico *Kaiserlich und Kurpfälzbairisch privilegierte Zeitung* lo siguiente, correspondiente a un número de 1805: "En Berlín y en Dresde se encuentran por doquier cráneos pintados según las indicaciones de Gall (perfilados los distintos órganos y sus funciones), encerrados en campanas de cristal o en cajas de caoba, convertidos en adornos de los burós o de los escritorios de las damas y de los caballeros". Estos cráneos debían ser vaciados en yeso, como el que se recoge en la litografía parisiense. Pero no siempre era así. En 1826

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) mandó desenterrar y limpiar el cráneo de su amigo Schiller, muerto hacía más de veinte años. Lo expuso sobre un almohadón azul, guardado en un receptáculo de cristal móvil, fabricado a tal fin. Así lo mantuvo durante meses.

Gall mismo era un apasionado coleccionista de cráneos. En su trabajo seguía la máxima fisionómica de Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799). Abogaba este profesor de física experimental en Göttingen por “examinar los hombres más corpulentos, las prisiones y los manicomios, pues en estos terrenos están, por así decirlo, los tres colores primarios, de cuya mezcla surge lo restante”. En relación con este fin, Gall, ya en 1798, había expresado el deseo, en el *Teutschen Merkur* de Martin Wieland, de que “los genios de toda suerte” le nombraran heredero de su testa.

Con el cráneo de Kant no tuvo suerte. Del de Schiller, sí pudo hacerse con un vaciado realizado por Ludwig Klauer sobre la máscara mortuoria que reproducía su cabeza entera. Era en 1805 y se encontraba en Weimar. Del cráneo de Goethe tuvo que conformarse con una mascarilla, hecha en 1807, en vida, pues, del poeta. Pero no se dio por vencido. Todavía en 1827, escribía a Franz Brentano en los siguientes términos: “Por eso le suplico a usted que soborne a los allegados del genio único [Goethe] para que se conserve, allí donde sea posible, su cabeza al natural y, si esta propuesta repele a los suyos, para que, tras su muerte (a fin de hacer visibles las eminencias y las depresiones del cráneo) su cabeza sea cortada y pueda realizarse un vaciado en yeso, tanto por delante como por detrás”.

Gall “ha tenido el valor de dejar de lado todo tipo de prejuicios”, escribía en 1805 August Mahlmann (1771-1826) en *Zeitung für die elegante Welt*, periódico de Leipzig. “Ni Keppler, ni Newton, ni Locke, ni Montesquieu, ni Leibnitz ni Kant, si hubiesen querido presentar oralmente sus inmortales descubrimientos, habrían contado con un auditorio tan abarrotado, ni causado tan poderosa sensación.” No le faltaba razón.

Muy distintos fueron los resultados cosechados en Göttingen. La ciudad, sede de otra tanda de conferencias, atravesaba un momento crítico. En palabras de Heyne: “Se reconoce al observador independiente y de agudo ingenio que sabe combinar sugerentemente los datos. Pero carece totalmente del amor por la verdad, del amor por la verdadera gloria y por la ciencia misma; manifiesta además, de forma desvergonzada, una escandalosa voracidad por los bienes terrenales y la más baja de las codicias, deshonrando así a la ciencia”. Negativo fue también el informe emitido por el propio Gall: “En Göttingen fue donde mis expectativas quedaron más defraudadas. Desde la desgraciada invasión de los franceses esta universidad, otrora tan brillante, se ha hundido. Los docentes carecen de motivación y el número de estudiantes mengua por días. Diserté ante un auditorio muy escaso y me daba la impresión de estar siempre hablando con el venerable Blummenbach”. Aquí Gall no recibió ningún anillo de brillantes, como los que le dieron el rey prusiano y la princesa María Paulowna en Weimar. Así y todo, al siguiente noviembre, con motivo del aniversario de la ‘Sociedad de Científicos’, le fue enviado el diploma de corresponsal de la sección

de física (título que, por aquel entonces, sólo poseían alrededor de 150 sabios).

Gall y Goethe

Goethe, sin embargo, se sintió muy atraído por las doctrinas frenológicas. A través de los *Fragmentos fisionómicos* de Lavater, un notable anticipo de lo que posteriormente sería la teoría craneal de Gall, Goethe estaba ya familiarizado, en 1776, con las bases teóricas de la frenología. Incluso antes de que Gall viajara a Alemania para impartir su ciclo de conferencias, aparecen en su obra poética indicios de la práctica craneoscópica. En su preludio teatral *Lo que traemos*, de 1802, se habla de un viajero desconocido, del que se dice que parece “ser un fisionomista”, pero —continúa más adelante, bromeando— “sólo podré asegurarlo cuando me pida que le deje examinarme el cráneo según el nuevo método”.

“Estaba acostumbrado a observar el cerebro desde el prisma de la anatomía comparada”, escribe Goethe en sus *Diarios y Anuarios* en el año correspondiente a 1805. Por eso, la doctrina de Gall, “en cuanto se difundió, y pude reparar en ella, empecé a interesarme”. En julio de 1805 se trasladó a Bad Lauchstadt para asistir a las exposiciones de Gall en Halle. Presenció las disecciones cerebrales que realizaba para círculos restringidos, acudió a las conferencias públicas sobre craneoscopia y llegó incluso a recibir algunas clases privadas en la habitación de la fonda donde residió durante los días que estuvo aquejado de una enfermedad. Todo indica que Goethe estaba convencido de esta absurda teoría que sostenía que se podía diagnosticar la potencia funcional de los distintos órganos cerebrales por medio de las eminencias o depresiones del relieve del cráneo. De hecho, afirmó por entonces que “no es el cerebro el que se acomoda al cráneo, sino el cráneo el que se ajusta al cerebro”.

El juicio de Goethe sobre las doctrinas de Gall escuchadas en Halle debe abordarse desde el filtro de su propia evolución mental en 1817, fecha en que Goethe redactó la parte de sus *Diarios y Anuarios* correspondiente a aquella época. Escribe aún: “La conferencia de Gall podía considerarse la cúspide de la anatomía comparada”. Eso podía haberlo pensado en 1805. Pero, restringiendo el alcance de lo anterior, añade a continuación que, sin embargo, dicha doctrina, “al desvelar así sus secretos, privaba al espíritu de su libertad completa”.

Goethe no manifestó nunca ninguna crítica fundamental explícita contra la organología. Si bien dejó traslucir ciertos reparos sutiles en algunos de sus



escritos: “El que Gall, como suele ser llamado, inducido por su perspicacia se adentre demasiado en lo específico, nos lleva a elevar un caso aislado y aparentemente paradójico hasta convertirlo en generalidad comprensible. Pero las inclinaciones al homicidio, a la violencia y al robo y, de igual forma, el amor a la humanidad, a los niños o a los amigos [asociadas a un solo órgano], pueden ser entendidas bajo perspectivas más generales, a la par que se establecen relaciones entre ciertas tendencias y el predominio de ciertos órganos”. Sin embargo, cuando transcurridos algunos años desde esas líneas observó, con Alexander von Humboldt (1769-1859), las protuberancias, lisuras y depresiones del cráneo de Schiller, debería haber hablado —y no lo hizo— de “perspectivas más generales” y de “ciertas tendencias”; por no exigirle que se explayara sobre la licitud y la exactitud de tales evaluaciones craneoscópicas.

Goethe no rechazó nunca la frenología de Gall. No dejó ninguna declaración, expresa y terminante, de haberse equivocado. La verdad es que tampoco encontramos retractaciones suyas en otros campos de las ciencias de la naturaleza. La razón podría entreverse en lo que Goethe escribió a su amigo Zelter, el 5 de octubre de 1831, a propósito de la polémica del origen de la Tierra que enfrentaba a neptunistas y vulcanistas: “Debería reorganizar mi esquema mental, pero eso sería una verdadera pena”. Todavía en 1823, el canciller von Müller anotaba lo siguiente: “Goethe, en contra de sus críticos parisienses (Cuvier y Pinel), tomó partido por la doctrina de Gall”.

Pero, con el tiempo, la organología y la craneoscopia acabaron adquiriendo, también a sus ojos, trazos más frívolos. Se acercaba así a la postura mantenida por Friedrich Wilhelm Schelling (1775-1854) ante estos procedimientos. El filósofo había propuesto burlonamente, ya en 1807, que Gall “debía acudir alguna vez a una academia científica en donde se concitaran matemáticos, filósofos, físicos, filólogos, poetas e historiadores. Y, para desarrollar plenamente su experimento, ser conducido ante ellos en absoluta oscuridad o, todavía mejor, con los ojos vendados, para que la percepción del rostro no quedara perturbada por cualquier otro signo diferente y el examen [del cráneo] sólo se llevara a cabo mediante el tacto exclusivo de la mano. Lo que le conferiría, además, el aire de juego de la gallinita ciega”.

Tal consideración festiva de la frenología la hallamos, en Goethe, en *La teoría de los colores* (1810). Tras sus invec-

tivas contra Isaac Newton (1643-1727) y Christian Ernst Wünsch (1744-1828), escribe zumbón: “Casi nos gustaría creer que en el cerebro existe un órgano especial para estas curiosas operaciones intelectuales. Si Gall hubiera examinado alguna vez el cráneo de uno de estos ejemplares de la estirpe de los newtonianos seguramente habría podido darnos alguna explicación convincente”. Y cuando, más adelante, en 1812, en *Poesía y verdad*, menciona que “el tan inteligente como ingenioso doctor Gall” le había diagnosticado (en un dictamen frenológico que tuvo lugar en la ciudad de Halle en 1805) su capacidad para la gran-

“En Berlín y en Dresde se encuentran por doquier cráneos pintados según las indicaciones de Gall colocados en campanas de cristal o en cajas de caoba, convertidos en adornos de los burós o de los escritorios de las damas y de los caballeros”.



dilocuencia, afirmando que “había nacido realmente para convertirse en un orador de multitudes”, escribe a continuación, en unos términos impropios de un supuesto miembro de la estirpe de los gallianos: “Esta manifestación me horrorizó no poco, pues si hubiera sido acertada, habría resultado superflua cualquier cosa que hiciera, dado que sobre mi nación no había nada que decir. Habría sido una profesión totalmente malograda”.

Pero la reminiscencia más risueña de Goethe con respecto a la craneoscopia se oculta en su poema “Heredé de mi padre la estatura”, aparecido en 1827 e incluido entre sus *Epigramas domesticados* (cuyo motivo fundamental gira en torno a la pregunta: “¿Qué puede, pues, de todo infeliz / ser considerado original?”). Al informe mencionado más arriba sobre el diagnóstico del “orador de multitudes”, de Gall, le precede en *Poesía y verdad* una observación sobre las “dotes” de los padres de Goethe. Allí se señala una “cierta elocuencia didáctica” recibida del padre y “la facultad —heredada de la madre— de presentar de forma agradable y atrayente todo lo que la fantasía produce y puede concebir, de renovar antiguas narraciones conocidas, de crear otras nuevas y de contarlas aprovechando de paso para improvisar nuevos contenidos”.

No fue la elocuencia paterna, sino la materna afición a fabular la que, andando el tiempo, se convertiría en el tema del epigrama citado. Ello nos remite a cierta exploración frenológica realizada sobre Katharina Elisabeth Goethe. En carta dirigida a Goethe, cuenta Bettina von Arnim (1785-1859) lo que le sucedió en determinada ocasión con la madre del destinatario. En 1806, coincidiendo con la presencia de Gall en Frankfurt, pasó lo siguiente: “Me había pedido que le trajera a Gall, pero en su lugar llegué, como si de tal se tratara, con Ludwig Tieck (1773-1853) [a quien ella no había visto nunca previamente]; tras las presenta-

ciones, Katharina se despojó rápidamente de su tocado, se sentó y le rogó al supuesto Gall que le explorara el cráneo...”. Tieck se quedó perplejo sin saber qué hacer, hasta que por fin apareció el verdadero Gall, se aclaró la confusión de personalidades y nos dio “una disertación encantadora sobre las capacidades de su cráneo. Ya he sido perdonada”.

Igual que la dama de la litografía parisiense, la señora Rath se despojó de su tocado, se sentó y le pidió a Gall que tuviera la bondad “de explorarle el cráneo, a fin de saber si los talentos extraordinarios de su hijo habían sido heredados de ella”. Más de dos décadas retuvo Goethe en su memoria el relato de Bettina sobre este ‘Cours de phrénologie amusante’ acaecido en Frankfurt. Lo recogería en los versos siguientes: “Heredé de mi padre la estatura, / la guía más firme de mi vida, / a mi madre le debo el carácter jovial / y el gusto por fabular”.

ALBRECHT SCHÖNE, especialista en germanística de la Universidad de Göttingen, es autor del libro *Schillers Schädel* (“El cráneo de Schiller”).

Máquinas conscientes

Los expertos en inteligencia artificial tratan de simular en el ordenador el proceso humano de adquisición del lenguaje

Armin Schulz

En la pantalla del ordenador aparece un hombre de edad avanzada situado frente a un templo. De repente le atenaza el hambre: “¡Querer comer!”, clama. “¡Ve al río y come!”, teclea el usuario. Lo que semeja una obra del teatro del absurdo constituye en realidad parte del trabajo con el programa LAD (de “Language Acquisition Device”, dispositivo de adquisición de lenguaje). Los investigadores de la compañía londinense Lobal Technologies simulan mediante este programa el proceso de aprendizaje del lenguaje.

A la figura, que se desplaza torpemente por la pantalla, se le pretende en un futuro próximo dotar de personalidad. No se trata, pues, de un programa de aprendizaje de lenguaje al uso. LAD se rige por principios funcionales similares a los de las regiones corticales donde se hallan los centros cerebrales del lenguaje. En un futuro, debería reconocer palabras aisladas y estructuras sintácticas, en un proceso de aprendizaje del que los programas actuales no son capaces.

Hasta ahora, los diálogos entre ordenador y usuario parecían una partida de ajedrez, desarrollada según reglas prefijadas. El programa comenzaría por



ejemplo con la pregunta “¿Qué haces?”. Cuando su interlocutor respondiese “Tomo té”, el ordenador analizaría dicha frase e identificaría el verbo “tomar” como predicado y el sustantivo “té” como complemento directo. La condición para ello es que antes se hayan mencionado ambas palabras, además de haber definido las categorías verbo, sustantivo, predicado y complemento directo. Con ayuda de un sistema de reglas —por ejemplo, que una pregunta siempre comience con un pronombre interrogativo, seguido del verbo y después del pronombre personal y que el complemento directo debe terminar la frase— el ordenador formularía la siguiente pregunta: “¿Por qué tomas té?”.

El programa LAD se basa, sin embargo, en principios totalmente distintos. A pesar de que la figura del anciano de la pantalla no permita sospecharlo, los investigadores han tomado como modelo el aprendizaje en niños de corta edad. Sin vocabulario de partida y sin conocimientos gramaticales, los pequeños comienzan a componer frases gramaticalmente correctas a muy temprana edad. Paralelamente, enriquecen su vocabulario: pasan de dominar algo más de cien

palabras a la edad de dos años a más de mil a la de seis. Se trata de un proceso asociativo, que trabaja mediante la conjunción automática de informaciones próximas entre sí en el tiempo y en el espacio. LAD se rige precisamente por estos principios.

La versión actual del sistema todavía no posee reconocimiento de voz, previéndose añadir *a posteriori*. El programa recibe las informaciones sobre los acontecimientos que transcurren en la pantalla a través del teclado. Para ello ha menester de un “profesor”, igual que los niños necesitan de la interacción con adultos para proseguir con su aprendizaje. El proceder de dicho entrenador consiste en, por ejemplo, situar un objeto, previamente definido, en el campo visual de la pantalla, supongamos que una casa. Después, lo señala mediante el puntero del ratón y teclea en paralelo la palabra “casa”.

La relación entre palabra y objeto se almacena en una red neuronal, de la que se sirve el ordenador para simular las células nerviosas y sus conexiones. Basta con dos de dichas células para modelar el aprendizaje de una palabra por asociación. Según aclara John Taylor, investigador jefe de Lobal Technologies,

en el instante en que el profesor señala con el puntero del ratón a la casa, el programa LAD “dirige su atención” hacia ella. Se asigna, pues, una de las neuronas virtuales al objeto casa; consecuentemente se forma una conexión entre la neurona y el objeto. En cada ocasión en que se señale la casa con el puntero, se activará la que en adelante denominaremos “neurona-objeto”.

En un instante próximo a la activación del objeto, el entrenador teclea “casa”. Con ello se genera un proceso análogo al descrito: se asigna una neurona a esta palabra, la “neurona-palabra”, que se activará siempre que se introduzca dicho vocablo.

La red neuronal de LAD está programada para realizar un aprendizaje de tipo Hebb, por el que dos elementos de la red activos simultáneamente tienden a formar conexiones entre sí. Si se procede en repetidos ciclos a teclear el término “casa” y a señalar con el ratón el objeto correspondiente, la conexión entre neurona-objeto y neurona-palabra se estabilizará. Finalmente, bastará con excitar una de las dos neuronas para que la otra se active automáticamente. De esta forma se habrá “aprendido” la palabra.





Cobaya para lingüistas

El programa LAD ha alcanzado el nivel lingüístico de un niño de dos años, con un vocabulario de aproximadamente 100 términos. Pudiérase concebir sin mayor dificultad un sistema de lenguaje artificial basado en reglas convencionales, que obtuviese idénticos resultados. “Lo trascendental consiste, sin embargo, en que LAD funciona según principios radicalmente distintos. Por ello albergamos la esperanza de que en un futuro muy próximo superará a los programas tradicionales”, afirma John Taylor. Estima el investigador que su “criatura” estará completamente desarrollada en un año, con el vocabulario de un muchacho de seis años, unas mil palabras.

Como primera aplicación práctica de este sistema, Lobal Technologies se ha centrado en el campo de los juegos para ordenador. “Estos se han perfeccionado muy considerablemente en el apartado gráfico”, explica Brady Anderson, responsable financiero del proyecto. “Muy pronto la mayoría de los juegos apenas se diferenciarán visualmente de las películas.” Por lo tanto, la ventaja competitiva habrá que conseguirla con otros métodos; por ejemplo, desarrollando juegos que no resulten repetitivos. ¿Cómo? Logrando que el programa entienda verdaderamente los diálogos, que reaccione de forma diferente en cada ocasión a las informaciones recibidas del usuario y que, en definitiva, actúe autónomamente.

Pero la dedicación a los juegos de ordenador también ofrece oportunidades desde el punto de vista metodológico, como aclara Neil Taylor, programador jefe, cuya tarea principal consiste en convertir todos los posibles modelos de pen-

samiento en programas funcionales. “En la realidad cotidiana, se producen acoplamientos, interacciones indeseadas.” Para perfeccionar el algoritmo de LAD le resulta de gran ayuda un entorno exactamente definido, o sea, un mundo artificial, sin lagunas ni ambigüedades, y modificable a discreción. “Justamente esto es lo que nos ofrecen los juegos de ordenador”.

Este programa representaría una cobaya ideal para analizar el lenguaje humano. Los investigadores podrían simular con su ayuda la parálisis de ciertas unidades funcionales del cerebro y observar luego qué perturbaciones aparecerían. O bien anular toda entrada de información y comprobar cómo actúa el sistema cuando sólo interacciona consigo mismo: un posible modelo para un estado meditativo, sumamente interesante para filósofos y teólogos.

El grupo de Lobal Technologies ambiciona, pues, lograr mucho más que una máquina parlante: pretende incorporar al modelo el mayor número posible de funciones cerebrales. Entonces, eso creen, se comportará de forma similar y proporcionará el mismo rendimiento que el aparato pensante humano.

Programa imitativo

El programa modela dos características básicas del cerebro humano: el hambre y la imitación y repetición maquinal de situaciones previamente aprendidas o experimentadas. El deseo de alimentos es una necesidad arquetípica, con cuya ayuda los investigadores pretenden concluir cómo almacenar este tipo de impulsos en una red neuronal. El método tradicional la simularía mediante una sentencia condicional (“si,... entonces”),

dando al programa la orden: cuando el módulo de hambre se active, entonces genera la salida “Quiero comer”.

En el sistema LAD, esta tarea se resuelve de forma distinta, como sucede en la modelización del aprendizaje: si el instinto de hambre crece, aumenta la posibilidad de que la red genere una oración a la que el usuario reaccionaría simulando proporcionar alimentos. Se deben resaltar dos diferencias fundamentales respecto al método tradicional. Por un lado, la petición de comida no se genera exclusivamente a partir del módulo de hambre, sino a partir de la interacción de todos los elementos de la red. Por otro, la frase resultante no está prefijada: en lugar de “Quiero comer”, LAD podría decir “Siento hambre”, en función de lo que el sistema hubiese aprendido con anterioridad.

La imitación y repetición maquinal no resulta imprescindible en el estado de desarrollo actual del sistema. Los procesos de aprendizaje a que se ve sometido el programa son tan simples, que es posible llevarlos a cabo prescindiendo de esta función. Sin embargo, más adelante, cuando el caudal de saber del sistema y las exigencias del entorno crezcan, LAD la necesitará para seguir aprendiendo. Por ello, se ha incorporado ya desde un principio en el programa. Los investigadores la han programado basándose en la observación de niños, que tienden a repetir cosas que hayan realizado u oído momentos antes. Es compartida la opinión de que así refuerzan el conocimiento recién adquirido y lo asocian con experiencias anteriores.

La simulación de la sensación de hambre y de la imitación no constituyen, sin embargo, el interés principal del grupo de programadores, que centra su atención preferente en las funciones del lóbulo frontal. Esta región comprende algo menos de la mitad anterior de la corteza cerebral y contiene los centros del lenguaje, así como las áreas responsables de la planificación y ejecución de acciones motoras. Estas últimas zonas revisten gran importancia para el proceso de adquisición del lenguaje. Se observa en niños de corta edad, quienes frecuentemente no aprenden las primeras frases a partir de palabras aisladas, sino a través de la observación e imitación de acciones. “Parece como si asociasen de forma primaria los objetos a las acciones que con ellos se ejecutan”, aclara John Taylor. “Cuando un niño observa repetidamente cómo se lanza una pelota, asocia el objeto pelota con la acción lanzar, incluso sin conocer las palabras pelota y lanzar. En el cerebro se colocan así los primeros cimientos de ese edificio que es el lenguaje.”

Sólo en un segundo paso, los chicos aprenden las palabras correspondientes, mediante repeticiones de lo escuchado. Más tarde, y sobre la base del saber inarticulado de lo que se hace con ese objeto redondo, dirán por primera vez la frase “lanzar pelota”. Con el paso del tiempo, la sintaxis se ampliará y depurará. Una de las metas que Taylor se ha trazado es precisamente integrar las funciones motoras dentro del programa. Con ello sus investigadores se aproximarían más al objetivo de simular el cerebro de la forma más exacta posible.

La fascinación que ejerce el lóbulo frontal en Taylor y sus colegas guarda relación con objetivos sumamente ambiciosos: consideran posible cruzar el umbral de la conciencia en la inteligencia artificial. En el lóbulo frontal se hallan las áreas responsables de las motivaciones e impulsos humanos: se tiene constancia de pacientes con lesiones en esas zonas que ven anulada su capacidad de acometer planes o de ejecutarlos. El jefe del grupo investigador de Lobal considera que estos impulsos y motivaciones revisten gran importancia en la adquisición del saber: sólo quien desea entrar en contacto con su entorno aprenderá de él. Finalmente, en el lóbulo frontal se encuentran las áreas que ayudan a controlar las emociones y a desarrollar conciencia de sí mismo.

Si los científicos consiguiesen dotar a LAD de emociones y motivaciones, no estarían tan lejos de alcanzar algo similar a la voluntad y la conciencia en inteligencia artificial. “La conciencia tiene mucho que ver con los impulsos y motivaciones humanos”, afirma Taylor. “Y LAD simulará en un futuro las zonas del cerebro que controlan estas funciones. En este sentido, no resulta tan aventurado como algunos pretenden asegurar que puedan existir en un futuro ordenadores con conciencia.”

A pesar del optimismo desplegado por los investigadores de Lobal, hemos de recordar que LAD se compone actualmente de sólo unos miles de neuronas virtuales y el cerebro del hombre contiene miles de millones de células: la simulación, por tanto, dista aún mucho de representar en toda su complejidad al modelo real.

Bibliografía complementaria

FROM MATTER TO MIND. J.G.Taylor, en *Journal of Consciousness Studies*, vol. 4, pág. 1; 2002.

PAYING ATTENTION TO CONSCIOUSNESS. J.G. Taylor, en *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 5, pág. 206; 2002.

SYLLABUS

Neurotransistores

Los futuristas sueñan en un mañana de hombres con neurochips implantados.

Los pasos dados en la investigación ponen sordina a un campo que, no obstante, se mueve

Ulrich Kraft

Ray Kurzweil no está solo entre los que, desde la neuroinformática, pronostican, de aquí a treinta años, el advenimiento de un *Homo sapiens* absorbido por la tecnosfera construida por él mismo y hecho uno con el ordenador. Gracias a neurochips implantados en el cerebro se habría llegado a un nuevo estadio de la evolución.

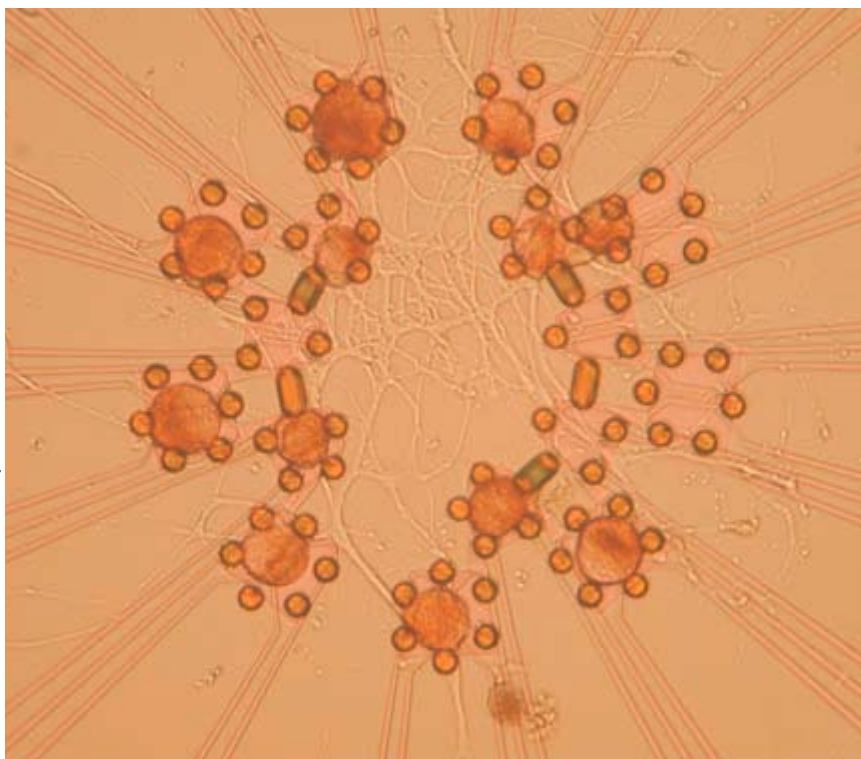
Otros, así Peter Fromherz, director del Instituto Max Plank de Bioquímica en Martinsried, cerca de Munich, no concede demasiado valor a tales pre-

dicciones, donde los datos reales se mezclan con una ficción desbocada. Fromherz fue uno de los primeros en proponerse superar barreras entre la biología y la electrónica. Ya en 1985 se planteó la posibilidad de la conexión microscópica directa entre neuronas cerebrales y 'chips' de silicio de un ordenador. De momento, con sus colaboradores del departamento de física de membranas y neurofísica, ha logrado conexiones entre una red de neuronas y un semiconductor, con el consiguiente intercambio mutuo de señales. El neurotransistor, así se llama el dispositivo, enlaza el

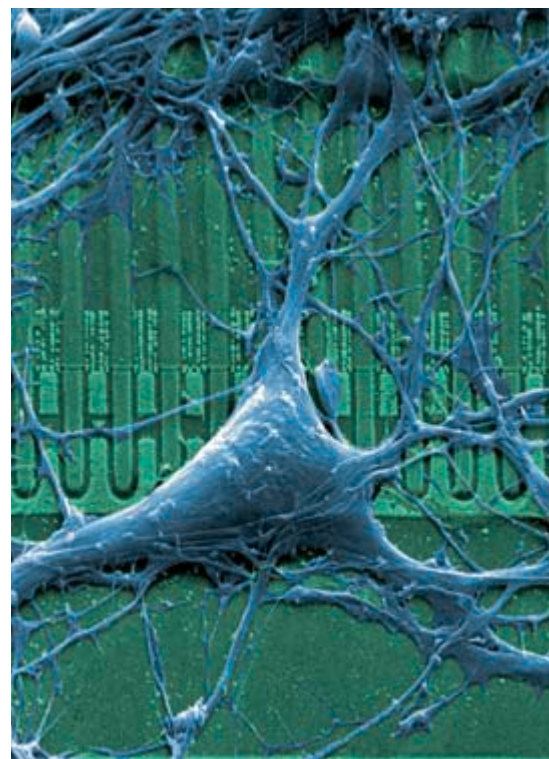
mundo de agua del cerebro con el mundo de silicio del computador. Demuestra que, en principio, los sistemas neuroeléctricos funcionan.

Computador y cerebro operan mediante señales eléctricas. Pero se sirven de lenguajes distintos. Los semiconductores transmiten sus impulsos eléctricos mediante electrones; las neuronas lo hacen mediante iones, es decir, átomos con carga eléctrica, de un tamaño mucho mayor.

Para superar esa barrera idiomática, Fromherz recurre a una hábil estrategia: somete simultáneamente el chip



PETER FROMHERZ / INSTITUTO MAX PLANCK DE BIOQUÍMICA



y la neurona a un campo eléctrico. A diferencia de lo que ocurre con los estímulos directos mediante la aplicación acostumbra de electrodos en el interior de la célula, este otro tipo de estímulo a través de campos eléctricos no resulta agresivo. Ni se daña la neurona, ni se altera el curso normal de la señal.

En Martinsrieder se empezó por construir un híbrido bioelectrónico en la modalidad más simple imaginable. Sobre un chip de silicio, de tamaño menor que una uña, se recortó una porción de colágeno, en la que los investigadores cultivaron neuronas del caracol *Lymnea stagnalis* (véase la figura 1). Este animal tiene unas neuronas de tamaño gigantesco, de unas 50 milésimas de milímetro, lo que permite un fácil manejo. Se pusieron en conexión directa los canales iónicos de la membrana neuronal y el flujo electrónico del semiconductor. Se consiguió así el primer nexo funcional entre una red neuronal y un chip de silicio.

Sólo da auténtico contacto eléctrico cuando la pared celular y el chip se encuentran lo más juntos posible. En caso contrario la señal es demasiado débil y la comunicación entre los dos mundos queda interferida por el ruido de fondo. En el neurotransistor la distancia entre la neurona y el semiconductor es de tan sólo 50 millonésimas de milímetro, inferior a la milésima del diámetro de un cabello. En estas condiciones es posible el intercambio de señales.

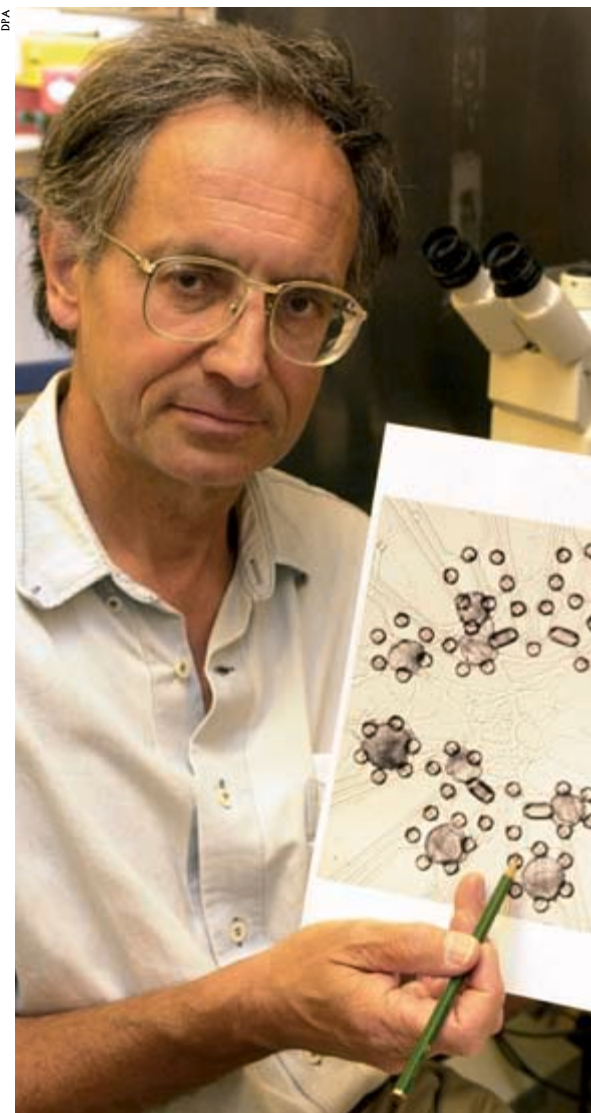
Por su estrecha semejanza con el tejido nervioso humano, Fromherz prefiere ahora un sistema formado por neuronas de rata (véase la figura 2). En comparación con las del caracol las neuronas de rata son más pequeñas y la conexión con el semiconductor, mucho más débil. Puesto que no se puede acortar indefinidamente la distancia al semiconductor, sólo cabe mejorar los chips y las neuronas.

1. SOCIEDAD CERRADA: Neuronas de caracol, ordenadas circularmente y fijadas por cinco o seis pequeñas varillas microscópicas de plástico, conectan sus sinapsis con una red electrónica preparada de antemano (foto de la izquierda). Directamente bajo el soma celular se encuentra un semiconductor que emite impulsos. Cualquier cambio en la tensión eléctrica aplicada produce también un cambio en el campo eléctrico del área. Estos cambios en el campo eléctrico influyen, a su vez, en el flujo iónico a través de la membrana neuronal. De esta forma, cambiando la tensión del chip se puede desencadenar un potencial de acción en la neurona del caracol que, a través de las sinapsis, se transmite a la siguiente neurona. Allí un transistor de efecto de campo registra este potencial. Se cierra el circuito silicio-neurona-neurona-silicio. Mediante campos eléctricos una neurona de cerebro de rata también puede acoplarse a una serie de transistores de efecto de campo (derecha).

En el Instituto Martinsrieder el laboratorio de genética comunica con la sala blanca de semiconductores. Se trata del único centro del mundo con una instalación de este tipo. En el laboratorio de genética se consiguen, vía manipulación, unas neuronas particularmente permeables y con muchos canales iónicos en su membrana. Aumenta el flujo eléctrico y, con ello, las posibilidades de contacto con la electrónica. La implantación de neurochips en el cerebro humano plantea problemas éticos de manipulación obvios.

El objetivo trazado en Munich consiste en sentar bases, averiguar cómo intercambian información las grandes conexiones neuronales y de esta forma entender mejor el funcionamiento de ese computador de alto rendimiento que tenemos en el interior de nuestro cráneo. Únicamente mediante el estudio de la interfase bioeléctrica es posible espiar en plena acción grandes grupos de neuronas interconectadas.

En el cerebro funcionan cien mil millones de neuronas; cada una puede relacionarse a través de sinapsis con otras 10.000. En Martinsrieder se pretende remedar a mínima escala este gigantesco sistema. Hasta hace poco uno de los mayores problemas que se presentaban a la hora de construir una red sintética procedía de las propias neuronas: se muestran reacias a recibir órdenes sobre la dirección en que tienen que propagarse. Con ayuda de factores de crecimiento aplicados a las vías nerviosas, el equipo de doctorandos de Fromherz han creado sobre un chip las conexiones deseadas entre neuronas concretas. En la sala blanca para semiconductores se ha preparado un semiconductor altamente integrado con varios miles de conexiones. De esta forma, se dispone en el laboratorio de un cerebro en miniatura, medio electrónico y medio orgánico. Gracias a ese dispositivo se espera desentrañar de



2. PETER FROMHERZ, director del Instituto Max Planck, realiza un trabajo pionero en el campo de la conexión de la biología y la electrónica.

qué modo una red de neuronas aprende, cómo de la maraña de neuronas surge la memoria.

Pero lo que funciona bien en un tubo de ensayo puede que opere de forma completamente diferente en el mundo mucho más complicado del organismo. Según Fromherz todavía ha de pasar mucho tiempo hasta que podamos comprobar si realmente es posible la conexión entre elementos electrónicos y auténticas estructuras cerebrales. Sin embargo, con todas las prevenciones científicas, el híbrido neurona-chip de semiconductores fabricado en el Instituto Max Planck abre, al menos teóricamente, muchas posibilidades.

LIBROS

Cajal y su legado

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL. TEXTURE OF THE NERVOUS SYSTEM OF MAN AND THE VERTEBRATES. Volume III. Traducción al inglés y edición de Pedro Pasik y Tauba Pasik. Springer; Viena, 2002. **LA MEDICINA EN LA HISTORIA**, por José María López Piñero. La Esfera de los Libros; Madrid, 2002. **CHANGING VIEWS OF CAJAL'S NEURON.** Edición preparada por E. C. Azmitia, J. De Felipe, E. G. Jones, P. Rakic y C. E. Ribak; Elsevier; Amsterdam, 2002.

MAINE DE BIRAN. OSSERVAZIONI SULLE DIVISIONI ORGANICHE DEL CERVELLO. Traducción al italiano e introducción de Marco Piazza. Leo S. Olschki Editore; Florencia, 2002.

NEUROPSYCHOLOGY. FROM THEORY TO PRACTICE, por David Andrewes. Psychology Press Ltd-Taylor & Francis; Hove, 2001. **NEUROBIOLOGY. MOLECULES, CELLS, AND SYSTEMS**, por Gary G. Matthews. Blackwell Science; Oxford, 2001. **NERVOUS SYSTEM AND SENSORY ORGANS**, por Werner Kahle y Michael Frotscher. Thieme; Stuttgart, 2003.

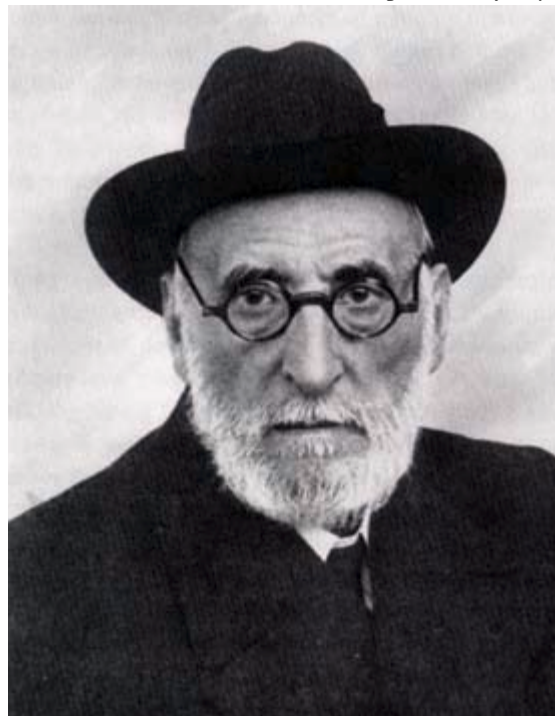
De la *Textura del sistema nervioso* de Cajal a *Nervous System and Sensory Organs* de Kahle y Frotscher se enhebra un hilo de continuidad que no existe en otras materias científicas. Y no porque todo esté en Cajal, ni siquiera insinuado, un estribillo de mira corta que se apoya, sin embargo, en una realidad cierta, a saber, su aguda percepción de las implicaciones funcionales de los hallazgos anatómicos. Gracias a ello se ha podido edificar, por aposición, sobre las bases por el aragón establecidas y se ha llegado a la elegante simplicidad que nos ofrece el atlas de bolsillo publicado por Thieme. En este apartado regional Kahle y Frotscher

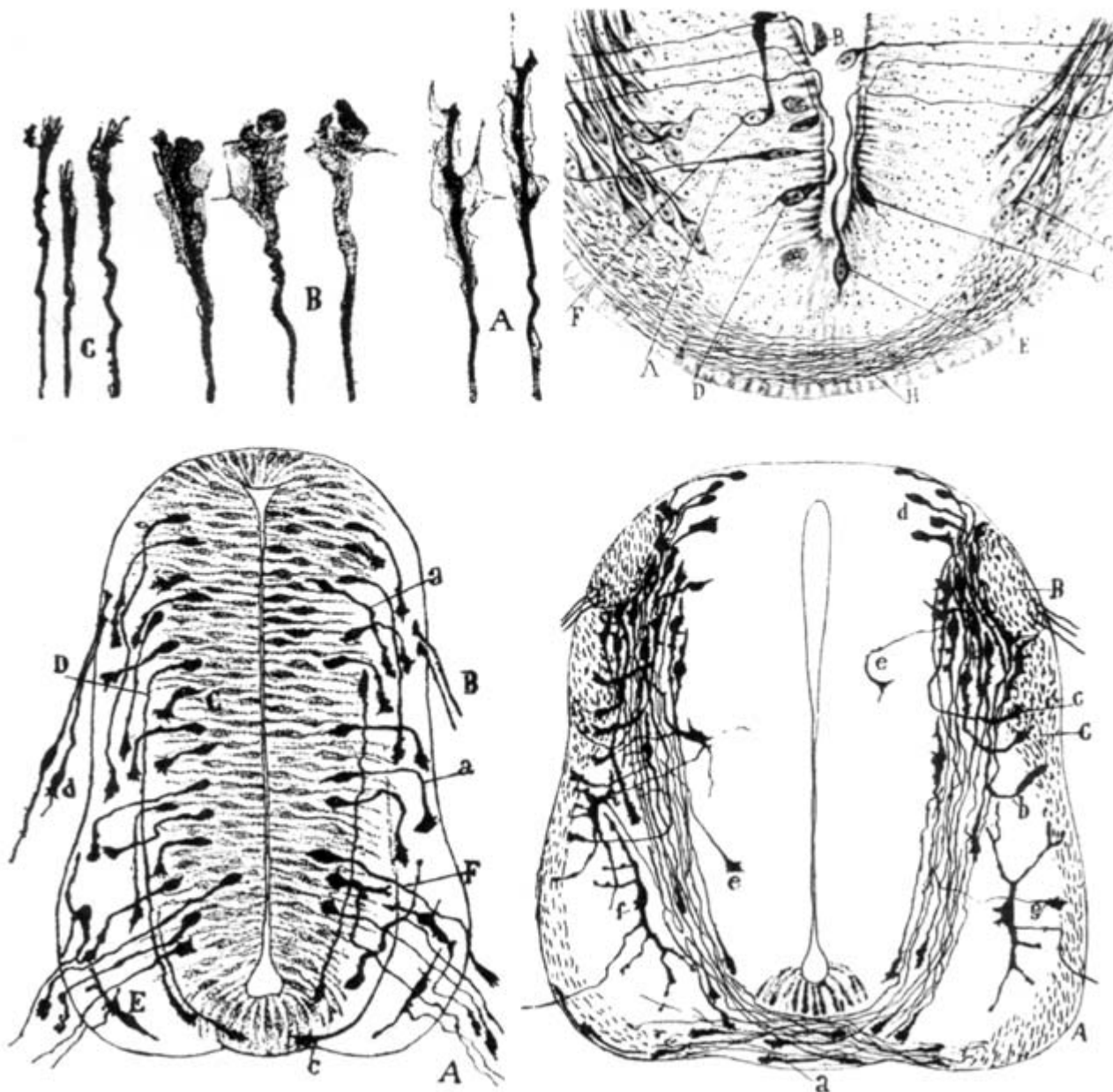
compendian y enlazan texto e ilustración para que de un vistazo nos hagamos precisa idea de la estructura y la fisiología del cerebro, del sistema nervioso autónomo, del sistema cerebrovascular y de los órganos de los sentidos. Del cerebelo. Órgano éste de integración del movimiento, de su ejecución acoplada y del tono muscular, que se desarrolla a partir de la placa alar del troncoencéfalo y forma el techo del cuarto de los ventrículos. Es un raro prodigio de evolución donde se combinan elementos que persisten en todos los vertebrados con otros exclusivos de los mamíferos. Pero volvamos a Cajal.

Para ubicarlo en su tiempo, dejémosnos llevar por la redacción maestra de su biógrafo López Piñero en una obra (*La Medicina en la Historia*) donde encontraremos, además, la exposición fiable, profunda y pedagógica de autores y escuelas, de ideas y corrientes que merecen reseñarse. Desde el primer tercio del siglo XIX se sabía que las células constituían los componentes morfológicos básicos del organismo. Se tardó más en reconocer la identidad singular de la neurona. Sus formas extraordinarias y la prolongada extensión de algunas de sus ramas las alejaban de las células de los demás tejidos y resaltaban su asimilación a un retículo de conexiones protoplasmáticas. En 1858, Rudolf Virchow, que introdujo la teoría celular en patología, calificaba de “laguna muy grande y lamentable de nuestro conocimiento”

sobre la textura del sistema nervioso, poniendo de relieve que “hasta ahora no se ha conseguido aclarar la relación de las prolongaciones más finas de las células nerviosas y mucho menos estamos en condiciones de conseguir una imagen precisa de la anatomía microscópica del cerebro humano, es decir, de descubrir hasta qué punto existen en él uniones de células”. Tres decenios más tarde, Camillo Golgi recogía las observaciones realizadas con su técnica [método de impregnación cromoargéntica] en el libro *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso* (1886), donde postulaba una red difusa en la sustancia gris de los centros nerviosos.

Santiago Ramón y Cajal





Dibujos de Cajal donde ilustra sus descubrimientos sobre el avance del cono de desarrollo

Pocos meses después de la aparición del libro de Golgi, Ramón y Cajal aprendió el método de impregnación cromatográfica y otras técnicas neurohistológicas en el laboratorio de Luis Simarro. Cajal acometió una investigación sistemática con la que pudo demostrar que las relaciones entre las células nerviosas, o neuronas, son de contigüidad y no de continuidad, formulando la teoría de la neurona, conforme a la cual ésta es la unidad histológica y fisiológica del sistema nervioso. La edificación de la teoría celular durante el siglo XIX culminó con la *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (1897-1904), cuya traducción al inglés acaban de terminar Pedro Pasik y Tauba Pasik. Siguiendo el patrón de los tomos prece-

dentes, se incorporan en *Texture of the Nervous System of Man and the Vertebrates* los añadidos (textos y figuras) de Cajal a la edición francesa.

Cajal compartió el premio Nobel de 1906 con Golgi en un momento en el que estaba en crisis la doctrina neuronal, a causa de la reformulación del reticularismo fundamentada en que las fibrillas del interior de las células nerviosas formaban una red continua. Esta situación, siempre según López Piñero, le planteó la necesidad de conocer con exactitud la urdimbre neurofibrilar. Convencido de que la solución de la crisis residía en “contemplar las susodi-

chas neurofibrillas en preparaciones irreprochables”, lo que en modo alguno habían conseguido los seguidores del nuevo reticularismo, acabó encontrando la técnica apropiada con una modificación del “método del doctor Simarro mediante las sales de plata”: la célebre técnica del nitrato de plata reducido que utilizó en una nueva investigación sistemática, verificando brillantemente la teoría de la neurona.

Se rodeó Cajal de un espléndido plantel de colaboradores que expandieron su obra, dentro de España (Jorge Francisco Tello, Nicolás Achúcarro, Gonzalo Rodríguez Lafora, Pío Río Hortega, entre

otros) o fuera, de modo particular Rafael Lorente de No, quizás el de mayor proyección internacional. El trabajo de Cajal sobre la neurona implicaba numerosos aspectos de lo que hoy constituyen disciplinas autónomas del ámbito de las biociencias (*Changing Views of Cajal's Neuron*). A lo largo del último tercio de siglo, en particular, hemos asistido a la emergencia de la neuroplasticidad, la neurología molecular y las técnicas de formación de imágenes. El estudio bioquímico, por ejemplo, ha aportado la afloración de muchos factores de crecimiento, que se originan a partir de neuronas, de la glía y de otras células. Sabemos ahora, además, de la existencia de neurogénesis en ciertas regiones del cerebro adulto. Por no hablar de la apoptosis para explicar el desarrollo normal y patológico.

En el progreso ha desempeñado un papel determinante el refinamiento técnico. Si Cajal contaba apenas con el método de Golgi y el microscopio óptico, disponemos ahora de técnicas moleculares, microscopía electrónica, morfometría asistida por ordenador, cultivos

de tejidos, inmunocitoquímica, electrofisiología, moléculas marcadoras y sistemas de formación de imágenes. Cajal no vio nunca una sinapsis, ni un receptor, ni una tomografía. Pero en el campo, inmenso, abundan las cuestiones abiertas: ¿qué aporta a las conexiones sinápticas la plasticidad de las dendritas?, ¿cómo procesa la información una neurona, si opera vinculada a otras?, ¿de qué modo remediar la pérdida de factores tróficos en la esquizofrenia y en la enfermedad de Alzheimer?, etcétera.

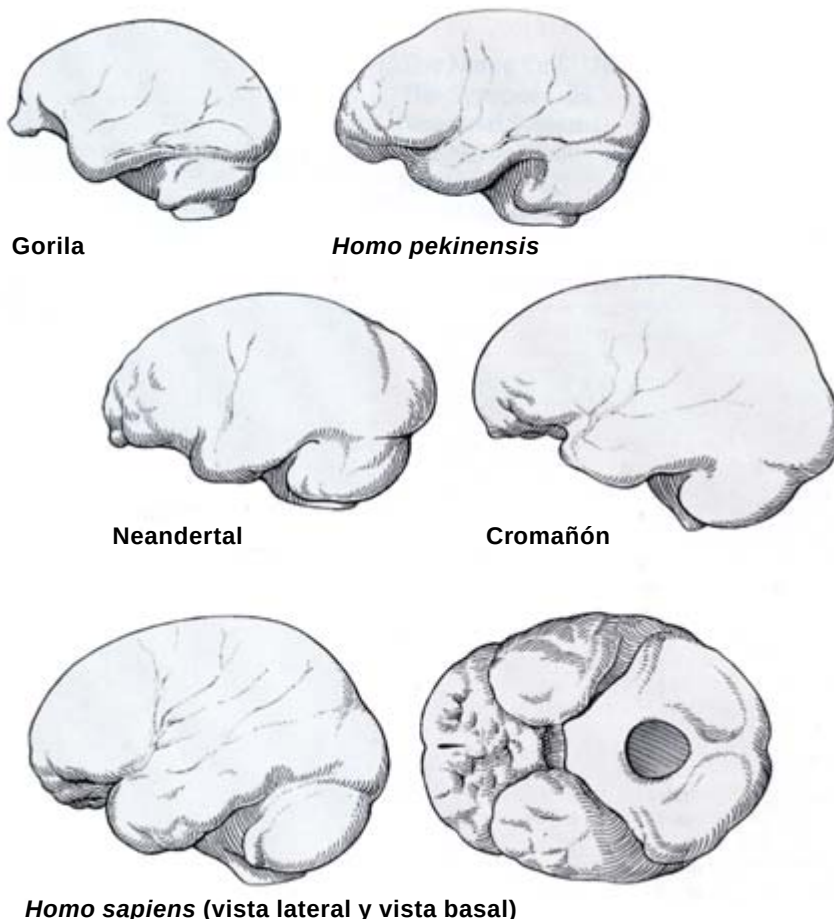
Reciente es la aceptación de uno de los postulados de Cajal puntales en neuroembriología, formulado hace más de un siglo: la hipótesis quimiotáctica o, como él la llamó en 1892, "hipótesis neurotrópica". Con la neurona, se sintió especialmente atraído por el sistema nervioso embrionario. Inició su análisis a partir del estudio de la médula espinal del embrión de pollo. Dos años antes, en 1890, había descubierto el cono de crecimiento axónico, uno de los mecanismos más ingeniosos para mostrar el progreso de los procesos neurales hacia sus dominios terminales. ¿Qué fuerzas indu-

cían a los axones en crecimiento su direccionalidad? Desde la distancia, las células diana segregarían, pensó, sustancias inductoras o de atracción; así movidos, los conos, dotados de sensibilidad quimiotáctica o ameboidea, se encaminarían a su objetivo. Tales sustancias atractoras, lo sabemos hoy, son mecanismos moleculares (netrinas) mediante los cuales los procesos neuronales crecen en la dirección correcta y tejen redes nerviosas. En su despliegue los axones se apoyan en la coordinación de cuatro tipos de claves de guía (atracción por contacto, repulsión por contacto, quimioatracción y quimiorrepulsión).

De ese modo, la histología de Cajal ha devenido, por extensión, en neurobiología (*Neurobiology. Molecules, Cells, and Systems*), donde el sistema nervioso se aborda desde un triple nivel: molecular, celular y de sistema. Reciben, pues, un tratamiento pormenorizado las propiedades básicas de las células y los circuitos nerviosos. Y se contemplan la estructura, desarrollo y plasticidad del sistema nervioso, la organización de los sistemas sensoriales y motores, para concluir con la comunicación eléctrica y química, sin postergar en el camino los fundamentos de la expresión génica. Pero el quicio del estudio reposa sobre la neurona y la sinapsis.

En efecto, lo mismo que en los demás sistemas, a los que el nervioso coordina, consta éste de células: neuronas y células de sostén, o glía. La comunicación entre dos neuronas se produce vía liberación de un neurotransmisor químico que atraviesa el intervalo interpuesto entre ambas (hendidura sináptica). La transmisión electroquímica procede de la terminal presináptica a los receptores postsinápticos de la neurona vecina. Sabido es que la corteza consta de somas celulares de las neuronas; por su color oscuro se la llama materia gris. En cambio, la materia blanca nos remite a la vaina de mielina que protege a los axones, larguísimos algunos, pues recorren toda el área motora de la corteza, atraviesan el tallo encefálico y la médula espinal y se conectan finalmente con el sistema nervioso periférico para posibilitar los movimientos de las extremidades. Otras neuronas presentan axones cortos, adaptados para sus conexiones con las neuronas vecinas. En los primeros meses después del nacimiento el número de células ha llegado ya casi a su máximo, si bien se asiste a una multiplicación espectacular de las conexiones o sinapsis. A medida que continúa el desarrollo, algunas conexiones de esas mueren; se privilegian determinadas conexiones pau-

Moldes endocraneales



tadas a expensas de otras. De esta forma el cerebro infantil se adapta a las demandas del entorno.

Ello nos lleva a las relaciones entre el cerebro y la mente, a cuyo conocimiento Cajal aspiró vehementemente. La nueva disciplina surgida en torno a ese dominio, la neuropsicología (*Neuropsychology. From Theory to Practice*), cuenta con la poderosa herramienta de las nuevas técnicas de formación de imágenes funcionales. Desde 1990 se ha doblado el número de estudios sobre la interacción entre el cerebro y el comportamiento que aprovechan sus posibilidades. Por comportamiento se entiende aquí las funciones mentales superiores: memoria, lenguaje, percepción y atención, sin obviar el espectro del mundo de las emociones o movimientos voluntarios.

En esta suerte de investigaciones la perspectiva filogenética resulta obligada. Los restos fósiles de los cráneos de los homínidos indican la forma en que el cerebro ha aumentado de tamaño en el curso de la evolución. En relación con la talla corporal, nuestro cerebro es mayor que en otras especies, incremento que ha corrido parejo al perfeccionamiento en habilidades y cultura. Las circunvoluciones corticales permiten una mayor área superficial. Si la distribución y proporción relativa de las áreas de los sentidos de los chimpancés son muy parecidas a las nuestras, presentamos, en cambio, un aumento en el tamaño relativo en dos áreas asociadas con el lenguaje. Situadas en el hemisferio izquierdo, se denominan área de Broca y área de Wernicke. En los humanos han adquirido también un desarrollo extraordinario el hipocampo, relacionado con el almacenamiento de nuevos recuerdos, y la amígdala, implicada en la expresión de las emociones, si los comparamos con otros primates y monos.

A propósito de esa asignación zonal de determinadas facultades, persiste en neuropsicología una vieja disputa entre holistas, defensores de una implicación general del cerebro en las operaciones mentales, y localistas, para quienes cada capacidad tiene su órgano determinante. Los segundos evocan la tesis extrema, hoy desprestigiada, de Franz Josef Gall. Creía éste que los atributos de la personalidad y el intelecto estaban representados por centros cerebrales distintos y separados. En su opinión, el desarrollo específico de un centro particular empujaría al cráneo hasta el punto de producir una protuberancia en la caja que podría verse y palparse externamente. Fue la frenología, que gozó de disputado prestigio en España, una teoría con-

trovertida desde un principio y desde flancos muy dispares (*Maine de Biran. Osservazioni sulle divisioni organiche del cervello*). Biran asocia la doctrina organológica de Gall a otros empeños por reconducir las facultades superiores a centros cerebrales; en particular a los trabajos precursores de David Hartley y Charles Bonnet.

Sin dejar de reconocer el aspecto innovador de la teoría de las localizaciones, es decir, en lo que tiene de nexo entre fisiología del cerebro y praxis craneoscóptica, Biran sostiene que se está muy lejos de establecer o demostrar cualquier relación entre función cerebral y acto intelectual o moral. Existe, afirma, una diferencia sustancial entre análisis fisiológico y análisis psicológico. Biran sigue a Bichat, quien le ofreció la idea de la distinción fundamental de las dos vidas, la *vita organica* y la *vita intelectualis*. En la primera situaba el instinto, las sensaciones afectivas, las pasiones y la imaginación pasiva; en la segunda, la percepción, el juicio, la voluntad y la motricidad.

Hoy, como ayer, el problema principal radica en la dificultad entrañada en la definición de las facultades superiores. Sea, por ejemplo, la atención. Pretender acotarla no es más sencillo que delimitar la inteligencia. Para poder avanzar se procede de una manera jerárquica: de los componentes más elementales a los más complejos. En ese planteamiento, cada sistema de atención puede depender de un nivel jerárquicamente inferior. Todos los sistemas considerados se activan dentro de una red o circuito integrado. Se parte así de un sistema de excitación o alerta, que mantiene el tono cortical de acuerdo con las exigencias del entorno. Ese nivel primero de excitación influirá en nuestra capacidad de responder pronta y reflexivamente ante ciertos estímulos que podrían indicar peligro o novedad. A este respecto se han propuesto diversos subsistemas de excitación que dependen de diferentes redes de neurotransmisores. Superpuesto o colateral sería un sistema de orientación, listo para polarizar la atención hacia estímulos impredecibles. Cabría hablar luego de un sistema de atención selectiva, que nos permite percibir unos estímulos mientras ignoramos otros de nuestro entorno. Constituye una interfaz conceptual entre percepción y atención. Del sistema de atención ejecutiva nos valdríamos para controlar la atención mediante la inhibición y desinhibición de respuestas orientadoras y el control del sistema de atención perceptiva. Y así, en el resto de las facultades mentales.

LUIS ALONSO

ENSAYO FILOSÓFICO

Idea y libertad

Mariano Álvarez Gómez

La predicción, formulada aquí y allá, de que la filosofía del futuro va a tener en Hegel la referencia más amplia y determinante podría estar en camino de cumplirse. Quienes hasta hace poco eran sus más decididos adversarios, en concreto los representantes de la filosofía anglosajona, están interesándose por él sobre la base, además, ahora de un conocimiento cada vez más directo de su obra; la atomización y dispersión actual del pensamiento parece estar exigiendo la búsqueda de orientación en una concepción que, dando la mayor cabida posible a la pluralidad y a la diferencia, proporciona las bases que garantizan una visión unitaria, sin la que no es posible ninguna comunicación inteligente.

Junto con esto Hegel incita a la incorporación y asimilación del pasado filosófico desde la elaboración de unas categorías del pensamiento que nada dejan que desear ni en cuanto a solidez ni en cuanto a amplitud o apertura; por otra parte, Hegel es el último filósofo universal en el sentido de que su obra se teje y construye mediante la reflexión sobre las más diferentes áreas de conocimiento e interpretación de la realidad, incluida también la ciencia empírica. Esto último no ha sido debidamente subrayado, lo cual es comprensible en parte por el lenguaje tan complicado de Hegel en este campo, en parte también porque las ciencias empíricas han avanzado tanto, que difícilmente parecen poder integrarse en un lenguaje intelectual de época muy distinta. Y sin embargo, como en su día acentuara Heidegger, sigue siendo un postulado básico la búsqueda de lo que es la raíz común del pensamiento y por tanto también de las ciencias. Tal vez sea éste el motivo de fondo por el que la filosofía analítica ha comenzado a interesarse en verdad por Hegel, consciente de que con los recursos conceptuales

empleados hasta ahora no puede llegar muy lejos en la interpretación de la ciencia. En relación con este punto quisiera referirme a algunos aspectos del planteamiento general de Hegel.

El término “idea” expresa la categoría conceptual que engloba a las demás y bajo la cual se integra, en cuanto a su fundamentación, todo conocimiento, también pues el científico. “Libertad” hace referencia a lo que es el sentido de todo pensamiento y por supuesto, igualmente también, del científico. Por de pronto vale para todo conocimiento la afirmación: “algo tiene verdad sólo en cuanto que es idea”. Mucho más platónico de lo que pudiera parecer, Hegel entiende que algo es verdadero en la medida en que su realidad se corresponde con su propio concepto, es decir, con aquello que expresa la medida y el sentido último de su propio ser. Este significado de verdad está presente en el lenguaje, por ejemplo cuando, como anota el mismo Hegel, hablamos de un verdadero amigo, un verdadero estado, también por supuesto un vino verdadero, no bastando obviamente el hecho de que algo presente la etiqueta de ser tal cosa para que la sea en verdad, puesto que puede serlo sólo en apariencia o de forma quebradiza e inconsistente. Algo distinto es entender la verdad en el sentido que ha terminado por ser predominante: como correspondencia, en mayor o menor medida, de nuestras representaciones con la realidad o con aquello a que en general nos referimos. En este sentido se pueden lograr muchas “verdades” sobre cosas que según el primer significado tienen poco de verdaderas en sí mismas. Hegel entiende que para ese segundo caso no debería aplicarse el término “verdad” sino sólo el de rectitud o ajuste (*Richtigkeit*), aludiendo con ello a que nuestras representaciones se ajustan a lo que las cosas nos presentan, no forzosamente a lo que son en verdad.

Esta distinción tiene ya una consecuencia respecto al sentido de las ciencias, no sólo de las que hoy llamaríamos ciencias humanas sino respecto de las ciencias “empíricas” que algunos llaman “duras”, y que en definitiva se refieren al “mundo inorgánico”, que Hegel integra en su conjunto, obedeciendo a la terminología de la época, bajo las categorías de “mecanicismo” y de “quimismo”. En referencia a las ciencias correspondientes afirma que si su objeto, la naturaleza carente de vida o inorgánica, se escinde en su concepto por una parte y en su realidad por otra, no hay otra cosa que “la abstracción subjetiva de una forma pensada y de una materia carente de forma”. Es decir, ante las ciencias la filosofía debe aportar una visión propia en la línea de descubrir en la naturaleza la estructura que nos muestra su posibilidad de que sea conocida y señalar a su vez hacia dónde se debe orientar el conocimiento, con el fin de que las



ciencias no terminen por convertirse en un instrumento para el manejo de la naturaleza, en lugar de permitirnos adentrarnos en su verdadero significado.

Esto mismo se concreta bajo el segundo aspecto del concepto de verdad, específico de la edad moderna y consistente en la unidad no sólo de “concepto y de realidad” al modo platónico, sino de “concepto subjetivo y de objetividad”. Concepto subjetivo implica aquí las categorías radicadas en la mente y elaboradas por ella, merced a las cuales es posible cualquier tipo de conocimiento con pretensión de universalidad; objetividad por su parte no significa simplemente realidad sino realidad en tanto en cuanto puede hacerse patente en virtud de las categorías y, mediante ellas, adquirir aceptación general, es decir, validez. Hegel está pensando de lleno en el mundo moderno en el que objetos no son simplemente cosas que están ahí, sino cosas tal como las podemos concebir en razón de nuestras categorías.

De ahí que sea coherente la afirmación de que la idea bajo este segundo aspecto presenta una doble vertiente: la del concepto, en cuanto que éste se ha liberado de lo simplemente inmediato y se ha perfilado como estructura de la subjetividad, diferente de la objetividad; y la de la propia objetividad, que a la vez que diferente del concepto, se muestra como determinada por él. Y es en relación a ese mundo moderno, construido sobre el vigor y la eficacia del concepto, donde se nos dice que ello tiene lugar “en razón de la libertad” (*um der Freiheit willen*). Aunque la actividad científica no esté centrada en la vida o en el mismo sujeto que conoce, no deja de ser propia del sujeto y, en cuanto tal, sólo tiene sentido y justificación con vistas a la libertad y en razón de la misma.

Es, en esta misma línea, significativo que Hegel caracterice, no ya la idea en general, sino la idea absoluta, que recapitula y consume en sí el conjunto de las categorías, como “concepto subjetivo libre, que es para sí y por ello posee la personalidad”, es decir, “es, en cuanto persona, subjetividad impenetrable e indivisible”; pero ese concepto subjetivo, simultáneamente, no es una “singularidad excluyente, sino universalidad para sí y acción de conocer, y en lo que es su otro tiene su propia objetividad por objeto”. Con esto expresa Hegel lo que se podría considerar como el ideal y el sentido del mundo moderno y de la ciencia que en él se desarrolla. Por una parte el hombre en cuanto sujeto dotado de conceptos se despliega, merced a la acción de conocer, en el campo de una

universalidad ilimitada; pero esto tiene su raíz en que el sujeto es libre y está por principio liberado de todas las contingencias en las que se encuentra inmerso, hasta el punto de que la posibilidad de ampliar el conocimiento está en proporción directa con la afirmación, sin restricción alguna, de su personalidad en lo que respecta a su carácter impenetrable e indivisible.

Siendo esto así, si la universalidad está radicada en la singularidad y al contrario, ésta se proyecta en aquélla, ello significa que en la objetividad que se patentiza en la universalidad propia del conocimiento —también por supuesto del que se considera o se puede considerar como el conocimiento más rigurosamente científico— el sujeto no puede verse sino a sí mismo como objeto, a la par que tiene que ver con infinitud de cosas como objetos que son muy “otros” de sí mismo. En la medida en que esto no se cumple, el hombre podrá lograr muchos, extraordinarios éxitos en el campo del conocimiento y no pasar de ser un animal depredador, que somete y manipula las cosas sin que tenga que ser siquiera consciente de las condiciones y del sentido de su propia actividad, por no hablar de los desastres que puede ocasionar.

En la medida en que podemos hablar de filosofía de la ciencia en Hegel, habrá que decir que la hace en un sentido muy diferente del que hoy es frecuente, pero no en contra de las que, cada vez con más insistencia, son exigencias planteadas desde la misma ciencia. A esto vamos a aludir brevemente.

En primer lugar, lo que hemos visto hasta ahora no debe inducir a pensar que la filosofía actúa ante la ciencia como espectadora que en nada es influida por la ciencia y a la que además se permite, llegado el caso, corregir y hasta modificar. Al contrario, la filosofía es estimulada por la existencia de la ciencia a desarrollarse a sí misma, hasta el punto de que, si no hubiera desarrollo científico o si, habiéndolo, la filosofía se desentendiera de él, ella misma quedaría estancada. Lo que aporta la filosofía, y en ningún caso puede hacer ningún otro tipo de conocimiento, es poner de manifiesto la raíz de la ciencia, en cuanto que proporciona a sus contenidos el elemento a priori, que Hegel llama también “la forma más esencial de la libertad”. Es decir, la filosofía, a la vez y en cuanto que es filosofía, ilumina a la ciencia en lo que está siendo el quehacer de ésta, de forma que los hechos científicos se convierten “en exposición y trasunto de la actividad original y perfectamente autónoma del pensamiento”.

Muy en línea con lo que es el pensamiento moderno, pero llevándolo más allá de lo que con frecuencia son sus modos habituales, afirma Hegel: “Siendo así que con la reflexión aparece la verdadera naturaleza de la cosa y siendo así también que este pensar es mi propia actividad, resulta que aquella naturaleza es tanto producto de mi espíritu...cuanto... de mi libertad”. Dicho de otro modo, si el pensar es en su raíz y esencia libertad, aquello que, como la ciencia en general, es fruto de esa libertad del pensamiento, no deberá ser algo que obstruya de hecho el ejercicio de la libertad misma. Lo que es libre en su raíz no debe, en sus efectos, caer en contradicción con ese su carácter originario. La filosofía es así, entre otras cosas, una incitación a reflexionar sobre el sentido último de la ciencia desde el punto de vista de la libertad.

Esto se pone de manifiesto más concretamente en relación con el concepto de naturaleza bajo dos aspectos que están hoy en primer plano. En primer lugar, Hegel suscribe la idea, entonces defendida también por otros pensadores, de que “el universo es un todo organizado”, lo cual se muestra como válido hoy a la vista de cómo reacciona la naturaleza cuando se interviene en centros especialmente sensibles de la misma. Y en relación con esto, encontramos igualmente la afirmación de que, con palabras de Goethe, no hay en la naturaleza “ni núcleo ni cáscara”, no existe lo interno frente a lo externo, sino que todo es igualmente interno. Todo se encuentra en todo, al igual que el pensamiento, en la medida en que es auténtico, es transparente a sí mismo, en cada una de sus actividades, y por tanto libre. Y por eso el sentido de lo que hace y en lo que se proyecta no puede ser sino la libertad.

Tanto la filosofía como la ciencia son una actividad que se expresa en y mediante palabras o signos, pero si se reflexiona sobre este hecho, es decir, si se piensa sobre lo que es la actividad del pensar mismo, se verá que, al fondo, hay sólo “la palabra originaria, que es una exteriorización, pero una exteriorización tal que, en cuanto algo exterior, desaparece al mismo tiempo que existe”, de modo que lo que en verdad queda es la presencia del pensamiento a sí mismo y con ello la libertad.

MARIANO ALVAREZ GOMEZ. Catedrático de Filosofía y Presidente de la Sociedad Española de Estudios sobre Hegel. Universidad de Salamanca.

Psicoterapia en la red

¿Puede sustituir la pantalla del ordenador al diván? Mientras llega la reglamentación jurídica, un grupo de investigadores de Amsterdam defienden la posibilidad de curar las alteraciones psíquicas a través de la Red

Hermann Englert

¿Podría funcionar realmente? ¿Bastaría con redactar diez textos —bajo la dirección de un terapeuta a quien no se ve— para superar un trauma psicológico? “Sí”, responde Alfred Lange, director del departamento de psicología clínica de la Universidad de Amsterdam. Lange trabaja en el desarrollo de métodos de psicoterapia que se basan en la elaboración de textos y que, por tanto, permiten tratar a los pacientes a través de Internet. Su planteamiento va más allá del mero intercambio de mensajes de correo electrónico: “Los participantes escriben en una página web propia y reciben la respuesta de su terapeuta en esa misma página. De este modo, el tratamiento sigue un patrón riguroso”, explica.

Interapy es un proyecto concebido para las personas con trastornos por estrés postraumático. Hasta la fecha, el grupo de Lange ha atendido a casi 300 personas con este problema a través de Internet. Hace algunos meses se puso en marcha una segunda opción: terapia para el síndrome del agotamiento profesional. Por desgracia, *Interapy* tan sólo se aplica en holandés, si bien se ha acordado la cooperación con distintas universidades extranjeras, que ayudarán a desarrollar

estos programas, primero en inglés y después en alemán.

Los principales argumentos a favor de la alternativa informática al diván freudiano son la eficacia y la rapidez de *Interapy*. “Alrededor de dos tercios de los pacientes con traumas tratados a través de Internet han experimentado una mejoría sintomática clara”, indica el investigador. En comparación, la tasa de respuesta a los métodos de psicoterapia tradicional oscila, en el mejor de los casos, entre el 40 y el 50 %. Además, en muchos casos, se precisan más de las diez sesiones que requiere *Interapy*.

En opinión de Lange, el ordenador no es el único determinante del éxito de la terapia: “*Interapy* se basa en los datos recabados de numerosos estudios de víctimas de traumas, que recibieron terapia en sesiones individuales”. No obstante, la terapia informática constituye una alternativa interesante para muchos casos: personas que viajan a menudo, que viven lejos del terapeuta o que no se atreven a entrar en la consulta de psicólogo.

Muchas personas confiarían antes sus sentimientos y pensamientos más íntimos a la pantalla de un ordenador que directamente a otras personas.

El tratamiento se basa en un modelo de tres fases: confrontación, evaluación cognitiva y alejamiento del trauma. En la primera fase, el paciente describe de la manera más plástica posible el acontecimiento traumático, además de sus pensamientos y temores, utilizando siempre el presente y la primera persona. El objetivo de esta primera fase —que, en determinadas circunstancias, resulta muy dolorosa— consiste en acostumbrarse a los estímulos desencadenantes del miedo. Según la teoría de la confrontación, los pacientes superan así sus temores.

En la segunda fase se adquiere una nueva perspectiva del trauma. Por ejemplo, las víctimas de una agresión, que se culpan a menudo de lo que les ha sucedido, admiten en esta fase que se comportaron correctamente e incluso con valentía. En la última etapa, las víctimas de un trauma deben escribir una carta simbólica en la que resuman con rigor sus experiencias, confirmen su nueva actitud y señalen sus propósitos para el futuro.

Los terapeutas de *Interapy* —psicólogos clínicos especializados en la terapia conductual— basan todo su trabajo en la información contenida en los textos. Así, buscan en estos textos expresiones sobre la confrontación emocional de la persona con la experiencia traumática, por ejemplo, una descripción de los sentimientos y los pensamientos surgidos en el momento del trauma. Otro indicio es la descripción de percepciones sensoriales concretas, ya sean olores o reacciones cutáneas. Si el participante utiliza a menudo los pronombres personales “yo” o “nosotros” en la carta de despedida ritual, con toda probabilidad se habrá beneficiado de la terapia. En la segunda y en la tercera fase los psicólogos ven en los textos referidos al futuro, más que en las rememoraciones constantes del pasado, un indicio de que el paciente ha superado su trauma.



