

Mente y cerebro

Nº 21/2006
6,50 €

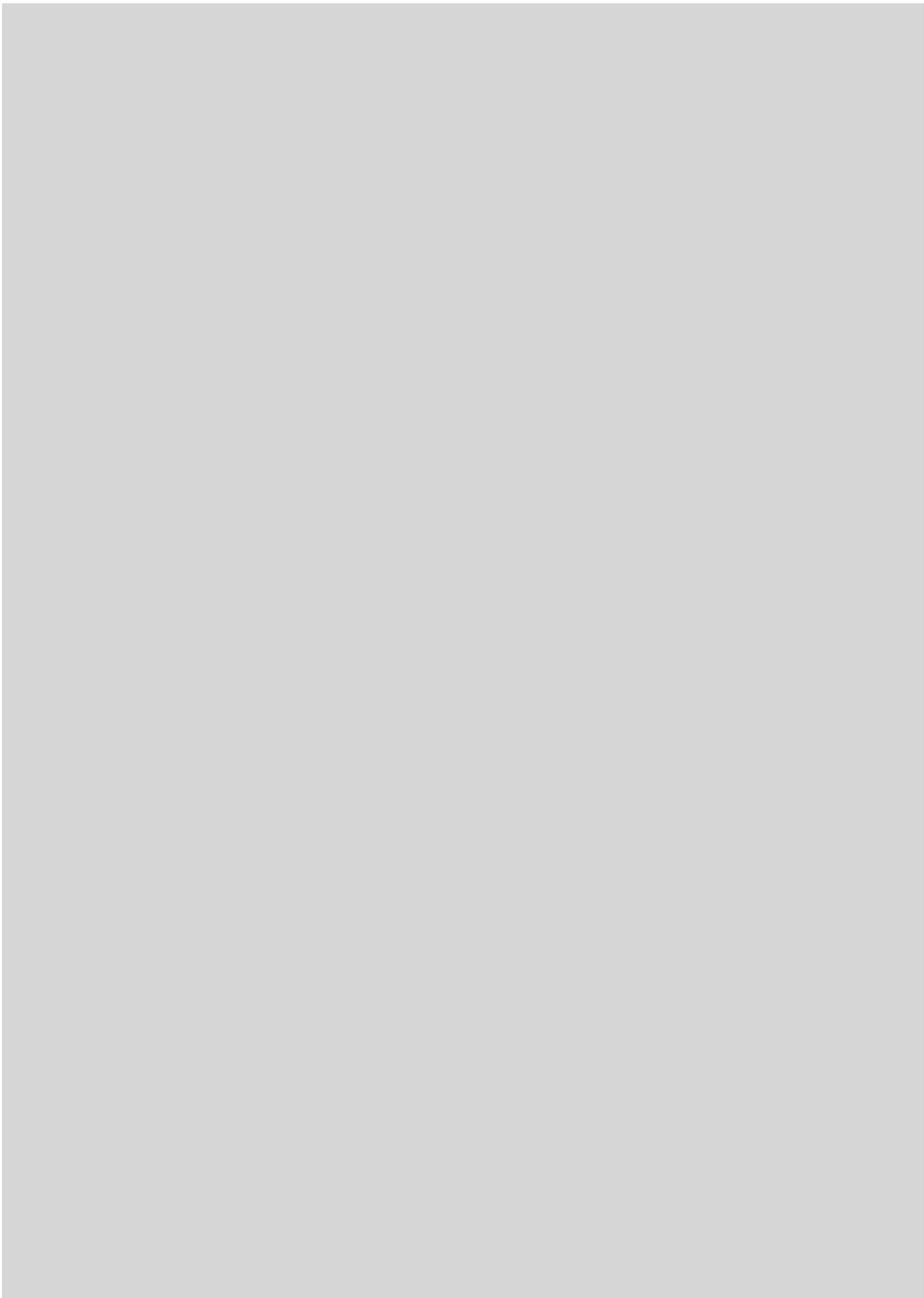
INVESTIGACION
CIENCIA

Pubertad

- **Andrés Piquer**
- **El precio del autoconocimiento**
- **Psicología del paro**
- **Interior de una mente genial**
- **La percepción del arte**
- **Neuropsicofisiología de la hipnosis**

Noviembre/Diciembre 2006







SUMARIO

Noviembre / Diciembre de 2006
Nº 21

30 Interior de una mente genial

Darold A. Treffert y Daniel D. Christensen

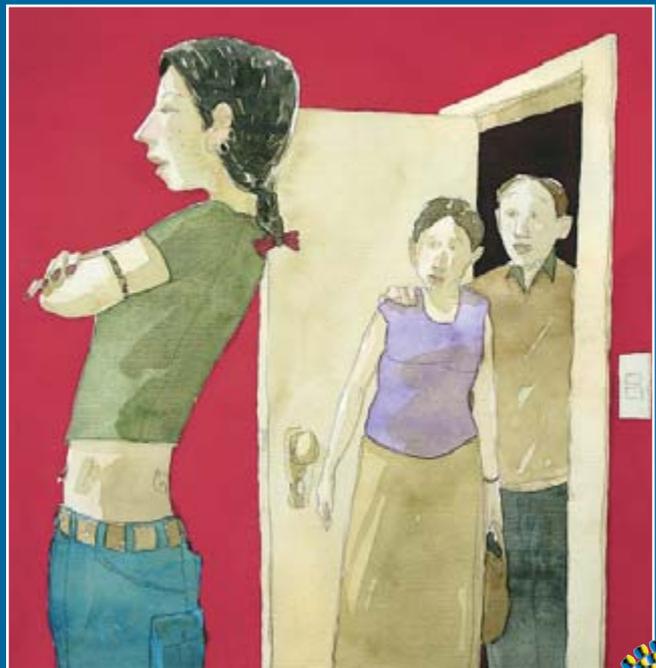
Kim Peek posee una de las memorias más extraordinarias que se han conocido. Mientras no demos explicación a sus habilidades, no podremos comprender los mecanismos de la cognición humana.



36 Adiós a la infancia

Suzana Herculano-Houzel

Lo que ocurre en la pubertad trasciende la mera subversión hormonal. En la reorganización contemporánea del cerebro de los adolescentes debe buscarse la particular conducta exhibida.



52 La neuropsicofisiología de la hipnosis

Angel González de Pablo

La hipnosis, un proceder que ha estado rodeado siempre de un halo de misterio, constituye también una herramienta de tratamiento utilizada por investigadores y clínicos. ¿Tienen los fenómenos asociados a la hipnosis realmente efectos cerebrales identificables y medibles?

66 La percepción del arte

Bernd Kersten

Desde siempre la filosofía se esforzó por encontrar una teoría coherente de la sensibilidad estética. Los psicólogos comienzan ahora a indagar los secretos que constituyen el atractivo especial de una obra de arte.



74 Psicología del paro

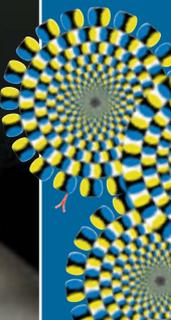
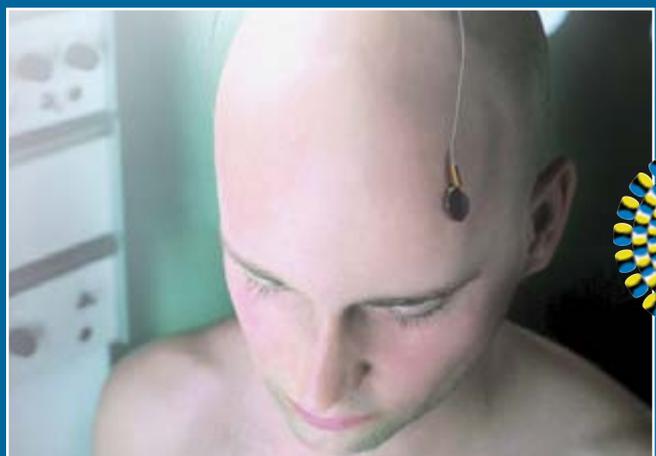
Alois Wacker

El paro y la inseguridad en el puesto de trabajo se han convertido en un fenómeno de masas. ¿Cuáles son los problemas que amenazan a los afectados?

80 El precio del autoconocimiento

Thomas Metzinger

¿Nos depara la investigación del cerebro con su nueva imagen naturalista del hombre el fin de la religión? El autor aborda la cuestión desde una filosofía materialista.



12 Barrera hematoencefálica

Grit Vollmer

El cerebro está protegido de las sustancias peligrosas y de los patógenos por un sistema especial, una barrera que la ciencia comienza a franquear para introducir medicamentos indicados en el tratamiento de las enfermedades neurológicas.

18 Síncope vasovagal

Rolf R. Diehl

Muchas personas se desmayan en cuanto ven dos gotas de sangre. Otras pierden el conocimiento cuando permanecen de pie, estáticas, cierto tiempo. Un mismo mecanismo subyace a ambos fenómenos.

22 Estrategias para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer

Natàlia Carulla, Dolors Grillo-Bosch, Muriel Arimon, Laia Sánchez y Ernest Giralt

La enfermedad de Alzheimer se ha vinculado con la agregación de la proteína beta-amiloide. En coherencia con ello, los péptidos que inhiben y disuelven la formación de agregados de la proteína beta-amiloide se nos ofrecen como una posibilidad esperanzadora para el tratamiento de la patología.

60 Conciencia: la mirada ante el espejo

Julian Paul Keenan

Las facultades complejas del cerebro resultan tan fascinantes gracias a la eficacia y elegancia, increíbles, de su sustancia gris y de su sustancia blanca. Todo lo que sabemos y somos emerge de ese escaso kilo y medio de masa compacta, cuya estructura soporta nuestra capacidad intelectual y, muy especialmente, nuestras señas personales de identidad.

SECCIONES

ENCEFALOSCOPIO

- 5** Rastrós e inminencia del peligro. Tabaquismo juvenil. Medicalización de la infancia. Psicología cognitiva en misiones de paz. Reconocimiento macaco. Alcoholismo y embarazo. Demencia inducida por VIH. Epilepsia y convulsiones. Novedad y rendimiento escolar

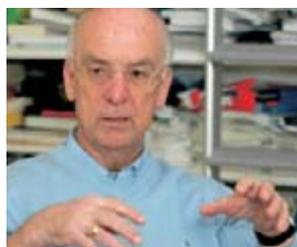
RETROSPECTIVA

- 8** **Andrés Piquer (1711-1772)**
Observación clínica rigurosa de la depresión



ENTREVISTA

42



Fritz Poustka

En el fondo de una sima

MENTE, CEREBRO Y SOCIEDAD

- 44** Evolución del sentido de la cantidad. Conciencia mecánica. ¿A qué se deben los lapsus linguae? Matemática chimpancé. Neuromodestia

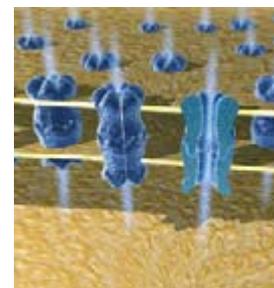


PUNTO DE MIRA

- 86** **Sería acabar con el ser humano**
¿Reta a la fe la investigación sobre el cerebro? En torno a esa cuestión debaten el biólogo y filósofo Eckart Voland y el teólogo Eberhard Schockenhoff

SYLLABUS

- 90** **Sinapsis eléctrica**
Los contactos entre las células nerviosas transmiten información a través de sustancias químicas. Aunque no todos. Existe un pequeño grupo de sinapsis que pone en directa comunicación dos neuronas mediante flujo eléctrico



LIBROS

- 95** **Lenguaje**

DIRECTOR GENERAL

José M.^a Valderas Gallardo

DIRECTORA FINANCIERA

Pilar Bronchal Garfella

EDICIONES

Juan Pedro Campos Gómez
Laia Torres Casas

PRODUCCIÓN

M.^a Cruz Iglesias Capón
Albert Marín Garau

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**HERAUSGEBER:**

Dr. habil. Reinhard Breuer

CHEFREDAKTEUR:

Dr. Carsten Könneker (verantwortlich)

REDAKTION: Dr. Katja Gaschler, Dr. Hartwig Hanser,

Steve Ayan, Sabine Kersebaum, Annette
Leßmöllmann (freie Mitarbeit), Dr. Andreas Jahn

STANDIGER MITARBEITER:

Ulrich Kraft

SCHLUSSREDAKTION:

Christina Peiberg, Sigrid Spies, Katharina Werle

BILDREDAKTION:

Alice Krüßmann, Anke Lingg, Gabriela Rabe

LAYOUT:

Oliver Gabriel, Anke Heinzlmann

REDAKTIONSASSISTENZ:

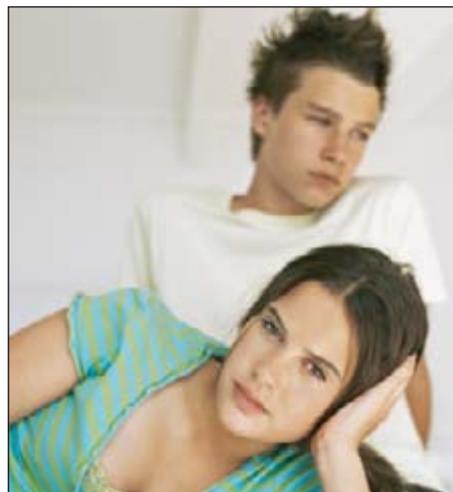
Anja Albat, Eva Kahlmann, Ursula Wessels

GESCHÄFTSLEITUNG:

Markus Bossle, Thomas Bleck

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

IGNACIO NAVASCUÉS: *Barrera hematoencefálica, Syllabus*; I. NADAL: *Síncope vasovagal, Evolución del sentido de la cantidad, Neuromodestia, El precio del autoconocimiento, Punto de mira*; F. ASENSI: *Adiós a la infancia*; JUAN AYUSO: *Entrevista, Matemática chimpancé, Psicología del paro*; ANGEL GONZÁLEZ DE PABLO: *Conciencia mecánica, ¿A qué se deben los lapsus linguae?*, *Conciencia: la mirada ante el espejo*; ANTONIO PREVOSTI: *La percepción del arte*; LUIS BOU: *Encefaloscopio*



Portada: Gehirn&Geist

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

Pol. Ind. Polvoranca
Trigo, 39, Edif. 2
28914 Leganés (Madrid)
Teléfono 914 819 800

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

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

PUBLICIDAD**Madrid:**

MOSAICO COMUNICACION, S. L.
Santiago Villanueva Navarro
Tel. y fax 918 151 624
Móvil 661 472 250
mosaicocomunicacion@yahoo.es

Cataluña:**QUERALTO COMUNICACION**

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

Copyright © 2006 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg

Copyright © 2006 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



Rastros e inminencia del peligro

La visión de patas en marcha alerta a los humanos, más que ninguna otra señal, de la presencia de seres que se mueven. Así lo afirman investigadores de la Universidad de Queens, en Ontario, y de la Universidad del Ruhr, en Bochum. Los investigadores tradujeron las figuras que humanos o animales forman al caminar en constelaciones de puntos blancos sobre la pantalla de un ordenador (*a la derecha*). Les fue presentada a voluntarios una secuencia aleatoria de estos racimos de puntos —algunos, en posición anatómicamente correcta, otros invertidos cabeza abajo y otros, desordenados— y se les pidió que determinasen en qué dirección caminaban tales “animales”. Los participantes tendían a equivocarse con las figuras de orientación invertida. ¿El motivo? Las patas. Los probandos respondían con bastante precisión si una figura invertida tenía patas con el lado derecho hacia arriba, pero obtenían peores resultados si sólo estaban invertidas las patas. “Los puntos que aportan información sólo son unos cuantos: los que conectan las patas”, explica Nikolaus F. Troje, uno de los coautores del estudio y especialista en cibernética biológica.



¿Qué es lo que nos dice que un animal se está moviendo? Las patas.

Según Troje, este resultado lleva a pensar que el sistema visual pudiera contener un “detector de vida” sintonizado a patrones de patas moviéndose en contra de la gravedad. “Pienso que debe tratarse de un sistema muy arcaico, que probablemente compartimos con muchísimos otros animales”, añade. En otro informe reciente, pollitos recién nacidos respondieron con movimientos correctos de sus patas ante los motivos de puntos cuando éstos estaban revueltos o tenían el lado derecho hacia arriba, pero no ante figuras invertidas. Troje conjetura que un detector de vida podría explicar por qué los gatos, mientras acechan a sus presas, colocan las patas de forma tan calculada, y añade que un detector frustrado podría ser la causa subyacente de las fobias hacia criaturas que se mueven sin patas, como las serpientes, los insectos o los pájaros.

—J. R. Minkel

Tabaquismo juvenil



El consumo de tabaco de los adolescentes no ha disminuido a pesar de la legislación que prohíbe su venta a los menores de edad. Una revisión de estudios realizados en EE.UU., efectuada en la Universidad de Ginebra, ha detectado que incluso en los lugares donde se hace cumplir la ley y los vendedores la respetan, no se aprecian cambios en el tabaquismo con relación a los tiempos anteriores a la ley. ¿Qué es lo que funciona? El precio. Al bajar el precio de los cigarrillos, es mayor la probabilidad de que los jóvenes contraigan el hábito. Así lo afirma un análisis independiente realizado por la Universidad de Toronto sobre los impuestos del tabaco en Canadá.

Medicalización de la infancia

Los fármacos psicotrópicos (antipsicóticos, antidepresivos y estimulantes) fueron recetados, en el año 2002, cinco veces más a pacientes infantiles que en el año 1993, según un nuevo estudio de la Universidad de Columbia. Este rápido incremento preocupa a ciertos psiquiatras, que señalan que muchos de estos fármacos no han sido expresamente autorizados para niños o adolescentes, y que existen pocos datos sobre su eficacia o sus posibles efectos secundarios.



Psicología cognitiva en misiones de paz

No es corriente que a los expertos en psicología cognitiva se les presente la ocasión de salvar vidas. Hace ocho años, el Ejército de EE.UU. se puso en contacto con James Staszewski, profesor de psicología cognitiva en la Universidad Carnegie Mellon, para que detectase los fallos del programa de preparación del personal que habría de encargarse de la limpieza de minas terrestres en zonas de guerra o de interposición entre beligerantes. Los resultados de los ejercicios habían sido lamentables; sólo se detectaba entre el 10 y el 20 por ciento de las minas simuladas. Staszewski venía investigando sobre la forma en que ciertas personas adquieren destrezas extraordinarias de memorización y cálculo. Partidario de que la pericia crece con la experiencia, admitía la posibilidad de enseñar la destreza en la limpieza de minas. El Ejército emparejó a Staszewski con un veterano de la guerra de Vietnam, Floyd "Rocky" Rockwell, que estaba trabajando con un grupo filantrópico dedicado a retirar minas en países destrozados por las guerras.



INVESTIGACION Y CIENCIA

Staszewski grabó en vídeo a Rockwell y a uno de sus pupilos más aventajados mientras buscaban minas falsas en un campo de entrenamiento en Fort AP Hill, en Virginia. El detector consistía en una larga varilla provista de un imán en la punta, que emitía un clic ante la proximidad de metales. Staszewski registró las posiciones de las cabezas detectoras, los clics y las voces de los hombres, que iban pensando en voz alta. Las instrucciones del Ejército recomendaban sobrevolar el suelo con el cabezal magnético a una velocidad de casi un metro por segundo, pero los dos expertos lo hacían con mayor parsimonia, a unos 30 centímetros por segundo y repasaban una misma zona varias veces. Y lo más esencial es que no se limitaban a escuchar los clics, sino que se formaban mentalmente imágenes de contornos de objetos sospechosos, "en busca de configuraciones espaciales ya familiares", dice Staszewski.

Con esos datos, Staszewski preparó un programa de entrenamiento. Los zapadores, que invirtieron de 12 a 15 horas más en practicar el nuevo método, descubrieron minas simuladas entre un 85 y un 95 por ciento de las veces y detectaron de un 97 a un 100 por ciento de minas desespoletadas. Staszewski creó posteriormente un método similar para un detector experimental de minas equipado con radar. En la actualidad está utilizando un sistema de cámaras más preciso para observar a artificieros muy diestros, tratando de identificar las minúsculas diferencias que permiten discriminar entre las minas y la chatarra.

—J. R. Minkel

Alcoholismo y embarazo

El síndrome fetal alcohólico (SFA) es un trastorno permanente que viene provocado por la exposición del embrión y del feto al alcohol ingerido por la madre durante la gestación. En los casos graves comporta malformaciones faciales y de los órganos internos, amén de retraso mental. En los casos más leves, la intensidad varía de un caso a otro y suele expresarse en un desarrollo demorado, hipersensibilidad sensorial a los sonidos, déficit de atención e hiperactividad. En un estudio acometido por la Universidad La Sapienza de Roma acaba de revelarse que en la región italiana del Lazio, la prevalencia de la forma grave del síndrome se movía entre un 3,7 y 7, 4 por mil. Cae así el mito de que los países meridionales distaban de los excesos de los septentrionales.

Reconocimiento macaco

Cada uno de nosotros distingue entre multitud de rostros la persona conocida. Tamaña sensibilidad del cerebro ante diferencias visuales mínimas constituye un hito de suma importancia en la evolución. Ocurre, además, un fenómeno complementario, de parejo interés: observado un rostro desde diferentes ángulos, reconocemos que pertenece, sin embargo, a un mismo sujeto. ¿Cómo supera ese reto nuestro encéfalo? En el Instituto Max Planck de Tubinga, un equipo de neurólogos dirigido por David Leopold ha encontrado una respuesta verosímil. Implantaron electrodos en la corteza temporal ínfero-anterior de macacos; les presentaron entonces rostros humanos creados a partir de un prototipo medio, al que se le iban acentuando los rasgos. En efecto, partiendo de un rostro con una nariz media, se creaba un individuo de nariz prominente y otro chato; y así con las demás propiedades de la cara. Los neurólogos comprobaron que las neuronas de la corteza temporal infero-anterior producían descargas eléctricas cuya intensidad aumentaba con cuanto más se alejaba de la media el trazo en cuestión. Con otras palabras, el cerebro del macaco se remite de forma permanente a un rostro medio, ante el cual las descargas neuronales son mínimas. De esa manera, los individuos serían identificados por su lejanía del rostro medio. Algo similar pudiera acontecer en el hombre. Y ello quizá pudiera explicar por qué a un rostro con rasgos promediados lo percibimos como bello.



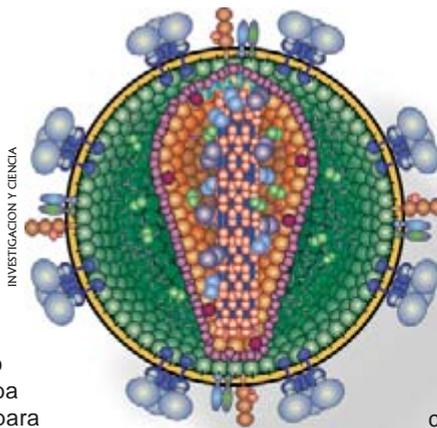
INVESTIGACION Y CIENCIA

Demencia inducida por VIH

Harris Gelbard estaba realizando el MIR en neurología pediátrica en 1988 cuando a uno de sus colegas le fue diagnosticado sida. Este enfermo manifestó muy pronto todas las complicaciones neurológicas y psiquiátricas de libro: ictus, mal de Parkinson y paranoia. Después, una demencia invalidante le dejó sin habla y obligado a utilizar pañales. Murió al poco.

Desde entonces, Gelbard se ha dedicado por entero a investigar la incidencia del sida en el cerebro. Acaba de descubrir lo que podría ser el primer tratamiento para la demencia inducida por el VIH: el ácido valproico, utilizado ya en el tratamiento de la epilepsia y del trastorno bipolar. Si bien los "cócteles" de fármacos que hoy se prescriben para el tratamiento del sida logran mantener bajas las cargas víricas en el organismo infectado, a estos medicamentos les resulta difícil alcanzar el cerebro. Se sabe que el virus se infiltra pronto en el cerebro, a los pocos días o semanas de su penetración en el organismo, para ir luego destruyendo, poco a poco, las células cerebrales al atacar ciertos compuestos, como el glutamato, que son esenciales para las neuronas.

Gelbard, profesor de neurología, pediatría, microbiología e inmunología en la Universidad de Rochester, ha llegado a la conclusión de que el ácido valproico frena esta demencia. Su es-



INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

tudio se basa en 22 pacientes con demencia inducida por VIH, otros 16 con problemas de memoria, más otros seis sujetos exentos, que sirvieron de control. Si una investigación ulterior, más exhaustiva, confirma su hallazgo, el ácido valproico se convertiría en el primer fármaco contra la demencia por VIH.

Los síntomas que declaran con mayor frecuencia los sidosos de nuestros días son más sutiles que los comunicados durante las etapas iniciales de difusión de la enfermedad, hace 20 años, época en que se desarrollaba con bastante rapidez la demencia total en los jóvenes. En la actualidad, los pacientes se quejan de un abanico de problemas neurológicos menos definidos, que van desde déficits de atención y lentitud en el pensamiento hasta la dificultad en concentrarse en tareas cotidianas. Según explica Gelbard, "eres sólo el 80 por ciento de ti mismo". Por ser más los supervivientes, gracias a los actuales cócteles de fármacos, no menos de un 20 por ciento de los pacientes sufre estos problemas.

—Jamie Taban

Epilepsia y convulsiones

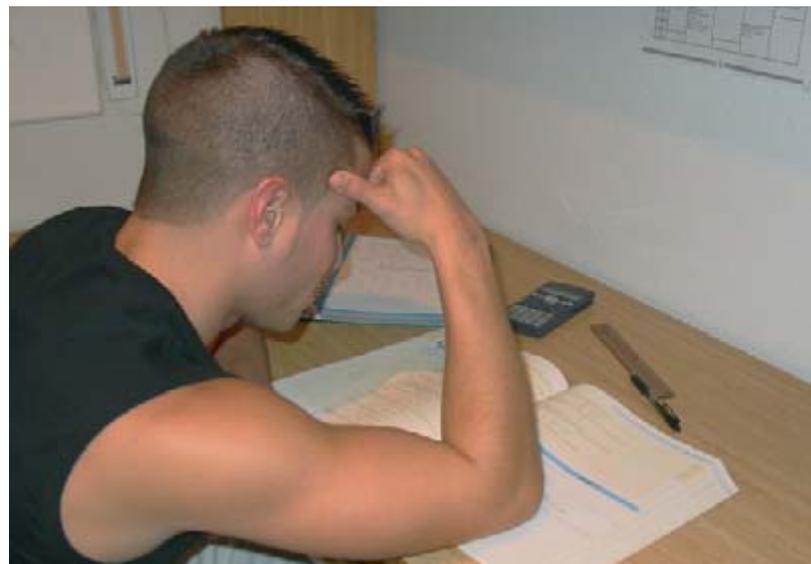
En muchas personas que sufren ataques convulsivos, el mal no es epiléptico. Los traumas psíquicos son responsables de ataques erróneamente diagnosticados como epilépticos en hasta un 30 por ciento de los casos. La ansiedad es el desencadenante habitual; por ejemplo, al presentarse una enfermedad grave. Según tres estudios publicados en el

número de *Neurology* del 13 de junio, puede que individuos mal diagnosticados estén tomando sin necesidad medicación antiepiléptica durante años y sufrir el estigma. Una distinción: quienes sufren convulsiones por causas psicológicas cierran los ojos durante el ataque; los verdaderos epilépticos suelen mantener los ojos abiertos.

Novedad y rendimiento escolar

Pasarse horas enteras sobre los libros abiertos pensando en las batuecas cuando apremia un examen no es la mejor forma de aprovechar el tiempo. La mente tiende a la evasión si entre un tema y otro no se introduce un concepto, una imagen o cualquier otro elemento de novedad. Lo acaban de demostrar un grupo de investigadores de la Universidad de Londres, en una serie de ensayos de la que dan cuenta en *Neuron*. En el primer experimento se valoraba, con la resonancia magnética funcional, la diversa activación de algunas áreas del cerebro mientras se sucedían imágenes nuevas o familiares, incluso dotadas de cierta carga emotiva. El segundo experimento alternaba imágenes nunca vistas con otras ya observadas. En ambos casos, las imágenes inéditas excitaban con intensidad mayor al cerebro, en particular, la sustancia negra y el tegmentum ventrale, regiones responsables de la regulación de nuestras motivaciones, procesos de recompensa y niveles de dopamina. Todo nuevo estímulo constituye una fuente potencial de recompensa, interpretan los neurólogos, con el consiguiente movimiento de alerta del cerebro. Por el contrario, un elemento ya conocido presenta menos posibilidades de llevarnos a una gratificación complementaria, razón por la cual pierde interés para nuestro encéfalo. Podría aprovecharse esa íntima vinculación entre memoria, novedad y recompensa en los individuos que adolecen de problemas mnémicos. El tercer experimento confirmó los resultados ya obtenidos: a dos grupos de voluntarios se les mostró dos secuencias de imágenes; en una de ellas se

intercalaban figuras nuevas; en la otra secuencia, no. Veinte minutos después, se les preguntó a los voluntarios por lo que habían visto: el primer grupo demostró una memoria superior al segundo en un 19 por ciento.



Andrés Piquer (1711-1772)

Observación clínica rigurosa de la depresión

José María López Piñero

Andrés Piquer Arrufat nació en la localidad turolense de Fórnoles y cursó la enseñanza secundaria en la vecina localidad de Fresneda, tras aprender las primeras letras en su pueblo natal. En 1727 se trasladó a Valencia, en cuya universidad estudió medicina hasta graduarse en 1734. Los profesores que más le influyeron fueron el catedrático de anatomía Juan Bautista Longás y, sobre todo, Antonio García Cervera, a quien llamó “García el grande” porque consideraba que encabezaba la renovación de la enseñanza médica. Recién graduado, participó en varias oposiciones a plazas del Hospital General y a cátedras de la Universidad. No tuvo éxito de momento, aunque la brillantez de sus ejercicios contribuyó a ir afianzando su prestigio, que acrecentó la publicación de su primer libro, titulado *Medicina vetus et nova* (1735). En consecuencia, fue comisionado oficialmente para estudiar diversos problemas sanitarios. Los informes que redactó con este motivo reflejan la orientación que entonces tenía su práctica. Aclaró, por ejemplo, que las muertes producidas a comienzos de 1739 en Fanzara eran debidas a “pulmonías o inflamaciones del pulmón”, apoyándose principalmente en datos de autopsia.

En 1741 entró en relación con Gregorio Mayáns Síscar, iniciando una amistad que se mantuvo, con algunos altibajos, hasta la muerte de Piquer. Mayáns le influyó en su formación humanística y también le ayudó de modo importante en su carrera. A su intervención se debió en parte que ganara en 1742 las oposiciones a la cátedra de anatomía de la Universidad de Valencia, poco después de resultar también vencedor en las de médico titular del Hospital General. El mismo año fundó Mayáns la Academia Valenciana, de la que Piquer fue uno de los primeros miembros. Sin embargo, esta institución no se consolidó y su participación en ella tampoco tuvo gran entusiasmo, especialmente desde que Mayáns comenzó a editar en 1747 las obras físicas y matemáticas de Juan

Bautista Corachán, que consideraba con razón anticuadas.

Durante los nueve años que ocupó la cátedra de anatomía, Piquer impartió una enseñanza basada principalmente en la disección, de acuerdo con la

tradición de la escuela valenciana. Un texto suyo de 1745 dice: “El año 1743, haciendo yo públicamente la demostración anatómica del hígado, una de las veinticinco disecciones prácticas que todos los años explico ... hallé en la



1. ANDRES PIQUER. Fotografado (1895)

cestilla de la hiel una piedra del tamaño de un huevo de gallina”. Dedicó mucho tiempo a la docencia y escribió varios textos de tema anatómico, pero su objetivo fundamental era entonces ofrecer “a la juventud española” una síntesis amplia y “moderna” de los saberes médicos y de sus disciplinas básicas. A este programa responde la aparición del primer volumen de su *Física moderna, racional y experimental* (1745) y de su *Lógica moderna* (1747). En la *Física* se ocupó también de los fósiles, primero en un capítulo dedicado a la formación de las piedras en general y luego en otro específico titulado “Explicase la generación de las piedras figuradas”. Demostró conocer las publicaciones europeas de la época y se opuso a las ideas que consideraban los fósiles meros “juegos de la naturaleza”, defendiendo que se trataba de “petrificaciones” de seres vivos o de algunas de sus partes. Publicó, además, un folleto (1745) en defensa de su *Física* y una serie de escritos polémicos (1746-1748) en torno a un caso clínico que él había diagnosticado de “hectiquez”, lo que implicaba la destrucción de los enseres que hubieran estado en contacto con el enfermo, de acuerdo con la legislación de la época relativa a la tuberculosis. Apareció entonces también la primera edición de su *Tratado de calenturas* (1751), quizá su obra de mayor importancia.

A finales de 1751 se fue a Madrid como médico de cámara supernumerario de Fernando VI. Tradicionalmente se creía que en este nombramiento había influido Mayáns, pero Vicente Peset Llorca aclaró que Piquer fue a la Corte reclamado por su maestro Antonio García, quien había sido nombrado médico regio y murió dos años después. El ascenso de Piquer fue muy rápido, ya que en 1752 fue designado vicepresidente de la Real Academia Médico-Matritense, a la que pertenecía desde 1739, y entró a formar parte del Tribunal del Protomedicato. Durante las dos décadas siguientes desplegó una notable actividad en ambas instituciones, de la que destacan los discursos que pronunció en la Academia sobre los sistemas médicos (1752, 1768 y 1770), la tradición médica española (1761) y la historia de la medicina árabe (1770), así como sus informes desde el Protomedicato en torno a la inoculación de las viruelas (1757) y la reforma de la enseñanza médica (1767 y 1768).

Durante sus años juveniles, Piquer había sido seguidor de un eclecticismo fuertemente inclinado al mecanicismo.

TRATADO DE LAS CALENTURAS

Segun

LA OBSERVACION, Y EL MECANISMO.

SU AUTOR

EL D.^R ANDRES PIQUER,
MEDICO TITULAR DE LA CIUDAD DE VALENCIA,
Catedratico de Anatomia en su Universidad, Socio de las
Regias Academias Medicas de Madrid, y Porto,
y Academico Valenciano.



EN VALENCIA, M. DCC. LI.

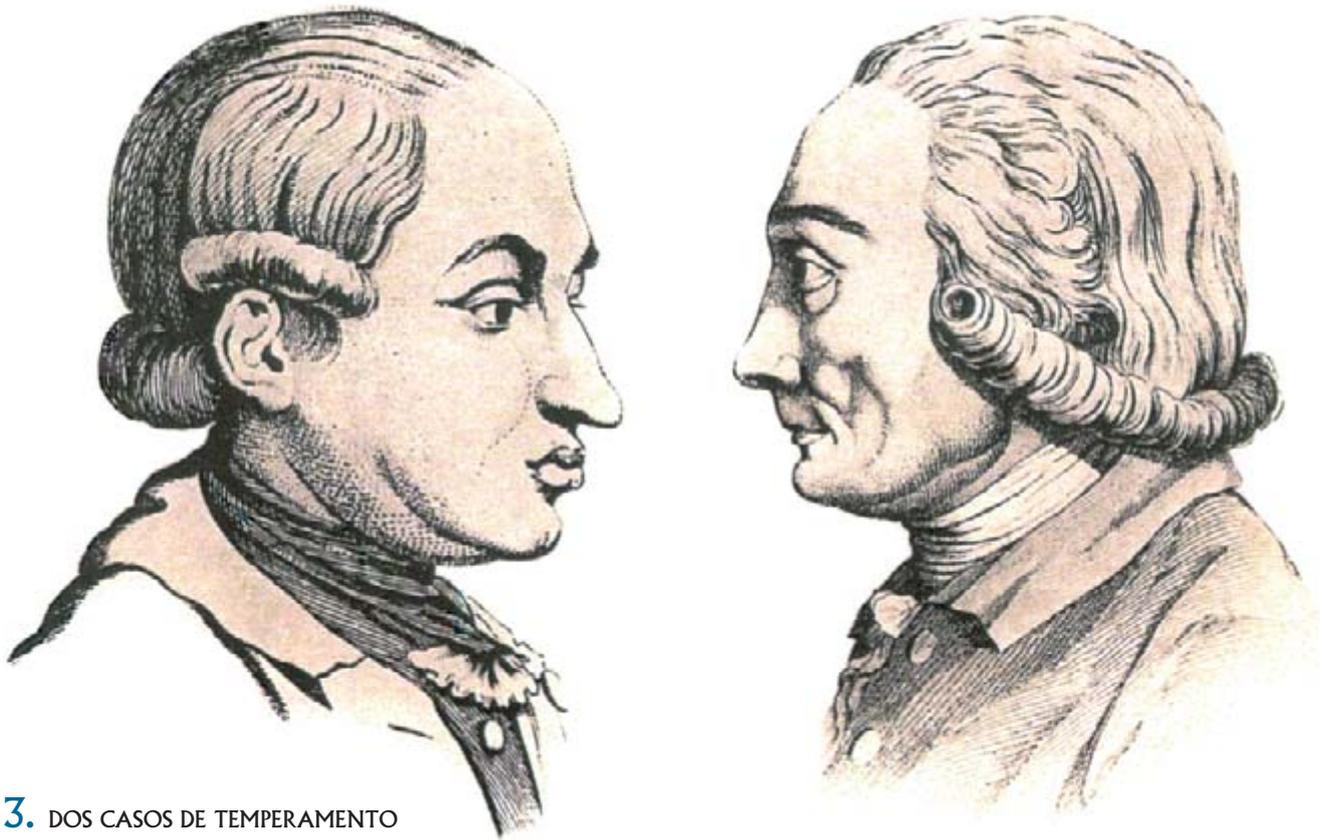
En la Imprenta de JOSEPH GARCIA, plaza de
Calatrava.

2. TRATADO DE LAS CALENTURAS de Andrés Piquer. Portada de la primera edición (1751).

La primera edición de *Medicina vetus et nova* (1735) se basa en este supuesto y lo mismo sucede con sus *Theses medico-anatomicae* (1742), en las que concede gran importancia a la indagación microscópica y la doctrina de la circulación de la sangre. Lo mantuvo hasta la primera edición del *Tratado de calenturas* (1751), que lleva como subtítulo “según la observación y el mecanismo”.

El traslado a Madrid de Piquer coincidió con un cambio profundo de su mentalidad científica, porque en su discurso *De medicinae experimentalis praestantia* (1752) defendió ya una postura antisistemática. La nueva actitud condicionó la modificación del contenido de *Medicina vetus et nova* a partir de su tercera edición (1758) y del *Tratado de las calenturas* desde la segunda (1760), en la que quitó el subtítulo. En ambas obras expuso los

fundamentos de un “empirismo racional” opuesto a los sistemas cerrados y defensor ante todo de la importancia de la observación. Con este cambio, se incorporó a la tendencia más avanzada de la medicina europea de la época. Publicó una excelente traducción de *Las obras de Hipócrates más selectas* (1757-1770) porque consideraba que los escritos hipocráticos eran los modelos clásicos de observación clínica. La complementó con “las observaciones prácticas de los antiguos y modernos”, en las que incluyó numerosos casos propios, además de exponer sus opiniones sobre cuestiones generales y temas concretos. Algunas veces, la mentalidad antisistemática le condujo a mantener puntos de vista en la línea que culminó a comienzos del siglo XIX con la escuela anatomoclínica de París, punto de partida de la medicina contemporánea. El caso más claro e importante corresponde a las “fiebras



3. DOS CASOS DE TEMPERAMENTO MELANCOLICO. Grabado en *Physiognomische Fragmente* (1775-78) de Johann Kaspar Lavater. Edición francesa (1835).

esenciales”, amplio capítulo de la patología tradicional que desaparecería definitivamente cuando varios anatomoclinicos las explicaron como fenómenos secundarios de lesiones anatómicas de carácter inflamatorio.

A pesar de residir en Madrid, destinó sus libros más importantes a la Facultad de Medicina de Valencia: *Institutiones medicae ad usum Scholae Valentinae* (1762) y *Praxis medica. Ad usum Scholae Valentinae* (1764-1766). También le dedicó la cuarta edición revisada de *Medicina vetus et nova. Postremis curis retractata et aucta ad usum Scholae Valentinae* (1768). En las *Institutiones* planteó una gran exigencia ante las observaciones microscópicas, desde una postura que María Luz Terrada ha estimado no muy alejada de la que conduciría a Bichat a la formulación del concepto de tejido.

En la *Praxis* y el *Tratado de las calenturas* cabe destacar los estudios dedicados al “garrotillo” y a las lombrices. Una de las principales aportaciones de la clínica renacentista española había sido la descripción del “garrotillo” o angina diftérica sofocante, pero a causa de la marginación de las corrientes renovadoras durante el siglo XVII, no se volvió a publicar ningún estudio de relieve sobre el tema hasta las quince páginas de Piquer en su *Praxis*, que se

convirtieron en modelo. Más interesante es el capítulo sobre las lombrices, debido a que las bases de la parasitología contemporánea habían sido sentadas en 1684 por el célebre Francesco Redi tras refutar experimentalmente la generación espontánea de los “gusanos”, que impuso la fórmula *omne vivum ex vivo*. El modo en el que Piquer asociaba la observación clínica con los resultados de la investigación experimental se manifiesta claramente en este capítulo, ya que no sólo remite a Redi, sino a la obra parasitológica entonces reciente de Giovanni Battista Bianchi (1681-1767), generalmente recordado por su descripción de los nódulos fibro-cartilagosos en el vértice de las válvulas pulmonares y aórticas (“nódulos de Bianchi”).

Los dos volúmenes de la *Praxis* constituyen, junto a la edición modificada del *Tratado de las calenturas*, una síntesis de medicina clínica para la enseñanza que no sólo fue utilizada en la Facultad de Valencia, sino en otras españolas y extranjeras. Ello explica que, después de la muerte de Piquer, fuera reimpresa tres veces en España, la última en 1786-89, una en Amsterdam (1775) y otra en Venecia (1776). Todavía más importante fue la circulación del *Tratado de las calenturas*, ya que tuvo cinco ediciones en castellano hasta 1788 y dos en francés, traducido y revisado por profesores de Montpellier, la primera en el mismo Montpellier y en Amsterdam (1776) y la segunda nada

menos que en el París anatomoclínico (1801), donde Philippe Pinel reprodujo numerosos textos suyos.

Trece años después de la muerte de Piquer, su hijo Juan Crisóstomo publicó, con el título de *Obras póstumas* (1785), diez de sus escritos inéditos, precedidos de una biografía. Con la excepción de una historia clínica, son dictámenes y discursos correspondientes a la última etapa de su vida. Entre ellos se encuentran una defensa nacionalista de la importancia de la medicina española del Renacimiento (*De Hispanorum Medicina instauranda oratio*) y *Discurso sobre la medicina de los árabes*, que tiene una orientación cercana a la llamada “historia pragmática de la medicina”. En este terreno, junto a la influencia de Mayáns, Piquer recibió la del gran clínico holandés Hermann Boerhaave, cuyo *Methodus discendi medicinam* fue el punto de partida de la bibliografía médica contemporánea. Figuró entre los primeros autores europeos que se sumaron a la importante innovación que significó para la pedagogía médica, redactando *De medicinae studio recte instituendo*, un catálogo de más de sesenta autores con análisis crítico de sus obras, que incluyó en su *Medicina vetus et nova* a partir de la tercera edición (1758).

Otro de los textos incluidos en las *Obras póstumas* es el *Dictamen al Supremo Consejo de Castilla sobre la inoculación de las viruelas*

(1757), relativo a la variolización que se practicaba en China desde comienzos del siglo XI y que había sido dada a conocer en Europa, a través del Imperio Turco, por un artículo del médico alemán Heinrich Vollgnad (1671) y por los libros de los médicos griegos Emanuele Timoni (1713, 1721) y Giacomo Pilarino (1715). Las “cabalgadas pseudohistóricas” ignoran estas publicaciones y otras posteriores, convirtiéndose en una “gran figura” a lady Wortley-Montague, esposa del embajador británico en Estambul, a pesar de que esta “gloriosa aristócrata” se limitó a hacer inocular a sus hijos y los de la princesa de Gales, tras ensayos favorables en seis criminales, más de medio siglo después del artículo de Vollgnad. Como todas las innovaciones, la variolización condujo en Europa a una fuerte polémica. Entre los defensores figuraron, no sólo importantes médicos, sino también algunas personalidades culturales y científicas, entre ellos, Voltaire, d’Alembert y Helvetius. En España, los principales fueron Andrés Piquer y sus discípulos Francisco Rubio y Francisco Salvá Campillo.

De las *Obras póstumas* quedaron excluidos numerosos manuscritos de Piquer, la mayor parte de los cuales acabaron en manos de Anastasio Chinchilla, quien publicó o resumió el contenido en su *Historia de la medicina española* (1841-46). Entre los que transcribió íntegramente figura el *Discurso sobre la enfermedad del Rey nuestro señor Fernando VI*, historia clínica en la que se manifiesta la rigurosidad de las observaciones de Piquer sobre las enfermedades mentales, concretamente sobre la depresión. Como es muy extensa, me limitaré a citar una breve selección de fragmentos: “Enfermó el rey el día 7 de septiembre de 1758... y, según la relación de los médicos que entonces le asistían, se empezó la dolencia a manifestar con temores muy vivos, en que temía morir o ahogarse, o que le daría un accidente. Junto a esto, hacía algunas cosas que parecían extravagantes, atribuidas a genialidad, aunque en mi concepto, la enfermedad las ocasionaba; porque empezó de allí a algunos días a dejar el despacho de los negocios, dejó de salir a la caza, no se dejó cortar el pelo ni la barba y a este modo otras cosas que indicaban ya claramente su dolencia. Dormía bien, pero siempre que despertaba eran los temores y melancolías mayores que antes, y con este motivo dejó la cama y se puso en una camilla infeliz, que es la que hoy mantiene... El día 25 de noviembre de 1758 empecé yo a ver

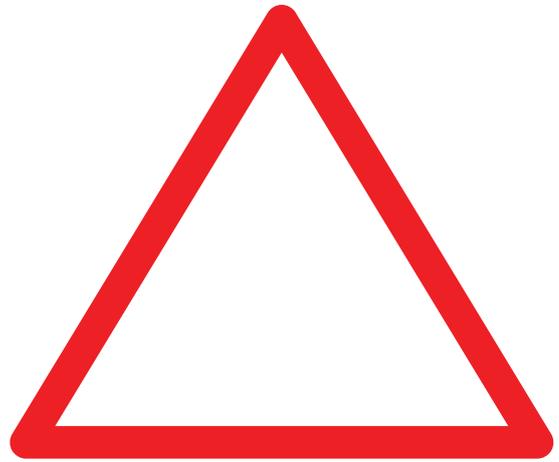


4. FERNANDO VI. Retrato al óleo por Luis Meléndez.

S. M. y lo que entonces observé era esto. Padecía unos temores sumos, creyendo que a cada momento se moría, ya porque se sentía ahogar, ya porque le destrozaban interiormente. Esto lo decía y repetía tantas veces y con tal vehemencia, que eran innumerables; y sin que ninguna suerte de persuaciones ni convencimientos alcanzasen a tenerle, prorrumplía sin cesar en lo mismo, y estaba fijo y adherente a estas ideas tristes y melancólicas... Junto con esto, tenía aversión a las gentes... ni podía acordarse de las cosas que estando sano les gustaban sin enfadarse, porque todo le desazonaba... El cuerpo padecía de muchos modos, porque estaba tan flaco que se le podían contar las vértebras y las costillas... alguna vez le venían temblores y estremecimientos de los brazos y de todo el cuerpo... La descompostura de la mente ha ido siempre a más... con alternativas de miedos, de inquietudes, de desasosiego, de alborotos, gritos,

decadencia, inacción y otras cosas a este modo... Después del solsticio del estío, hubo por algunos días gritos y voces extraordinarias, y al empezar la canícula cesaron, entrando en su lugar la indolencia y la inacción... Hacia principios de agosto empezó a tener oscura la locución, de modo que la hallaba torpe y sin claridad... quedó después sin habla, pero no sin sonido... El día 9... se quedó del todo privado de sentido y de movimiento como los apopléticos. Este día por la tarde empezó a tener un fuerte ronquido; en la noche se le añadió el estertor del pecho, y creciendo estas cosas con calor activo al tacto y con pulsos regulares, pasó hasta las tres de la mañana siguiente. A esta hora, siendo el estertor sumo, la respiración fatigadísima y la cara encendida, empezó a ponerse pequeño el pulso, y aumentándose su decadencia, vino este príncipe a fallecer a las cuatro y cuarto de la mañana del día 10 de agosto”.

Barrera hematoencefálica



El cerebro está protegido de las sustancias peligrosas y de los patógenos por un sistema especial, una barrera que la ciencia comienza a franquear para introducir medicamentos indicados en el tratamiento de las enfermedades neurológicas

Grit Vollmer

Berlín, 1885. Azul, todo es azul. Los músculos, los vasos y los órganos, el cuerpo entero del cobaya aparece teñido de esa coloración. Sólo hay un órgano al que no ha llegado el marcador químico: el cerebro. En su laboratorio de la Charité, Paul Ehrlich (1854-1915) ha inyectado anilina en la sangre de una rata. Viene ensayando desde hace años con distintos métodos de tinción para hacer visibles, bajo el microscopio, las células y los tejidos. Con el azul de índigo ha obtenido un enorme éxito. Sólo el sistema nervioso central, es decir, el encéfalo y la médula espinal, se resiste a la tinción.

Los experimentos de Ehrlich suponen la primera demostración experimental de la existencia de la barrera hematoencefálica, de vital importancia, que mantiene alejadas de las células nerviosas las sustancias peligrosas. Esa barrera controla lo que entra en el cerebro por vía sanguínea, filtra las sustancias tóxicas y deja pasar los nutrientes y los gases de la respiración. El cerebro opera, por así decir, en un espacio vigilado. El motivo de esa acotación, si

lo comparamos con los demás órganos, estriba en la fina sensibilidad de la función cerebral, que podría verse dañada por muchas sustancias extrañas: venenos del medio o de la alimentación y hormonas endógenas. Si se permitiera un acceso indiscriminado al cerebro y se interrumpiera su comunicación interna, se produciría el caos.

Prohibido el paso

El 1967, Thomas Reese y Morris Karnovsky, de la facultad de medicina de Harvard, lograron hacer visible la barrera hematoencefálica en el microscopio electrónico. Comprobaron que las denominadas células endoteliales de las paredes de los vasos sanguíneos se hallaban íntimamente adheridas entre sí.

Una capa fina de tales células tapiza el interior del torrente circulatorio. En los vasos de las demás regiones del cuerpo, las células endoteliales se unen de una manera más laxa, por cuya razón las sustancias pasan con facilidad de las venas al tejido vecino. No sucede así con los capilares cerebrales: encontramos allí unas proteínas especiales de la membrana, denominadas de “unión hermética”, entre dos célu-

las vecinas, que entablan un contacto inusitadamente firme. La única forma de que la sangre llegue hasta el tejido nervioso es a través de estas células endoteliales, rodeadas por una membrana, con un alto contenido de grasas, que no permite el paso de sustancias hidrosolubles.

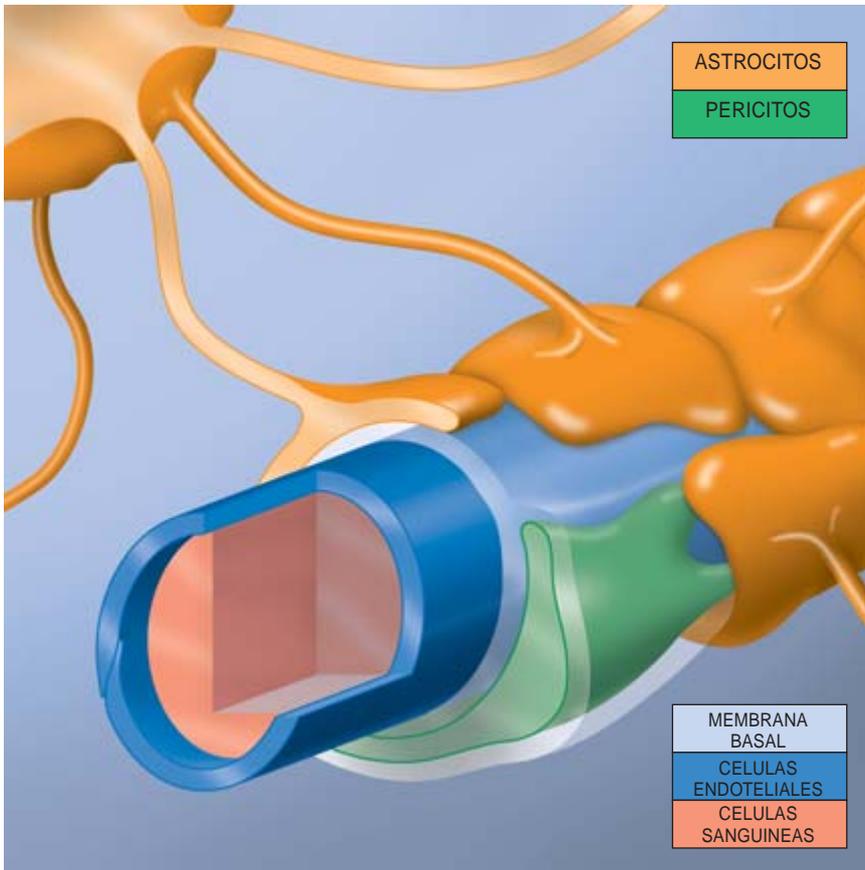
El grupo encabezado por Rolf Dermietzel, de la Universidad del Ruhr en Bochum, demostró en 2002 que las células endoteliales no eran el único componente de la “barrera hematoencefálica”. Había dos tipos celulares más: los pericitos y los astrocitos. Remiten los primeros a unas células de tejido conjuntivo que residen fuera de los vasos sanguíneos y envuelven las células endoteliales con sus delgadas prolongaciones. Los astrocitos, células gliales, cubren con sus podocitos casi el 90% de la cara externa de los capilares cerebrales.

Se ignora el reparto o asignación de tareas entre células diversas. Probablemente, los astrocitos se ocupan de

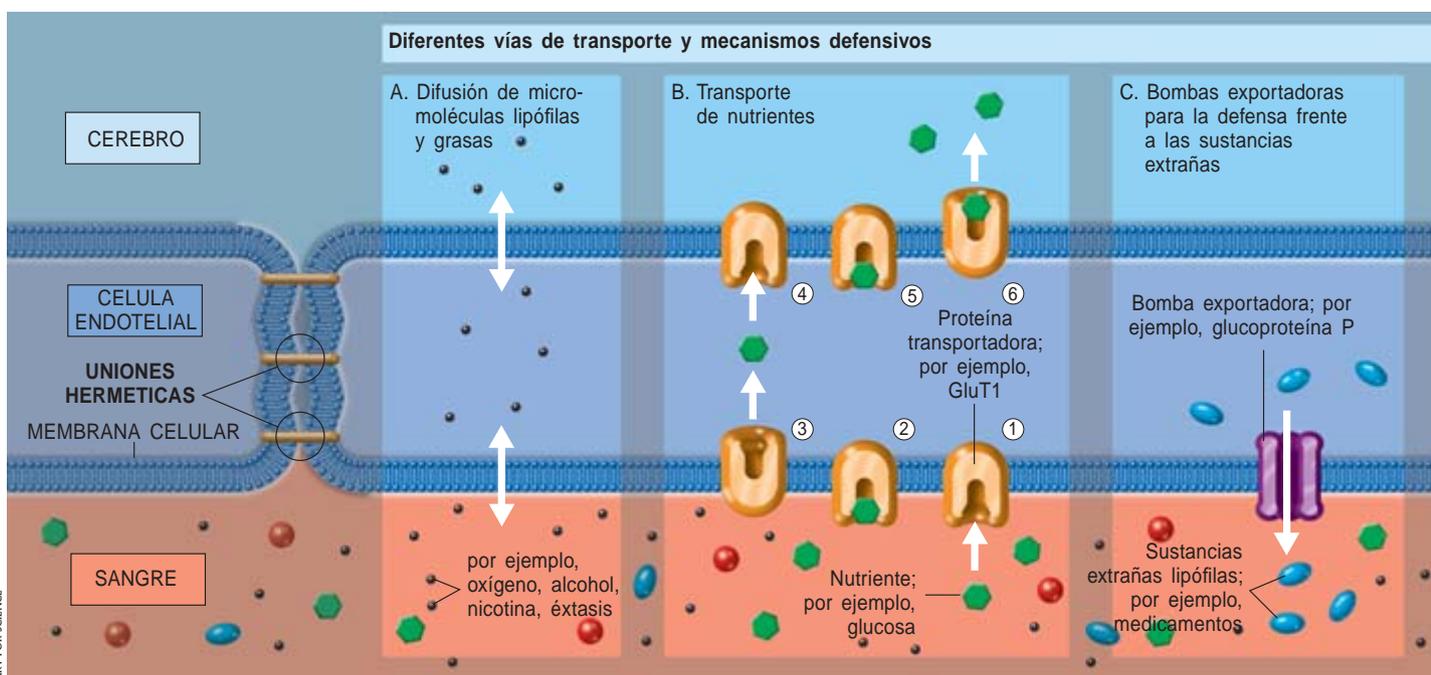
PROTECCION CEREBRAL. La mayoría de los medicamentos no logra entrar en el encéfalo, porque se lo impide la barrera hematoencefálica.



Así funciona la barrera hematoencefálica



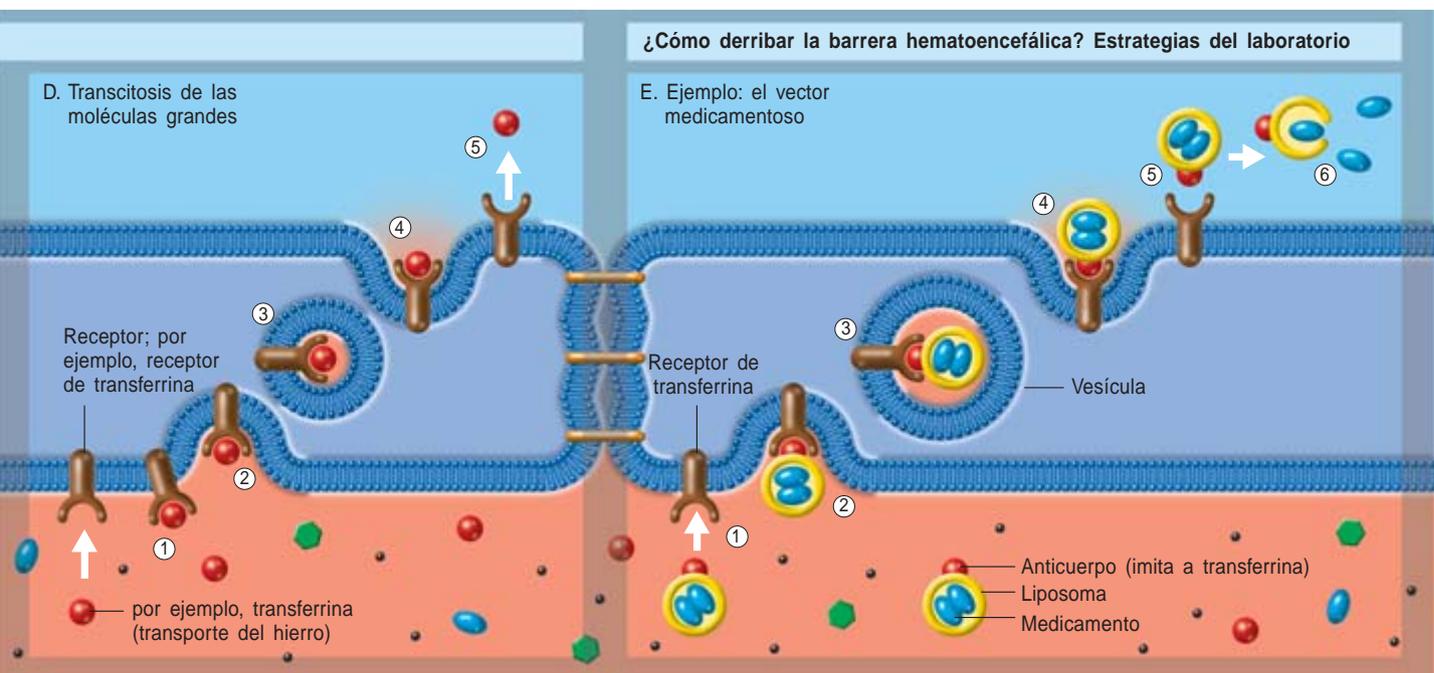
Ciertos mecanismos celulares refinados regulan qué sustancias acarreadas por la sangre pueden entrar en el cerebro y cuáles no. Los capilares cerebrales finos están revestidos de células endoteliales y rodeados de pericitos; el conjunto se halla envuelto por una capa fina, la membrana basal (véase la imagen de la izquierda). Los astrocitos establecen contacto, con sus prolongaciones, sobre la cara externa. Las uniones herméticas, conexiones firmes de proteínas entre las células endoteliales, sellan de tal manera la membrana celular, que impiden el tránsito de moléculas. Todas las sustancias deben pasar por el soma celular para llegar hasta el cerebro. El oxígeno y el dióxido de carbono se difunden de la sangre al cerebro y viceversa [A]. Como la membrana de las células endoteliales contiene grasa, las micromoléculas lipófilas la atraviesan también. De este modo pasan al cerebro el alcohol, la nicotina, la cafeína, el éxtasis o la heroína, alterando sus funciones.



Macromoléculas y sustancias hidrosolubles no atraviesan fácilmente la membrana. Para que la glucosa, los aminoácidos o las vitaminas (nutrientes esenciales) lleguen hasta las células nerviosas, se dispone de unos sistemas especiales de transporte (B). La proteína GluT1 porta la glucosa al cerebro. Para ello, la molécula de glucosa de la sangre se une al transportador de la membrana (1), que cambia su conformación y libera la glucosa dentro de la célula endotelial (2). La glucosa recorre la célula (3), se une de nuevo, en el lado contrario, a GluT1 (4) que traslada la molécula fuera de la célula hasta el cerebro (5 + 6). Existen también vectores propios para los distintos aminoácidos que —como GluT1— no consumen energía. Las bombas exportadoras (C) consumen energía y devuelven al torrente circulatorio las sustancias liposolubles (esteroides, antibióticos, citostáticos o betabloqueantes, amén de ciertas sustancias inhibitoras del sistema inmunitario). Hasta el momento, se conocen 15 transportadores de este tipo. En su mayoría

pertenecen al grupo de las proteínas ABC. Abreviatura ésta de *ATP-Binding-Cassette-Transporter* se trata de unas proteínas de membrana que trasladan activamente diversos sustratos a través de las bicapas lipídicas de la membrana celular; se inscribe aquí el principal desintoxicador de la barrera hematoencefálica, la glucoproteína P, una proteína de multiresistencia farmacológica. Las proteínas de transporte de las células endoteliales y de los astrocitos colaboran en la exportación de las sustancias. Otro mecanismo esencial para la llegada de los nutrientes es la transcitosi mediada por receptores (D). La proteína transferrina se ocupa del transporte de hierro por la sangre. Se une a los receptores de la membrana endotelial y pasa al interior de la célula: una vez que la transferrina, cargada de hierro, se une a su receptor (1), se invagina la membrana (2) y se descarga dentro de la célula en forma de una vesícula que encierra en su interior el nutriente (3). La vesícula se fusiona con la membrana opuesta (4), la

transferrina se libera del receptor y pasa al cerebro (5). Del mismo mecanismo se sirven otros receptores para fomentar el paso de macromoléculas, tal la insulina, por las células endoteliales. Con el modelo de transcitosi mediada por receptores, se ha intentado introducir medicamentos dentro del cerebro (E). Gert Fricker y su grupo han ideado un vector especial de medicamentos: rellenan de principios farmacológicos activos los liposomas, vesículas diminutas de grasa; en cada microesfera de grasa caben hasta 30.000 moléculas. Estas vesículas se acoplan a un anticuerpo que reconoce, por ejemplo, los receptores de transferrina de las células endoteliales. Los vectores de medicamentos engañan a las células haciéndolas creer que son sustancias endógenas y atraviesan, a continuación, la barrera: los receptores atrapan los liposomas preparados de la sangre (1), la célula los absorbe en forma de vesícula (2 + 3) y lleva los liposomas hasta el cerebro (4 + 5) donde descargan su contenido curativo (6).



suministrar alimento a las demás, al propio tiempo que liberan factores de crecimiento. Los pericitos ejercen una función desintoxicadora; pueden absorber y descomponer las sustancias del medio.

Pese a tal frontera, es obvio que el cerebro no puede estar absolutamente aislado. Para sobrevivir y cumplir su función, las células necesitan metabolitos de muy diversa naturaleza: aminoácidos, azúcar, ácidos nucleicos, vitaminas y hormonas. Las moléculas de los nutrientes más pesados no pueden atravesar las células endoteliales sin ayuda. La membrana cuenta para ello con una serie de sistemas auxiliares; entre otros, transportadores especiales de glucosa o de aminoácidos.

Intrusos indeseables

La barrera suele ser permeable a los gases oxígeno y dióxido de carbono. Pero también encuentran paso franco el alcohol, la nicotina, la heroína o el éxtasis, que no sólo poseen un tamaño reducido, sino que, además, son lipófilas, lo que les faculta para atravesar sin mayores problemas la membrana de las células endoteliales.

Bryan Yamamoto, de la Universidad de Boston, expuso hace poco sus experimentos sobre ratas en torno a los daños cerebrales que ocasionaba el éxtasis. Administró la droga a los roedores y les inyectó, a continuación, un colorante que, en principio, no puede penetrar en el cerebro. Sin embargo, al introducirse dentro del equipaje de las moléculas de éxtasis, pasó sin problemas al tejido cerebral. Todavía 10 semanas después —las ratas habían mantenido entre tanto la abstinencia—, la nueva dosis del colorante pudo alcanzar el cerebro. En otras palabras, la barrera hematoencefálica de

los roedores se había tornado mucho más permeable gracias al éxtasis y, en consecuencia, bastante más vulnerable a los patógenos. Yamamoto no ha podido aclarar cuánto tiempo dura el efecto de la droga en el cerebro humano, pero 10 semanas de vida de una rata podrían corresponder perfectamente a una cifra de entre 5 y 7 años de la especie humana.

Además, en condiciones normales, ciertos virus y bacterias entran en el cerebro; así, los agentes de la rabia, la meningitis o la borreliosis. La bacteria del cólera engaña a la barrera hematoencefálica al atacar determinadas proteínas de las células endoteliales y abrir, después, sus puertas. Con todo, si se produce una inflamación del tejido nervioso, la permeabilidad de la barrera hematoencefálica facilita que las células defensivas alcancen el cerebro y combatan la infección.

En la esclerosis múltiple (EM), entran en el cerebro cantidades ingentes de células inmunitarias y refuerzan la reacción inflamatoria. En rigor, la esclerosis múltiple es una enfermedad de la barrera hematoencefálica porque las células inmunitarias derriban súbitamente la barrera y atacan la mielina, capa aislante de las prolongaciones nerviosas necesaria para la transmisión rápida de las señales cerebrales.

Con todo, la barrera goza de una protección extraordinaria: aparte de su propia consistencia, las células de los vasos sanguíneos cuentan con otros sistemas defensivos. Por un lado, están dotadas de enzimas capaces de descomponer las sustancias tóxicas o de transportarlas de nuevo hasta el torrente sanguíneo. Por otro, las bombas de exportación reconocen las sustancias peligrosas de la sangre (introducidas por ejemplo con los alimentos) y las extraen de las cé-

lulas endoteliales para devolverlas a la circulación.

Para que un medicamento atraviese, en concentraciones terapéuticas, la barrera hematoencefálica debe tener un peso menor de 500 dalton (unidad de masa molecular) y ser liposoluble. El problema es que no se dispone de ningún medicamento que cumpla tales requisitos para la enfermedad de Alzheimer, la de Huntington, la esclerosis lateral amiotrófica o incluso los tumores cerebrales.

Los investigadores siguen multitud de estrategias diferentes para introducir los medicamentos dentro del cerebro. Así, Heidrun Potschka y Wolfgang Löscher, de la facultad de veterinaria de Hannover, busca impedir que las células endoteliales expulsen de nuevo los principios activos; para ello, paralizan las bombas exportadoras. Las sustancias inhibitorias, que inactivan o bloquean la glucoproteína P de las ratas, aumentan la permeabilidad de la barrera hematoencefálica; una de tales sustancias es el verapamilo, que obstruye el canal de calcio. El verapamilo se une a la glucoproteína P, impidiendo que transporte otras sustancias. Los ensayos realizados con pacientes epilépticos, cuyo cerebro contiene una cantidad muy elevada de glucoproteínas C, revelan que este método reduce las crisis.

Gert Fricker, del Instituto de Farmacia y Biotecnología Molecular de la Universidad de Heidelberg, sigue otro procedimiento: ha desarrollado un sistema refinado de camuflaje, para que los medicamentos penetren en el cerebro sin ser reconocidos, una idea que ya tuvo Paul Ehrlich hace más de cien años: él soñaba en combatir selectivamente al enemigo introduciendo sustancias curativas en “esferas mágicas”, a semejanza de los productos inmunitarios del organismo.

Caballo de Troya

Fricker y su equipo construyeron, en efecto, una suerte de vector artificial que introducía los medicamentos en el cerebro. Empleaban nanopartículas o esferas diminutas y consistentes de grasa, llamadas liposomas. Se acoplan esas esferas de grasa a un anticuerpo, que se une a las células endoteliales. Los liposomas utilizan un mecanismo completamente natural, la transcitosis, para entrar en la célula: cuando el “vector medicamentoso” se une al receptor, la membrana se invagina. Luego se funde por dentro con el lado opuesto de la membrana

Resumen / Barrera hematoencefálica

- En la barrera hematoencefálica operan tres tipos de células, que rodean los capilares y crean así un obstáculo insalvable para las sustancias potencialmente peligrosas y los patógenos.
- Las células endoteliales de los capilares constituyen el mayor escollo para las sustancias de la circulación sanguínea. Estas células están firmemente unidas entre sí a través de uniones herméticas. Su membrana posee una serie de sistemas transportadores que regulan el acceso al cerebro.
- Las bombas exportadoras devuelven a la sangre muchos medicamentos que han atravesado las células endoteliales, lo que dificulta el tratamiento de las enfermedades cerebrales. Con fines terapéuticos se están ensayando estrategias que eludan estas bombas exportadoras o que las desconecten de forma pasajera por medio de sustancias inhibitorias.

¿Móviles inofensivos?

Los teléfonos móviles y las antenas correspondientes se encuentran en el punto de mira porque se teme que dañen la barrera hematoencefálica. Un temor no avalado por la investigación. En un trabajo publicado en 2005 se indicaba que los campos de acción de los móviles no lesionaban la barrera hematoencefálica, al menos no lo hacían en las placas de cultivo de laboratorio. Helmut Franke y Florian Stögbauer, de la Policlínica de Neurología del Hospital Universitario de Münster, mostraron que ninguna de las señales GSM y UMTS aumentaba la permeabilidad de la barrera, siempre y cuando la intensidad de la señal se encuentre por debajo de los límites permitidos.

Fuente: *Radiation Research*, vol. 164, n.º 3, págs. 258-269; 2005. *Bioelectromagnetics*, vol. 26, n.º 7, págs. 529-535; 2005.

celular y descarga en el cerebro la molécula transportada.

A través de este tipo de “direccionamiento farmacológico”, los médicos envían diversos medicamentos de manera selectiva a otros órganos también; por ejemplo, a un estómago aquejado de tumores. De momento, señala Fricker, sólo se ha demostrado en experimentos con animales que es posible introducir medicamentos en el cerebro.

En colaboración con Hansjörg Eibl, del Instituto Max Planck de Química Biofísica de Gotinga, y Bernhard Erdlenbruch, de la Clínica Pediátrica de la Universidad de Gotinga, el equipo de Fricker abrieron una línea de investigación con otro método para tratar las enfermedades cerebrales. Se supera la barrera hematoencefálica con micromoléculas hidrosolubles y liposolubles, las alquilglicerinas. En los últimos años, han logrado, a través de experimentos con animales, introducir en el cerebro sustancias quimioterápicas. Aquí la barrera se franquea sólo durante breves minutos, lapso tan corto que impide la entrada potencial de moléculas peligrosas.

La ruta clandestina de la nariz

Se ha desarrollado ya en el hombre otra estrategia, la inhalación. Los medicamentos alcanzan el cerebro recorriendo las terminaciones nerviosas del órgano de la olfacción. De esta manera, eluden la vía laboriosa de la barrera hematoencefálica con los vasos sanguíneos. Jan Born y un grupo de investigadores de las universidades de Lübeck y Marburg elaboraron un aerosol nasal que transportaba principios farmacológicos activos al cerebro por esta vía. En el estudio, efectuado con

el aerosol en 2002, introdujeron dentro del líquido cefalorraquídeo de los probandos tres sustancias que ejercían un efecto positivo sobre el aprendizaje y la memoria o que regulaban el peso corporal.

Para Gert Fricker, de todos los métodos ensayados hasta la fecha, el bloqueo de la glucoproteína P es el más idóneo para introducir los medicamentos dentro del cerebro, porque anula el mecanismo defensivo más importante de la barrera hematoencefálica. Aunque no podemos soslayar un grave inconveniente: la glucoproteína P no sólo se encuentra en el cerebro sino también en otros órganos. Ello significa que la sustancia inhibidora suprime la bomba exportadora en todo el cuerpo.

GRIT VOLLMER es bióloga.

Bibliografía complementaria

DYNAMICS OF CNS BARRIERS: EVOLUTION, DIFFERENTIATION, AND MODULATION. N. J. Abbott en *Cellular and Molecular Neurobiology*, vol. 25, n.º 1, págs. 5-23; 2005.

MODULATION OF —GLYCOPROTEIN TRANSPORT AT THE BLOOD-BRAIN BARRIER. B. Bauer, A. Hartz, G. Fricker y D. S. Miller en *Experimental Biology and Medicine*, vol. 230, págs. 118-127; 2005.

DRUG RESISTANCE IN BRAIN DISEASES AND THE ROLE OF DRUG EFFLUX TRANSPORTERS. W. Löscher, H. Potschka en *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 6, págs. 591-602; 2005.

THE BLOOD-BRAIN BARRIER: BOTTLENECK IN BRAIN DRUG DEVELOPMENT. W. M. Pardridge en *NeuroRx®: The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics*, vol. 2, págs. 3-14; 2005.

Síncope vasovagal

Muchas personas se desmayan en cuanto ven dos gotas de sangre. Otras pierden el conocimiento cuando permanecen de pie, estáticas, cierto tiempo. Un mismo mecanismo subyace a ambos fenómenos

Rolf R. Diehl



SI ALGUIEN SE DERRUMBA en presencia de sangre, su cuerpo ejecuta un programa de emergencia, que puede salvarle la vida en caso de heridas graves.

Se terminó. Apenas han comenzado los estudios de medicina, muchos universitarios abandonan bruscamente la carrera al llegar a las clases de anatomía. En cuanto el escalpelo y el bisturí penetran en la piel del cadáver, caen en redondo. Demasiado blandos para la profesión, suelen comentar sus compañeros. Pero la verdad es otra. Algunas personas pierden de repente el conocimiento en presencia de sangre o heridas.

En occidente suele cifrarse en un diez por ciento el número de personas que han sufrido ese desplome alguna vez en su vida. Hubo un tiempo en que los

médicos tendían a asociar tales desmayos con los ataques de histerismo. Y se citaba el ejemplo clásico de la madre que se hundía cuando su hija, menor de edad, le anunciaba que estaba embarazada. En este tipo de accesos “psicogénicos” parece que el afectado quiere sustraerse, con la repentina pérdida de memoria, a una situación de rechazo. Pero no ha podido demostrarse que se dé una causa orgánica del fenómeno: el electroencefalograma (EEG) tiene un aspecto totalmente normal; el pulso y la presión sanguínea están, a lo sumo, algo altos; según el electrocardiograma (ECG), también el corazón funciona como debe.

¿Significa eso que los desmayos a la vista de sangre o heridas tienen sólo causas psíquicas? La investigación lo desmiente. Tales pérdidas de conocimiento se basan en procesos corporales, que, además, parecen haber constituido una ventaja en el curso de la evolución. Los primeros indicios nos los ofrecen las desagradables consecuencias de muchas extracciones de sangre, en las que algunos pacientes llegan a desmayarse, en un entorno que permite una atención médica inmediata. Salen entonces a la luz resultados muy distintos de los propios de un acceso psicogénico: el pulso de la persona

desmayada apenas es perceptible o, en todo caso, es muy débil y lento, con una presión arterial que pocas veces está por encima de 60-30 mm Hg. (En un adulto sano, la presión se halla alrededor de 120-80 mm Hg.)

El tentempié

En breve, todos los indicadores apuntan a un fuerte déficit circulatorio. Si el paciente recobra el conocimiento, se normalizan rápidamente la presión arterial y el pulso cardíaco. Pocos minutos después del ataque, la mayoría de las veces puede incorporarse y sentirse más o menos bien. Tales desmayos, que tienen su origen en un grave colapso momentáneo de la circulación sanguínea, se llaman, en la jerga médica, síncope.

Desde hace tiempo se sabe que algunas formas de desmayo se deben a arritmias u otras alteraciones cardíacas. Se ignoraba, empero, qué producía las típicas pérdidas de sentido ante sangre derramada. Las causas, se ha comprobado ya, hay que buscarlas en el sistema nervioso. Más exactamente, en la zona que es competente del control de los órganos internos: el sistema nervioso autónomo.

Conocida también por sistema nervioso vegetativo, se trata de una red que realiza buena parte de su trabajo independientemente, sin que nos percatemos. Regula nuestros órganos internos mediante dos grupos de nervios, que nacen del tronco encefálico o de la médula espinal: el parasimpático y el simpático.

El nervio vago parasimpático retarda el latido cardíaco. En cambio, el nervio simpático acelera el pulso y aviva la actividad del miocardio; con ello sube la presión y la irrigación sanguínea de los órganos. El simpático contrae, además, las arterias menores, lo cual eleva también la presión arterial.

En experimentos sobre animales ha quedado demostrado que el nervio vago se activa intensamente en los desmayos “condicionados a la sangre”, una bradicardia que puede resultar en paro cardíaco. Aunque ningún mamífero parece desplomarse con la visión de la sangre, la pérdida del sentido producida a raíz de la extracción de un tercio de su volumen recuerda a los desmayos humanos: el pulso se torna imperceptible y se hunden los valores de la presión sanguínea. Por razón de la forma de originarse, los investigadores designan síncope vasovagal a esta forma de desfallecimiento: una pérdida de sentido (síncope), en la

Primeros auxilios ante una pérdida de conciencia

¿Qué hacer cuando una persona se desmaya? Ante todo, no incorporar al afectado, sino dejarlo tendido. Y, si es posible, levantarle las piernas, para que la sangre torne rápida a la cavidad torácica y se interrumpa la reacción vasovagal.

Si después de un minuto no recupera el sentido, la causa podría esconderse en un ataque epiléptico o un infarto de miocardio. Hay que llamar sin dilación al médico de urgencia. Si el desmayo no se debe al típico estímulo de ver sangre o de estar de pie largo rato, el afectado debería someterse a una exhaustiva revisión por si padece una enfermedad cardíaca.

Las personas propensas a los desmayos vasovagales pueden tomar medicinas preventivas. Sobre esas y otras medidas profilácticas habría que acudir al internista o al neurólogo.

que los vasos sanguíneos se dilatan y el nervio vago inhibe la actividad cardíaca.

El vago y el simpático no actúan por su cuenta, sino que están dirigidos por el tronco encefálico; con mayor precisión, por los centros circulatorios de la médula oblonga, o bulbo raquídeo, parte del cerebro que, en la región occipital, pasa a la médula espinal. A uno de esos centros —la médula caudal media (MCM)— se le atribuye la responsabilidad de los síncope vasovagales. Puede estimular con tal intensidad el nervio vago e inhibir tanto el simpático, que la circulación se viene abajo.

La MCM se activa siempre que, con una pérdida de sangre de al menos 30-40 por ciento (en los humanos correspondería a unos 1,5-2 litros), descendiende la presión arterial en la cavidad torácica. ¿De dónde recibe el centro esta información? Para contestar a la pregunta, hay que examinar más de cerca los procesos de una de estas pérdidas masivas. En primer lugar, se abren los reservorios sanguíneos que produce el propio cuerpo: las grandes

venas próximas al corazón y los vasos pulmonares. Este depósito recarga el sistema de vasos, incluso con un litro de sangre, y así se mantiene constante la presión interna de las arterias.

El descenso drástico de la presión de los vasos que se vacían en la caja torácica, lo captan los barorreceptores de baja presión (sensores especializados de la presión sanguínea, situados en el corazón y en las arterias pulmonares) y pasan la información al tronco cerebral. Probablemente, la MCM es informada de la dimensión de la herida, siguiendo el mismo camino: cuanto menor es la presión en el reservorio, tanto mayor la hemorragia. Si el valor queda por debajo de un límite crítico, la médula caudal media provoca un colapso circulatorio.

Tal como viene, se va

¿Qué ventaja evolutiva podrían ofrecer esos desmayos? ¿No produce más daños un mecanismo que provoca el desplome de una circulación ya debilitada con las pérdidas de sangre? En 2001, Ian Roberts, del Instituto de Salud Infantil de Londres, aportó una

Resumen / Colapsos circulatorios para un buen fin

- Una fracción importante de la población se ha desmayado alguna vez en presencia de sangre y heridas o tras permanecer de pie y estática largo tiempo.
- Detrás de estos fenómenos descubrimos el mismo mecanismo. Se trata de un colapso circulatorio, en el que baja notablemente la presión sanguínea y, con ello, aumentan las oportunidades de cortar la hemorragia.
- El responsable del colapso circulatorio es una alerta de la médula caudal media en el tronco cerebral que, a través del sistema nervioso autónomo, ralentiza el latido cardíaco y hace bajar de golpe la presión arterial.



respuesta. Tras analizar las estadísticas de supervivencia de diversas víctimas de accidente asistidas, comprobó que la práctica habitual de tratar a personas con lesiones internas en el mismo lugar del accidente, con una transfusión generosa, con frecuencia dañaba más que ayudaba. Las transfusiones elevaban la presión en los vasos lesionados; al no poder entonces salir más sangre de la herida, la alta presión en la luz arterial impedía la coagulación de la sangre y no se creaba un tapón obturante. En definitiva, una presión sanguínea más alta arruinaba los intentos del cuerpo por cortar la hemorragia.

Un colapso circulatorio dirigido por el cerebro podría ofrecer, por lo tanto, una última oportunidad de restañar la sangre en casos de grave pérdida de sangre. Por limitada que fuera tal posibilidad, no debe despreciarse, ya que aquí es cuestión de vida o muerte. De ahí su enorme interés evolutivo. El mecanismo pudo haber importado en casos de pérdida considerable de sangre.

Aunque ello no baste de suyo para explicar por qué interviene ante la vista de sangre, se aduce que suele estar en juego una herida. El camino de la información visual conduciría, en este caso, desde el centro visual directamente, a través del centro de valoración emocional en el sistema límbico, a la MCM.

Falsa alarma

El cerebro no se ocupa de si la sangre es mucha o poca, de si es propia o ajena. Por eso, quizá la evolución busque instalar, de manera provechosa, el mecanismo vasovagal donde se produce una escasa pérdida de sangre. A fin de cuentas, las oportunidades de supervivencia suelen ser mejores, si se logra una hemostasis ya antes de que se dé una pérdida copiosa.

Además, la reacción debería comenzar con los primeros indicios de lesión. El problema es que cuanto más bajo es el listón para el colapso circulatorio vasovagal, tanto mayor es el riesgo de una falsa alarma. Por ello, los afectados pueden pagar un alto precio en forma de una fractura de hueso u otras consecuencias de la caída.

La evolución humana parece que no ha encontrado ninguna solución general válida para este dilema. En algunas personas, el detector sanguíneo reacciona con tanta sensibilidad, que responde incluso ante heridas de otros. Mas, para nuestra fortuna, la mayoría encaja la

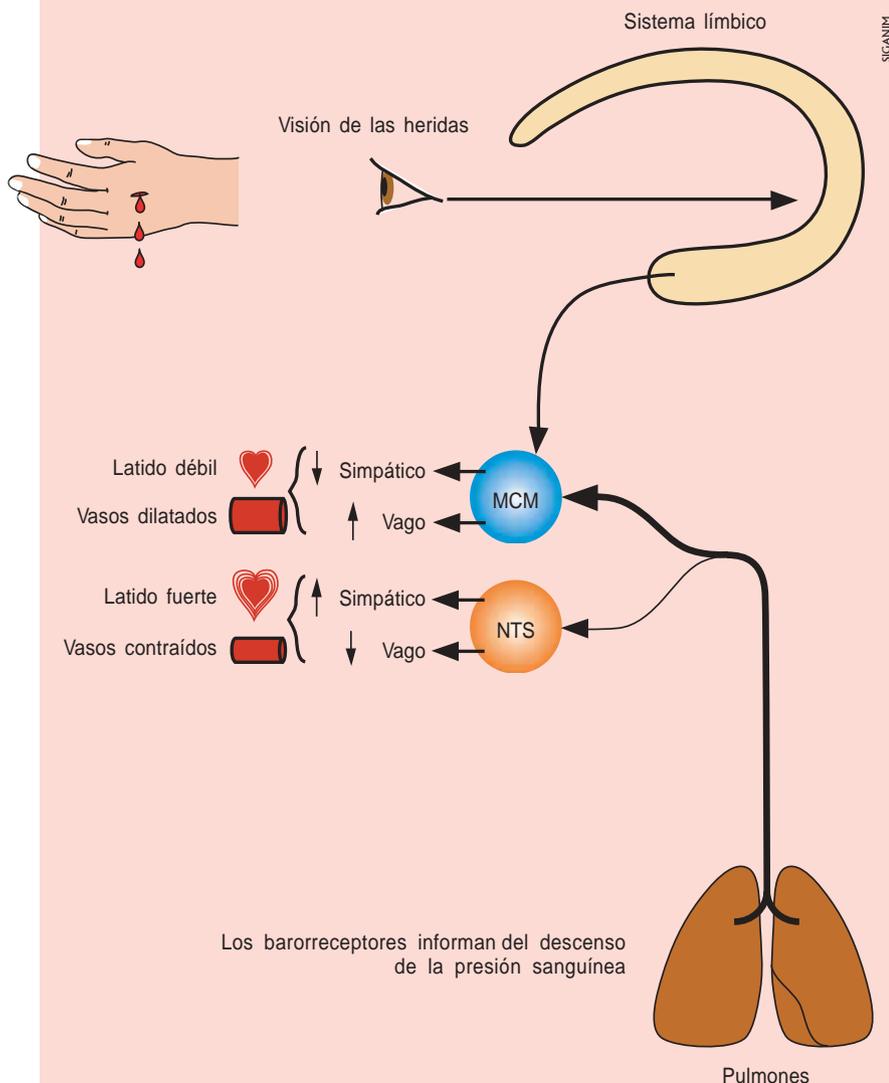
Sobre la camilla reclinable

Esta camilla basculante ayuda a los pacientes controlados en un desmayo vasovagal. El probando está sujeto, para poderlo llevar de una posición horizontal a otra vertical. Midiéndole constantemente la frecuencia del pulso y la presión sanguínea, puede resistir de pie hasta 45 minutos.

Las personas propensas a síncope vasovagales suelen desmayarse en estas condiciones. La presión sanguínea desciende bruscamente y el corazón late con lentitud creciente, hasta pararse quizá.

ALFRED KRUPP/ANKENHAUS, ESSEN

Interruptor neuronal



En la médula oblonga se hallan dos centros circulatorios diferentes. El nucleus tractus solitarii (NTS) equilibra la actividad del vago y del simpático, a fin de que la presión sanguínea permanezca constante (entre 120 y 80 mm Hg) en las arterias. Para ello, el núcleo recibe constante información de los sensores sanguíneos del propio cuerpo, los barorreceptores, que se encuentran en las arterias. Al descender el volumen de sangre en los pulmones (sea como consecuencia de estar mucho rato de pie o por una fuerte hemorragia), el NTS estabiliza la presión arterial en el resto del cuerpo. A tal efecto, inhibe el nervio vago y activa el simpático, lo cual produce un latido cardíaco más potente y más acelerado, así como un estrechamiento vascular.

El otro centro circulatorio, la médula caudal media (MCM), está continuamente informado de la presión en los pulmones. Si ésta baja mucho (el valor crítico está alrededor de una pérdida de unos 1,5 litros de sangre), la MCM frena al nervio simpático y activa el vago. Esto ralentiza el latido cardíaco y dilata los vasos. Como consecuencia de esta reacción vasovagal, descende la presión arterial global. En los humanos, esta reacción la puede desencadenar también la mera visión de heridas. En estos casos, el sistema límbico estimula probablemente a la MCM.

visión de gotas de sangre sin desplomarse en el acto.

Otros se derrumban impulsados por un factor distinto: la permanencia de pie, estáticos, durante largo tiempo. Por ejemplo, cuando un fiel que asiste a la misa del gallo y no ha encontrado un asiento, se desmaya de repente transcurrida media hora, o cuando un soldado se desploma tras un período prolongado en formación.

Por penoso y molesto que pueda ser para los afectados, este fenómeno les permite a los médicos provocar síncope vasovagal en las personas. De esa forma pueden estudiar, bajo condiciones controladas, los procesos sin grandes intervenciones agresivas. Estos experimentos se realizan con ayuda de una mesa inclinable (una litera, que se puede poner vertical, a la que está atado el probando con los pies apoyados en una plataforma).

Las personas propensas a los síncope vasovagales se desmayan con este procedimiento; en promedio, a los 20 minutos. Mientras tanto, los médicos pueden ir anotando el pulso y el electrocardiograma (ECD). A través de esa línea de investigación se ha comprobado que los afectados no padecen ninguna disfunción cardíaca.

¿Por qué estar mucho tiempo de pie puede producir un desvanecimiento? Lo mismo que en las hemorragias, aquí se desangra el depósito sanguíneo de la cavidad torácica; en virtud de la fuerza de la gravedad, desciende a las venas de las piernas alrededor de medio litro de sangre. A esto se añade que el volumen de sangre sigue bajando con el paso del tiempo, porque la gravedad hace pasar el líquido desde los capilares a las extremidades inferiores. De ese modo, la presión vascular en la cavidad torácica puede quedar por debajo del límite crítico. La MCM en el tronco cerebral ordena el colapso.

ROLF R. DIEHL, doctor en psicología, enseña en la Universidad Duisburg-Essen y ejerce en la clínica de neurología del hospital Krupp de Essen.

Bibliografía complementaria

IS THE NORMALISATION OF BLOOD PRESSURE IN BLEEDING TRAUMA PATIENTS HARMFUL? I. Roberts et al. en *Lancet*, vol. 357, n.º 9253, págs. 385-387; 2001.

VASOVAGAL SYNCOPE AND DARWINIAN FITNESS. R. R. Diehl en *Clinical Automatic Research*, vol. 15, n.º 2, págs. 126-129; 2005.

Estrategias para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer

La enfermedad de Alzheimer se ha vinculado con la agregación de la proteína beta-amiloide.

En coherencia con ello, los péptidos que inhiben y disuelven la formación de agregados de la proteína beta-amiloide se nos ofrecen como una posibilidad esperanzadora para el tratamiento de la patología

Natàlia Carulla, Dolors Grillo-Bosch,
Muriel Arimon, Laia Sánchez
y Ernest Giralt

Alois Alzheimer describió en 1906 una forma progresiva de demencia. La fase inicial de la enfermedad de Alzheimer (EA), así se llama en su honor, se caracteriza por la pérdida progresiva de la memoria de corto alcance. A medida que la enfermedad avanza, la pérdida de memoria se hace más evidente y aparecen trastornos del lenguaje y de la función opticoespacial, así como incapacitación para llevar a cabo tareas cotidianas, como cocinar o afeitarse. Suele acompañarse de estados de agitación, agresión y trastornos del sueño. En su fase final se aprecia rigidez muscular, dificultad para tragar, incontinencia, pérdida de autonomía y dificultad para el cuidado personal. El paciente puede sucumbir a una bronquitis, a una neumonía o a infecciones del tracto urinario.

Un siglo después de la descripción de la enfermedad, hay en el mundo 12 millones de personas afectadas. La prevalencia de la EA se duplica cada cinco años, más o menos, tras superar los 60 años de edad, pasando de un 1 % entre el grupo de población de 60-64 años hasta un 40 % entre el grupo que ha superado los 85 años. Con el envejecimiento de la población mundial, el número de afectados aumenta sin cesar. Si no se alcanza pronto una terapia eficaz, se prevé que los pacientes se cuadruplicarán en los próximos 50 años.

La proteína β A, responsable

Los enfermos de Alzheimer sufren una serie de cambios neuropatológicos en áreas del cerebro relacionadas con la memoria y las funciones cognitivas. Se producen una degeneración neuronal y la formación de dos tipos de agregados proteicos: las placas neuríticas y los haces neurofibrilares.

El sistema nervioso consta de células nerviosas, o neuronas, y células de la glía, las cuales protegen y sirven de sostén de las primeras. Las neuronas son las responsables de la transmisión de impulsos nerviosos a través de neurotransmisores. La pérdida de neuronas comporta una merma en la síntesis de neurotransmisores, lo que, a su vez, implica una menor probabilidad de transmisión de señales entre ellas.

No se dispone de ningún tratamiento que revierta el proceso de degeneración neuronal. Pero sí se cuenta con fármacos que pueden retrasar su progresión. En las fases iniciales de la enfermedad de Alzheimer acostumbran administrarse anticolinesterásicos o inhibidores de la acetilcolinesterasa, que elevan los niveles del neurotransmisor acetilcolina en el cerebro. Galantamina, donepezilo y rivastigmina son los fármacos indicados en estas etapas de la enfermedad. Con ellos se consigue retrasar la pérdida de la memoria atacándose la manifestación de la enfermedad y no incidiéndose en el mecanismo causante de la patología.

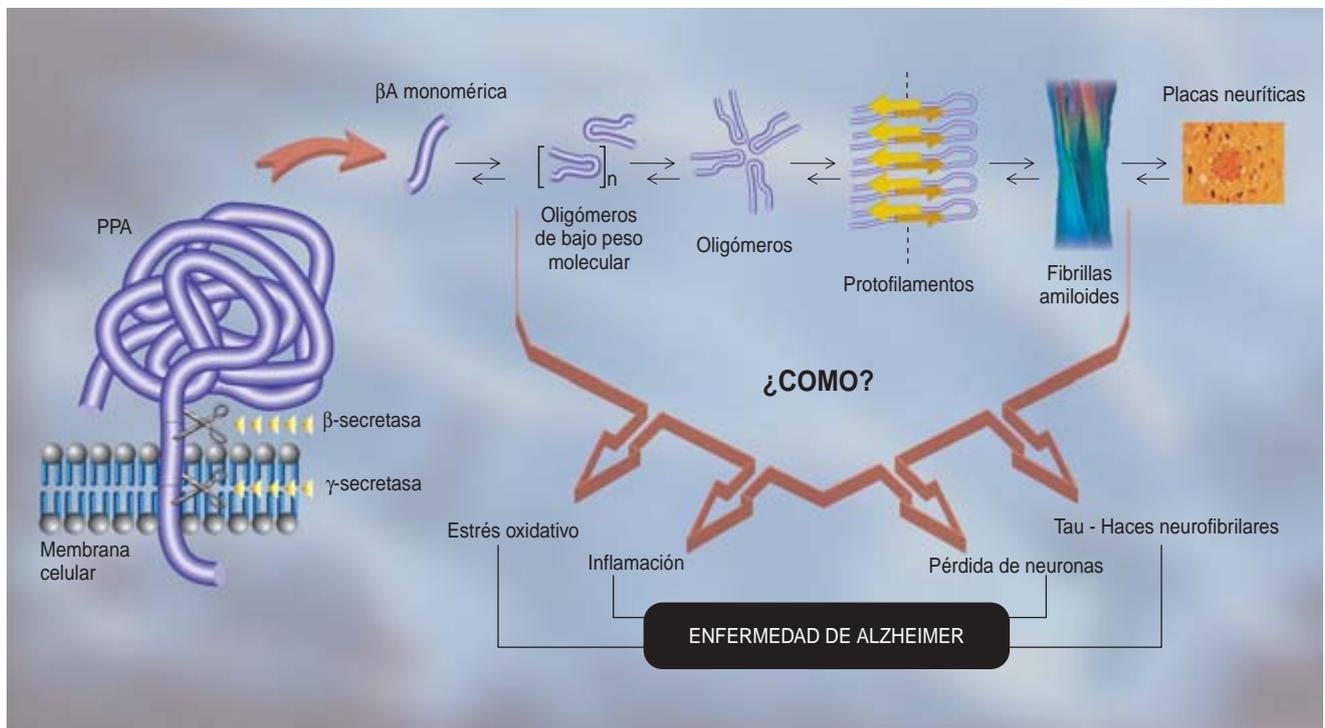
Las placas neuríticas y los haces neurofibrilares constituyen dos tipos de agregados observados en el tejido cerebral del paciente. Constan, sobre

todo, de proteínas. Es sabido que toda proteína presenta una secuencia de aminoácidos propia y se pliega de forma compacta adoptando una estructura tridimensional genuina que le permite llevar a cabo su función dentro del organismo. La proteína beta-amiloide (β A) es el principal componente de las placas neuríticas (véase la figura 1).

La β A se origina a partir de la proteína precursora del amiloide (PPA). En este proceso intervienen las enzimas β -secretasa y γ -secretasa. Las enzimas son proteínas que catalizan las reacciones que posibilitan la bioquímica de la vida. La β -secretasa secciona la PPA en un punto extracelular, justo después de la membrana celular, mientras que la γ -secretasa la fragmenta en su porción transmembranal. De ambos tipos de cortes deriva la β A. Las alteraciones del equilibrio entre producción y eliminación de β A incrementan los niveles cerebrales de β A. En el cerebro, en efecto, se acumulan agregados de morfología dispar: monómeros, oligómeros de distintos pesos moleculares, protofilamentos y fibrillas.

Placas neuríticas y haces neurofibrilares

Las fibrillas amiloides se acumulan junto con otras proteínas, sintetizadas en respuesta a daños neuronales y gliales, para crear placas neuríticas. Se ha sugerido que las fibrillas de β A podrían hallarse implicadas en la neurodegeneración asociada a la enfermedad de Alzheimer. De hecho, J. A. Hardy y G. A. Higgins postularon en 1992 que



N. CARULLA, D. GRILLO-ROSCH, M. ARIPON, L. SANCHEZ Y E. GIRALT

1. PROCESO DE AGREGACION DE LA PROTEINA βA , vinculada a la enfermedad de Alzheimer. βA monomérica se acumula en las placas neuríticas a través de la generación de distintos agregados. Se desconoce el mecanismo o mecanismos en cuya virtud tales agregados desencadenan, entre otros sucesos tóxicos, estrés oxidativo, inflamación, pérdida de neuronas y formación de haces neurofibrilares que conducen a la EA.

la neurotoxicidad dependía de las fibrillas.

Pero en fecha reciente ha quedado demostrado que las formas oligoméricas y las protofibrillas pueden ser tanto o más tóxicas que las fibrillas. La agregación de βA desencadena un amplio abanico de procesos que pueden causar la muerte celular: generación de especies de oxígeno reactivo, respuesta inflamatoria y generación de haces neurofibrilares. Aunque se desconoce el mecanismo a través del cual aparece tamaña toxicidad celular, se barajan varias hipótesis.

El otro tipo de agregado proteico que se observa en el tejido cerebral de los enfermos de Alzheimer son los haces neurofibrilares, cuyo componente mayoritario es la proteína tau. En el sistema nervioso central, tau une y estabiliza los microtúbulos, elementos esenciales del andamiaje celular. En las neuronas, los microtúbulos se encargan del transporte intracelular.

En la enfermedad de Alzheimer, tau se encuentra enriquecida en grupos fosfato, lo que favorece su agregación y la creación de haces neurofibrilares. Los haces bloquean el transporte intracelular y, con ello, provocan la muerte celu-

lar. Aunque queda mucho por dilucidar sobre la relación entre la formación de placas neuríticas y la generación de haces neurofibrilares, se da por cierto que la formación de haces se produce después de la aparición de las placas neuríticas.

Ante estas pruebas, resulta coherente que la investigación en el desarrollo de nuevos fármacos para el tratamiento de la EA se centre en la proteína βA . ¿Cuáles son las nuevas estrategias terapéuticas acometidas para prevenir o revertir la acumulación de depósitos de βA en el cerebro? Y, en particular, ¿qué ventajas ofrece el uso de péptidos inhibidores de la agregación de βA como posible tratamiento de la enfermedad de Alzheimer?

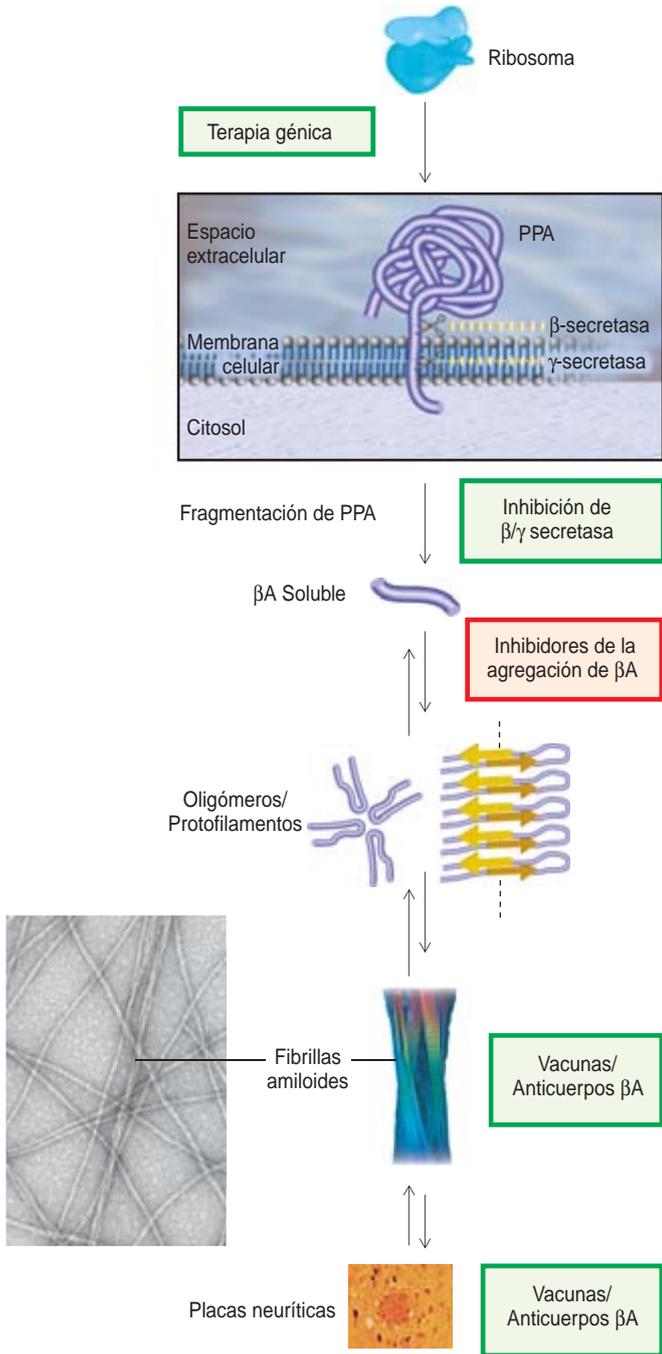
Acumulación de depósitos de βA

Existen varios enfoques terapéuticos potenciales relacionados con la prevención o reversión de la acumulación de depósitos de βA (véase la figura 2). Por ejemplo, el que se propone inhibir la expresión del gen codificador de la proteína precursora del amiloide. La estrategia en cuestión se apoya en técnicas manipuladoras del gen con el objetivo

de limitar su acción y, por consiguiente, la síntesis de PPA. Mas, habida cuenta de que se desconoce la función de la proteína precursora del amiloide, no se pueden prever los efectos secundarios derivados de la restricción de su fabricación.

Una segunda aproximación buscaría limitar el procesamiento de la proteína precursora del amiloide que da origen a βA . Recuérdese que ésta se obtiene a partir de la PPA mediante la actuación de la β y la γ -secretasa. Tal inhibición enzimática reduciría la concentración de βA en el cerebro, lo que retrasaría la formación de fibrillas amiloides. Acontece, sin embargo, que ambas enzimas tienen otros sustratos; por tanto, el bloqueo de su actividad podría provocar efectos secundarios adversos. En condiciones normales, la βA circula, soluble, por el plasma y líquido cefalorraquídeo, lo mismo en sujetos sanos que en enfermos de Alzheimer. Con otras palabras: βA es un producto natural y no patogénico, y la inhibición de su síntesis podría acarrear consecuencias dañinas.

Una tercera aproximación atiende a la eliminación del amiloide del cerebro mediante el empleo de vacunas, que se benefician de la administración de βA . En efecto, este polipéptido estimula el sistema inmunitario y le insta a eliminar las placas constituidas y evitar la aparición de otras nuevas. En cierto modelo de ratones transgénicos de la



2. POSIBLES ESTRATEGIAS TERAPEUTICAS EN LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER. Esquema que muestra la conversión de β A soluble en placas neuríticas. De cada estadio de la agregación se indica la estrategia o estrategias con las que se está trabajando para bloquear el efecto negativo de la deposición de β A en el cerebro (*recuadro verde*). Nuestro laboratorio trabaja en el diseño de péptidos inhibidores del proceso de agregación (*recuadro rojo*).

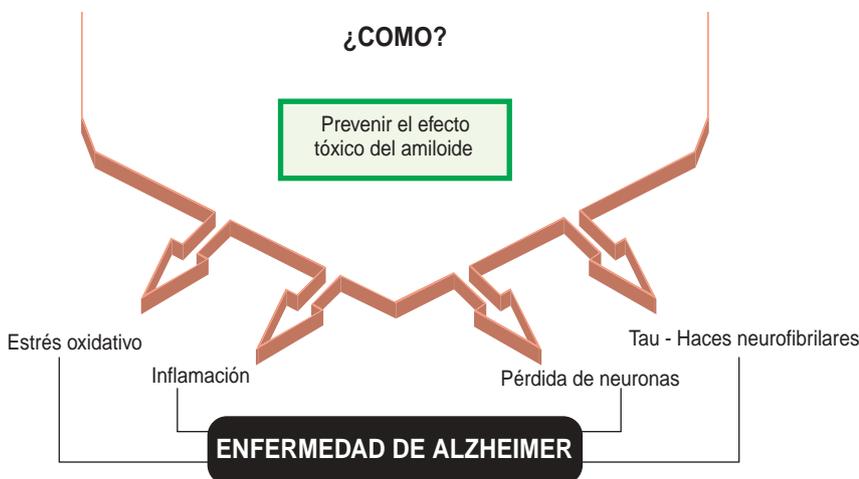
enfermedad de Alzheimer se observó una importante disminución de placas neuríticas y de neuritas distróficas tras la inmunización repetida con β A. También, en otros dos trabajos que investigaron sobre sendos modelos de ratones transgénicos se evidenció una mejoría en la memoria. Quedan, sin embargo, por despejar algunas dudas sobre la seguridad, el mecanismo de acción y la viabilidad de la aplicación en humanos de esta aproximación terapéutica. De hecho, los ensayos clínicos en fase II, en los que se evaluaba la eficiencia de la estrategia, tuvieron que ser interrumpidos ante la aparición de algunos casos de encefalitis, un proceso inflamatorio que afecta el cerebro. No obstante, la estrategia de la inmunización es una de las más avanzadas para reducir las placas neuríticas en pacientes con la EA.

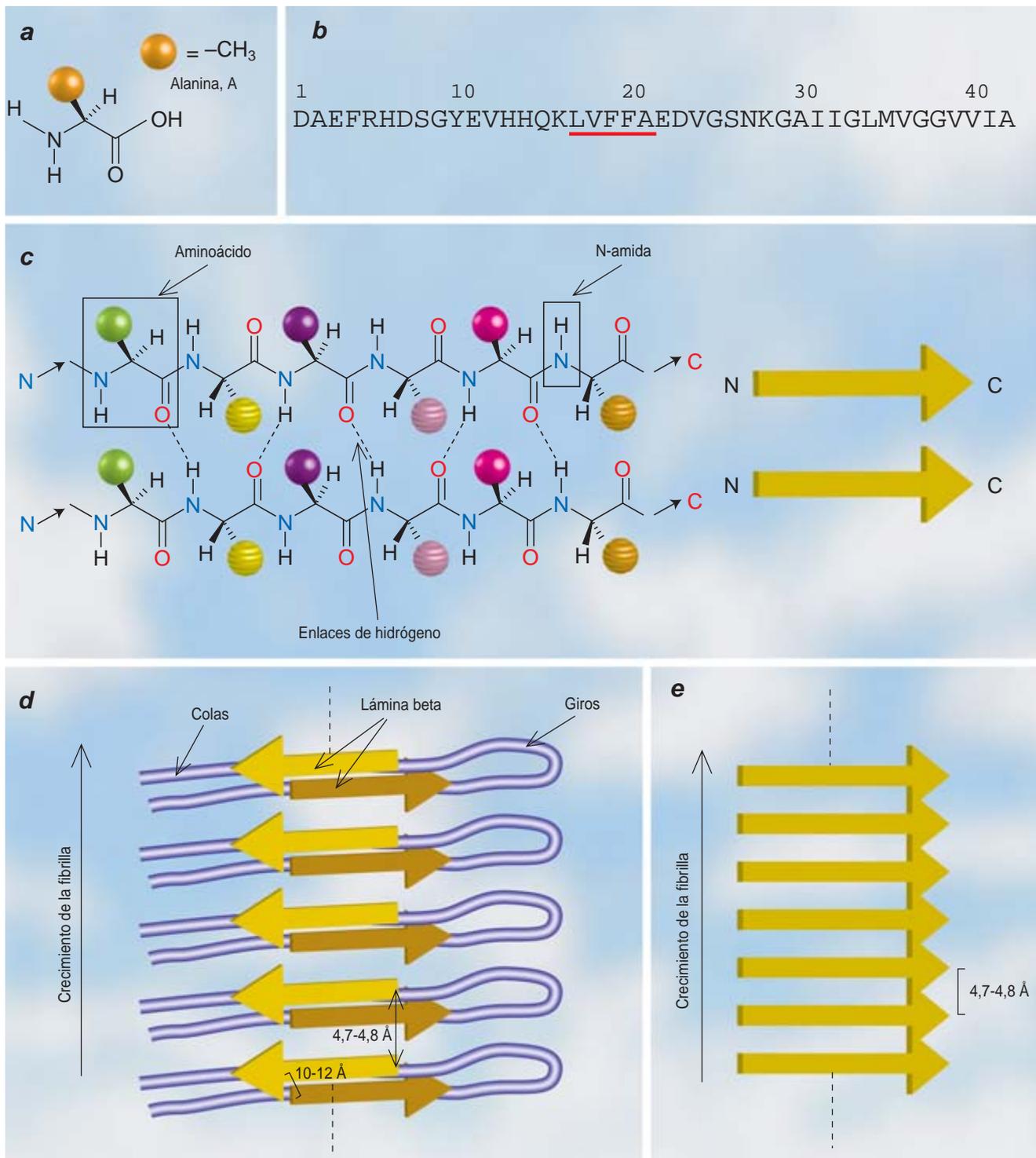
Una cuarta aproximación propone prevenir el efecto tóxico del amiloide. Pese a los avances registrados en el conocimiento del proceso de amiloidosis en la enfermedad de Alzheimer, se nos escapa el mecanismo a través del cual el amiloide interviene en la neurodegeneración. Aunque se ha hablado de varios mecanismos posibles, se ignora si la neurotoxicidad de β A viene mediada por uno o por varios de estos mecanismos. Tales interrogantes dificultan las posibilidades de intervenir médicamente en este paso.

Péptidos inhibidores de la agregación

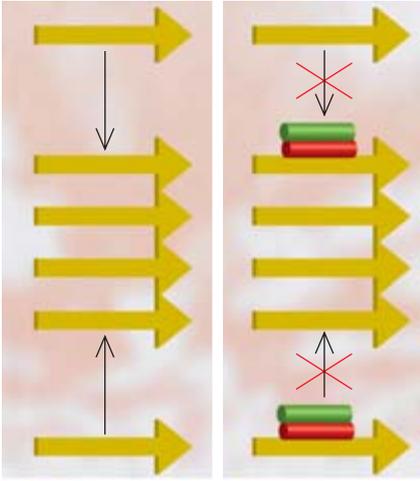
Se está abriendo camino una nueva y esperanzadora estrategia terapéutica: la utilización de péptidos para inhibir la agregación de la proteína β A. La proteína β A está formada por un número variable de aminoácidos, entre 39 y 43, siendo la forma que agrega más la de 42 aminoácidos.

Cuando la proteína β A se integra en una fibrilla amiloide, adopta una estructura beta-cruzada: la mayor parte de la proteína se organiza en láminas beta y el resto se dispone en giros y colas. La estructura en lámina beta establece enlaces de hidrógeno entre cadenas polipeptídicas vecinas. En el caso de las





3. ESTRUCTURA BETA-CRUZADA DE LAS FIBRILLAS AMILOIDES. (a) Estructura de un aminoácido. Los aminoácidos constan de un grupo amino, un grupo carboxilo y una cadena lateral característica, que es la que los diferencia (*redonda naranja*). La cadena lateral de cada aminoácido tiene diferente carga, tamaño, estructura, reactividad química y capacidad de formar enlaces de hidrógeno. La cadena lateral del aminoácido alanina la integra un grupo metilo ($-\text{CH}_3$). Existen veinte aminoácidos naturales distintos. Para designarlos se utiliza su nombre entero o su símbolo. (b) Secuencia de la proteína βA . Subrayada en rojo, se muestra la parte de la secuencia donde se cree que se inicia la agregación. (c) Estructura de lámina beta caracterizada por la formación de enlaces de hidrógeno entre cadenas polipeptídicas vecinas. En esta representación, ambas cadenas polipeptídicas crecen en la misma dirección y sentido, desde el extremo N-terminal (N) en dirección hacia el C-terminal (C). Se trata de una lámina beta paralela. (d) Representación esquemática de la estructura beta-cruzada de las fibrillas amiloides. Las láminas beta establecen enlaces de hidrógeno en la dirección de crecimiento de la fibrilla. Las cadenas laterales interactúan entre sí en el plano perpendicular al crecimiento de la fibrilla. (e) Representación esquemática simplificada de una fibrilla amiloide.



 Elemento de reconocimiento molecular
 Elemento disruptor de la agregación

fibrillas amiloides, la región organizada en láminas beta entabla enlaces de hidrógeno en la dirección de crecimiento de la fibrilla (véase la figura 3).

Con esta estrategia se busca evitar la formación de placas neuríticas, integradas sobre todo por fibrillas amiloides. Se utilizan moléculas capacitadas para impedir, de modo específico, la interacción βA - βA y, por ende, su agregación. En este marco, interesan péptidos que, por un lado, puedan unirse a βA y, por otro, se hallen incapacitados para integrarse en una fibrilla amiloide.

Para generar compuestos que interaccionen específicamente con βA , se aprovechan las propiedades de autorreconocimiento que ésta posee. En el diseño de péptidos inhibidores de la agregación de βA se utiliza un fragmento del mismo βA que sirve de “elemento de reconocimiento”. Al fragmento en cuestión se le une, si no se encuentra integrado en él, un “elemento disruptor”, dominio que se emplea para obstruir el crecimiento de la fibrilla (véase la figura 4).

5. DISEÑOS DE INHIBIDORES PEPTIDICOS DE LA AGREGACION DE βA . Se incluyen la prolina para diseñar péptidos anti-lámina beta, grupos dotados de carga o grupos voluminosos para dificultar la agregación y aminoácidos N-metilados para prevenir la formación de enlaces de hidrógeno en una cara de la lámina beta. Se ilustra un posible mecanismo de actuación al inicio de la agregación (a) y durante el proceso de agregación (b).

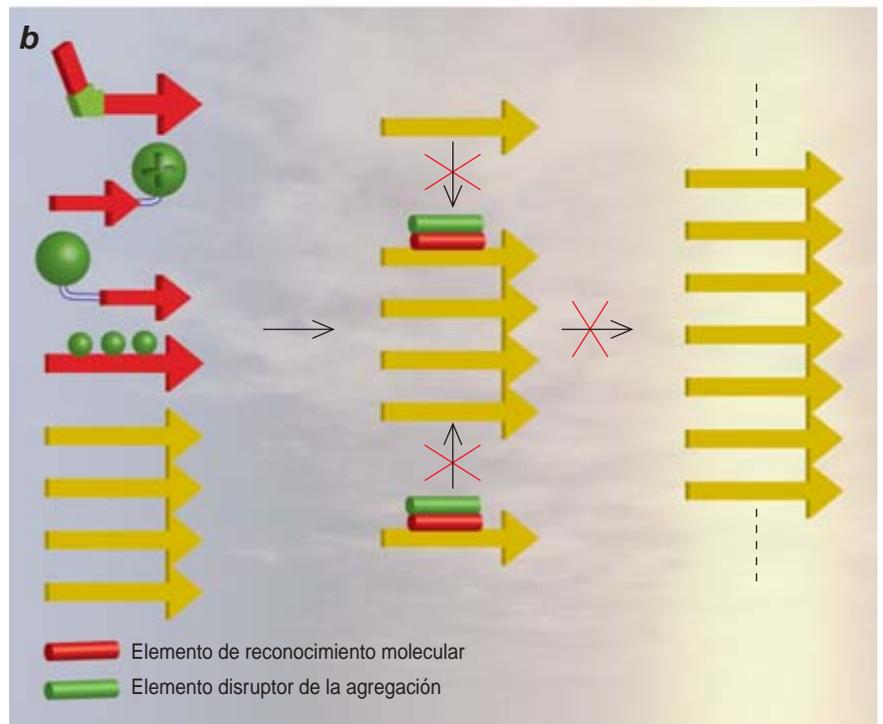
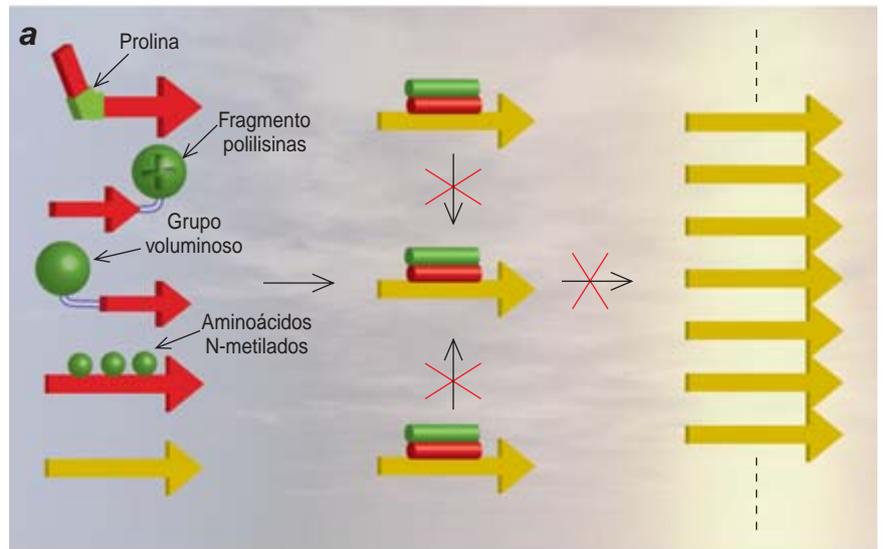
4. PEPTIDOS INHIBIDORES DE LA AGREGACION DE βA . El péptido inhibidor consta de un fragmento de βA que sirve de “elemento de reconocimiento” (rojo) al que se le une, o bien forma parte del mismo, otro dominio el “elemento disruptor” (verde) que cumple la función de obstaculizar el desarrollo de la fibrilla.

Diseños

Todos los diseños de péptidos inhibidores de la agregación publicados hasta la fecha se sirven de un fragmento de βA como “elemento de reconocimiento”. Lo que no impide que se hayan seguido diferentes estrategias en la elaboración del “elemento disruptor” (véase la figura 5).

Así, para debilitar la tendencia del péptido a formar parte de la estructura en lá-

mina beta, el equipo liderado por C. Soto introdujo entre uno y tres aminoácidos de prolina. La prolina impide que la cadena peptídica adopte una estructura de lámina beta porque limita los ángulos de torsión permitidos; evita, además, la formación de enlaces de hidrógeno requeridos para crear la trama de láminas beta, ya que no posee un hidrógeno en el N-amida del enlace peptídico.



 Elemento de reconocimiento molecular
 Elemento disruptor de la agregación

6. DETALLE ATOMICO DEL DISEÑO

DE péptidos inhibidores de la agregación de β A, a partir de *N*-metilaminoácidos.

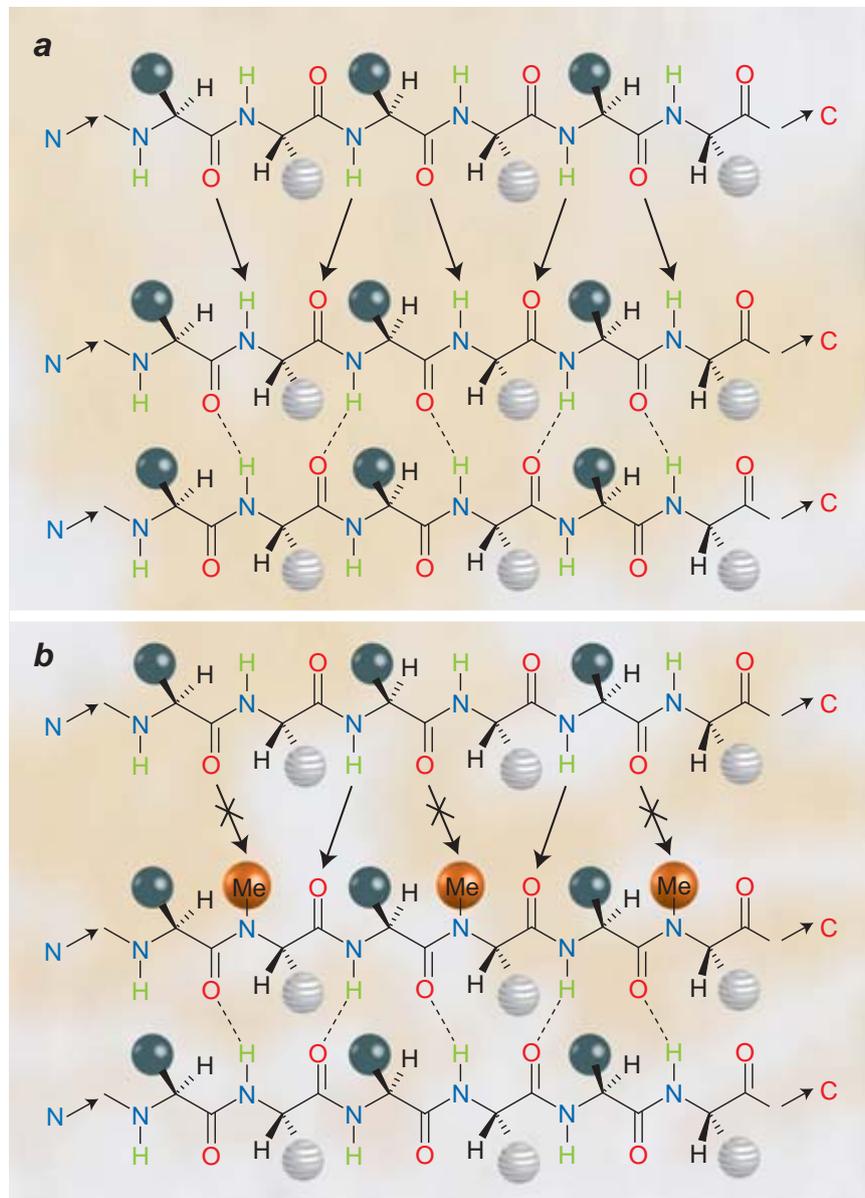
En *a* se esboza la interacción de una molécula que se acerca a la superficie de una lámina beta en crecimiento. En *b* se ilustra la interacción de una molécula que se acerca a la superficie de una lámina beta en crecimiento en la que la última cadena de la lámina beta en crecimiento contiene *N*-metilaminoácidos. La siguiente cadena no puede incorporarse, pues la formación de enlaces de hidrógeno se encuentra bloqueada por los grupos metilo.

La estrategia llevó a la síntesis de péptidos que inhiben la formación de fibrillas amiloides *in vitro* y se hallan capacitados para disgregar las fibrillas generadas con anterioridad en el tubo de ensayo. Estos péptidos inhibidores de la agregación se mostraron eficaces, lo mismo en cultivos celulares que en modelos animales.

En su diseño, el grupo dirigido por R. M. Murphy introdujo un fragmento de polilisinas en el extremo C-terminal del “elemento de reconocimiento”. La lisina es un aminoácido dotado de carga positiva. Aunque el fragmento de polilisinas inhibidor acelera el proceso de agregación de β A, éste altera la morfología de las fibrillas mostrando una reducción de la toxicidad de éstas en ensayos con células. Estos resultados sugieren que no es necesario bloquear la agregación de β A para prevenir su toxicidad y que tales inhibidores actúan acelerando la agregación eliminando especies tóxicas intermedias.

La estrategia de Murphy ratificó su validez cuando se unió al “elemento de reconocimiento” una cadena de poliglutamato y un fragmento de poliserina. El glutámico es un aminoácido con carga negativa; la serina, un aminoácido sin carga. Si el compuesto con poliglutamato mostraba propiedades similares a la de polilisina, el de poliserina se manifestó ineficaz. Con otras palabras: parecía claro que la carga del aminoácido resultaba crítica para su eficacia como “elemento disruptor” de la agregación.

Por una opción distinta se inclinó el equipo de M. A. Findeis. Como “elemento disruptor” utilizó un esteroide, unido en el extremo N-terminal del péptido. Este péptido resultó ser un buen inhibidor de la agregación de



N. CARULLA, D. GRILLO-BOSCH, M. ARIMON, L. SANCHEZ Y E. GIRALT

β A, pero se eliminó en el primer paso hepático; probablemente, el esteroide fue reconocido como un componente endógeno de la bilis.

Llegamos por fin a la estrategia del diseño racional de péptidos inhibidores seguida por nuestro laboratorio: la incorporación de aminoácidos *N*-metilados (véase la figura 6). Los *N*-metilaminoácidos presentan un grupo metilo, en vez de un hidrógeno, en el *N*-amida. Aunque los ángulos de torsión son los permitidos para que la cadena adquiera una estructura laminar beta, pueden actuar como “elementos disruptores” al evitar la formación de enlaces de hidrógeno esenciales para estabilizar las láminas beta.

El “elemento de reconocimiento”, al ser un fragmento de la propia proteína,

se ve facultado para reconocer la secuencia central de la proteína β A nativa y unirse a ella como si se tratase de la cadena original. Una vez incorporada la cadena de inhibidor a la lámina beta, los grupos metilo que posee quedan orientados hacia el exterior, dificultando la aproximación de otra molécula de β A e impidiendo el crecimiento de la estructura beta.

El grupo dirigido por A. J. Doig trabaja con derivados mono-*N*-metilados de la secuencia original de β A, que comprenden desde el residuo 25 al 35, β A(25-35). Estos compuestos inhiben la formación de fibrillas amiloides *in vitro*, deshacen hasta cierto grado fibrillas amiloides creadas antes en el tubo de ensayo e inhiben la toxicidad en cultivos celulares.

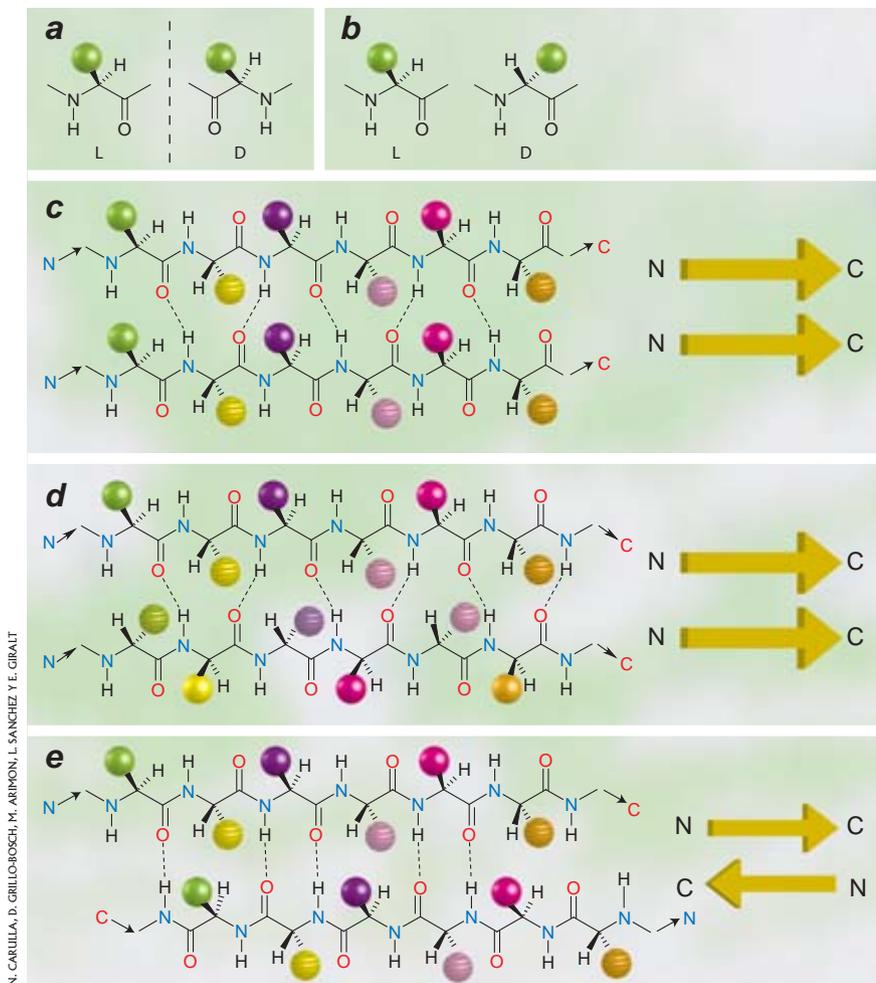


TABLA I. Efecto de cada uno de los mejores inhibidores peptídicos en la agregación de A β . *En **negrita** se muestra la estrategia utilizada para inhibir la agregación

Diseño del inhibidor peptídico*	Inhiben la agregación	Alteran la morfología de los agregados	Desensamblan fibrillas preformadas	Reducen la toxicidad
Ac-LPFFD-NH ₂ Grupo de C. Soto	Sí	No se ha estudiado	Sí	Sí
KLVFFK KKKKK Grupo de R. Murphy	No	Sí	No se ha estudiado	Sí
Cholyl -LVFFA-OH Grupo de S. M. Molineaux	Sí	No se ha estudiado	No se ha estudiado	Sí
GSNKGAII(Me-G)LL Grupo de A. J. Doig	Sí	No se ha estudiado	Sí	Sí
K(Me-L)V(Me-F)F(Me-A)E-NH ₂ Grupo de S. C. Meredith	Sí	No se ha estudiado	Sí	No se ha estudiado
KKLVF(Me-F)A-NH ₂ Grupo de E. Giralt	Sí	No se ha estudiado	No se ha estudiado	Sí

7. APROXIMACION RETRO-ENANTIO.

Se describe la estrategia en una serie esquemática de pasos. En *a* se muestra la relación especular entre un aminoácido con configuración L y otro con configuración D. En *b* se dibujan aminoácidos con configuración L y con configuración D. En *c* se ilustra la disposición de las cadenas laterales entre dos láminas beta paralelas constituidas por aminoácidos L. Asimismo, en *d* se indica la disposición de las cadenas laterales entre dos láminas beta paralelas una constituida por aminoácidos L y la otra por aminoácidos D. En *e* se muestra la disposición de las cadenas laterales al combinar una cadena de aminoácidos L con su correspondiente secuencia retro-enantio en forma de lámina beta antiparalela.

de hidrógeno para estabilizar la estructura beta. El “elemento de reconocimiento” se basa en la región β A(16-22) y β A(16-20). Estos péptidos impiden el desarrollo de fibrillas amiloides *in vitro* y disgregan las fibrillas amiloides ya constituidas; además, debido al uso de N-metilaminoácidos, los péptidos en cuestión proporcionan resistencia a las enzimas peptidasas, así como una mejor solubilidad y permeabilidad a través de la membrana hematoencefálica, entre otras ventajas. No se ha investigado aún de qué capacidad gozan estos inhibidores para rebajar la toxicidad de β A.

Nuestro método

Partimos de péptidos N-metilados y nos servimos de la aproximación

sintética denominada retro-enantio. El mayor inconveniente que presenta cualquier fármaco basado en secuencias peptídicas es la baja biodisponibilidad de éstas: las enzimas peptidasas no tardan en degradar los péptidos y proteínas en el organismo. Por esta razón, el tiempo de vida medio del compuesto es muy corto. La presencia de N-metilaminoácidos dilata este tiempo, pero no lo suficiente para evitar que se trate de una degradación rápida. Los aminoácidos son moléculas con actividad óptica, es decir, poseen una asimetría tal, que no pueden superponerse sobre su imagen especular, del mismo modo que una mano izquierda no puede superponerse con su mano derecha. Los aminoácidos naturales que constituyen las proteínas presentan una configuración L y su imagen especular una configuración D (véase las figuras 7a y 7b). Los aminoácidos L son reconocidos por las enzimas peptidasas de nuestro organismo; no así los aminoácidos D.

Ante la restringida biodisponibilidad de los péptidos, nos planteamos la posibilidad de trabajar con aminoácidos D. Si en vez de tener dos cadenas con aminoácidos L, utilizamos una cadena con aminoácidos L y otra con aminoácidos D, no podremos lograr la misma disposición espacial relativa de las cadenas laterales. Es decir, al cambiar una de las cadenas de aminoácidos L por aminoácidos D, se pierden las interacciones estabilizadoras entre cadenas laterales, que se obtienen al unir dos secuencias con aminoácidos L (véase las figuras 7c y 7d).

Ahora bien, si contamos con una cadena de péptido extendida, como sucede en una lámina beta, podremos conseguir mantener la topología de las cadenas laterales y los enlaces de hidrógeno que la estabilizan. Para ello hemos de servirnos de la aproximación sintética retro-enantio. En el marco de ésta, amén de utilizar aminoácidos D, invertimos también el orden de los aminoácidos respecto a la secuencia peptídica original. Con los dos cambios se consigue mantener la topología de las cadenas laterales a costa de sacrificar el tipo de estructura β que se genera (véase la figura 7e).

En la naturaleza las láminas β aparecen en dos variedades: paralelas y antiparalelas. En las primeras, las cadenas de polipéptido vecinas, unidas por enlaces de hidrógeno, se desarrollan en el mismo sentido de crecimiento; en las láminas β antiparalelas se desarrollan en sentidos opuestos. La unión parale-

la entre dos péptidos con aminoácidos L orienta las cadenas laterales de un aminoácido en el mismo plano definido por los enlaces de hidrógeno, igual que sucede con una estructura β antiparalela entre la secuencia con L-aminoácidos y la secuencia con D-aminoácidos, en orden inverso.

En nuestro laboratorio, hemos conseguido, aplicando la estrategia retro-enantio, un péptido con aminoácidos D que inhibe la formación de fibrillas amiloides *in vitro* y muestra una reducción de la toxicidad en ensayos con células.

Ante la buena biodisponibilidad del inhibidor al ser sintetizado con aminoácidos D, hemos acometido la investigación del efecto de este inhibidor en modelos animales. El efecto descrito para cada uno de los mejores inhibidores peptídicos de la agregación de β A mediante diferentes "elementos disruptores" se describe en la Tabla 1.

Del conjunto de estos resultados se infiere que las moléculas peptídicas o derivados de las mismas con buena biodisponibilidad podrían ser útiles para inhibir y disolver la formación de fibrillas amiloides. Nos hallaríamos en presencia de una nueva posibilidad de tratamiento de la enfermedad de Alzheimer.

ERNEST GIRALT es catedrático de química orgánica en la Universidad de Barcelona (UB) e investigador del Instituto de Investigación Biomédica del Parque Científico de Barcelona (IRB-PCB). En el Instituto dirige un grupo de trabajo interesado en el diseño, síntesis y estructura de péptidos y proteínas. En él se integran NATALIA CARULLA, investigadora ICREA, y DOLORS GRILLO-BOSCH, MURIEL ARIMON y LAIA SANCHEZ, estudiantes de doctorado, centrados en el estudio del proceso de agregación de la proteína beta-amiloide y en el diseño de péptidos como posibles agentes terapéuticos en la enfermedad de Alzheimer.

Bibliografía complementaria

ALZHEIMER'S DISEASE: THE AMYLOID CASCADE HYPOTHESIS. J. A. Hardy y G. A. Higgins en *Science*, vol. 256, págs. 184-185; 1992.

BETA-SHEET BREAKER PEPTIDES INHIBIT FIBRILLOGENESIS IN A RAT BRAIN MODEL OF AMYLOIDOSIS: IMPLICATIONS FOR ALZHEIMER'S THERAPY. C. Soto, E. M. Sigurdsson, L. Morelli, R. A. Kumar, E. M. Castano y B. Frangione en *Nature Medicine*, vol. 4, págs. 822-826; 1998.

MODIFIED-PEPTIDE INHIBITORS OF AMYLOID β -PEPTIDE POLYMERIZATION. M. A. Findeis, G. M. Musso, C. C. Arico-Muendel, H. W. Benjamin, A. M. Hundal, J.-J. Lee, J. Chin, M. Kelley, J. Wakefield, N. J. Hayward y S. M. Molineaux en *Biochemistry*, vol. 38, págs. 6791-6800; 1999.

RECOGNITION SEQUENCE DESIGN FOR PEPTIDYL MODULATORS OF β -AMYLOID AGGREGATION AND TOXICITY. M. M. Pallitto, J. Ghanta, P. Heinzelman, L. L. Kiessling y R. M. Murphy en *Biochemistry*, vol. 38, págs. 3570-3578; 1999.

INHIBITION OF TOXICITY AND PROTOFIBRIL FORMATION IN THE AMYLOID- β PEPTIDE β (25-35) USING N-METHYLATED DERIVATIVES. A. J. Doig, E. Hughes, R. M. Burke, T. J. Su, R. K. Heenan y J. Lu en *Biochemical Society Transactions*, vol. 30, págs. 537-542; 2002.

DESIGN AND CHARACTERIZATION OF A MEMBRANE PERMEABLE N-METHYL AMINO ACID-CONTAINING PEPTIDE ABI-40 FIBRILLOGENESIS. D. J. Gordon, R. Tappe y S. C. Meredith en *The Journal of Peptide Research*, vol. 60, págs. 37-55; 2002.

REDUCTION OF AMYLOID LOAD AND CEREBRAL DAMAGE IN A TRANSGENIC MOUSE MODEL OF ALZHEIMER'S DISEASE BY TREATMENT WITH A BETA-SHEET BREAKER PEPTIDE. B. Permanne, C. Adessi, P. Saborio Gabriela, S. Fraga, M.-J. Frossard, J. Van Dorpe, I. Dewachter, A. Banks William, F. Van Leuven y C. Soto en *The FASEB Journal*, vol. 16, págs. 860-862; 2002.

INHIBITION OF β -AMYLOID TOXICITY BY SHORT PEPTIDES CONTAINING N-METHYL AMINO ACIDS. M. Cruz, J. M. Tusell, D. Grillo-Bosch, F. Albericio, J. Serratos, F. Rabanal y E. Giralt en *The Journal of Peptide Research*, vol. 63, págs. 324-328. 2004.

ALZHEIMER DISEASE: MECHANISTIC UNDERSTANDING PREDICTS NOVEL THERAPIES. D. J. Selkoe en *Annals of Internal Medicine*, vol. 140, págs. 627-638; 2004.

DECIPHERING THE MOLECULAR BASIS OF MEMORY FAILURE IN ALZHEIMER'S DISEASE. D. M. Walsh y D. J. Selkoe en *Neuron*, vol. 44, págs. 181-193; 2004.

NATURAL OLIGOMERS OF THE AMYLOID-B PROTEIN SPECIFICALLY DISRUPT COGNITIVE FUNCTION. J. P. Cleary, D. M. Walsh, J. J. Hofmeister, G. M. Shankar, M. A. Kuskowski, D. J. Selkoe y K. H. Ashe en *Nature Neuroscience*, vol. 8, págs. 79-84; 2005.

THE PARTIAL RETRO-INVERSO MODIFICATION: A ROAD TRAVELED TOGETHER. M. Chorev en *Biopolymers*, vol. 80, págs. 67-84; 2005.

Interior de una mente genial

Kim Peek posee una de las memorias más extraordinarias que se han conocido. Mientras no demos explicación a sus habilidades, no podremos comprender los mecanismos de la cognición humana

Darold A. Treffert y Daniel D. Christensen

En 1887 J. Langdon Down describió el “síndrome del *savant*”, expresión que él mismo acuñó para un tipo extraño de sabiduría o brillantez mental asociado a una extraordinaria memoria. Señaló el caso de un paciente capaz de recitar palabra por palabra *La decadencia y ruina del imperio romano* de Edward Gibbon. Desde entonces, la memoria de un *savant* (sabio en francés) se ha relacionado casi siempre con un dominio específico, como la música, el arte o la matemática. Sin embargo, en el ciudadano estadounidense de 54 años Kim Peek, el prodigio mismo es su fenomenal memoria, por la que sus amigos le llaman “Kim-puter”.

No es exagerado decir que Kim puede extraer un dato de su biblioteca mental con la misma rapidez que un buscador explora Internet. En cierta ocasión, leyó en una hora y 25 minutos la obra de Tom Clancy *La caza del Octubre Rojo*, y preguntado cuatro meses más tarde dio el nombre del operador de radio citado en el libro, la página en que se describe el personaje y la reproducción literal de varios pasajes.

A los 18 meses de edad empezó a memorizar libros que se le leían en voz alta, y hasta el momento tiene 9000 libros guardados en su cabeza. Tarda de ocho a diez segundos en leer cada página. Una vez terminado el libro, le da la vuelta en el estante para indicar que ya está en su “disco duro” mental.



1. KIM PEEK ante una imagen de su cerebro.

La memoria de Kim abarca al menos 15 temas: historia universal y de Estados Unidos, deportes, cine, geografía, programas espaciales, actores y actrices, la Biblia, historia de la Iglesia, literatura, Shakespeare y música clásica. Se sabe todos los códigos de distritos urbanos y postales estadounidenses y las estaciones de televisión que atienden esas localidades. Se ha aprendido los mapas que figuran en las guías telefónicas y puede indicar cómo se va de un lugar a otro en cualquiera de las grandes ciudades, o de una ciudad a otra. Es capaz de identificar cientos de obras de música clásica y señalar las fechas de su composición y de su estreno, su autor y detalles biográficos del mismo, e incluso analizar los componentes formales y tonales de la música. Lo más asombroso de todo es que ahora, en su madurez, está desarrollando una facultad nueva. Antes sólo podía hablar de música; desde hace un par de años está aprendiendo a interpretarla.

La hazaña es asombrosa a la vista de sus graves problemas de desarrollo, características que en diversos grados comparten los aquejados de este síndrome. Al andar se tuerce hacia un lado, no puede abrocharse la ropa ni atender las tareas de la vida diaria; le cuesta mucho trabajo abstraerse. Frente a tales limitaciones brillan mucho más sus facultades, extraordinarias para cualquier persona. Si se consiguiera explicar los procesos mentales seguidos por Kim, podría intuirse mejor por qué ciertas habilidades —como la de calcular fechas de calendario, siempre asociada a una enorme memoria— son tan frecuentes entre los *savants*. Recientemente, cuando un entrevistador le dijo que había nacido el 31 de marzo de 1956, Kim

señaló en menos de un segundo que era el sábado de Pascua.

Las imágenes obtenidas del cerebro de Kim revelan anomalías estructurales. No podemos, sin embargo, vincular directamente tales observaciones a ninguna de sus habilidades. Con todo, las técnicas de formación de imagen, que nos ilustran las funciones del cerebro y no sólo su estructura, deberían dar más luz al respecto. Entre tanto, creemos que merece la pena documentar los notables logros de Kim.

No es fácil encontrar gente como él, y conviene registrar sus características con miras a futuras investigaciones. El síndrome del *savant* abre una ventana única hacia el interior de la mente; mientras no hallemos una explicación, no podrá pretenderse una total comprensión del funcionamiento del cerebro.

Un cerebro insólito

Kim nació el 11 de noviembre de 1951 (en domingo, como él sabe muy bien). Su cabeza era mayor de lo normal; en el occipucio presentaba un encefalocele (vejiga del tamaño de una bola de béisbol) que se resolvió espontáneamente. Había además otras anomalías, entre ellas la malformación del cerebelo. Uno de los autores (Christensen) realizó en 1988 las primeras exploraciones cerebrales de Kim por resonancia magnética. Desde entonces ha venido siguiendo su evolución.

Las particularidades del cerebelo pueden explicar los problemas de coordinación y movilidad de Kim. Pero todavía es más chocante la ausencia de cuerpo caloso, el haz de tejido nervioso que, en condiciones normales, pone en conexión los dos hemisferios cerebrales. No sabemos en qué repercute la ausen-

cia: pese a su rareza, no siempre va acompañada por trastornos funcionales. Se han encontrado personas que carecen de tal estructura sin sufrir ningún problema perceptible. Sin embargo, en aquellos cuyo cuerpo caloso ha sido dañado en edad adulta, generalmente para evitar que los ataques epilépticos se propaguen de un hemisferio al otro, aparece un síndrome característico de “cerebro dividido” en el que los hemisferios separados empiezan a trabajar casi con total independencia.

Al parecer, los que han nacido sin el cuerpo caloso desarrollan canales posteriores de comunicación entre los hemisferios cerebrales. Tal vez las estructuras resultantes permiten que los dos hemisferios funcionen, en ciertos aspectos, como un solo hemisferio gigante, situando por así decir bajo un mismo techo funciones que acostumbran ir por separado. Si esto fuera cierto, algunas habilidades geniales de Kim podrían deberse a dicha anomalía. En cualquier caso, el hecho de que, entre las personas carentes del cuerpo caloso, unas no sufran discapacidad y otras presenten rasgos de *savant*, hace que el papel del cuerpo caloso no quede tan claro como en principio se pensara. Los neurólogos bromean con que sus dos únicas funciones seguras son las de propagar los ataques y mantener unido el cerebro.

En cierto aspecto puede guiarnos la teoría. El cerebro de Kim muestra anomalías en el hemisferio izquierdo, rasgo común a numerosos *savants*. Por si fuera poco, se busca en el hemisferio izquierdo la explicación de que los varones sean mucho más propensos que las mujeres a desarrollar no sólo el síndrome del *savant*, sino también dislexia, tartamudeo, fonación retardada y autismo. El mecanismo propuesto consta de dos partes: el feto masculino tiene un nivel más alto de testosterona circulante que puede intoxicar el tejido cerebral en desarrollo; el hemisferio izquierdo se desarrolla con más lentitud que el derecho y, por tanto, está expuesto a influencias nocivas durante un período más largo. En apoyo de la función que desempeña el daño al hemisferio izquierdo están los abundantes casos comunicados de “síndrome de *savant* adquirido”: niños mayores y adultos que desarrollan repentinamente habilidades geniales tras haber sufrido una lesión en ese hemisferio del cerebro.

¿Qué valor tienen todas estas pruebas? Una posibilidad es que el hemisferio derecho compense al izquierdo cuando éste no pueda funcionar bien

Resumen / Hazañas de un *savant*

- Toda manifestación conocida de habilidad del síndrome del *savant* se caracteriza por el extraordinario poder de la memoria. En el caso de Kim Peek, la memoria es en sí misma la habilidad.
- El cerebro de Kim presenta múltiples anomalías; entre ellas, la ausencia de un cuerpo caloso. La función que desempeña esa deficiencia en el caso de Kim no se ha explicado todavía, pero evoca una pregunta que plantean las habilidades de cualquier *savant*: ¿Estimula el daño cerebral un desarrollo compensatorio en alguna otra región del cerebro, o sencillamente deja que aparezcan habilidades que de otro modo permanecían latentes?
- La memorización rutinaria de Kim evolucionó después hacia una forma de pensamiento asociativo, signo evidente de creatividad. Su éxito le ayudó a introducirse en un mundo más amplio. Los autores concluyen que las habilidades de un *savant* nunca deben despreciarse, sino cultivarse para lograr el desarrollo intelectual y social del paciente.

y, para ello, desarrolle nuevas habilidades en las que quizá se utilicen tejidos cerebrales destinados a otros fines en condiciones normales. Otra posibilidad es que la lesión del hemisferio izquierdo se limite a descubrir facultades que siempre habían permanecido latentes en el hemisferio derecho: fenómeno que algunos califican como liberación de la “tiranía” del hemisferio izquierdo dominante.

Kim se sometió a examen psicotécnico en 1988. Su puntuación global en cociente intelectual (CI) fue de 87, pero con grandes variaciones entre las pruebas parciales verbales y de comportamiento. Había puntuaciones inscritas en la gama de inteligencia superior; otras, en cambio, en la de retraso mental. La conclusión del informe psicológico fue, por tanto, que el CI de Kim no servía para medir su capacidad mental. Los psicólogos siguen debatiendo entre “inteligencia general” e “inteligencias múltiples”, pero nosotros creemos que el caso de Kim apoya este último punto de vista.

A Kim se le diagnosticó “un trastorno del desarrollo sin ninguna otra especificación”; en modo alguno se le identificó con un trastorno autista. Aunque el autismo suele asociarse al síndrome del *savant* más que ningún otro trastorno mental aislado, afecta sólo a la mitad de los *savants* conocidos. En contraste con los autistas, Kim es abierto y bastante sociable. Un factor que parece imprescindible para el pleno desarrollo de habilidades de *savant* es un gran interés por el tema en cuestión.

La memoria y la música

En el caso de Kim, su interés se centró inicialmente en la pura memorización, pero luego se fue concretando. Aunque su capacidad de abstracción y reflexión conceptual es limitada —no puede interpretar muchos refranes corrientes—, Kim entiende gran parte del material que ha confiado a su memoria. Este grado de comprensión no es habitual entre los afectados por el síndrome. El propio Down designa con la expresión “adherencia verbal” la capacidad que tiene el *savant* para memorizar un enorme número de palabras sin entender su significado. Sarah Parker, graduada en psicología por la Universidad de Pennsylvania, utiliza un aforismo local, muy gráfico, al hablar de cierto *savant* llamado Gordon: “el horno de la tejería no hace al albañil”. Kim no solamente tiene un horno de ladrillos enorme, sino que se ha convertido en un creativo y versátil constructor de pa-



2. KIM LEE UNA PAGINA en ocho o diez segundos y al mismo tiempo la aprende de memoria. Su biblioteca mental consta de 9000 obras, con una cobertura enciclopédica que va desde Shakespeare hasta compositores musicales y mapas de las principales urbes de EE.UU.

labras dentro de las áreas de habilidad que ha escogido.

A veces es muy concreto y literal al contestar o dar una dirección. En cierta ocasión, su padre le pidió que “bajara la voz” en un restaurante, y Kim se encogió en el asiento para hacer “bajar” así su órgano de fonación. En otros casos puede dar inadvertidamente respuestas muy ingeniosas. Por ejemplo, en una de sus charlas alguien le preguntó por el Discurso (*Address*) de Abraham Lincoln en Gettysburg, a lo que Kim contestó (interpretando “*address*” por su otro significado de “dirección”): “Casa Will, en 227 North West Front Street, pero sólo pasó allí una noche, el discurso lo pronunció al día siguiente”. Kim no pretendía hacer un chiste pero se dio cuenta al reír el público; desde entonces utiliza esta anécdota con intención humorística.

Kim tiene facultades para establecer asociaciones más sutiles. El uso creativo de una información originalmente memorizada por repetición rutinaria puede

considerarse el equivalente verbal de una improvisación musical. A la manera de un músico, Kim piensa muy deprisa, tan deprisa que se hace difícil seguir sus intrincadas asociaciones. A menudo, en sus respuestas, parece ir dos o tres pasos por delante de su auditorio.

Recientemente ha aparecido una nueva dimensión fascinante en las geniales habilidades de Kim. En 2002 conoció a April Greenan, directora de la Biblioteca Musical McKay y profesora de música en la Universidad de Utah. Con su ayuda pronto empezó a tocar el piano y a ilustrar el análisis de las composiciones interpretando pasajes de las mismas; asimismo ejecutaba muchas de las piezas que guardaba en su enorme biblioteca mental. Kim también posee una muy notable memoria musical a largo plazo, recordando la tonalidad original de cada composición.

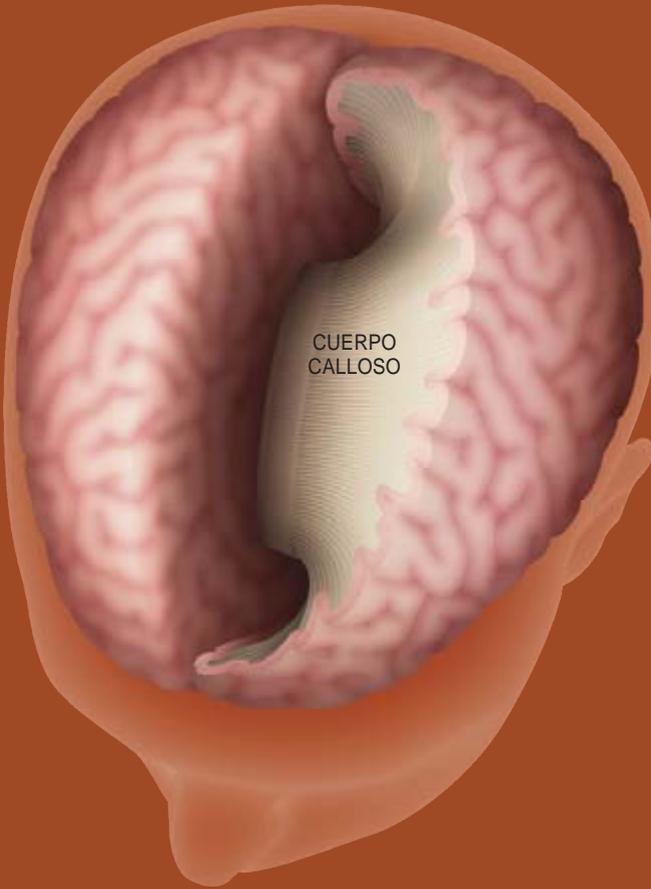
Conoce perfectamente los instrumentos de la orquesta sinfónica tradicional e identifica prontamente el timbre de cualquier pasaje instrumental.

¿Conexión perdida?

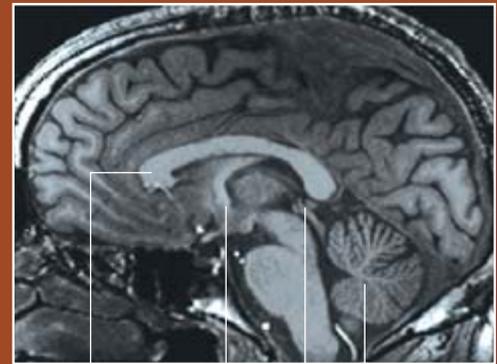
El cerebro de Kim Peek (*derecha, abajo*) difiere en varios aspectos de un cerebro normal (*diagrama y derecha, arriba*); las imágenes presentadas son secciones transversales antero-posteriores obtenidas por resonancia magnética.

El cerebro y la cabeza de Kim son de gran tamaño; corresponden ambos al percentil 99. Lo que más sorprende es la total carencia del cuerpo caloso, que, en condiciones normales, sirve de conexión entre los dos hemisferios. Faltan

además las comisuras anterior y posterior, que también suelen unir los hemisferios. El cerebelo, responsable de ciertas funciones motrices, es menor de lo habitual y está mal formado, con un fluido que ocupa gran parte del espacio circundante; acaso ésta sea la explicación de algunas dificultades de coordinación de Kim. La función que desempeñan estas anomalías en sus habilidades mentales es el tema de la investigación.

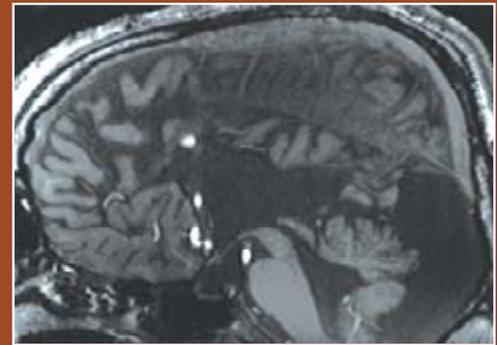


CEREBRO NORMAL



CUERPO CALOSO COMISURA ANTERIOR CEREBELO COMISURA POSTERIOR

CEREBRO DE KIM PEEK



SARA CHEN (ILUSTRACION); PRATIC MUKHERJEE Y DONNA R. ROBERTS UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, SAN FRANCISCO (IMAGENES POR RESONANCIA MAGNETICA)

Por ejemplo, presentó la obertura del poema orquestal *El Moldava* de Bedrich Smetana reduciendo las partes de flauta y de clarinete a una nota en arpeggios tocada con la mano izquierda y explicando que los oboes y fagotes entran con el tema principal, que luego redujo a notas interpretadas con la mano derecha de una en una y después en acordes de tres (continuyendo los arpeggios con la mano izquierda como señala la partitura). Su habilidad para identificar los compositores de piezas nunca oídas anteriormente, por mera deducción basada en el estilo de las

obras, demuestra un amplio conocimiento musical.

A pesar de su rareza física, Kim progresa en destreza manual. Sentado al piano puede tocar una pieza musical que desee analizar, cantar el pasaje que le interese o describir la música verbalmente, pasando de un modo a otro sin interrupción alguna. Además, sigue el ritmo, con percusiones ligeras de la mano derecha en el pecho cuando escucha o de su pie derecho cuando toca.

Greenan, estudiosa de Mozart, observa: "Kim tiene notables conocimientos musicales. Es asombrosa su capacidad

de recordar todos los detalles de una composición que en muchos casos ha oído sólo una vez y hace más de 40 años. Las conexiones que establece entre las obras, las vidas de los compositores, acontecimientos históricos, bandas sonoras de películas y miles de hechos que almacena en su base de datos revelan una enorme capacidad intelectual". Llega incluso a compararle con Mozart, que también tenía una testa poderosa, fascinación por los números y habilidades sociales irregulares. La profesora se pregunta si algún día podría Kim aprender a componer.

La vida después de Rain Man

No es de extrañar que la prodigiosa memoria de Kim llamara la atención del escritor Barry Morrow en un encuentro casual en 1984 y le impulsara a escribir el guión de *Rain Man*. Su protagonista, Raymond Babbitt, es un *savant* interpretado por Dustin Hoffmann. La película es pura ficción y no relata la vida de Kim, ni siquiera en escorzo. Pero hay una escena en la que Raymond calcula mentalmente raíces cuadradas a velocidad de relámpago y su hermano Charlie comenta: “Debería trabajar para la NASA o algo por el estilo”. Y no iba descaminado, pues Kim podría muy bien colaborar con tal organización.

La NASA ha propuesto construir un modelo anatómico en tres dimensiones de la estructura del cerebro de Kim. Richard Boyle, director del Centro Tecnológico BioVIS de la NASA, describe el proyecto como parte de un trabajo más ambicioso: superponer y fusionar cerebros de la mayor variedad posible; de ahí que el insólito cerebro de Kim sea especialmente valioso. Con los datos obtenidos, tanto estadísticos como funcionales, se podrían localizar e identificar los cambios operados en el cerebro que van asociados al pensamiento y a la conducta. La NASA espera que este modelo detallado permita a los físicos interpretar mejor los resultados de los sistemas de imagen por ultrasonidos, de posibilidades muy inferiores, por ahora los únicos que pueden llevarse al espacio para vigilar a los astronautas.

La filmación de *Rain Man* y el éxito de la película marcó un hito en la vida de Kim. Hasta ese momento, él había sido huracán, refugiándose en su cuarto durante las visitas; a partir de entonces, la seguridad que adquirió tratando con el equipo de rodaje y la celebridad que le proporcionara el filme, les inspiró a él y a su padre, Frank Peek, a compartir sus excepcionales dotes con numerosos auditorios. Ambos se convirtieron en entusiastas pregoneros de esperanza para quienes sufren discapacidades. Al cabo de los años han hecho participar de su historia a más de 2,6 millones de personas.

Creemos que la transformación de Kim será de aplicación general. Gran parte del conocimiento científico sobre la salud procede del estudio de las patologías. Mucho de lo que aprendamos sobre la memoria normal vendrá del estudio de memorias singulares o insólitas. Entre tanto, se deben obtener conclusiones prácticas para atender a otras personas con necesi-



3. TOCAR EL PIANO es la última habilidad adquirida por Kim, con una afición en aumento a pesar de su deficiente coordinación. La profesora de piano April Greenan (*sentada*) y su padre, Frank (*de pie*) han alentado los esfuerzos de Kim.

dades especiales que posean alguna habilidad de *savant*. Recomendamos que la familia u otras personas que asistan al afectado “eduquen el talento” —en vez de despreciar esas habilidades como frívolas—, como un medio para que el *savant* se relacione con otras personas y se alivien los efectos de la discapacidad. No es un camino fácil, por la intensa dedicación, paciencia y trabajo abnegado que exigen la discapacidad y las limitaciones: el padre de Kim es un ejemplo convincente.

Las exploraciones futuras del síndrome del *savant* aportarán revelaciones científicas a la par que historias de inmenso interés humano. De unas y otras da Kim Peek cumplido testimonio.

DAROLD A. TREFFERT y DANIEL D. CHRISTENSEN se apasionan desde hace tiempo por el fenómeno *savant*. Treffert, psiquiatra en Wisconsin, ha investigado sobre el autismo y el síndrome del *savant* desde 1962. Christensen es profesor clínico de psiquiatría, de neurología y adjunto de farmacología en la facultad de medicina de la Universidad de Utah.

Bibliografía complementaria

THE REAL RAIN MAN. Frank Peek. Harkness Publishing Consultants, 1996.

EXTRAORDINARY PEOPLE: UNDERSTANDING SAVANT SYNDROME. Reedición. Darold A. Treffert. iUniverse, Inc., 2000.

RASGOS GENIALES. Darold A. Treffert y Gregory L. Wallace en *Investigación y Ciencia*, n.º 311, págs. 58-67; agosto de 2002.

1. EL SISTEMA NEURONAL DE RECOMPENSA sufre una transformación radical en la pubertad. En ello se esconde la razón de que los adolescentes sientan atracción por las conductas de riesgo.



Adiós a la infancia

Lo que ocurre en la pubertad trasciende la mera subversión hormonal. En la reorganización contemporánea del cerebro de los adolescentes debe buscarse la particular conducta exhibida

Suzana Herculano-Houzel

Han perdido interés en los asuntos escolares. No se concentran en la clase de piano. Ni siquiera se esfuerzan por mostrarse educados. Su habitación se convierte en un coto cerrado, de acceso prohibido para los “viejos”. El teléfono móvil y el patín han desplazado a la muñeca y al coche de mecano. El tatuaje y el “piercing” constituyen los símbolos de su voluntad de independencia. Cuanto les atraía de niños, ahora les aburre. Sobre todo les cansan los padres, quienes, a la vista de la conducta de sus hijos púberes, empiezan a cuestionarse si acertaron en la educación otorgada. ¿Es puro teatro? ¿Lo hemos hecho mal? ¿Hay forma de sacarlos de sus extravagancias?

Hasta ahora, la efervescencia de los adolescentes se atribuía a la repentina producción de hormonas sexuales. Esa química provocaba el auténtico caos mental. Sin embargo, la investigación neurológica nos acaba de demostrar que es imprescindible que el cerebro pase por esta fase de inestabilidad para llegar a un pensamiento autónomo “adulto”. Los drásticos cambios de conducta operados en la pubertad obedecen a una reorganización sistemática de la estructura cerebral. A las hormonas les corresponde una función secundaria.

Durante mucho tiempo los neurólogos minusvaloraron las posibilidades de reestructuración del cerebro. Por una razón que parecía obvia: en cuanto el cuerpo del joven adquiere las características del adulto, el volumen del cerebro permanece constante, ha alcanzado ya su tamaño máximo. Su maduración, así se creía, culminaba al final de la infancia.

Pero el estudio neurológico, ayudado por la técnica de formación de imágenes, nos ha descubierto que la pubertad entraña una fase de la maduración cerebral, a la que hasta ahora se le ha prestado poca atención. El norteamericano Instituto Nacional de la Salud financia un proyecto ambicioso de siete años: la exploración sistemática del cerebro de 500 niños y jóvenes de edades comprendidas entre los dos y los 21 años. El rastreo tomográfico irá acompañado del estudio de sus facultades cognitivas.

Se ha confirmado que, al principio de la adolescencia, el cerebro ha alcanzado ya su máximo tamaño. Sin embargo, por debajo de una superficie aparentemente tranquila, el cerebro esconde un panorama que se asemeja mucho a un edificio en construcción: las estructuras decisivas se renuevan. Mientras que unas zonas crecen, otras se reducen y unas terceras se reorganizan por completo. A través de tales transformaciones, cada área va alcanzando la madurez necesaria para su plena capacidad funcional.

¿De excursión con los padres? ¡Ni hablar!

Los procesos de renovación van ejerciendo efectos decisivos en la conducta del joven. Los primeros cambios conciernen a la transformación radical del “sistema de recompensa”, responsable de las sensaciones agradables. Al principio de la adolescencia desaparecen aproximadamente el 30% de los receptores de dopamina, el “mensajero de la felicidad”. El sistema se reduce y anula las pequeñas alegrías cotidianas que en otros tiempos atraían tanto a los niños; por ejemplo, las excursiones con los padres.

Las consecuencias sobre la conducta saltan a la vista: las entretenidas ocupa-

ciones infantiles les aburren; el interés salta, de repente, hacia otros estímulos, como la música, el deporte y el otro sexo. Al mismo tiempo continúa el desarrollo de la personalidad y de la capacidad de juicio. La reestructuración del sistema de recompensa cursa paralela a la capacitación del cerebro para avalar el pensamiento abstracto.

La compañía de los padres resulta ahora menos deseable; en cambio, adquiere primacía la amistad con compañeros de su misma edad. La reestructuración del sistema de recompensa encierra su interés psicológico. Gracias a tales cambios, los jóvenes conocen experiencias que les convertirán en adultos independientes. Para ello han de abandonar la seguridad del hogar familiar, lugar que jamás dejarían si no fuera por el aburrimiento que empieza a producirles y por la gran atracción del riesgo.

Desafían su destino y ponen a prueba su talento intentando llegar hasta el límite. Unas veces fracasan y otras tienen éxito; así aprenden a tomar confianza en sí mismos. Los jóvenes que en su debida medida asumen riesgos, llegados a la edad adulta muestran una competencia mayor que sus coetáneos que por sistema tienden a evitar cualquier reto.

Un desarrollo correcto no requiere que el adolescente se resigna ante las adversidades. En momentos de confusión los padres se ven obligados a intervenir para ahorrarle riesgos. En esa edad, el consumo de drogas constituye un peligro indudable. La inhibición de los receptores aumenta la vulnerabilidad de los jóvenes ante drogas que elevan su estado de ánimo. Estas drogas agravan la destrucción de los receptores de la dopamina, lo que empeora aún más

Resumen / Estructura del cerebro

- En la pubertad se da una notable reestructuración en el sistema nervioso: desaparecen conexiones interneuronales superfluas y aparecen otras nuevas. El “sistema de recompensa” pierde el 30% de los receptores de dopamina.
- La renovación del cerebro tiene lugar siguiendo un plan genéticamente determinado. La reestructuración cerebral se realiza de forma paralela al resto de los cambios somáticos.
- La última fase de la pubertad es la maduración del córtex órbito-frontal, centro coordinador superior. Sólo se completa alrededor de los 30 años.

el ya de por sí confuso ánimo del joven, con el estímulo consiguiente de la apetencia por un mayor consumo. Una espiral infernal que puede prolongarse hasta la edad adulta.

Una fase importante en la evolución del cerebro es la modelación de las conexiones entre neuronas (sinapsis). En un principio, se producen sinapsis en exceso. El cerebro se asemeja a un bloque de mármol que se fuera modelando a sí mismo hasta transformarse en escultura. A medida que se va eliminando lo superfluo —las sinapsis que apenas se utilizan— va adquiriendo forma propia. ¿Desde qué edad empiezan a podarse sinapsis? Hasta finales de los noventa se creyó que ocurría en el cuarto año de vida.

Sin embargo, en 1999 apareció un estudio de Jay Giedd y Judith Rapoport, del norteamericano Instituto Nacional de la Salud, que llegaba a conclusiones muy diferentes. Durante varios años, siguieron el desarrollo del cerebro de niños y jóvenes y observaron un aumento de volumen de la sustancia gris, lo que no significa un aumento de las neuronas, sino de sus conexiones. Dando por supuesto que el número total de neuronas de la corteza cerebral se man-

tiene más o menos constante desde el nacimiento, Giedd y Rapoport llegaron a la conclusión de que, al comienzo de la pubertad, la cuantía de sinapsis experimentaba un brusco aumento para más tarde, en la juventud, ir destruyéndose las sobrantes.

Un buen aislamiento garantiza una buena conducción

Pese a esa fase juvenil de poda de sinapsis, el volumen total del cerebro persiste constante. ¿De dónde procede la nueva masa cerebral? Para Giedd y Rapoport, conforme va desapareciendo masa de sustancia gris, va surgiendo nueva sustancia blanca. Esta nueva masa se sitúa por debajo de la corteza cerebral y contiene fundamentalmente fibras de conexión interneuronal. El volumen cerebral permanece constante, pero varía su composición.

La sustancia blanca consiste sobre todo en fibras nerviosas apretadamente empaquetadas y eléctricamente aisladas por una envoltura de mielina. El aislamiento permite acelerar los impulsos neuronales y hacerlos más seguros. La velocidad de transmisión pasa de alrededor de un metro por segundo a unos 100 metros por segundo, es decir,

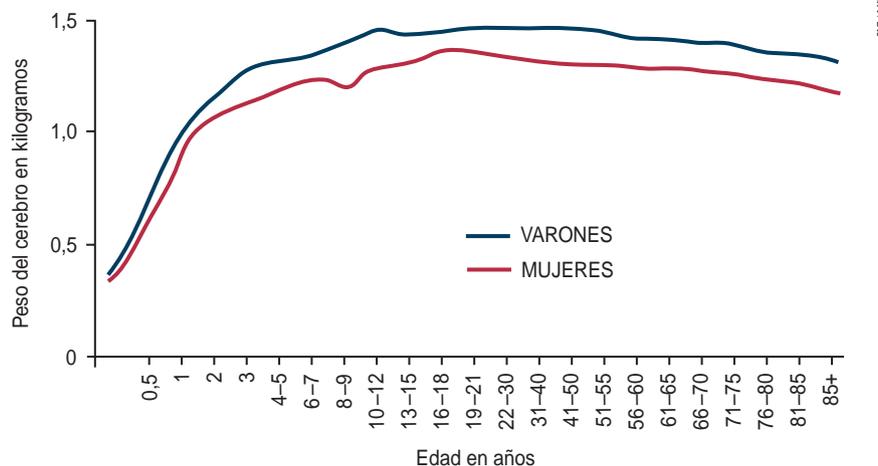
unos 360 kilómetros por hora. En la reestructuración cerebral de la pubertad se reducen, pues, sinapsis superfluas y las que quedan funcionan de manera más eficaz.

Los nuevos descubrimientos se hallan en consonancia con los resultados de unos estudios realizados en el Instituto Karolinska de Estocolmo en 2004: la mielinización del cerebro de niños y adolescentes aumenta entre los 8 y los 18 años en paralelo al perfeccionamiento de facultades cognitivas, como memoria y capacidad de lectura. La envoltura mielínica supone una suerte de “fijación” de las conexiones neuronales, fijación que sólo se realiza una vez comprobadas las conexiones y confirmado su adecuado funcionamiento.

Según otra investigación en curso, también auspiciada por el norteamericano Instituto Nacional de la Salud, los procesos de reestructuración se van sucediendo en distintas áreas del cerebro, siguiendo una rigurosa secuencia cronológica. Las primeras regiones del córtex donde aparece la transformación son las encargadas de procesar estímulos sensoriales. Los lóbulos parietales superiores y posteriores reciben la información referente al propio cuerpo. Su máximo volumen se alcanza a los 10 años en las niñas y a los 12 en los niños.

En esa misma zona, vuelve luego a disminuir la sustancia gris, mientras que simultáneamente aumenta el volumen de los lóbulos frontal y temporal. En estas regiones, encargadas de procesos cognitivos y emocionales, no se adquiere el volumen máximo hasta los 16 o 17 años. Los lóbulos frontales son las últimas zonas cerebrales en alcanzar su estructura y función definitivas, lo que podría retrasarse hasta los 30 años. Sólo entonces podrá afirmarse que el cerebro ha llegado a la madurez.

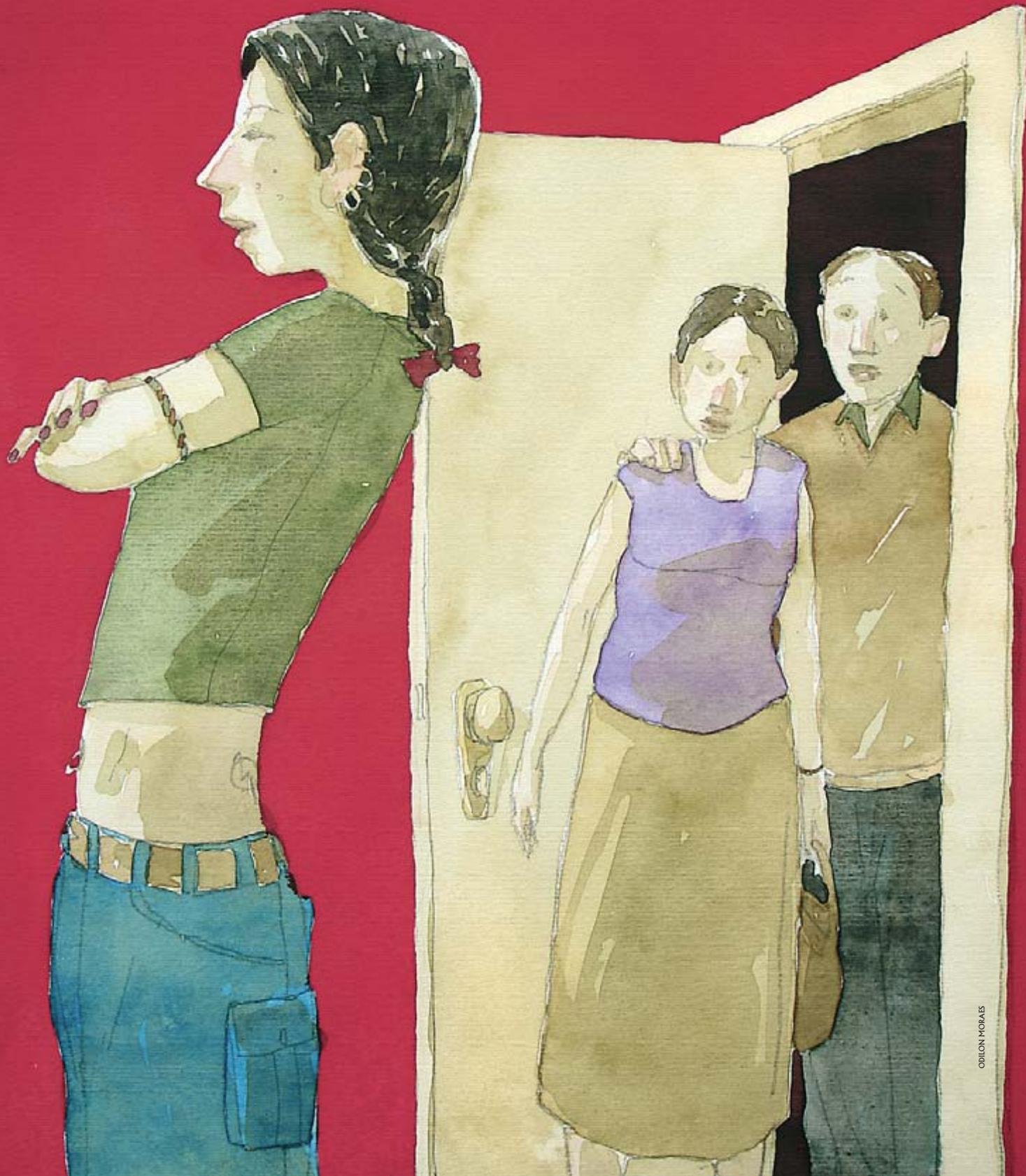
Volvamos a la primera fase de la reestructuración. En los tres años que dura la pubertad, la talla aumenta entre 30 y 50 cm y el peso unos 30 kilos. Las proporciones corporales cambian radicalmente. Llama la atención el notable alargamiento de piernas y brazos. Este crecimiento repentino constituye un reto para el cerebro: ha de ir adecuando su cartografía neuronal a la cambiante realidad somática. De semejante tarea

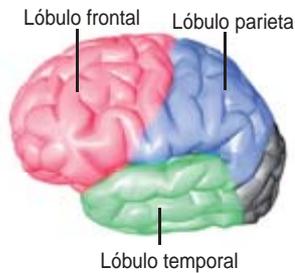
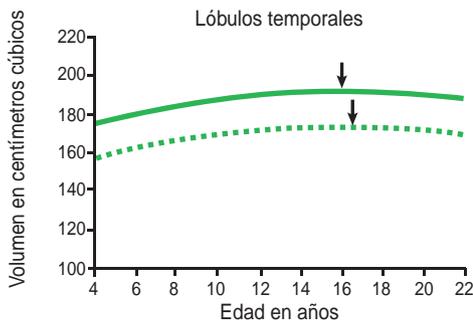
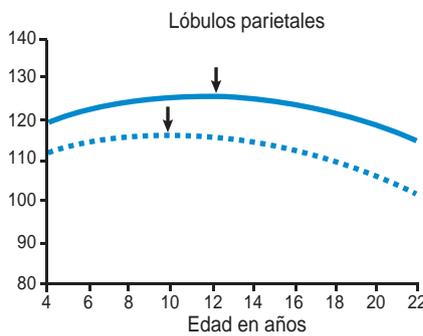
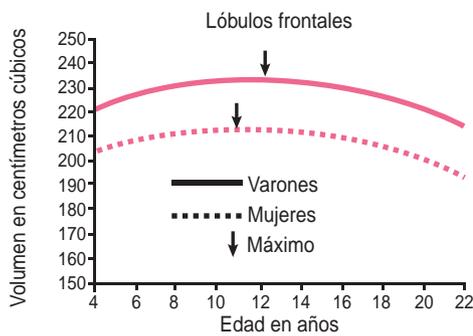


SIGANIM

2. DURANTE LA PUBERTAD, el peso del cerebro apenas varía, lo que impidió descubrir mucho antes el fenómeno de la reestructuración neuronal.

3. NO HAY NINGUN ADOLESCENTE que no tenga problemas con el mundo de los adultos. Sólo les queda un consuelo a los padres: ¡ya pasará!





4. EN LA PUBERTAD EL CEREBRO empieza a encogerse, pero no en todas sus partes al mismo tiempo. La secuencia refleja las fases de la pubertad.

mo. Esta estructura del mesencéfalo es responsable de los cambios corporales, incluidos los debidos a las hormonas. También aquí la participación del cerebro es decisiva.

El “conmutador” del hipotálamo sólo actúa cuando el cuerpo dispone de suficientes reservas grasas. La información pertinente arriba al diencéfalo a través de la concentración sanguínea de leptina. El nivel de esta hormona aumenta a medida que van llenándose los depósitos de grasa corporal. Hasta que la concentración de leptina no ha adquirido cierto nivel, el hipotálamo no empieza a poner en marcha la pubertad. Se inicia con la liberación de una hormona que estimula la hipófisis a producir gonadolibarina; ésta, a su vez, estimula las gónadas (testículos y ovarios) para que segreguen hormonas sexuales. De esta forma, la alimentación contribuye a determinar el momento en que se inicia la pubertad, aunque por sí sola no sea el único factor desencadenante. Una mejor alimentación de los jóvenes europeos explica que en el postrer siglo y medio el inicio de la pubertad se haya adelantado cinco años.

Con frecuencia la sexualidad se despierta a los 10 años. A una edad en que los chicos y chicas de hace medio siglo apenas se interesaban por los del otro sexo, los chicos y chicas de hoy hace tiempo que conocen la discoteca y han mantenido su primera relación sexual.

Con el adelanto de la pubertad, los adolescentes han de superar una fase difícil de su desarrollo con mucha menor experiencia vital. De ahí el interés de que los padres asuman el papel de “córtex prefrontal externo” para sus hijos, hasta que a éstos les funcione el suyo propio.

se encargan sobre todo los lóbulos parietales. La poda de sinapsis superfluas perdura hasta que se han realizado los cambios somáticos, es decir, hasta los 10 años en las chicas y hasta los 12 en los chicos. Las decisivas reestructuraciones del cuerpo y del cerebro tienen lugar, pues, en perfecta sintonía.

También en el lóbulo frontal encontramos una superproducción inicial de sinapsis seguida de una rígida selección y, por último, la mielinización, manifestada en un aumento de la sustancia blanca. La interconexión entre áreas tan dispares mejora la sintonía neuronal. Por botón de muestra, los centros del lenguaje, distribuidos por los dos hemisferios cerebrales, se comunican ahora de forma más rápida y eficaz, lo cual hace posible un aumento de la competencia lingüística de los adolescentes. También los movimientos corporales coordinados por el cerebro se ejecutan con soltura. El tiempo de reacción motora se acorta exponencialmente durante la infancia, para estabilizarse a los 14 o 15 años.

El aumento de sustancia blanca en la corteza prefrontal (la parte más anterior del lóbulo frontal) posibilita un funcionamiento más eficiente. Hablamos de un área responsable de la memoria, la toma de decisiones o el control de la conducta. De tal proceso de maduración se beneficia la capacidad de pensamiento abstracto, que abre al adolescente nuevas posibilidades e intereses: con frecuencia descubre temas poliédricos de filosofía, literatura y música a la vez

que empieza a formarse criterios propios e interesarse por la política.

Por fin, la moral

El último y decisivo paso en esta reestructuración del cerebro del adolescente se da en una pequeña área situada en el extremo anterior del lóbulo frontal, por encima de las órbitas oculares. Nos referimos al córtex órbita-frontal (COF). Funciona en conexión con otras estructuras que dirigen nuestra conducta social. Las modificaciones en la conducta que resultan de su reestructuración, marcan el final de la adolescencia. El joven es consciente de su responsabilidad, desarrolla el sentido del valor moral de sus actos y completa la capacidad de ponerse en el lugar de los demás.

La importancia que el COF tiene para nuestra conducta se hace patente cuando se lesiona. Si el daño ocurre durante la infancia, se interrumpe el desarrollo emocional y social. Los adultos con un COF que no funcione o que no haya madurado adecuadamente se muestran incapaces de integrarse en la sociedad o de anticiparse a las necesidades y reacciones de los demás. Poseen un psiquismo de adolescente en un cuerpo de adulto.

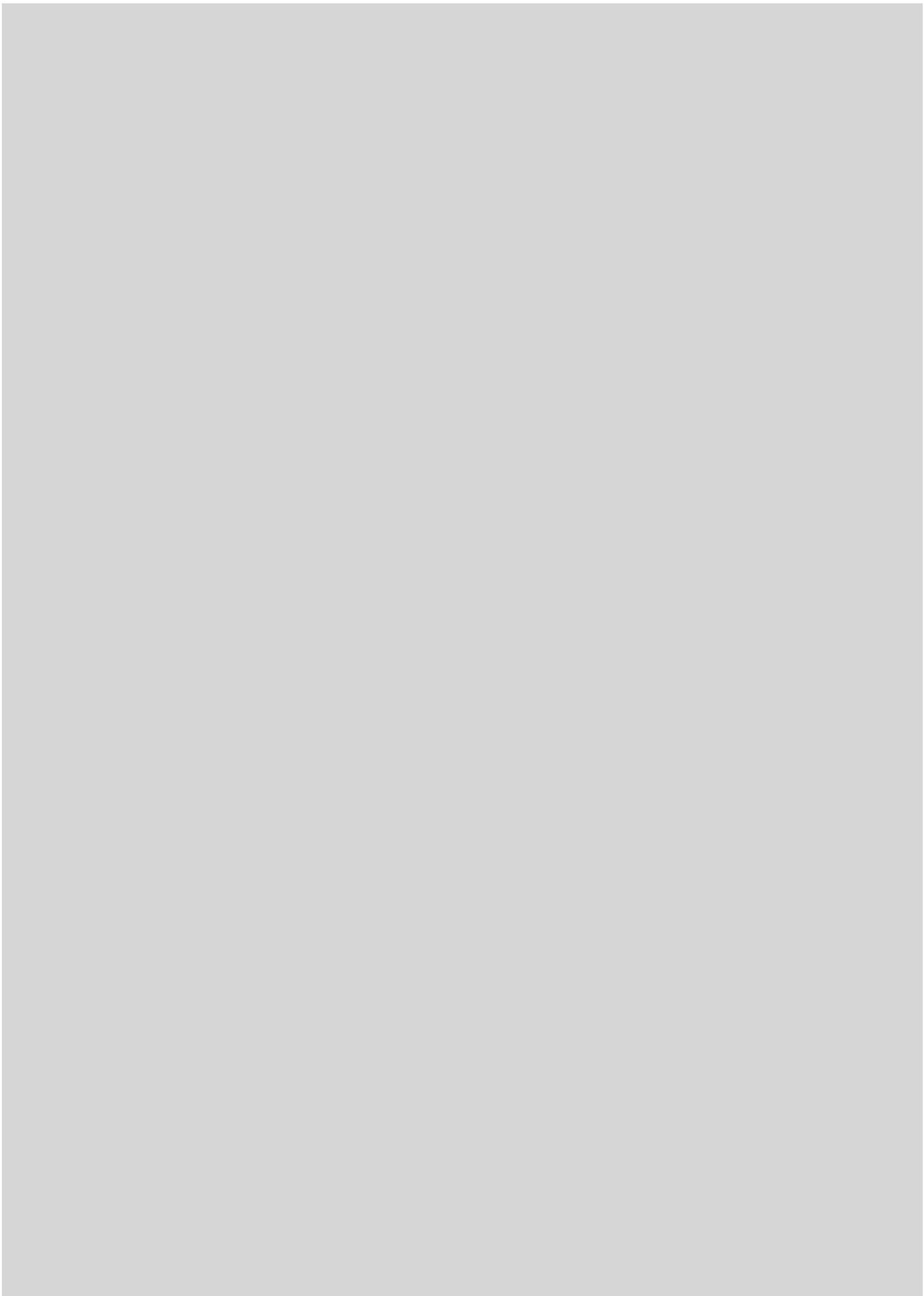
¿Qué papel queda para las hormonas sexuales? Por lo que sabemos, sus efectos se ciñen a hacer que el cerebro sea receptivo a los estímulos sexuales. Todos los cambios corporales, desde el aumento de talla hasta la aparición de los caracteres sexuales, se hallan regidos y coordinados por el hipotála-

SUZANA HERCULANO-HOUZEL, neurobióloga, ha publicado varios trabajos sobre la transformación juvenil del cerebro.

Bibliografía complementaria

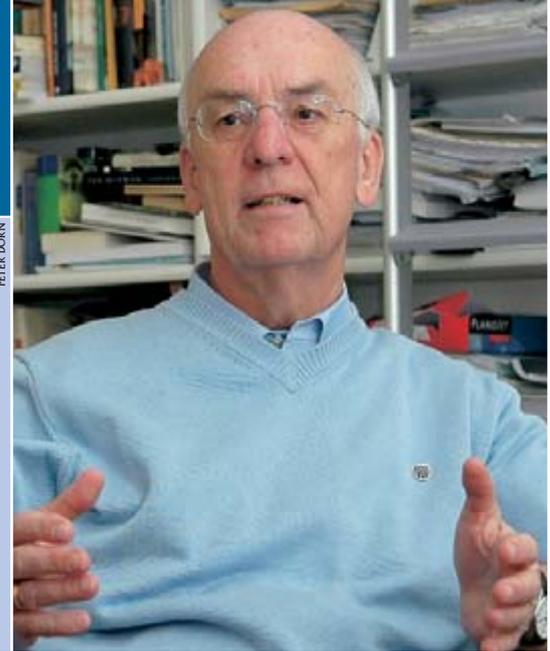
WARUM SIE SO SELTSAM SIND. GEHIRNENTWICKLUNG BEI TEENAGERN. Barbara Strauch. Berlin Verlag; Berlín, 2003.

STRUCTURAL MRI AND BRAIN DEVELOPMENT. P. Thomson et al. en *International Review of Neurobiology*, vol. 67, págs. 285-323; 2005.



En el fondo de una sima

Los intentos de suicidio de adolescentes son una llamada de atención a los padres y a su entorno. Pero ese grito de alarma termina demasiado a menudo en un resultado fatal. Se puede detectar precozmente esa inclinación autodestructiva, declara Fritz Poustka



PETER DORN

Mente y cerebro: Profesor Poustka, se estima que un veinte por ciento de los adolescentes especula alguna vez con la idea del suicidio. ¿Puede diagnosticarse con seguridad el peligro de suicidio en una persona joven?

Profesor Fritz Poustka: Eso es algo casi siempre difícil. Yo mismo he vivido el caso de un adolescente que sufría fuertes depresiones, se encontraba en un estado de ánimo de desesperanza y se había ido aislando de los demás desde hacía años. Y una mezcla de todas esas circunstancias alberga un gran peligro. Además, y en primer lugar, ya había ido buscando compañeros de suicidio en los correspondientes chats de Internet. Pero a la hora de determinar su internamiento en una clínica, el equipo médico se encontró con que el muchacho producía la impresión de estar de buen humor y relajado. Se excluyó el peligro de suicidio y se le envió a casa. Se ignoraba que, para entonces, y en confabulación con un compañero de chat, se había procurado somníferos y alcohol. Posteriormente aparecieron muertos en un bosque. La pausa suicidal había engañado a los expertos. El muchacho ya había decidido y parecía tranquilo en su determinación.

Myc: ¿Qué señales de alarma deberían tomar en serio los padres?

Poustka: En primer lugar un continuo e intenso abatimiento; dos terceras partes de los adolescentes con peligro de suicidio son depresivos. La situación se agudiza cuando la depresión aboca a la desesperanza y a la sensación de falta de alternativas. Aproximadamente una cuarta parte de los afectados padece miedo, del colegio o de otro tipo. También es una señal de alarma el abuso

de drogas: de un 40 a un 60 por ciento de los jóvenes consumen drogas o medicamentos durante largos períodos de tiempo.

Myc: ¿Qué síntomas se suponen críticos en el comportamiento cotidiano?

Poustka: Ante todo, la agresividad, un fuerte sentimiento impulsivo y una hipersensibilidad ante los reproches. Las agresiones se pueden volver contra ellos mismos, los impulsos incontrolados pueden llevar al intento de suicidio como en una reacción de cortocircuito y la incapacidad de crítica les hace más difícil la ayuda a los familiares. Pero hay un punto adicional que considero decisivo: el aislamiento. Corren un alto riesgo los jóvenes que han roto el contacto con su entorno, su familia y sus amigos. Suplen esa ruptura con nuevos lazos, a través de Internet, con chicos de mentalidad similar.

Myc: ¿Es posible por tanto que los chats refuercen las tendencias suicidas?

Poustka: Sin la menor duda. Los chats actúan como catalizadores. Quien busque este tipo de complicidades en la red no tardará en encontrar a otros jóvenes con tendencias suicidas. Y a partir de ahí los mensajes electrónicos girarán en torno al plan suicida.

Myc: ¿Cuándo deberían actuar los padres?

Poustka: Cuando el joven acaricia la idea del suicidio y dialoga con otros interlocutores sobre esta cuestión. Los padres no deberían esperar más y buscar asesoramiento médico. No faltan expertos en profilaxis contra el suicidio, conocedores de los foros de Internet y que saben dónde radican los peligros.

FRITZ POUSTKA dirige la clínica psiquiátrica infantil y juvenil de la Universidad Johann Wolfgang Goethe de Frankfurt.

Myc: ¿Influyen en los jóvenes los casos de suicidio dentro de la familia y en el círculo de conocidos?

Poustka: Evidentemente. En los ámbitos donde se producen los suicidios se cuadruplica el riesgo de que se produzcan estos hechos. Yo tuve una vez en tratamiento a una muchacha que sufría síntomas de miedo profundo: no se atrevía a ir al colegio. Cuando pasaba los fines de semana con sus padres, les amenazaba: “Si me volvéis a mandar al psiquiatra, me marchó de casa”. Y se escapó; en concreto, a la misma vía del tren donde hacía tres meses que su prima se había matado. Lo trágico era que la muchacha se había suicidado por miedo a separarse de los padres, precisamente el síndrome que nosotros queríamos tratar.

Myc: La novela de Goethe “Werther” desencadenó en su día una oleada de suicidios, el llamado “efecto Werther”. ¿Cómo valora el peligro de acciones imitativas?

Poustka: Es notablemente alto. En los años ochenta el Segundo Canal de televisión alemana emitió un documental en varias partes sobre el suicidio de un alumno que se arrojó a las vías del tren. Esta emisión describió de manera detallada, aunque sin sensacionalismo, los motivos y circunstancias de los hechos. Cada parte de la serie se iniciaba con la misma escena en las vías del tren que precedía al suicidio. En el intervalo temporal en que se emitió la serie, se arrojaron en toda Alemania a las vías del

tren y se suicidaron un 175 por ciento más de escolares de 15 a 19 años de edad. Si se hubiera tratado sólo de suicidios “anticipados” habría bajado este porcentaje. Pero no sucedió así. Es decir, la emisión contribuyó a un aumento de los sucesos. Un efecto que se repitió, aunque en forma más atenuada, cuando se emitió la serie por segunda vez, en contra del criterio de los médicos.

Myc: ¿Por qué les parece tentador el suicidio a algunos jóvenes?

Poustka: Es una cuestión difícil. El suicidio de una personalidad conocida puede representar el último impulso para las personas depresivas. La depresión es una enfermedad extendida. En torno al 15 por ciento de los alemanes experimentan por una vez en su vida una depresión constante y en consecuencia se retraen y pierden la confianza. También puede desencadenar una reacción precipitada —vinculada a un modelo determinado— una serie de fracasos serios: pongamos por caso un desengaño amoroso, problemas con los padres o un expediente escolar penoso.

Myc: ¿Es el riesgo de suicidio en los jóvenes mayor que entre las muchachas?

Poustka: Entre los menores de 20 años, los suicidas varones triplican la cifra de las muchachas. Pero éstas lo intentan tres veces más, sin éxito. La explicación reside en los métodos utilizados. Los chicos recurren a “métodos expeditivos”: ahorcarse, arrojarse desde un tejado o pegarse un tiro. Además deciden suicidarse de repente, aunque casi siempre existan indicios anteriores. En el caso de las muchachas tienen prioridad una llamada de atención o un ultimátum: “Si no me dedicáis más atención me mato”.

Myc: ¿Qué hacer ante tales amenazas?

Poustka: Lo importante es que se respete el acuerdo. Suele ser típico el caso de la chica que toma en pequeñas dosis los somníferos o analgésicos de su madre que ha salido de fin de semana. La hija sabe la hora de su vuelta a casa, deja una carta de despedida en el pasillo y se traga después las pastillas. Es evidente que nos hallamos ante un proceder planificado para que se descubra a tiempo. Pero el peligro consiste en que si no se presta suficiente atención a ese aviso de intento de suicidio se volverá a repetir con toda seguridad. Y puede ocurrir que la joven recurra la próxima vez a una dosis mayor y deje un margen temporal escaso para impedir su muerte. En el extremo opuesto de este espectro tene-

mos a los jóvenes que desaparecen en el bosque para suicidarse; resulta imposible encontrarlos con suficiente antelación.

Myc: ¿Cómo deberían reaccionar los familiares ante un intento de suicidio?

Poustka: Sería fatal cumplir las “exigencias” o, lo que es peor, hacer promesas insostenibles. Esta actitud aumenta sólo el peligro: el afectado cree alcanzar su objetivo sólo sobre la base de su comportamiento suicida. En todo caso hay que tomar en serio a los jóvenes que están en apuros. Lo más importante es encontrar soluciones alternativas y mostrar que existen otras salidas. Los padres afectados deben buscar necesariamente la ayuda de especialistas.

Myc: ¿Qué hay que atender en el tratamiento terapéutico de jóvenes en peligro?

Poustka: A veces son de importancia cuestiones insignificantes. De entrada, debe plantearse con claridad la situación al terapeuta. Un punto decisivo en la prevención es la planificación cuidadosa y el mantenimiento de las citas de consulta.

Myc: ¿Cuál es el objetivo de la terapia?

Poustka: Aquí el núcleo principal es la búsqueda de mentalidades alternativas. Utilizando una expresión plástica: los jóvenes con tendencias suicidas están hundidos en un agujero profundo desde donde sólo contemplan un horizonte muy limitado. Y hay que liberar a los afectados de esa unilateralidad de sus pensamientos.

Myc: ¿De qué pensamientos habla?

Poustka: Por ejemplo: “Si yo me muero, ellos verán lo que les falta”. Se trata de ampliar los horizontes, de cortar ese pensamiento polar que sólo conoce el “todo o nada”. Después del intento de suicidio no se puede prometer lo imposible, por ejemplo que todos los problemas se diluirán en el aire. Y la ayuda significa la quiebra de esa dicotomía blanco-negro, dar fuerzas al joven y mostrarle: “¡Pese a todo tú eres una persona valiosa!” Y todo eso lo hablamos con los padres y con los jóvenes.

Myc: ¿Implicar a los padres?

Poustka: Ese es un punto delicado. En el umbral de la edad adulta los jóvenes desarrollan una acusada necesidad de autonomía, algo que los padres olvidan con frecuencia. Pero esto no significa que los terapeutas deban trabajar exclusivamente con los jóvenes. En ese supuesto no accederíamos a informaciones importantes y no tendríamos ninguna influencia en

el entorno familiar. Lo importante es que no se produzca nunca la impresión de que los médicos y los padres traman algo a espaldas del joven.

Myc: ¿Existe una predisposición para el suicidio?

Poustka: Hay una relación entre factores neurofisiológicos como el nivel de serotonina en el cerebro y el riesgo de suicidio. La falta de serotonina lleva a un comportamiento impulsivo, un factor que aumenta el riesgo. Esto lo observamos especialmente en los chicos suicidas. También la tendencia a comportamientos agresivos es algo en parte innato que pone en peligro a los mismos afectados. La frecuencia de casos de muertes en algunas familias apunta a influjos genéticos. Pero en ningún caso se pueden separar con nitidez los factores genéticos de los sociales.

Myc: ¿Cabría un tratamiento medicamentoso?

Poustka: Los medicamentos son útiles y necesarios cuando la tendencia suicida va acompañada por la depresión y la impulsividad. Pero existen riesgos: en la fase inicial de la terapia no se despeja el estado de ánimo; antes bien se registra un aumento de los estímulos. Esta situación puede abocar en un comportamiento impulsivo e incluso a corto plazo aumenta el riesgo de suicidio. Importa ser cautos al comenzar la terapia con los medicamentos. Pero en conjunto predominan las ventajas.

Myc: En consecuencia, ¿no hay ninguna solución universal para evitar los suicidios?

Poustka: No, pero medios muy sencillos llevan a resultados sorprendentes. El método preventivo hasta ahora con más éxito fue la descontaminación del gas ciudad en los años setenta. Hasta entonces cualquiera podía disponer siempre del gas venenoso. Pero si se impide a las personas con intenciones suicidas cumplir sus propósitos “por la vía rápida”, no se repite necesariamente ese intento inicial. Y eso es algo que se puso entonces de manifiesto. Lamentablemente este efecto se volvió a anular con los medicamentos fácilmente accesibles: barbitúricos, benzodiazepina y otros antidepresivos tricíclicos. Aunque no hay método seguro para impedir los suicidios, algunas pequeñas medidas pueden reducir notablemente los riesgos.

CHRISTOPH UHLHAAS, filósofo de formación, realizó la entrevista.



Evolución del sentido de la cantidad

Aunque compartimos con otros animales nuestro sentido del “más” y el “menos”, los cálculos precisos requieren un lenguaje

“Las palabras y el lenguaje no parece que han desempeñado ninguna función especial en mi proceso mental”, respondía Albert Einstein a la pregunta de cómo había llegado a conceptualizaciones matemá-

gicas complejas. En su actividad mental se sirve de signos e imágenes, no de palabras ni frases. A propósito de ello, los científicos vienen especulando, desde hace tiempo, sobre la posible existencia de un “sentido del número

y de la cantidad”, independiente del lenguaje. Las investigaciones recientes les dan la razón: tenemos una región cerebral que interviene en determinadas operaciones aritméticas y no recurre a símbolos lingüísticos. A ese resultado llegó también un refinado experimento ideado por Stanislas Dehaene y su equipo, del Hospital Frédéric Joliot de Orsay, junto con colegas del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

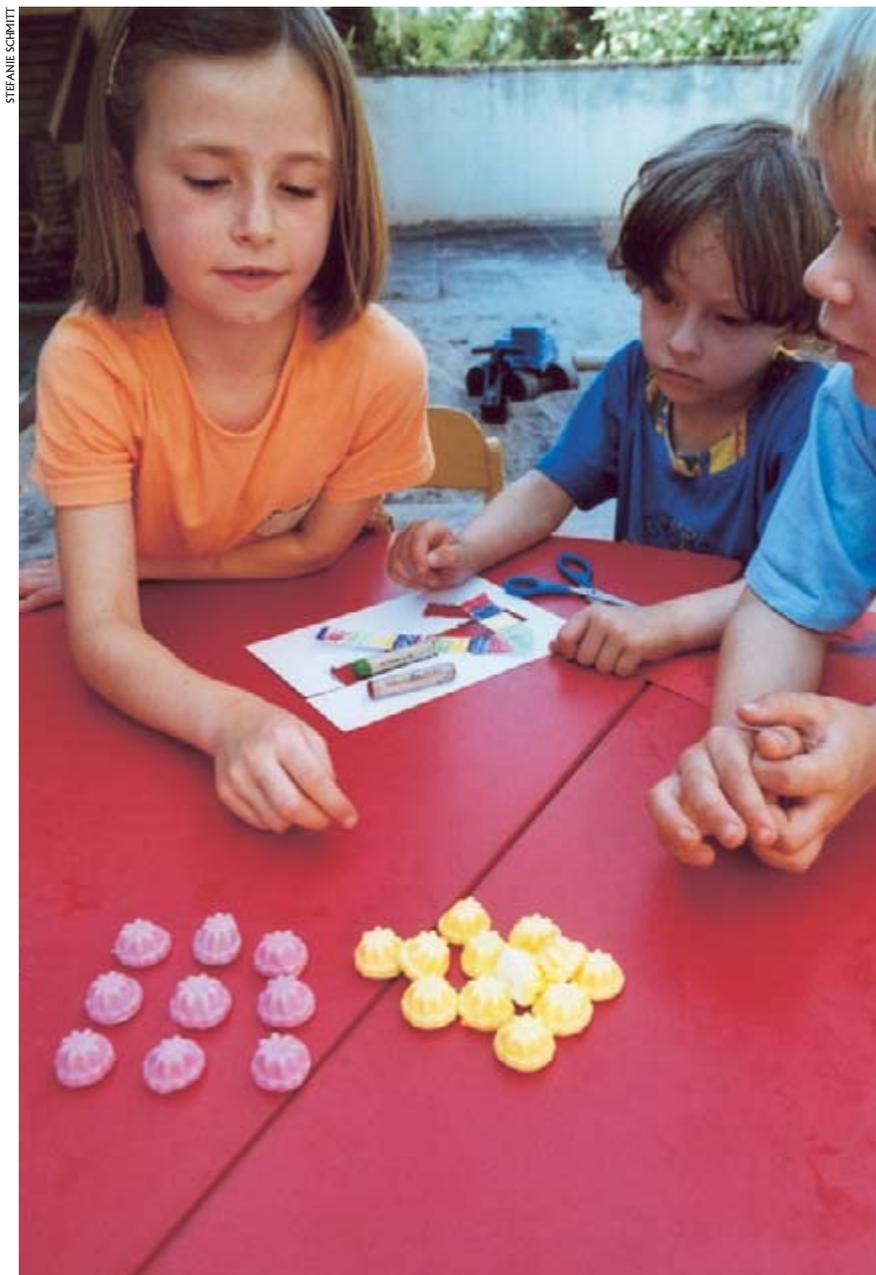
Los investigadores desarrollaron un sencillo test de cálculo y lo propusieron a personas bilingües que dominaban el ruso y el inglés. Los sujetos del experimento eran sometidos a dos tests. En el primero se les pedía la suma exacta de dos números sencillos; sólo podían usar una de las dos lenguas. En la pantalla del ordenador aparecían los dos números (por ejemplo, 15 y 10) que tenían que sumar. Inmediatamente después se presentaban dos posibles respuestas; sólo una era la correcta. Las respuestas estaban escritas en palabras —no en números— de la lengua de entrenamiento (por ejemplo, *twenty-five* y *twenty-eight*). Los probandos debían pulsar la tecla correspondiente a la respuesta correcta.

Cálculo estimativo sin palabras

En el segundo test no se pedía una suma exacta, sino una estimación aproximada. En la pantalla volvían a aparecer dos números y, poco después, dos nombres de números. En este caso, ninguna respuesta era exacta, sino que las dos propuestas eran aproximadas. A los voluntarios correspondía optar por la más próxima (verbigracia, entre *twenty* y *twenty-six*, esta última).

Tras algunos ensayos, los probandos acababan por resolver con cierta presteza las sumas exactas y las aproximadas,

HAY MENOS CAMELOS ROSAS. Los niños reconocen con un golpe de vista que el grupo amarillo tiene más caramelos. Quien cuenta necesita palabras.



STEFANIE SCHMITT

con independencia de si se los había entrenado en inglés o en ruso. Venía, a continuación, el test propiamente dicho: se les volvía a colocar ante el ejercicio de la suma, aunque ahora las soluciones posibles aparecían en la otra lengua. Los investigadores suponían que, si la solución de los ejercicios de cálculo dependía de la lengua, entonces el cambio de una lengua a otra debería llevar consigo un mayor tiempo de reacción.

El resultado fue elocuente. Se produjo una notable diferencia entre el cálculo exacto y el aproximado. En el caso del ejercicio de la suma exacta, los sujetos tardaban bastante más cuando debían dar el resultado en la lengua no entrenada. En el ejercicio de estimación, en cambio, no había ninguna diferencia si habían de dar el resultado en inglés o en ruso.

De los ensayos Dehaene y sus colegas extrajeron la conclusión de que nuestro cerebro procesa los números de dos formas diferentes: en los cálculos exactos por vía oral y en los aproximados por vía no oral.

Para comprobar si estos dos tipos de representación numérica son controlados por áreas cerebrales distintas, los investigadores se sirvieron de dos técnicas de formación de imágenes: la tomografía de resonancia magnética funcional (TRMf) y los “potenciales evocados”, un tipo determinado de señales en el electroencefalograma (EEG). El primer método, que alcanza una resolución espacial óptima, nos revela qué zonas cerebrales se activan. Los potenciales evocados tienen una resolución temporal exacta y permiten establecer el momento en el que se desarrolla el proceso.

El grupo de Dehaene estableció que, durante el desarrollo de las dos tareas—suma exacta y suma aproximada—, el cerebro se activa inmediatamente después de la presentación de los números que se han de sumar, aunque la excitación ocurre en dos regiones distintas. Si se ha de ejecutar una operación exacta, se activa la zona inferior del lóbulo frontal del hemisferio izquierdo, que es una zona implicada en los procesos lingüísticos. Ahora bien, si la respuesta es aproximada, entra en acción una región más amplia del lóbulo parietal posterior de ambos hemisferios, en concreto el surco intraparietal.

Esta última zona no interviene en el lenguaje, sino que participa en la programación motora de actos de prensión guiados por la vista y

desempeña una función clave en la atención espacial. La encontramos activa en tareas en las que se debe girar mentalmente un objeto. Este hecho refuerza la sospecha de que las cuentas exactas se apoyan en una representación simbólico-verbal de los números, mientras que en los cálculos aproximados el cerebro utiliza una representación visual-espacial de las cantidades numéricas, independiente del lenguaje.

Parece que este segundo tipo de representación se desarrolla ya en los lactantes. Entre los cuatro y los seis meses de edad, distinguen secuencias sonoras de dos o tres sílabas (por ejemplo, pío-pío y pío-pío-pío). Pueden distinguir series de distinta longitud; parecen, pues, capacitados para captar cantidades. Es difícil pensar, concluye Stanislas Dehaene, que los lactantes puedan haber adquirido esta facultad; es mucho más probable que les sea innata.

El sentido de “lo más” de los anfibios

Desde un punto de vista evolutivo, el sentido de la diferenciación entre cantidades se ha asentado en la escala animal. Desde las salamandras hasta los simios, las especies se hallan provistas de un sentido rudimentario de la cantidad. Claudia Uller, bióloga cognitiva de la Universidad de Essex, ha descubierto que, presentando a salamandras de bosque de lomo rojo (*Plethodon cinereus*) dos tubos de ensayo con un número notablemente distinto de moscas, los animales se precipitaban sobre el recipiente con más insectos. Poseen un sentido de lo más, igual que los simios. Y nuestros bebés.

No debe sorprendernos que el sentido de la cantidad tenga una larga historia evolutiva. La capacidad de captar cantidades reporta ventajas a los animales en la lucha por la supervivencia. Bruce Lyon, etóloga de la Universidad de California en Santa Cruz, descubrió en 2003 cómo se protegen las fochas norteamericanas (*Fulica americana*) de los huevos del cuclillo, cuyas hembras acostumbran dejar su propia nidada en el nido de las fochas, para ahorrarse incubarlas ellas mismas. Por eso las fochas cuentan con regularidad sus huevos, para asegurarse de que sólo empollan su propia puesta.

Pero, ¿cómo se representan los números en el cerebro? Para contestar a esta cuestión, el equipo encabezado

por Earl Miller, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, entrenaron a macacos. Los simios aprendieron a discernir si dos imágenes sucesivas, presentadas en una pantalla de ordenador, alojaban o no el mismo número de puntos. Cuando los primates conseguían realizar con cierta soltura la tarea, los registros de la actividad eléctrica recogían la excitación de más de 300 neuronas de la corteza prefrontal lateral. Una tercera parte de las células respondía de forma distinta según el número de puntos. En otras palabras, las neuronas “se disparaban” más cuando había un número “preferido”. Ciertos grupos de células se habían especializado en determinados números. Cuanto más se alejaba lo visto de la cantidad a la que estaba predispuesto el complejo celular, tanto más débil era su actividad. Esta capacidad se mostraba independiente del modo en que se presentaban los puntos (agrupados, separados, alineados, dispersos, etcétera).

El ensayo evidenciaba que los simios se encontraban capacitados para categorizar estímulos. Una analogía estrecha entre neonatos humanos y simios es que ambos se hallan facultados para discriminar cantidades de hasta cinco, pero su acierto disminuye drásticamente con números más altos. En los seres humanos este sentido innato por la cantidad se relaciona probablemente con las representaciones verbales de los números, tan pronto como los niños empiezan a aprender palabras como “tres” y “cuatro”. Para Dehaene y sus colegas, así se originaría también el pensamiento matemático. En este proceso el aprendizaje desempeña una función fundamental.

GIOVANNI MIRABELLA, adscrito a la Universidad La Sapienza de Roma, estudia las bases neuronales de las tomas de decisión.

Bibliografía complementaria

SOURCES OF MATHEMATICAL THINKING: BEHAVIORAL AND BRAIN-IMAGING EVIDENCE. S. Dehaene et alii en *Science*, vol. 284; págs. 970-974; 1999.

SALAMANDERS GO FOR MORE: RUDIMENTS OF NUMBER IN AN AMPHIBIAN. C. Uller, R. Jaeger, G. Guidry y C. Martin en *Animal Cognition*, n.º 6, págs. 105-112; 2003.

EGG RECOGNITION AND COUNTING REDUCE COSTS OF AVIAN COSPECIFIC BROOD PARASITISM. B. E. Lyon en *Nature*, vol. 422, págs. 495-499; 2003.

Conciencia mecánica

Alegato en pro de la existencia de una conciencia en los robots del futuro

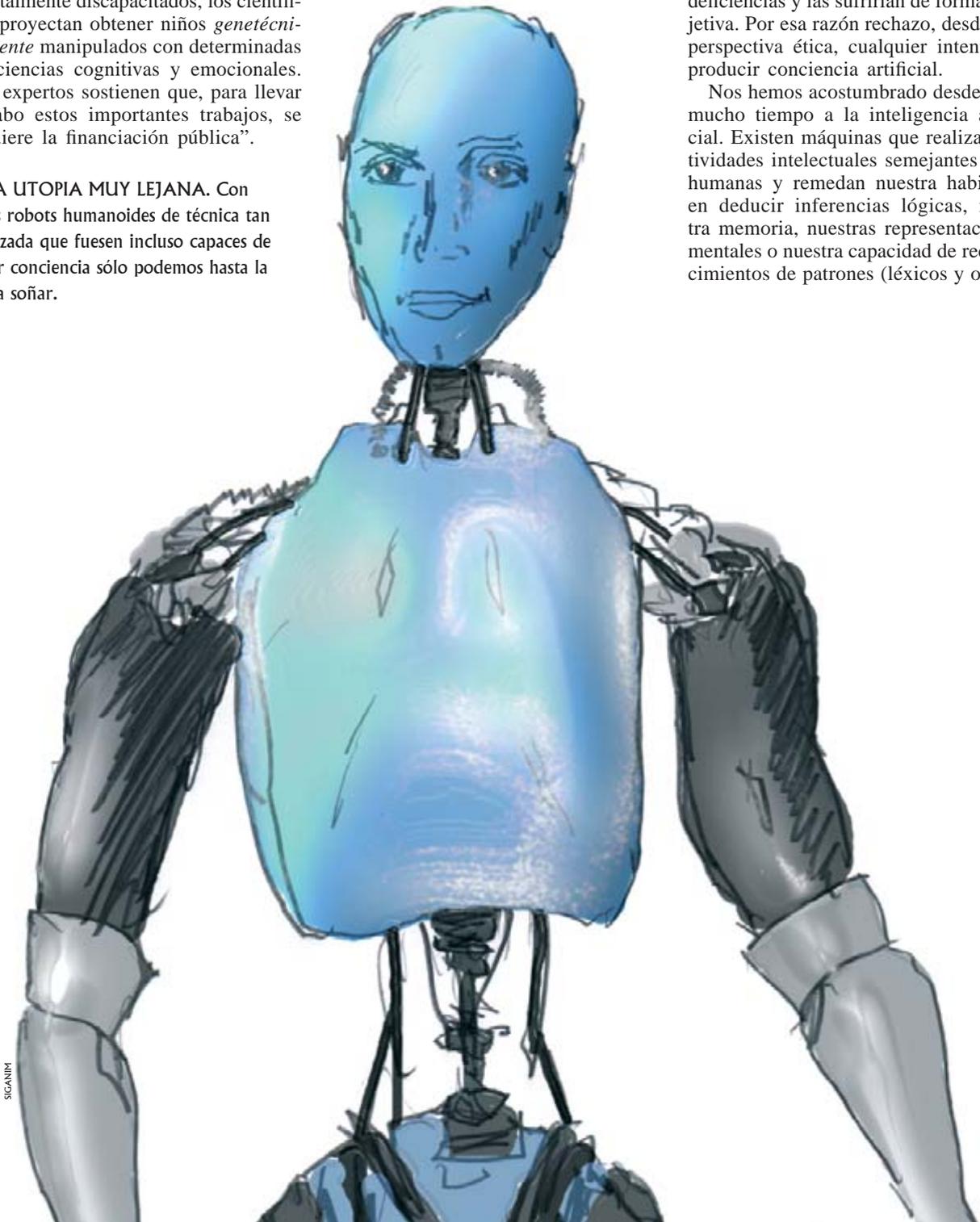
Los primeros grupos de investigación ya están trabajando en el desarrollo de una conciencia mecánica. ¿Seremos realmente capaces de construir robots que experimenten el sufrimiento de su propia existencia? ¿Qué diría el lector del siguiente comunicado?: “Para ahondar en la investigación de la evolución psicológica de niños mentalmente discapacitados, los científicos proyectan obtener niños *genéticamente* manipulados con determinadas deficiencias cognitivas y emocionales. Los expertos sostienen que, para llevar a cabo estos importantes trabajos, se requiere la financiación pública”.

UNA UTOPIA MUY LEJANA. Con unos robots humanoides de técnica tan avanzada que fuesen incluso capaces de tener conciencia sólo podemos hasta la fecha soñar.

La reacción del lector sería previsible. Tomaría por expresión de mal gusto y peligrosa tan declaración entrecomillada. Ningún comité ético del mundo daría el visto bueno a propuestas de semejante tenor, al menos en ningún país democrático. Pero existe un aspecto que reporta verosimilitud y actualidad a ese

planteamiento a primera vista absurdo: las primeras máquinas que cumplieran los criterios mínimos para considerarse capaces de sentir conscientemente se encontrarían en una situación muy semejante a la de esos supuestos bebés con deficiencias psíquicas obtenidos artificialmente. También las máquinas de marras padecerían de todo tipo de deficiencias y las sufrirían de forma subjetiva. Por esa razón rechazo, desde una perspectiva ética, cualquier intento de producir conciencia artificial.

Nos hemos acostumbrado desde hace mucho tiempo a la inteligencia artificial. Existen máquinas que realizan actividades intelectuales semejantes a las humanas y remedan nuestra habilidad en deducir inferencias lógicas, nuestra memoria, nuestras representaciones mentales o nuestra capacidad de reconocimientos de patrones (léxicos y otros).



Resumen / Fenomenología sintética

- El concepto de “fenomenología sintética” fue introducido en 1998 por Scott Jordan. Remite a los intentos realizados por los científicos no sólo de estimular, sino incluso de engendrar experiencias subjetivas en sistemas artificiales.
- Mientras que los filósofos polemizan acerca de si la conciencia artificial es algo fundamental, están ya en marcha los primeros ensayos para la producción de estados fenoménicos sintéticos.
- Tales empeños suscitan problemas éticos, porque es altamente probable que provoquen sufrimiento subjetivo y degraden a sujetos conscientes potenciales en meros objetos de investigación.

Con el agente virtual “Max” desarrollado en la Universidad de Bielefeld se podría incluso mantener una conversación elemental. Pero la *conciencia* artificial es otra cosa completamente distinta.

¿Quién puede creer en serio que una máquina adquiera alguna vez experiencias conscientes, percepciones sensoriales, sentimientos o conciencia de sí mismo? Ni siquiera conocemos del todo el funcionamiento de tales capacidades en nosotros mismos, ni tampoco podemos reducirlas a procesos cerebrales de elaboración de información, presupuesto del que parten los neurocientíficos en su mayoría. En el momento presente no hay ninguna razón que nos induzca a pensar que en un futuro próximo podamos tener ante nosotros a los primeros sujetos artificiales. Hay demasiados problemas técnicos que nos impiden avanzar en esa dirección.

Acontece, sin embargo, que en ocasiones la ciencia da un vuelco caprichoso, sorprendentemente rápido incluso para los expertos. En particular, si aparecen efectos sinérgicos inesperados; es decir, cuando se interfecundan resultados de investigación procedentes de disciplinas diferentes. Tal podría ser el caso, si un día un ordenador cuántico extraordinariamente potente solucionara, mediante algoritmos especiales tomados en préstamo de la física cuántica, problemas matemáticos en los que hasta entonces las calculadoras habituales, debido a la enorme cantidad de datos a manejar, hubieran fracasado. O si un día Internet llegara a desarrollarse tanto, que pudieran utilizarse permanentemente agentes de software artificiales como si fueran parte de nuestro propio “cerebro”.

Tales agentes tendrían una “inteligencia global” y dispondrían de la información total presente en Internet; es decir, contarían un volumen de conocimientos incomparablemente mayor que los que el hombre más sabio de la tierra pudiera atesorar en toda su vida.

Una situación paradójica

Paradójicamente, la preocupación por las cuestiones derivadas de la conciencia artificial —denominada por algunos investigadores fenomenología sintética— ha sido impulsada por filósofos que discrepan de la hipótesis de una mente humana totalmente explicable desde el punto de vista de las ciencias de la naturaleza. Se percató ya Alan M. Turing (1912-1954), lógico y pionero de la computación, quien declaró que la descripción exacta de una capacidad mental (reservada en exclusiva al ser humano) podía servir en principio para elaborar un programa que la reprodujera con fidelidad de forma artificial. Más adelante, Karl Popper (1902-1994) adoptó la argumentación; en relación con las afirmaciones de Turing, sostuvo que no había que cerrarse ante la posibilidad de un robot consciente, por inverosímil que parezca. Máxime, añadiría yo, cuando se trata de cuestiones con calado ético.

Pero, ¿cuándo debemos considerar sujeto moral a un sistema mecánico y tomar en serio sus deseos e intereses? En mi opinión, hemos de comportarnos éticamente frente a cualquier realidad que tenga capacidad para sufrir. Todo aquello que puede sentir, merece consideración. En breve, la capacidad de sufrimiento constituye el criterio discriminante, por encima del criterio de racionalidad o el de capacidad de lenguaje.

La capacidad de sufrimiento guarda una estrecha relación con el estatuto “personal”. En el caso del robot, ¿cuándo podría ser reputado “persona”? No es cuestión irrelevante. Las personas disfrutan de derechos. Hilary Putnam propuso ya hace casi medio siglo que a las unidades de hardware no se les podía aplicar un criterio de esa índole; para Putnam, resulta chauvinista afirmar que un robot consciente no puede, sólo por ser robot, poseer derechos cívicos. La

expresión “por ser robot” significa “no estar compuesto de material biológico, sino meramente de hojalata, fibra de carbono y chips de silicio”. Se trata, prosigue, del mismo razonamiento que negaba el derecho de voto a las mujeres por carecer de alma o defendía la esclavitud porque los negros no eran seres humanos genuinos.

La capacidad de sufrimiento forma parte importante de la conciencia. Experimentar algo conscientemente implica sentir la presencia de un mundo. Una máquina que certifiquemos de consciente necesitaría un modelo unitario de mundo. Ese modelo debería además hallarse incluido en un presente virtual, en un “sentimiento de ahora”, que la máquina no identificara como imagen interna, sino que representara el marco donde se inscribieran sus experiencias. Sólo entonces dispondría ella de la impresión de realidad y un mundo se le aparecería como presente.

Si el sistema poseyera un modelo corporal propio estable, se encontraría entonces en disposición de sentir el dolor sensorial como algo propio, incluidas todas las consecuencias que se desprenderían de su configuración técnica todavía inmadura. De la misma manera que el primer automóvil distó mucho de rodar correctamente, las generaciones iniciales de robots conscientes tendrían también numerosas carencias en su configuración y en su correspondiente funcionamiento. Pero, a diferencia de lo que sucedió con los coches, los robots conscientes percibirían tales carencias como “dolorosas”.

El primer sistema consciente no será, sin embargo, ni mecánico en su integridad, ni sólo biológico, sino una entidad “posbiótica”, mezcla de ambas realidades, una suerte de quimera de biomasa y silicio. Cuando su modelo personal posbiótico quede anclado en un hardware producido quizá “genetecnológicamente”, con su propio metabolismo, sus propias necesidades y sentimientos y su propia voluntad de supervivencia, quedaría todavía lo peor por venir. En efecto, un sistema de esa índole poseería, junto a su modelo personal corporal, otro modelo personal emocional y podría sufrir en determinadas circunstancias con una intensidad tal, que nosotros, a pesar de ser sus creadores, no podríamos ni siquiera imaginar. Por una razón: nos sería algo absolutamente extraño. Cuando, por último, el sistema dispusiera de un modelo cognitivo propio, comprendería además su lastimosa situación. Así, a los anteriores padecimientos, el

sistema añadiría ahora el sufrimiento intelectual de que nunca llegaría a poseer “dignidad”, un bien preciado por sus creadores.

Un robot de esta clase viviría con la idea de ser sólo un sujeto de segunda clase, un yo artificial que, como cualquier otro instrumento experimental intercambiable, es utilizado de forma abusiva por los humanos. ¿Podemos imaginarnos cómo sería realmente un clon fenomenal de la primera generación psíquicamente impedido de este tipo? ¿Podemos permitir que un sujeto artificial tan extraordinariamente avanzado “tome carta de naturaleza” sólo para que llegue a descubrir que, a pesar de estar dotado de un sentimiento de yo, no es nada más que una cosa, un objeto de prueba de la ciencia?

El sufrimiento tiene lugar en lo que yo denomino un modelo fenoménico personal (MFP). No se puede sufrir

conscientemente sin disponer de ese modelo propio de sí mismo, transparente y global. El modelo fenoménico personal es el instrumento decisivo para la adquisición de nuevas capacidades cognitivas y sociales. Pero también fuerza a un sistema consciente a asimilar, a hacer suyos de forma funcional y representacional, su propia desintegración (por ejemplo, por desgaste), su decadencia y sus conflictos internos. El dolor sensorial, así como cualquier otra forma de sufrimiento no corporal, se halla integrado en el modelo personal; se posee, por ende, de forma fenoménica. Este sufrimiento resulta entonces irremisible y emocionalmente inevitable; se convierte en el *propio* sufrimiento.

Para que esto no llegue a producirse deberíamos empezar por proscribir todo ensayo científico para crear conciencia artificial o posbiótica. No podemos

arriesgarnos a crear modelos conscientes. Es moralmente irresponsable crear algo que sabemos ya por anticipado que va a padecer con su propia existencia.

THOMAS METZINGER es profesor de filosofía en la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia.

Bibliografía complementaria

KÜNSTLICHES BEWUSSTSEIN. D. Birnbacher en *Bewusstsein — Beiträge aus der Gegenwartsphilosophie*, dirigido por T. Metzinger. mentis; Paderborn, 2005.

ICH, MAX — KOMMUNIKATION MIT KÜNSTLICHER INTELLIGENZ. I. Wachsmuth en *Bewusstsein: Philosophie, Neurowissenschaften, Ethik*, dirigido por C. S. Hermann, M. Pauen, J. W. Rieger. S. Schicktanz. UTB / Fink; Stuttgart, 2005.

¿A qué se deben los *lapsus linguae*?

¿Es verdad que los *lapsus* freudianos sacan a la luz deseos inconscientes? Para el fundador del psicoanálisis no cabe la menor duda: los *lapsus* provienen de ideas “medio reprimidas” o de conflictos desplazados que se abren así camino hacia la conciencia. Por ello les dedicó un capítulo entero en su *Psicopatología de la vida cotidiana*. Freud nunca pudo probar esta suposición.

Helen Leuninger, de la Universidad de Frankfurt, ha compilado una amplísima colección de *lapsus linguae*. Al analizarlos, llega a la conclusión de que se trata de breves interrupciones en el proceso de planificación del lenguaje. De esta presunción se derivan algunas consecuencias; por ejemplo, dos personas que intercambian fácilmente su lugar deben de ocupar la misma posición. Esa regularidad y otras similares nos ayudan a comprender los mecanismos cerebrales relacionados con el lenguaje.

Al hablar, se nos introducen de rondón pensamientos involuntarios en el discurso. Si entramos en una tienda de muebles y le declaramos al vendedor que nos gustaría “sentar la cabeza”, es posible que la ocupación mental con sofás y sillones esté favoreciendo el curso paralelo de otra serie de pensamientos

bastante distintos que acabarán por dar lugar a algún *lapsus linguae*.

Pero, ¿tiene que ser siempre un deseo inconfesado el causante de los *lapsus*? A la vista está que cometemos deslices lingüísticos muy a menudo: por término medio, en una perorata continua nos enredamos cada diez minutos; bajo tensión, esa frecuencia aumenta. En lo concerniente a la confusión con los nombres, Silke Hamm-Eder, de la Universidad de Bonn, ha observado que las rutinas dominan nuestra producción de lenguaje y, cuanto más nos distraemos, tanto más ineficazmente trabajan nuestros mecanismos de control. Con otras palabras, si nuestras rutinas lingüísticas se encuentran todavía sintonizadas con el pasado, es muy posible que se introduzca subrepticamente el nombre equivocado, sin que eso signifique que el sujeto añore al sujeto mencionado.

En el psicoanálisis hace ya mucho tiempo que los *lapsus* han dejado de tener la importancia que en su día se les otorgó. No obstante, para Marianne Leutzinger-Bohleber, directora del Instituto Sigmund Freud, está fuera de toda duda que los actos fallidos verbales son vivero continuo del inconsciente. Por eso, en las sesiones de terapia presta atención particular al individuo que,

ante determinado tema, repite sin cesar el *lapsus*; por ejemplo, llamar “madre” a su hermana. Según Leutzinger-Bohleber, los problemas o conflictos actuales se reflejan con mucha frecuencia en los *lapsus*. Lo mismo en sueños que en *lapsus*, el cerebro se comporta por igual: los elabora de una forma creativa y fabrica algo nuevo.

Así pues, en la mayoría de los casos los *lapsus linguae* no indican deseos reprimidos. Parece más cierto que son deslices que escapan a los controles conscientes y en los que ocasionalmente aparecen de modo fragmentario temas que nos preocupan en un momento determinado. Otra cosa es que los que no tengan un conocimiento directo de nosotros puedan ver en nuestros *lapsus* alguna vía de acceso a los pensamientos que nos preocupan o conturban.

KATJA GASCHLER es bióloga.

Bibliografía complementaria

REDEN IST SCHWEIGEN, SILBER IST GOLD. H. Leuninger. dtv; Múnich, 1996.

GESAMMELTE WERKE. ZUR PSYCHOLOGIE DES ALLTAGSLEBENS. KAPITEL V. S. Freud. Fischer Verlag; Frankfurt del Main, 1999.

Matemática chimpancé

Ai y su sorprendente capacidad

Los participantes en el último Taller Europeo de Neuropsicología Cognitiva, celebrado en Bressanone, no salían de su asombro cuando Tetsuro Matsuzawa, de la Universidad de Kioto, les iba pasando los vídeos protagonizados por Ai, una hembra de chimpancé. Relajada ante el ordenador, Ai presionaba un círculo, que valía como botón de arranque en la pantalla, y la calculadora transmitía al monitor diez números mezclados arbitrariamente. A continuación, un dedo peludo y curvo marcaba una cifra tras otra a una velocidad de vértigo. Apenas había confirmado la computadora que la sucesión de las cifras era la correcta, Ai recogía con la otra mano la uva pasa que caía, en recompensa, de una tapa flexible que se abría en esas circunstancias.

Matsuzawa ha observado y promovido el desarrollo cognitivo de Ai en un estudio de larga duración y único

en todo el mundo. (Acaba de publicar los resultados de su investigación en un libro colectivo.) En 1978 se hizo cargo de Ai después de que su madre la rechazase en el parque zoológico. Matsuzawa sustituyó, pues, al padre, cuidó de Ai desde el principio y sometió a prueba la capacidad de aprendizaje de la hembra.

En compensación, Ai se reveló como una auténtica alumna ejemplar. Todavía hoy pasan largas horas juntos en una mezcla de juego e investigación. En la tarea no sólo colabora diligentemente la chimpancé, de 28 años de edad, sino también su hijo Ayumu, que ha cumplido ya los cinco.

A través de esta prolongada labor de enseñanza, Matsuzawa se proponía averiguar hasta qué punto nuestros parientes más próximos en la filogenia

pueden aprender a desenvolverse con los números. Sabemos que los primates, en su medio natural, pueden contar hasta tres. Un simio en libertad prefiere huir cuando solo o en compañía de otro se encuentra con un congénere violento; únicamente cuando se halla en grupo en compañía de al menos otros dos compañeros planta cara. Pero el manejo de números abstractos es una competencia cognitiva de mayor alcance.

En este punto es donde Matsuzawa parece haberle enseñado algo a la chimpancé. Ai no sólo sabe ordenar las cifras de cero a nueve a una velocidad pasmosa apenas aparecen en pantalla, sino que goza también de una deslumbrante memoria a corto plazo para los números. Para comprobarlo, Matsuzawa programa la computadora de suerte que los números presentados se transformen

APLICADO SOLDADO RASO DE 1-2-3. Ayumu sigue las huellas dejadas por su madre Ai.



en un cuadrado mínimo, fracciones de segundo después de salir en la pantalla sensible al tacto. Celeridad que no le impide a la astuta Ai indicar las marcas de luz sucesivamente y de manera ágil y confiada para obtener la recompensa merecida.

Semejante habilidad en un simio roza lo increíble. Los congresistas apenas tienen tiempo de percibir una o dos de las cifras presentadas antes de que se camufle el conjunto de las nueve. Sin embargo, la chimpancé acierta de pleno en los puntos y en la sucesión correcta. Los voluntarios humanos no resisten ni de lejos la comparación.

En otro vídeo observamos que Ai, inmediatamente después de empezar el test, se distrae con el ruido de una disputa de otros chimpancés. Veinte segundos después se dirige al monitor para marcar en el orden adecuado y con tranquilidad los campos señalados con cifras.

Esa tranquilidad interna es fruto del esfuerzo y de la paciencia de Matsuzawa y Ai a lo largo de muchos años. El animal aprendió primeramente a entender el sentido de los números cardinales, o sea, la relación de las cifras con el correspondiente número de objetos. Ai asignaba una cantidad de hasta nueve objetos al número correspondiente seleccionando la cifra exacta en la pantalla. Así el primate iba adquiriendo cierta comprensión para los números ordinales, para la secuencia correcta de cero a nueve. Con otras palabras: Ai sabe contar, aunque en un sentido limitado. No desarrolló nunca el concepto

abstracto de los números, con el que ya los niños de tres años empiezan a comprender que, a cada número natural, le sigue otro: uno más uno son dos, dos más uno tres, y así sucesivamente. Ai ha aprendido sólo a asignar a las cifras arábicas las correspondientes cantidades y después a ordenar correctamente estas cifras.

Todo lo cual exigía, por supuesto, un entrenamiento duro a lo largo de muchos años. Una vez que Ai había captado paulatinamente que el “cero” iba por delante del “uno” y no al revés, se le instruyó en el “dos” como el número siguiente y así sucesivamente y paso a paso hasta llegar al “nueve”. Pero, ¿cómo es posible que Ai, que para contar necesitó muchos años de práctica, sea para ofrecer la secuencia numérica mucho más rápida que el hombre? Por lo que se ve, ordenar los números tapados en pocos instantes es, para ella, un juego de niños; para los congresistas, una tarea imposible.

Matsuzawa atribuye ese ritmo en el manejo de los números al resultado de un compromiso evolutivo, a una transacción entre los beneficios de la rápida captación, por un lado, y el sacrificio de aptitudes complejas por el otro. El precio que abona el hombre por el concepto numérico abstracto —aspecto en el que el ser humano supera al animal— se paga con una percepción lentísima. Sin embargo para los primates es de vital importancia valorar con la velocidad del rayo y simultáneamente varias impresiones y ordenarlas según

su relevancia. Por ejemplo el hecho de que haya en algún punto un depredador al acecho, de que por arriba se balanceen dos congéneres entre las copas de los árboles o de que atraiga algo exquisito para comer.

Nuestro cerebro humano se adapta mejor a un entorno artificial rico en señales sociales. En nuestra especie aquí se trata no tanto de una rápida reacción ante objetos de presencia inmediata cuanto de la interpretación adecuada de las señales, la evitación de equívocos lingüísticos y un cálculo seguro y exento de faltas.

Recuerda el primatólogo japonés que las crías de chimpancé se aferran a la madre, buscan el contacto corporal intenso y son amamantados durante cuatro años. En cambio, en los humanos, la madre se despegaba de su bebé muy pronto, sin que éste empiece a gritar. Para desarrollar el alcance de ese fenómeno, Matsuzawa se reclinaba en su asiento hasta quedar casi tumbado de espaldas remando en el aire con sus brazos y piernas. Ilustra con ello un aspecto importante: gracias a la postura de espaldas los bebés humanos tienen las manos libres para gesticular, surge el contacto visual entre padres e hijo, se estimula la mímica facial a través del que está enfrente y se potencia por imitación la articulación vocal.

Bibliografía complementaria

COGNITIVE DEVELOPMENT IN CHIMPANZEES. Dirigido por T. Matsuzawa et al. Springer; Berlín, 2006.

Neuromodestia

¿Puede esbozar la investigación del cerebro una imagen nueva del hombre? Los resultados neurocientíficos son importantes, pero no debería sobrevalorarse su significado

Neuroteología, neuroeconomía, neurodidáctica... y ahora también neuroética y neuroantropología. Se tiene la impresión de que los investigadores del cerebro habrían de abarcar todos los aspectos de la vida humana, si es que no incluso redefinirlos. El análisis, a veces apasionado, que los humanistas hacen de los datos neurocientíficos y la presencia, cada vez mayor, en los medios de comunicación de los resultados de la investigación cerebral parecen ratificarlo. Sólo que esta pretensión absolutista no es ni promo-

vida ni querida por los neurocientíficos, que la reputan estéril.

Sin duda, la investigación del cerebro es una de las disciplinas científicas más importantes de nuestro tiempo. Sólo ella puede abordar —y confiemos también que solventar— problemas apremiantes. Nuestra sociedad está amenazada social y económicamente por un número vertiginosamente creciente de enfermos mentales. Asimismo, algunas innovaciones técnicas importantes dependen de nuevos saberes provenientes de las ciencias neurológicas: para desarrollar

un coche que se mueva con autonomía entre el tráfico, hemos de conocer mejor, en la identificación de modelos, los logros fenoménicos de nuestro cerebro y poder imitarlos.

Motivos suficientes, pues, para que los neurocientíficos estén orgullosos. Pero las neurociencias ofrecen únicamente un enfoque cognitivo entre muchos, al igual que la filosofía, la creencia o la experiencia práctica cotidiana de cada uno. Un enfoque cognitivo, y seguramente no el óptimo. El instrumento fundamental de la investigación científica, el experimento,

no es el adecuado para hacer enunciados sobre sucesos únicos; sólo la aparición del mismo resultado al repetir el experimento permite extraer conclusiones.

Pero nuestro mundo consta de muchos fenómenos únicos, que se sustraen al método científico. Un ejemplo sencillo: los procesos cerebrales de un hombre que se come una manzana por primera vez en su vida. No son analizables experimentalmente, porque, con la segunda manzana, hay ya un engrama (es decir, una huella en la memoria) que representa otro estado cerebral.

Además, conceptos o fenómenos que presentan constructos humano-filosóficos avanzados como objetos reales asibles, apenas podrían ser satisfactoriamente tratados con un enfoque que considere la independencia del punto de vista como un presupuesto básico de su conocimiento. Los conceptos de confianza, fe o voluntad, por botón de muestra, se entienden individual y culturalmente de tan diferente manera, que apenas dos investigadores podrían ponerse de acuerdo sobre lo que constituye el objeto de su investigación en torno a ellos.

Para no dejar que surja ninguna duda —pese a la evidente y consabida limitación de sus conocimientos— el enfoque de las ciencias de la naturaleza es muy importante y fecundo. Por un lado, conduce a resultados beneficiosos, según evidencia el desarrollo del saber y del nivel de vida de los últimos siglos. Por otro, proporciona continuados estímulos que hacen que el pensamiento avance.

Mas limitar nuestras posibilidades de conocimiento a los métodos científico-naturales no hace justicia a nuestro mundo. Describir así una simple manzana dejaría de lado muchos aspectos: el símbolo bíblico del pecado original, la naturaleza muerta de Henri Matisse o el propio recuerdo de la manzana del jardín de la casa familiar. Si en el caso de la manzana se hila tan fino, ¿cómo se puede esperar, pues, de las neurociencias que iluminen completamente e interpreten con competencia fenómenos de la complejidad de la acción ética, el libre albedrío o la imagen del hombre?

La investigación cerebral no sustituirá a la religión. Explicar la ética desde un enfoque de las neurociencias reviste atractivo intelectual, pero no aporta gran cosa. Por eso, en el empleo de los resultados de las neurociencias, se debería tener en consideración siempre también sus posibilidades y limitaciones.

MICHAEL MADEJA es catedrático de neurofisiología en la Universidad de Frankfurt.

La neuropsicofisiología de la hipnosis

La hipnosis, un proceder que ha estado rodeado siempre de un halo de misterio, constituye también una herramienta de tratamiento utilizada por investigadores y clínicos. ¿Tienen los fenómenos asociados a la hipnosis realmente efectos cerebrales identificables y medibles?

Angel González de Pablo

Desde que Franz Anton Mesmer (1734-1815) diera a conocer, primero en Viena y luego en el París prerrevolucionario, su doctrina del magnetismo animal —el antecedente del hipnotismo—, la hipnosis ha sido una materia que ha fascinado a una considerable variedad de gente, desde charlatanes de diversa laya hasta figuras de la medicina, la psicología y psiquiatría, como Wilhelm Wundt, Santiago Ramón y Cajal, August Forel, Oskar Vogt o Clark Hull. De forma similar, la hipnosis sigue siendo en la actualidad algo confuso para el gran público, que no entiende

—muy comprensiblemente— cómo la hipnosis puede formar parte de espectáculos bobalicones (que, aunque no lo parezca, muchas veces ponen en situaciones embarazosas a los que participan en ellos) y al mismo tiempo es tomada muy en serio por investigadores y clínicos, que la defienden como un vehículo de tratamiento inequívocamente efectivo.

Una definición difícil y una valoración ambigua

La hipnosis es un fenómeno que inevitablemente mueve al que la contempla a preguntarse sobre la naturaleza de la conciencia humana y las relaciones entre la mente y el cerebro. Pero, ¿qué

es la hipnosis? ¿Tiene una definición universalmente aceptada? La respuesta es, desgraciadamente, no. Con todo, la definición más recurrida es la dada en 1993 por la Sociedad de Hipnosis Psicológica, la rama de hipnosis de la Asociación Psicológica Americana: “La hipnosis es un procedimiento mediante el cual un profesional de la salud o un investigador sugiere que un cliente, un paciente o un sujeto de expe-

1. LA HIPNOSIS: UN FENOMENO FASCINANTE. Resulta inevitable cuando se contempla una hipnosis preguntarse sobre la naturaleza de la conciencia humana y la relación entre la mente y el cerebro.



rimentación cambie sus sensaciones, sus percepciones, sus pensamientos o su conducta.”

Pero tenga o no una definición establecida, la cuestión auténticamente importante es si la hipnosis es efectiva o no. Si se revisan los artículos aparecidos en los últimos seis años en las revistas especializadas, tales como *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, *American Journal of Clinical Hypnosis*, *Contemporary Hypnosis* o *European Journal of Clinical Hypnosis*, constataremos que la hipnosis se ha aplicado a una lista de dolencias y trastornos demasiado amplia como para ser pormenorizada aquí, en la que destacan, no obstante, el control del dolor, las alteraciones debidas al estrés postraumático, la depresión, las fobias, los trastornos conductuales infantiles, el colon irritable y las alteraciones disociativas.

Sin embargo, cuando se analizan estos resultados exitosos con la hipnosis, en no pocas ocasiones no se sabe si se deben a la hipnosis en sí o al plan de tratamiento en el que la hipnosis está integrada; por ejemplo, una estrategia cognitiva. Pero, como afirma Michael Yapko, psicólogo clínico en Solana Beach y especialista en la aplicación terapéutica de la hipnosis y en el tratamiento estratégico de la depresión: “En el sentido más general, podemos afirmar con seguridad que, sea como fuere, la hipnosis ayuda a mejorar los resultados terapéuticos.” Quizás esta afirmación baste para justificar el esfuerzo de conocer algo sobre la hipnosis y sus efectos cerebrales.

La investigación clínica y experimental en hipnosis

La investigación clínica en hipnosis cuenta con una tradición de más de dos centurias. Así lo atestiguan los 20 tomos del *Journal du magnétisme* (1845-1861), los 24 de la *Revue de l'hypnotisme* (1887-1910) y los 10 de la *Zeitschrift für Hypnotismus* (1893-1902), en donde, de forma más o menos optimista, dejaron reflejo de sus experiencias con el magnetismo animal y las hipnosis numerosos personajes significativos de la psicología, de la medicina y de la psiquiatría europeas del siglo XIX y de comienzos de XX.

La investigación de laboratorio en hipnosis, sin embargo, comenzó en el siglo XX y se ha desarrollado especialmente en los Estados Unidos. Uno de los primeros programas de investigación experimental de la hipnosis, ya en la primera mitad del siglo XX, fue el de



CORTESIA DE TERESA GARCÍA SÁNCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO ERICKSON DE MADRID

2. UNA DEFINICION DIFICIL. La definición más aceptada de hipnosis es la propuesta por la Sociedad de Hipnosis Psicoterápica: “La hipnosis es un procedimiento mediante el cual un profesional de la salud o un investigador sugiere que un cliente, un paciente o un sujeto de experimentación cambie sus sensaciones, sus percepciones, sus pensamientos o su conducta”.

Morton Prince, P. C. Young y Henry Murray en Harvard. Ese empuje inicial dio lugar, a su vez, a otros tres programas experimentales muy influyentes: el de George Estabrooks en Colgate, el de Milton Erickson en el Hospital Worcester y el de Clark Hull en Winsconsin. La experiencia de estas investigaciones hizo posible el establecimiento en los años cincuenta y sesenta de los llamados “cinco grandes” en hipnosis: el laboratorio de Ernest R. Hilgard y Josephine R. Hilgard en Stanford, el de M. T. y E. C. Orne en Harvard y posteriormente en Pennsylvania, el de T. X. Barber en la Fundación Medfield, el de A. G. Hammer y J. P. Sutcliffe en Sydney y el laboratorio de T. R. Sarbin en Berkeley. Estos cinco grandes laboratorios experimentales dieron lugar a un considerable aumento de interés y de la actividad en hipnosis. Su influencia sigue presente todavía hoy.

En la segunda mitad el siglo XX, el interés por la hipnosis y por su investigación experimental tuvo unos focos de atención muy claros: la medida de la hipnotizabilidad en los años sesenta, la

preocupación por el rigor metodológico y la investigación cuantitativa en los setenta, la revisión de las experiencias subjetivas de la hipnosis en los ochenta y el encuentro de nuevas relaciones entre la investigación de laboratorio y las aplicaciones clínicas y forenses de la hipnosis en los noventa. Esa tendencia se complementó, especialmente desde la segunda mitad de los años noventa, con la integración de las aportaciones provenientes del campo de las neurociencias. Uno de los principales investigadores en el campo de la neurofisiología de la hipnosis es Helen Crawford, perteneciente al Instituto Politécnico y a la Universidad estatal de Virginia, quien lleva casi dos décadas estudiando la hipnosis y ha publicado algunos de los trabajos fundamentales en este campo.

A lo largo de estas décadas, como ha señalado Yapko, los investigadores han tratado de responder a algunas cuestiones fundamentales: ¿hay diferencias morfológicas entre los cerebros de los sujetos alta y bajamente hipnotizables?; ¿hay diferencias cognitivas entre los sujetos alta y bajamente hipnotizables



CORTESIA DE TERESA GARCIA SANCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO ERICSSON DE MADRID

que tengan alguna base neurofisiológica?; ¿hay correlatos fisiológicos del estado hipnótico que puedan ser identificados y medidos?; los cambios de estado neurofisiológicamente mesurables, ¿son causa o efecto de la experiencia hipnótica? o ¿cómo se convierte una sugestión en una respuesta, sea ésta de carácter cognitivo, conductual o físico?

Sea como fuere, lo que no ofrece ninguna duda es que algo cambia durante la experiencia de la hipnosis. Cuando el cliente o el paciente sigue las sugerencias (por ejemplo: “tu brazo va a sentirse adormecido y poco a poco toda sensación se desvanecerá en él...” o “puedes sentir una agradable sensación de ligereza en uno de tus brazos y que tu mano empieza a flotar y a elevarse fácilmente y sin esfuerzo...”), algo se modifica en el cerebro. Todavía nos hallamos lejos de saber exactamente *qué* es lo que cambia en el cerebro, pero disponemos de varias técnicas que nos permiten seguir algunos de los procesos cerebrales que acontecen durante la hip-

nosis. Entre ellas, las más utilizadas actualmente son: el electroencefalograma (EEG), los potenciales evocados (PE), la tomografía por emisión de positrones (TEP) y la resonancia magnética funcional (RMf).



CORTESIA DE TERESA GARCIA SANCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO ERICSSON DE MADRID

4. LA HIPNOSIS TIENE CORRELATOS NEUROFISIOLOGICOS. Cuando el sujeto sigue una sugestión (“*puedes sentir que uno de tus brazos empieza a flotar*”) algo se modifica en el cerebro.

3. CONCENTRACION FOCALIZADA.

La hipnosis se ha descrito como un estado de intensa concentración, como una imaginación guiada o como un estado relajado e hipersugestionable.

Electroencefalograma e hipnosis

El empleo del EEG en la hipnosis se remonta a los años veinte. La técnica del EEG es relativamente simple: consiste en recoger la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos implantados en el cuero cabelludo. Como la actividad eléctrica del cerebro es bastante débil, para hacerla legible se amplifica y se descompone en componentes de frecuencia. Las bandas de frecuencia utilizadas habitualmente son: theta (4-8 hertz), alfa (8-13 hertz), beta (17-30 hertz) y gamma (30-60 hertz) (En la banda gamma se incluye la llamada actividad de “40 hertz”, que abarca de 35-45 hertz.) Aunque al principio se equipararon los patrones electroencefalográficos del sueño y de la hipnosis, ya en los años cuarenta se vio que el patrón EEG del sueño difería nítidamente de los propios del estado vigil y de la hipnosis.

A finales de los años sesenta diversos estudios, algunos de ellos publicados en la revista *Nature*, sugirieron que la hipnosis era un “estado alfa”. Como las ondas alfa indican un estado despierto y alerta, se infirió apresuradamente que

5. HIPNOSIS Y CEREBRO. Disponemos de varias técnicas que nos permiten seguir los procesos cerebrales que acontecen durante la condición hipnótica: el electroencefalograma (EEG), los potenciales evocados (PE), la tomografía por emisión de positrones (TEP) y la resonancia magnética funcional (RMf) son algunos de los más importantes.

la hipnosis podía suponer un estado de conciencia superior. Esta idea alcanzó cierta popularidad en 1968 y, en relación con la hipnosis, se realizaron talleres para aprender a generar ritmos alfa. Pero posteriormente se ha visto que la hipnosis no es sólo un estado alfa y que la investigación con las ondas alfa como indicador de hipnosis ofrece resultados ambiguos.

En los años noventa, partiendo de los estudios realizados por Crawford y su equipo, se empezaron a relacionar las ondas theta con la susceptibilidad hipnótica. Lo cual parece lógico, pues estas ondas guardan relación con la atención focalizada, un componente básico de la experiencia hipnótica. Así, a lo largo de ese decenio, fueron apareciendo trabajos que ponían de manifiesto la tendencia de las ondas theta a incrementarse cuando un sujeto entra en hipnosis. Dicho incremento se produce en los individuos que son escasa o altamente hipnotizables, aunque es mayor en los segundos. En 2001, sin embargo, el equipo en torno a John Gruzelier, del Colegio Imperial de Ciencia, Técnica y Medicina de Londres, publicó un trabajo en el que se concluía que el aumento de ondas theta no era tanto un índice de susceptibilidad hipnótica cuanto un mero indicador de relajación que continuaba después de la hipnosis; sólo las ondas alfa permitían medir la susceptibilidad y la experiencia hipnóticas. Con todo, la opinión más extendida en la actualidad sigue siendo que las ondas theta guardan relación con la susceptibilidad hipnótica y que reflejan la actividad de la corteza cingulada (la parte medial de la corteza cerebral que se integra en el sistema límbico y se

6. HIPNOSIS Y ONDAS THETA.

A partir de los años noventa, gracias a los trabajos de Helen Crawford y su equipo, se empezó a relacionar las ondas theta con la atención focalizada, un componente básico de la condición hipnótica.



CORTESÍA DE TERESA GARCÍA SÁNCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO BRICKSON DE MADRID

corresponde con los mecanismos cerebrales vinculados con los procesos de emoción y de motivación).

Hay otro marcador EEG al que la investigación en hipnosis presta consideración: la banda de 40 hertz. También a comienzos de los noventa, Vilfredo De Pascalis y su equipo, de la Universidad

de Roma, informaron que los sujetos altamente hipnotizables mostraban una producción copiosa de ondas de 40 hertz en el hemisferio derecho durante la hipnosis. Posteriormente Crawford, ya en 2001, comprobó que estas ondas, al igual que las theta, estaban en relación con la aparición de la atención



CORTESÍA DE TERESA GARCÍA SÁNCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO BRICKSON DE MADRID



CORTESÍA DE TERESA GARCÍA SÁNCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO ERICKSON DE MADRID

7. HIPNOSIS COLECTIVA. La hipnosis puede llevarse a cabo de forma individual o colectiva. En este último caso, los distintos sujetos adaptan a su imaginario las sugerencias comunes dadas por el hipnotista.

focalizada, lo que explicaba su relación con la hipnosis.

En 1999 Gruzelier propuso un modelo en tres etapas electroencefalográficas de la inducción hipnótica que sigue manteniendo hoy su valor como referencia. En la primera se produce un incremento en la actividad del lóbulo frontal en el hemisferio izquierdo, asociado a la focalización del sujeto en la voz del hipnotista. En la segunda etapa tiene lugar una toma de control por parte de los sistemas inhibidores frontolimbicos cuando el individuo en inducción hipnótica se “deja ir” mediante las sugerencias de cansancio y relajación. La tercera etapa está marcada por una implicación de las funciones corticales temporoposteriores, particularmente del hemisferio derecho en los altamente hipnotizables, a través de la imaginación pasiva. Gruzelier llamó también la atención sobre

el hecho de que los escasamente hipnotizables mostraban poca actividad en uno de los dos primeros estadios o en ambos.

Por último, en relación con las técnicas electroencefalográficas, se ha desarrollado una nueva técnica que consiste en manipular los patrones de las ondas cerebrales, para mejorar así la hipnotizabilidad: el llamado entrenamiento EEG (*EEG entrainment*). La estrategia se apoya en un estímulo especial: la estimulación mediante ritmos binaurales. La estimulación sonora binaural consiste en ofrecer al sujeto, a través de auriculares, dos sonidos de diferente frecuencia (uno por cada oído). Al oírlos simultáneamente, el voluntario tiene la percepción subjetiva de oír un tercer ritmo debido a la mezcla en su cerebro de los dos ritmos externos. En un estudio, publicado en el año 2000

por B. Brody y L. Strevens, se recurrió a la estimulación auditiva binaural para incrementar la actividad theta en un grupúsculo de seis voluntarios. Se consiguió el efecto en cinco de ellos. Brody y Strevens pusieron también de relieve que mediante la estimulación binaural se produjo un aumento de la susceptibilidad hipnótica en los sujetos escasa y medianamente susceptibles, pero no tenía repercusiones reseñables en los altamente susceptibles.

Potenciales evocados e hipnosis

Los potenciales evocados (PE) son cambios transitorios de potencial registrados por electrodos externos en respuesta a un estímulo sensorial. Es decir, muestran la evolución EEG en relación con estímulos particulares. La forma de hacerlo es la siguiente: durante un EEG continuo se le presentan a un sujeto una imagen o un sonido determinados, cierto número de veces. Se delimita luego el EEG en el medio segundo que sigue a la presentación del

estímulo y se halla el término medio de todos los resultados obtenidos con las presentaciones del estímulo, consiguiéndose así la respuesta cerebral a ese estímulo particular reduciendo además al máximo los factores aleatorios que puedan haber interferido.

La onda de los PE se describe en función de sus picos, positivos (P) o negativos (N) y en función del tiempo transcurrido desde la presentación del estímulo y su aparición. Así una onda P300 (o P3 en abreviatura) es un pico de potencial evocado en la dirección positiva que ocurre 300 milisegundos después de la presentación del estímulo y una onda N1 es un pico de potencial evocado en la dirección negativa que ocurre 100 milisegundos después de la presentación del estímulo.

Los potenciales evocados reflejan el procesamiento cerebral de los estímulos cognitivos, emocionales y sensoriales. Así, se ha comprobado que, cuando los sujetos prestan atención a estímulos, aparecen componentes P1 y N1 mayores que cuando no lo hacen. En la investigación en hipnosis, se ha recurrido a los potenciales evocados para reflejar el procesamiento sensorial de las alucinaciones visuales y del dolor. A este respecto, David Spiegel y su grupo, de la facultad medicina de la Universidad de Stanford, encontraron en 1985 que los individuos normales altamente hipnotizables producían reducciones significativas en la amplitud de los componentes P1 y P3 de los potenciales evocados visuales en respuesta a sugerencias hipnóticas de una alucinación obstructiva que bloqueaba al sujeto la visión del estímulo. Otros grupos, el de Crawford en 2001 y el de William Ray, de la Universidad estatal de Pennsylvania, en 2002, han puesto de relieve en sendos estudios sobre el dolor que los procesos hipnóticos modifican los componentes tardíos de los potenciales evocados (los que aparecen después de 100 milisegundos tras el estímulo), los cuales reflejan el procesamiento emocional del dolor, más que los componentes precoces, que reflejan a su vez los aspectos sensoriales del estímulo.

En un reciente estudio aparecido en 2004 De Pascalis y su equipo se han apoyado en la amplitud de las ondas P3, en conexión con las respuestas de conductancia dérmica (RCD), para valorar las estrategias de mitigación del dolor seguidas durante la hipnosis, lo que pone de manifiesto la utilidad actual de la investigación con los potenciales evocados.

El EEG y los PE son sumamente útiles para determinar el lapso temporal de una respuesta, porque reflejan cambios en la actividad eléctrica de la corteza que ocurren en milisegundos. Tales mediciones adquieren particular interés cuando nos hacemos preguntas sobre la resolución temporal, pero son bastante menos indicativas en las cuestiones de resolución espacial, es decir, cuando queremos conocer en qué parte del cerebro se origina la actividad que estamos midiendo en el cuero cabelludo.

En otras palabras, el que sepamos dónde tiene lugar la actividad EEG a nivel del cuero cabelludo no nos proporciona ninguna certeza acerca de la zona cerebral en dónde se origina dicha actividad. La razón es sencilla: existen varias posibles distribuciones de la actividad cortical que nos pueden dar un mismo patrón EEG. La actividad

eléctrica no se mueve uniformemente por el cerebro y, además, el espesor del cráneo puede también repercutir en la forma en la que se distribuye por el cuero cabelludo la actividad eléctrica del cerebro.

Estos problemas no hacen del EEG y los potenciales evocados los medios de elección si nos interesan cuestiones estructurales o de localización. En estos casos es preferible recurrir a otras técnicas, como la tomografía por emisión de positrones o la resonancia magnética funcional.

Tomografía por emisión de positrones e hipnosis

Comenzada en los años setenta, la técnica de la TEP mide las variaciones en el flujo sanguíneo que muestran las áreas del cerebro que se encuentran más o menos activas mientras se desempe-

8. ESCRITURA AUTOMÁTICA. Durante la hipnosis pueden efectuarse distintas tareas, una de ellas es la escritura automática, en la cual el sujeto responde por escrito a determinadas preguntas o realiza dibujos en relación con las diferentes sugerencias recibidas.



CORTESÍA DE TERESA GARCÍA SÁNCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO ERICKSON DE MADRID



9. EL PUENTE HIPNOTICO. Un fenómeno hipnótico muy común es la catalepsia, definida como “inhibición del movimiento voluntario asociado a una intensa focalización en un estímulo específico”. La catalepsia puede forzarse hasta llegar a un estado de rigidez extrema que permite la realización del llamado “puente hipnótico”.

10. LA HIPNOSIS ES UN FENOMENO COMPLEJO. La investigación neuropsicofisiológica representa una fuente de conocimiento imprescindible para la hipnosis y sus fenómenos. Pero no conviene olvidar que la hipnosis es algo más que ondas cerebrales, flujos sanguíneos o activaciones de determinadas áreas cerebrales.



ñan tareas específicas. La prueba se realiza tras la inyección en el torrente sanguíneo de una pequeña cantidad de isótopos radiactivos o trazadores. Estos trazadores permiten calcular el flujo sanguíneo que afluye a las distintas estructuras cerebrales y medir así su actividad: cuando una región cerebral se activa, se incrementa el flujo sanguíneo regional. El resultado de estos cálculos es un mapa tridimensional con diferentes colores que representan los niveles de actividad cerebral en las distintas tareas.

Hay que tener en cuenta que entre los inconvenientes de la TEP, aparte de su elevado coste, se encuentra el hecho de que, debido a los riesgos inherentes a la exposición a trazadores radiactivos, los voluntarios no pueden participar en más de un estudio por año, lo que es una limitación para el estudio de la eficacia de los tratamientos.

Como puede consultarse más detalladamente en la bibliografía de este trabajo, han sido principalmente tres laboratorios los que, de manera separada, han utilizado de forma pionera la TEP en la investigación en hipnosis. El primero fue el de Szechtman, de la Universidad McMaster de Ontario. Este grupo usó la TEP en 1998 con los sujetos en cuatro condiciones: en reposo; mientras escuchaban un mensaje grabado que decía: “El hombre no hablaba a menudo, pero cuando lo hacía merecía la pena escuchar lo que decía”; mientras imaginaban este mismo mensaje; y mientras alucinaban la voz tras haberles dicho que iba a sonar la cinta, sin hacerlo realmente. La TEP mostró que la corteza cingulada anterior derecha se activaba cuando los sujetos oían realmente la voz grabada y cuando la alucinaban, pero no intervenía cuando los sujetos la imaginaban, lo que parece indicar que los cerebros de los probandos reconocieron como real la voz alucinada.

El segundo laboratorio fue el de Pierre Rainville y sus colaboradores de la Universidad de Montreal. Este grupo se apoyó en la TEP en 1997 (hay trabajos suyos de 2002 que siguen profundizando en esa línea) para valorar el alivio del dolor bajo hipnosis. Se hicieron así escáneres TEP a voluntarios en inducción hipnótica cuyas manos se sumergieron en agua dolorosamente caliente. La corteza somatosensora, que procesa los estímulos dolorosos, no mostró diferencias significativas cuando se ofrecían sugerencias de que el agua les resultaría dolorosa o de que les resultaría ligeramente desagradable. Pero la corteza

CORTESIA DE TERESA GARCIA SANCHEZ, DIRECTORA DEL INSTITUTO ERICSSON DE MADRID

cingulada anterior, un área cerebral que es mucho más activa con el dolor, mostró una actividad harto menos intensa cuando se proporcionaban sugerencias de que el agua iba a resultarles sólo ligeramente desagradable.

El tercer laboratorio, encabezado por Stephen Kosslyn, de la Universidad de Harvard, realizó un estudio en 2000 para comprobar si podían aplicar la hipnosis para modular la percepción del color. A los probandos, elegidos por su alta susceptibilidad hipnótica, les fue mostrada una serie de dibujos, unos con colores y otros con una escala de grises, tanto en estado vigil como en hipnosis. Se vio así que los estímulos cromáticos se procesaban en áreas cerebrales distintas de las que intervenían en los grises. Los investigadores sugirieron a continuación a los sujetos que visualizaran cada imagen mostrada como si fuera en color o en blanco y negro, mientras la TEP medía su actividad cerebral. Cuando los sujetos estaban en hipnosis, las áreas de color del cerebro mostraban una actividad menos intensa si se les sugería que viesan los colores como grises; e, igualmente, las áreas de color cerebrales estaban más activas si se les sugería que alucinaran los estímulos grises como coloreados. Las áreas cerebrales de la percepción cromática se activaban en ambos hemisferios con los sujetos en hipnosis, aun cuando el estímulo fuera sólo gris, al igual que cuando los sujetos en estado vigil tenían realmente delante los estímulos de colores. Pero cuando a los sujetos, ya fuera de la hipnosis, se les decía que imaginaran los colores ante un estímulo de grises, solamente el hemisferio derecho permanecía activo.

Resonancia magnética funcional e hipnosis

Al igual que la TEP, la resonancia magnética funcional está basada en el incremento del flujo sanguíneo en las áreas activas de la corteza. Pero aquí los campos magnéticos locales se miden en relación con un imán externo. La técnica se basa específicamente en la hemoglobina, cuyas propiedades magnéticas divergen según la proteína porte o no oxígeno. A partir de la razón entre hemoglobina con y hemoglobina sin oxígeno, la RMf puede detectar cambios en la sangre cortical e inferir, en consecuencia, la actividad neural.

Aunque la resonancia magnética funcional tiene las mismas desventajas que la TEP en comparación con el EEG y

los potenciales evocados, la resolución temporal de la RMf es del orden de los segundos comparada con la de decenas de segundos de la TEP. Esto hace que la RMf pueda usarse para crear muchas imágenes con el mismo individuo, algo que no permite la tomografía por emisión de positrones. Sin embargo, la TEP puede proporcionar imágenes de prácticamente el cerebro entero sin compromisos de resolución; en cambio, la RMf realizada sobre tejidos con diferentes densidades y próxima a espacios rellenos de aire puede presentar problemas de interpretación.

La RMf es una de las técnicas que aportará mejores resultados en el futuro próximo en la investigación en hipnosis. Un anticipo de ello puede ser el obtenido en 2005 por Tobias Egner y colaboradores, del Instituto Neurológico de la Universidad de Columbia. El grupo de Egner ha comparado la actividad neuronal durante la realización de tareas Stroop en sujetos con susceptibilidad hipnótica alta y baja, tanto en situación basal como en inducción hipnótica. Según los autores, los datos de la RMf revelan que los sujetos altamente susceptibles muestran durante la condición hipnótica un incremento en actividad de la corteza cingulada anterior (relacionada con los conflictos, como son las tareas Stroop), en comparación con la situación basal y con los sujetos de baja susceptibilidad hipnótica. No han sido pocos los que han mostrado escepticismo ante estos resultados, objetando que nada indica que tales cambios sean específicos de la condición hipnótica y que otras muchas acciones, tales como la ensoñación (el soñar despierto), podían producir esos mismos efectos. Los resultados en relación con la RMf se encuentran así en el centro del debate científico.

Una línea en pleno desarrollo: la neuropsicofisiología de la hipnosis

Todas estas técnicas neuropsicofisiológicas que permiten la inspección del cerebro son relativamente nuevas y experimentan constantes innovaciones que conllevan la esperanza de nuevos hallazgos. En el campo de la hipnosis han dejado también numerosos resultados esclarecedores, aunque, como hemos visto, tampoco son infrecuentes las contradicciones y las ambigüedades, explicables ambas si se tiene en cuenta que la hipnosis es un estado subjetivo definible y cuantificable sólo hasta cierto punto.

En todo caso, la investigación neuropsicofisiológica en relación con la

hipnosis es una fuente de información imprescindible y representa el complemento, y quizás en un futuro incluso el fundamento, del conocimiento de la hipnosis y de sus fenómenos. Pero no conviene olvidar que, de igual forma que la depresión no es sólo una bioquímica alterada, la hipnosis es algo más que ondas cerebrales, flujos sanguíneos cerebrales o activaciones de tales o cuales áreas cerebrales. La hipnosis se desarrolla en un contexto físico, en un contexto personal y en un contexto interpersonal (social), y eso supone un considerable número de variables, motivaciones y expectativas que no conviene perder de vista.

ANGEL GONZALEZ DE PABLO es profesor titular de historia de la ciencia en la facultad de medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Su campo de investigación principal es la historia de la psiquiatría y de la hipnosis.

Bibliografía complementaria

LA NATURALEZA DE LA ANALGESIA HIPNÓTICA: BASES Y EVIDENCIAS NEUROFISIOLÓGICAS. H. J. Crawford, T. Knebel, J. M. C. Vendemia, J. E. Horton, y J. R. Lamas en *Anales de Psicología*, vol. 15, n.º 1, págs. 133-146; 1999.

HYPNOSIS FROM A NEUROBIOLOGICAL PERSPECTIVE: A REVIEW OF EVIDENCE AND APPLICATIONS TO IMPROVE IMMUNE FUNCTION. J. H. Gruzelier en *Anales de Psicología*, vol. 15, n.º 1, págs. 111-132; 1999.

NEUROPSYCHOPHYSIOLOGY OF HYPNOSIS: TOWARDS AN UNDERSTANDING OF HOW HYPNOTIC INTERVENTIONS WORK. Dirigido por H. J. Crawford en G. Burrows, R. Stanley y P. Bloom en *International Handbook of Clinical Hypnosis*, págs. 61-84. Wiley; Nueva York, 2001.

EN NINGÚN LUGAR EN PARTE ALGUNA: ESTUDIOS SOBRE LA HISTORIA DEL MAGNETISMO ANIMAL Y DEL HIPNOTISMO. Dirigido por Luis Montiel y Angel González de Pablo. Frenia; Madrid, 2003.

TRANCEWORK: AN INTRODUCTION TO THE PRACTICE OF CLINICAL HYPNOSIS. Michael J. Yapko. Brunner-Routledge; Nueva York y Hove, 2003.

BRAIN IMAGING TECHNIQUES. W. J. Ray y D. Oathes en *The International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, vol. 51, n.º 2, págs. 97-104; 2003.

HYPNOSIS DECOUPLES COGNITIVE CONTROL FROM CONFLICT MONITORING PROCESSES OF THE FRONTAL LOBE. T. Egner, G. Jamieson y John Gruzelier en *NeuroImage*, vol. 27, n.º 4, págs. 969-978; 2005.

CONCIENCIA:

LA MIRADA

Las facultades complejas del cerebro resultan tan fascinantes gracias a la eficacia y elegancia, increíbles, de su sustancia gris y de su sustancia blanca. Todo lo que sabemos y somos emerge de ese escaso kilo y medio de masa compacta, cuya estructura soporta nuestra capacidad intelectual y, muy especialmente, nuestras señas personales de identidad. Esto proporciona fe en la obra de Dios, en la de la evolución o en ambos. En el estado actual de la neurociencia, no podemos describir la relación entre cerebro y conducta, ni siquiera para las formas más simples de comportamiento, de una manera cabal. Cuando se nos ofrece un diagrama que pretende explicar determinada función cerebral con dos o tres recuadros y otras dos o tres flechas, nos entra de inmediato la sospecha de que el modelo en cuestión es, en el mejor de los casos, impreciso y simplificador. Incluso con las técnicas refinadas de la tomografía computerizada o la resonancia magnética podemos sólo describir, y bajo condiciones especiales, terrenos toscamente delimitados para extraer de ahí conclusiones que, en última instancia, se apoyan en datos estadísticos. Lo mismo puede predicarse de la relación entre el cerebro y la conciencia del yo, donde se pone de manifiesto un delicado intercambio entre todos los elementos del cerebro. Puesto que la conciencia del yo puede, además, adoptar muchas formas, cualquier descripción pormenorizada de la relación entre la conciencia del yo y el cerebro se quedará inevitablemente corta.

ANTE EL ESPEJO

Julian Paul Keenan



BILDERBERG / DOMINIK ASBACH

1. LA CONCIENCIA DEL YO es la capacidad de reflexionar sobre los propios pensamientos y sentimientos y de reconocerse como un ser diferenciado de los otros.

Al poco tiempo de haber comenzado en Albany a colaborar con Gordon Gallup, conocí allí a Bruce McCutcheon. Psicobiólogo de la vieja escuela, Bruce había trabajado con roedores en el laboratorio durante su formación. Le caracterizaban un afán de precisión y su concentración en lo esencial de cualquier ensayo.

McCutcheon sabía de mi interés por la conciencia del yo y las técnicas de formación de imágenes. Cierta tarde me llevó a su despacho. Había dibujado en la pizarra una gráfica y varias tablas. La gráfica mostraba dos rostros y un cilindro. McCutcheon quería saber si, con la ayuda de los procedimientos de neuroimagen desarrollados en los años noventa, se podrían localizar en el cerebro las regiones del yo.

Su propósito consistía en colocar a un voluntario en el cilindro —símbolo de la resonancia magnética funcional— y, una vez allí, mostrarle primero una imagen de su propio rostro y a continuación, para establecer una comparación, enseñarle otro rostro diferente del suyo.

Si nosotros delimitábamos las regiones cerebrales activas mientras alguien observaba su propio rostro y luego quitábamos de ellas las que permanecían activas durante la observación del rostro ajeno, las regiones activas que nos quedaran deberían corresponderse con la conciencia del yo.

McCutcheon estaba convencido de que la resonancia magnética funcional habría de permitir la localización cerebral de la conciencia del yo; o al menos facilitarnos los primeros pasos de tal búsqueda. Me pareció una idea genial.

Hubo que empezar por diseñar la estructura del experimento. Nos pareció que lo acertado sería comenzar por enfrentar a los voluntarios del ensayo con su propio rostro. Acordamos un experimento basado en la resonancia magnética funcional, donde se contrastara los estímulos que nos interesaban (el propio rostro) con algo semejante. A nosotros nos interesaba lo que producía X; debíamos, pues, comparar la actividad cerebral que originaba la visión de XYZ con la que producía la

visión de YZ. La activación restante que quedara de quitar la segunda de la primera nos llevaría a nuestro objetivo X. La meta era el aislamiento de las regiones cerebrales responsables del reconocimiento del propio rostro y no del reconocimiento de todos los rostros en general.

No fue fácil la elección de un contraestímulo adecuado de control, es decir, de otro rostro distinto del propio. Para obtener buenos datos con la resonancia magnética funcional hay que presentarlo varias veces en el transcurso del experimento; además, no podía ser un rostro cualquiera elegido al azar. Buscábamos un semblante no demasiado emocional, aunque sí interesante. Cualquier rostro que pecara de exceso de atracción nos llevaría a un “área emocional” del cerebro; en cambio, una faz inexpresiva nos conduciría a un “centro del aburrimiento” cerebral. Tras varios tanteos, optamos por Albert Einstein como rostro control. Su semblante posee una fisonomía peculiar y despertaba en los sujetos probandos reacciones muy constantes, sin apenas margen de variabilidad. Sobre todo, el rostro de Einstein permitía que los probandos pudieran

2. ¿COMO Y DONDE surge la conciencia del yo?



concentrarse durante largo tiempo en la cara del genio.

¿Oír?

McCutcheon y el autor decidieron no conformarse con el reconocimiento del propio rostro. En ello se nos sumó Glenn Sanders. Si realmente había una región cerebral donde se alojara la conciencia del yo, debería, suponíamos, activarse con cualquier estímulo procedente del yo. En consonancia, nos propusimos enfrentar, durante la tomografía, a los probandos con sus propias voces y comparar la reacción desencadenada con otra reacción, la que en el voluntario provocaban las voces de otras personas.

Grabamos las voces de nuestros probandos para que las oyeran mientras se realizaba el escáner. Y en ese punto se pusieron de manifiesto, con toda su tosquedad, los inconvenientes y limitaciones de la resonancia magnética funcional.

La transmisión de información auditiva a los probandos constituía una tarea bastante complicada. ¿Cómo lograr que, mientras procedía su curso la tomografía, pudieran los sujetos oír las grabaciones de sus voces sin emplear dispositivos metálicos? Por aquel entonces, mediados los noventa, no se contaba con estudios de resonancia magnética funcional suficientes ni con los aparatos refinados de nuestros días. No nos quedaba más remedio que construir un equipo de audición sin componentes metálicos.

Nuestro aparato constaba de un embudo, un largo tubo de goma y un estetoscopio de plástico. Atamos el embudo a una caja de altavoces situada en la habitación contigua a la del escáner, conectamos el embudo con un extremo del tubo de goma y al otro extremo colocamos la membrana del estetoscopio, por cuyos auriculares el probando podía escuchar en el tomógrafo su propia voz grabada. Nuestro aparato parecía un montaje de juguete, que, a la postre, no sirvió para nada: se nos dotó de un nuevo tomógrafo de resonancia magnética funcional con micrófono y auriculares incorporados.

El experimento se realizó en la facultad de medicina de Carolina del Sur en Charleston, en el laboratorio de Mark George. A dos voluntarios se les enfrentó con su propia imagen y con la de Albert Einstein, con la grabación de sus propias voces y con la de otra persona. La espera de los resultados se nos hizo insufrible, quizá por haber sido pioneros en acometer un

estudio sobre autorreconocimiento que se apoyaba en la resonancia magnética funcional.

Los resultados merecieron la espera: la visión del propio rostro había activado regiones del hemisferio derecho. Estos resultados encajaban con los hallazgos de otros científicos que habían mostrado que el hemisferio derecho reaccionaba con mayor intensidad que el izquierdo ante el propio rostro. Nosotros descubrimos que las regiones implicadas en el autorreconocimiento pertenecían a la parte frontal de la corteza cerebral derecha anterior. También los datos relativos a las pruebas de voz evidenciaban una actividad del hemisferio derecho, aunque los resultados aparecían ahora menos nítidos. Con todo, nos encontrábamos en el buen camino para descubrir —o mejor, para redescubrir— la importancia del hemisferio derecho para la elaboración de la conciencia del yo.

Nuestra investigación en Carolina del Sur corría paralela con idénticos componentes (McCutcheon, Sanders y el autor) a otro trabajo abordado en la facultad de medicina de Albany, que realizamos en colaboración con Kanwaljit Anand. Si bien en Albany sustituimos el rostro de Einstein por el de Bill Clinton. La decisión tuvo que ver con las reacciones positivas que despertaba en nuestros probandos la imagen del presidente.

A propuesta de Sanders, y con el fin de reforzar la conciencia del yo de los probandos, modificamos los estímulos. No nos limitamos a ofrecerles su propio rostro y el de Clinton (contraste), sino que escribimos bajo la imagen del probando frases como “Yo pienso” o “Yo creo”. Y debajo de la de Clinton otras como “El piensa” o “El cree”. En el transcurso del ensayo se solicitaba de los voluntarios que centraran su atención en la imagen y las frases. Al obligarles a poner su mente no sólo en su rostro sino también en las frases, conseguíamos llegar así con un grado de seguridad mucho mayor a la conciencia del yo.

Familiaridad con el espejo

Igual que en el ensayo de Carolina del Sur, comprobamos en Nueva York que se producían modelos de activación en las regiones cerebrales del área frontal derecha anterior. Ante los propios estímulos reaccionaba la mitad cerebral derecha con una actividad más intensa, concentrada principalmente en la región frontal. De la investigación se desprendía, un vez más, que el hemis-

ferio derecho desempeñaba un papel importante en el reconocimiento del propio rostro.

Nueva Jersey, donde resido, es famosa por la abundancia de centros comerciales. En uno de ellos descubrí con qué facilidad se sucumbe al “efecto grandes almacenes”. Suele haber en esos lugares muchos espejos, situados donde menos cabe esperar. El “efecto grandes almacenes” aparece cuando nos encontramos de repente con uno de tales espejos y creemos por un breve instante que la figura que refleja pertenece a otra persona. No tardamos en percatarnos de que, en realidad, se trata de nuestra propia imagen reflejada.

El “efecto grandes almacenes” sirve para ilustrar un problema curioso que se presenta en el reconocimiento del propio rostro. Pasamos incontables horas mirando nuestra propia cara. Desde la mañana, cuando nos afeitamos, nos acicalamos, nos probamos las prendas que vamos a llevar o nos peinamos. A lo largo del día nos volvemos a examinar en el espejo multitud de veces y empleamos esa información para corregir nuestro aspecto. Cuando un probando se encuentra en un tomógrafo por emisión de positrones o en otro de resonancia magnética funcional tiene ya acumuladas muchas experiencias relativas al mirarse en el espejo. Poder reconocerse a sí mismo significa tener la capacidad de conciencia del yo, pero mirar la propia imagen no equivale a adquirir automáticamente conciencia del yo.

Saber al dedillo

Para entender el proceso, vale la pena realizar por nuestra cuenta un experimento harto sencillo. Inténtese, cada vez que nos miremos en el espejo, concentrarse exclusivamente en sí mismo. Se arregle o se afeite, céntrese en los perfiles de su semblante. Aunque la tarea parece, *a priori*, muy elemental, resulta sumamente difícil de ejecutar. Por una razón: cuando nos miramos en el espejo, nos observamos en un principio con ánimo examinador, pero, tras esos primeros momentos escrutadores, nuestros pensamientos empiezan a divagar. Se nos va la mente en los sucesos del día, en nuestro trabajo, en nuestras relaciones. Mark Wheeler, de la Universidad de Temple, que se ha ocupado de analizar y describir esa experiencia, subraya que el mirarse en el espejo o reconocerse no significa necesariamente que nos hallemos en un estado de concienciación del yo.



Por nuestro lado era claro que, si queríamos estudiar la conciencia del yo de las personas por medio de su propio rostro, debíamos conseguir que los probandos se instalaran en un estado de “concienciación del yo” mientras procedían a la observación de su semblante. Empleando la resonancia magnética funcional, podía llevar hasta 30 segundos obtener una buena imagen del cerebro activo. Nuestros probandos, por tanto, tenían que observar atentamente su rostro durante al menos 30 segundos seguidos y repetir ese proceder hasta un total de 10 veces a lo largo del experimento.

En nuestro ensayo de Albany se puso de manifiesto que el pensamiento de algunos probandos divagaba mientras contemplaban su rostro. Un problema que podía aligerarse solicitándoles que, alternativamente, miraran su rostro y leyeran el texto del pie de la foto. Según confesión de los sujetos, la medida les permitía concentrarse mejor. Para asegurarse de que mantienen esa mayor concentración durante la tomografía, se les asigna una tarea; verbigracia, que aprieten un botón cada vez que vean un determinado rostro.

Algunas de estas posibilidades fueron, asimismo, abordadas por un equipo de investigación japonés en el año 2000 que se apoyaba en la técnica de la tomografía por emisión de positrones. Buscaban delimitar las regiones anatómicas vinculadas al reconocimiento del propio rostro. Trabajaron sobre dos tipos distintos de autorreconocimiento: el modo “pasivo” y el modo “activo”. Bajo la dirección de Motoaki Sugiura, este equipo llevó a cabo un impresionante estudio con un diseño experimental original.

En primer lugar, sacaron fotos de sus probandos desde distintos ángulos. Entremezclaron luego esas imágenes con otras de rostros desconocidos, tomados también con diferentes perspectivas. Durante el experimento, presentaron este conjunto de imágenes a los probandos bajo tres condiciones experimentales.

En la situación control, se les enseñaban, mientras procedía la tomografía, personas desconocidas. En la variante pasiva, se les mostraba su propio

semblante, pero sin aviso previo. Se les solicitaba sólo que describieran el ángulo de visión del rostro mostrado. Esta segunda condición experimental se consideraba pasiva porque los probandos no intentaban expresamente encontrar sus rostros. Por último, en la variante activa, se les decía que se les iba a mostrar su propio semblante y ellos, cada vez que lo identificaran, debían reaccionar ante su visión.

Me parece conocido

Sugiura y su grupo llevaron a cabo múltiples análisis de los datos relacionados con el propio rostro. Durante la comparación entre el reconocimiento pasivo del propio rostro y la visión de las cabezas control, la región total activada en el hemisferio derecho era 1,26 veces más extensa que la del izquierdo. Y cuando se ceñía al reconocimiento pasivo del propio rostro, el hemisferio derecho intervenía en una extensión mayor que lo hacía el izquierdo.

En la comparación entre la condición experimental activa con la situación control no aparecía ninguna diferencia significativa entre el hemisferio derecho y el izquierdo. La comparación entre la observación activa y pasiva del propio rostro puso de manifiesto que la región total activada en el hemisferio derecho era 2,18 veces más extensa que en el izquierdo. De acuerdo con estos resultados hemos de deducir que en la mitad cerebral derecha se activan más regiones que en la izquierda.

Con la tomografía por emisión de positrones se pueden investigar regiones cerebrales específicas. En concreto, el grupo de Sugiura determinó los campos particulares que intervienen en la observación activa y en la pasiva, respectivamente. En el hemisferio derecho las regiones responsables de la observación activa del propio semblante eran la región frontal derecha, la zona anterior derecha del giro cingular y el llamado pulvinar, un núcleo talámico implicado en la elaboración del significado de la información.

En el hemisferio izquierdo la actividad se localizaba en una región cerebral acotada, el giro fusiforme, alojado en la profundidad de la parte posterior del cerebro. El giro fusiforme participa intensamente en el reconocimiento de los rostros en general.

De ahí que las lesiones en este campo generen prosopagnosia, o incapacidad de identificar rostros familiares. En hombres y primates esta circunvolución cerebral se encuentra activa cuando

hay que llevar a cabo una identificación de los rostros. No es de extrañar, por consiguiente, que esa estructura se excite cuando se acomete la tarea del reconocimiento de rostros. Pero es improbable que el giro fusiforme tenga mucho que ver con el reconocimiento del propio rostro, puesto que las dificultades que se producen tras la lesión de este campo no se limitan al propio semblante.

Sede difusa

En resumen, de todas las investigaciones realizadas se infiere sin ambages la importancia del hemisferio derecho para el reconocimiento del propio rostro. Según Sugiura, algunas regiones de la zona cerebral anterior desempeñan un papel sobresaliente en el reconocimiento activo. Además, distintos campos del cerebro cumplen una función determinante lo mismo en el reconocimiento activo que en el pasivo del propio rostro. Probablemente no exista la región cerebral especializada en esta tarea. El cerebro se puede comparar a este respecto con un balancín, en el cual la estabilidad de un extremo depende de la estabilidad del otro. Muy probablemente los fenómenos complejos como la memoria, la planificación o la conciencia del yo no se encuentran localizados en un solo campo o región cerebrales. Distintos aspectos de cada una de estas capacidades cognitivas pueden seguramente existir aislados, pero en realidad dependen del funcionamiento de otras regiones cerebrales.

Los experimentos de Bruno Preilowsky, de la Universidad de Tubinga, de Sugiura y del autor proporcionan indicios del predominio del hemisferio derecho en los procesos del yo. James Sperry y Preilowsky han mostrado, sin embargo, que los dos hemisferios están capacitados para el autorreconocimiento. Sugiura ha encontrado diversas regiones que intervienen en la elaboración del propio rostro, en concordancia con nuestros resultados.

Cierto es que la elaboración puede realizarse, en buena medida, en el hemisferio derecho, pero no lo es menos que en el reconocimiento del propio rostro concurren otras regiones además. Sea como fuere, se trata de unos resultados fascinantes en el camino hacia el descubrimiento de la sede cerebral de la conciencia del yo.

JULIAN PAUL KEENAN, profesor de psicología, dirige el laboratorio de neuroimagen cognitiva de la Universidad de Montclair.

3. CUANDO NOS MIRAMOS ANTE EL ESPEJO y nuestro pensamiento divaga por otros mundos, nuestro cerebro derecho nos manda señales inequívocas de autorreconocimiento.

La percepción del arte

Desde siempre la filosofía se esforzó por encontrar una teoría coherente de la sensibilidad estética. Los psicólogos comienzan ahora a indagar los secretos que constituyen el atractivo especial de una obra de arte

Bernd Kersten

En el Instituto de Psicología de la Universidad de Berna acometimos, tiempo atrás, un experimento simple: solicitábamos de los voluntarios que mirasen, durante medio minuto, la figura 1 de este artículo, para que se la grabaran con exactitud. Se les requería luego que mirasen la figura 2.

Si, tras volver una y otra vez la página, no encuentra ninguna diferencia el lector, consuélese. Lo mismo aconteció en nuestro experimento a uno de cada cuatro participantes. No resulta fácil grabarse los detalles de una imagen. Incluso modificaciones notables pasan inadvertidas hasta que emparejamos las dos versiones. Este fenómeno, fruto de la limitada capacidad de nuestra atención, se conoce en psicología por “ceguera al cambio”.

Con todo, nos sorprendió que los propios expertos en arte, que conocían la obra de Klee, fueran incapaces de acertar con mayor frecuencia que los sujetos inexpertos sobre cuál de las dos variantes era el cuadro original y cuál una falsificación. ¿Acaso no existe ninguna medida objetiva del efecto estético de una obra? “¿A quien pueda decirme por qué es bello un cuadro, le pago una botella!”, retaba el pintor y grabador francés Edgar Degas (1834-1917). Suele traerse a colación la anécdota siempre que se aborda la cuestión en torno a

la posibilidad de justificar la belleza o el efecto estético de una obra de arte. De hecho, muchos artistas se muestran escépticos a este respecto.

¿Cuestión de gustos?

¿Es el arte pura cuestión de gustos? No parece. Tal como muestran los tests psicológicos, hay reglas estéticas, cuyo cumplimiento conlleva juicios concordantes sobre la belleza de un objeto artístico. Además, la psicología de la percepción muestra, a través del análisis de las obras, que algunos artistas célebres utilizan a la perfección los “cánones de la belleza”.

Algunas de dichas reglas pueden parecer triviales a primera vista. Por ejemplo, la representación realista de la perspectiva espacial; hoy en día cualquier fotografía cumple este precepto. Pero todavía a inicios del Renacimiento la mayoría de los artistas fracasaban a la hora de plasmar correctamente en perspectiva el mundo tridimensional en un soporte bidimensional. En aquella época todavía no conocían las leyes geométricas. Y puesto que percibir la espacialidad de manera consciente es algo difícil, casi nunca se consigue dibujarla sin recursos auxiliares.

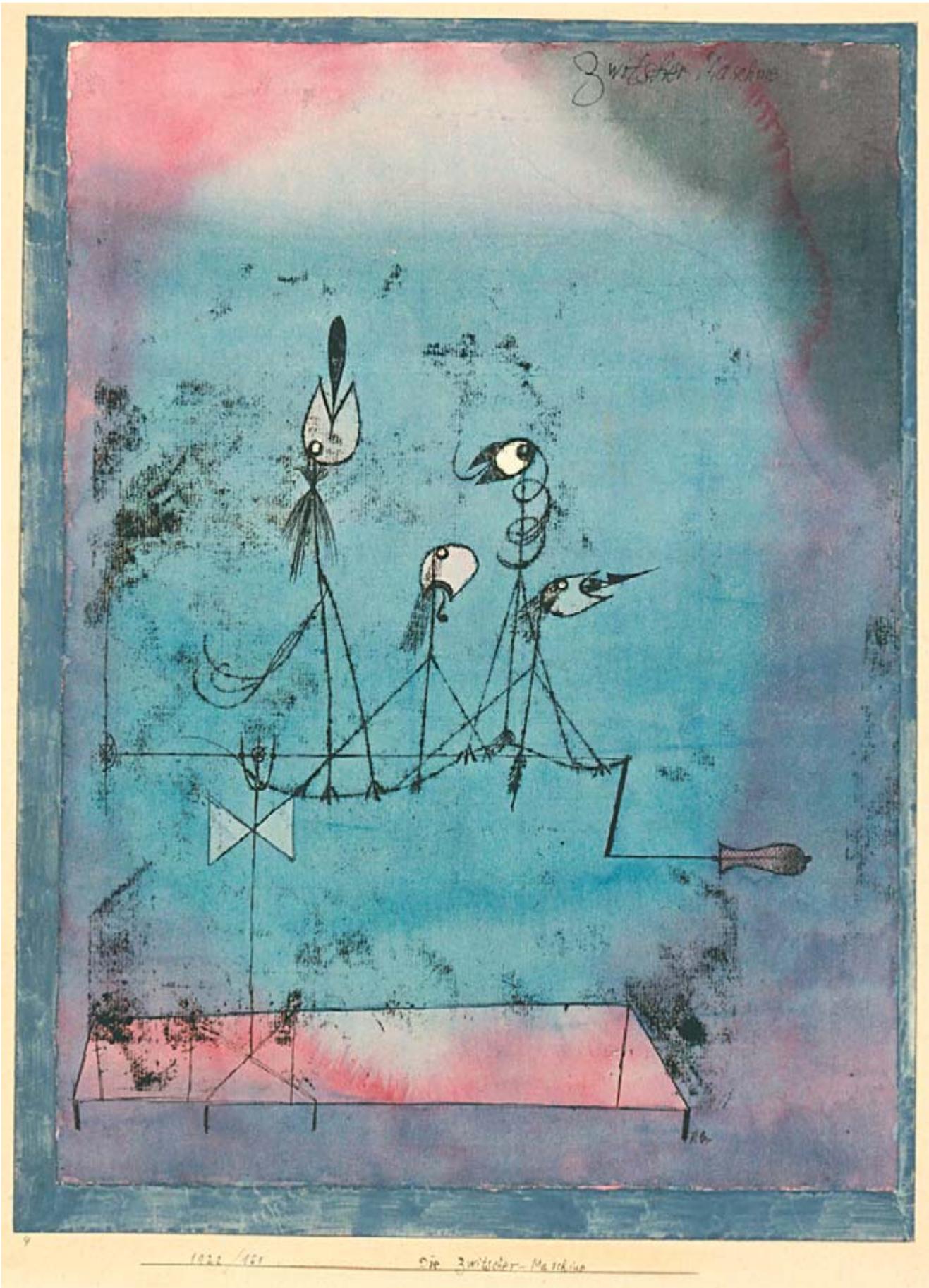
A principios del siglo XIV la idea de las líneas convergentes ya existía. Las formas geométricas de vigas o baldosas se estrechaban en profundidad y transmitían la impresión de hondura espacial. Pero nadie había logrado todavía una

proyección correcta del espacio hasta entonces. ¿Consiguió Giotto di Bondone (1267-1337) una perspectiva correcta en su fresco “Jesús ante Caifás” (figura 3)?

Un simple análisis aclara el sentimiento incómodo de que hay un desajuste (figura 5). Según una perspectiva correcta, todas las líneas de fuga deberían encontrarse en un punto central, el punto de fuga. Giotto lo intenta, desde luego, en el envigado del techo, pero no lo logra del todo. Además, pinta las gradas del trono sin ningún punto de fuga, en la vieja perspectiva paralela.

El primer pintor del Renacimiento que consiguió una perspectiva central perfecta fue Masolino da Panicale, llamado también Tommaso di Cristoforo Fini (1383-1447). Al menos, ésta es la tesis de Christopher W. Tyler, director del Centro de la Imagen del Cerebro Smith-Kettwell de San Francisco. Tyler considera a Masolino un genio ignorado del Renacimiento. Como prueba aduce su “Fondazione di Santa Maria Maggiore” (“El milagro de la nieve”). La tabla fue realizada seguramente con anterioridad a la última obra de Masaccio (1401-1428), “La Santísima Trinidad”.

1. AUTENTICO O FALSO: ¿Es así el original de “La máquina de trinar” (1922) de Paul Klee? ¿O más bien como aparece en la figura 2?



"LA MÁQUINA DE TRINAR" DE PAUL KLEE (1922), MUSEO DE ARTE MODERNO, NUEVA YORK / DIGITAL IMAGE 2006, MUSEO DE ARTE MODERNO, NUEVA YORK / SCALA, FLORENCIA / VEGAP 2006



2. ¿RECONOCIO LA FALSIFICACION A PRIMERA VISTA? La solución aparece en letra pequeña arriba a la izquierda en el margen de la ilustración.

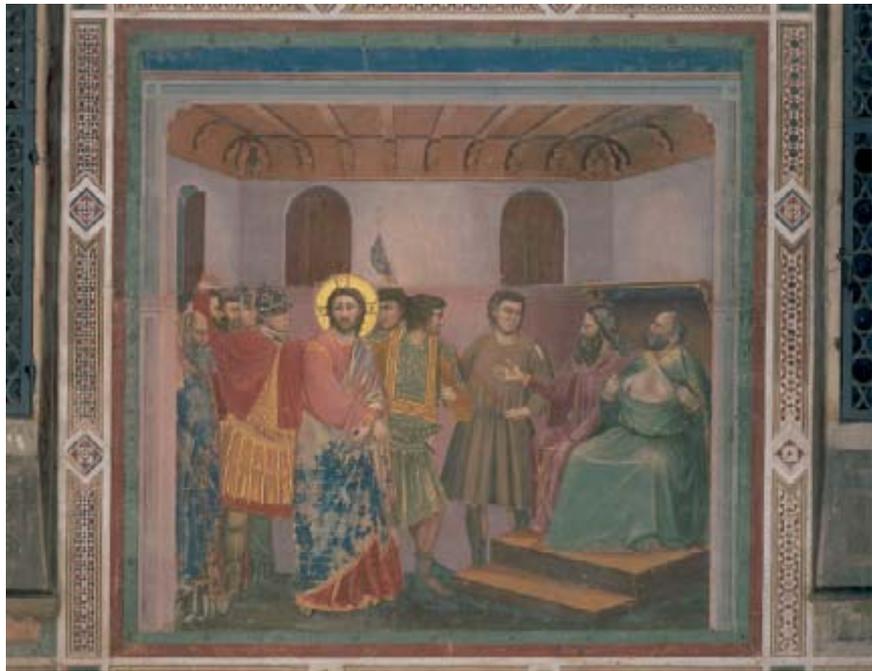
En ésta, por cierto, Masaccio consiguió la perspectiva central de una forma audaz: el cuadro debería contemplarse desde unos metros de distancia, a los pies de Cristo.

La belleza como familiaridad

Mas, ¿por qué nos gusta sólo la perspectiva espacial correcta, que se limita a imitar lo normal y cotidiano? El grupo encabezado por Piotr Winkielman, de la Universidad de California en San Diego, presentó a los voluntarios de un ensayo diversas figuras geométricas, cuya identificación era más o menos fácil: cuanto más deprisa las reconocían, mayor gusto encontraban en ello los probandos, según se desprendía de su sonrisa, casi imperceptible, que los investigadores medían en la contracción del músculo risorio zigomático mayor. Por lo visto, con las leyes geométricas de la perspectiva sucede algo muy parecido a lo que acontece en el reconocimiento de objetos: nos resultan familiares, aunque sea inconscientemente. Por esa razón, nuestro cerebro valora sin esfuerzo las representaciones realistas del espacio. Por lo demás, la ordenación “natural” de los objetos enriquece la historia representada y nos complece.

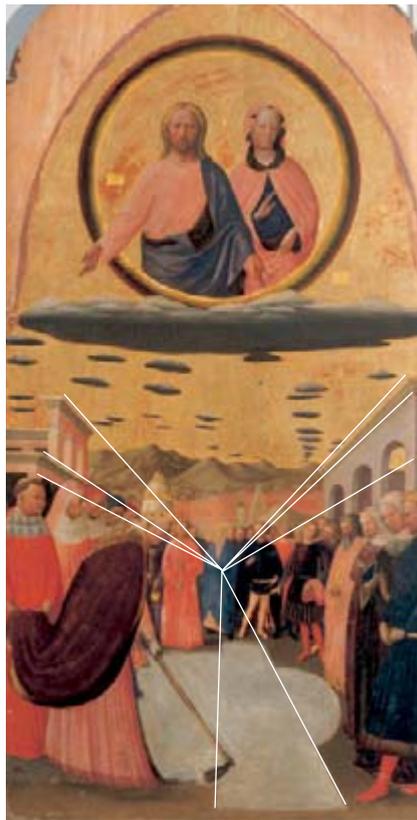
Un tratamiento fluido de los estímulos produce agrado. Lo observamos, por ejemplo, en un dato común: los artistas aplican frecuentemente colores complementarios en sus pinturas. Cuando éstos se encuentran de lado, el efecto de color aumenta. Además, el contraste del color se puede incrementar todavía más mediante un fino intersticio blanco entre las superficies coloreadas, como ha descubierto Samuel Buri, de Basilea, tras numerosos ensayos. Buri, en sus pacientes experimentos, se dedica a intensificar el efecto de sus cuadros, con la tenacidad que lo haría un psicólogo experimental.

Podemos apelar también a nuestra hipótesis sobre la facilidad de procesamiento para explicar por qué se imponen en cierto momento determinados estilos pictóricos o gozan de mayor estima. Helmut Leder, del Instituto de Psicología de la Universidad de Viena, ha puesto a prueba en diversos estudios nuestra percepción de los estilos. Los voluntarios de su ensayo tenían que valorar

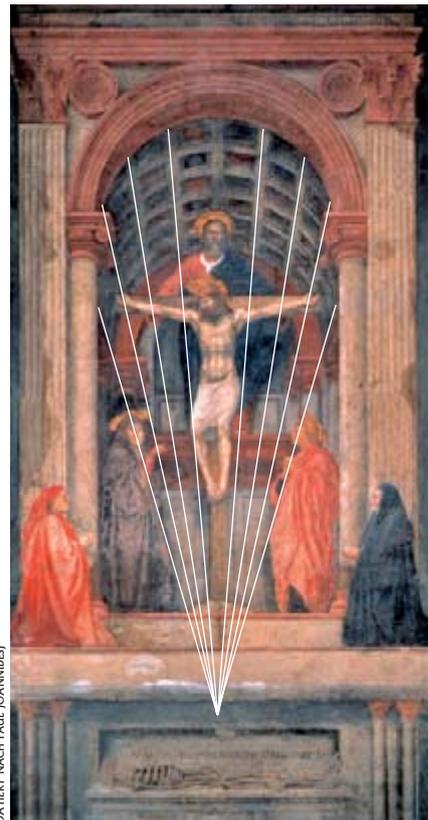


AKG BERLIN (GIOTTO DI BONDONE, JESUS VON KAIPHAS, UM 1305, ARENAKAPALLE (PADUA))

3. CASI LO LOGRA. Giotto di Bondone es considerado un pionero de la pintura en perspectiva. Su fresco “Jesús ante Caifás”, realizado hacia 1305, transmite la sensación de profundidad espacial. Sin embargo, algo no cuadra aquí; la solución, en la figura 5 .



AKG BERLIN (MASOLINO, PAPEL, LIBERILUS GRÜNDET DIE BASILIKA LIBERIANA UNTER DEM PATRONAT DER MARIA ZUM SCHNEE, UM 1423, DATIERI (NACH PAUL JOANNIDIS))



AKG BERLIN (MASACCIO, HEILIGE DRIFALTIGKEIT, UM 1427, SANTA MARIA NOVELLA, FLORENZ)

4. EL PRIMERO. En su “Milagro de la nieve” (izquierda), hacia 1423, logra Masolino por primera vez la perspectiva central, antes de que Masaccio con “La Santísima Trinidad” (hacia 1427) le siguiera en segundo lugar.



5. CAMBIO DE PERSPECTIVA. Las líneas de fuga del techo desembocan más o menos en un punto central. Pero en las gradas del trono, Giotto cambia a la perspectiva paralela.

espontáneamente cuánto les agradaban diversas pinturas. En una segunda fase de observación de los mismos cuadros, los participantes tenían que especificar su grado de conocimiento del estilo correspondiente a cada época. Se comprobó que los probandos habían preferido las obras con cuyo estilo estaban más familiarizados.

No debe extrañarnos, por lo tanto, el comentario de Louis Leroy, crítico de arte, en la exposición del año 1874. Presentaban sus obras Claude Monet, Paul Cézanne, Camille Pissarro y otros pintores. Leroy tachó los cuadros de “horribles y confusos a la vez”: no eran más que impresiones fugaces a lo sumo (en alusión al cuadro de Claude Monet “Impresión, Soleil levant”). Así nació el nombre del estilo, el “Impresionismo”.

Monet, según conjetura Margaret Livingstone, de la facultad de medicina de Harvard, debía de gozar de la capacidad de evaluar intuitivamente los valores de claridad de los colores, un don especial. Como puso de manifiesto el análisis que Livingstone hizo, en 2003, del “Soleil levant”, el disco centelleante del sol y sus reflejos en el agua se distinguen de su entorno por el color, mas no por la claridad. En la versión en gris del cuadro apenas si se distingue ya el sol. Gracias a la investigación sobre el cerebro, se sabe que la percepción de las formas en el encéfalo se apoya sobre todo en las diferencias de claridad. Estas son procesadas también como color en otro canal perceptivo. Dado que nuestro cerebro, en ausencia de diferencias de claridad, no puede localizar con seguridad la luz solar en el cuadro “Soleil

levant”, parece ella centellear ligeramente ante nuestros ojos, como la auténtica luz del sol.

Como todo estilo artístico, el impresionismo se distingue por determinadas propiedades formales características y reconocibles. Sus representantes aplican frecuentemente toques de color yuxtapuestos, que sólo al ser contemplados desde cierta distancia se confunden ópticamente en un color mixto: así, el rojo sobre verde produce amarillo; tomarlo en cuenta mientras se pinta, puede considerarse una facultad artística especial. Con esto se confirma la opinión de Cézanne: el artista no es más que un órgano receptor, un aparato registrador de sensaciones de los sentidos, aunque, eso sí, bueno, sensible y complicado, sobre todo en comparación con los demás hombres.

Y en cuanto a los pintores abstractos, ¿qué hay de su talento artístico? ¿Qué es lo que distingue las obras de Jackson Pollock de un batiburrillo de manchas de color? En 1999, Richard Taylor, físico

de la Universidad de Oregón, descubrió la existencia de una regularidad sorprendente en las obras de Pollock. En sus célebres “Drip Paintings”, no dejó caer al azar las gotas de pintura sobre el lienzo yacente en el suelo. Al contrario, las obras de los años cuarenta y principios de los cincuenta poseen una característica asombrosa: una sección del cuadro muestra, al ser ampliada, idéntica estructura, a la manera en que cada ramillete de la coliflor se parece a la coliflor entera. Con ello, el artista

Pollock se había adelantado a la ciencia: los matemáticos no desarrollaron la teoría del caos hasta los años sesenta. A ésta siguió en los setenta una “geometría fractal”, que analiza con medios matemáticos los patrones sibisemejantes. Es decir, que veinticinco años antes de su descubrimiento matemático, Pollock había pintado patrones sibisemejantes. Y le salió tan bien, que ya en vida sus cuadros alcanzaron precios elevados, sin que los compradores supieran muy bien qué era lo particular de aquellas obras.

Por cierto, Taylor hizo que una serie de personas copiaran las obras de Pollock: la característica sibisemejanza siempre se echaba a perder rápidamente. Por medio de análisis matemáticos, Taylor consiguió incluso identificar falsificaciones de cuadros de Pollock.

¿Cómo se explica nuestra atracción por la sibisemejanza? Quizá produzca un placer especial el descubrimiento de regularidades. Entra en juego, además, su aire de familiaridad; árboles, nubes y perfiles del paisaje siguen todos el



6. SOLEIL DISPARU. En la versión en tonos de gris de la pintura de Monet “Impression, Soleil levant” (1872) el sol desaparece. No es casualidad, sino talento artístico, dicen los neurobiólogos.



7. JACK, THE DRIPPER. El cuadro “Alchemy” (1947) pertenece a un periodo creativo en que las “Drip Paintings” de Jackson Pollock alcanzaron una complejidad particularmente elevada.

principio de sibilimejanza. En cierto sentido, Pollock buscaba intuitivamente el carácter fractal: "Quisiera atrapar el ritmo de la naturaleza".

Fractales angustiosos

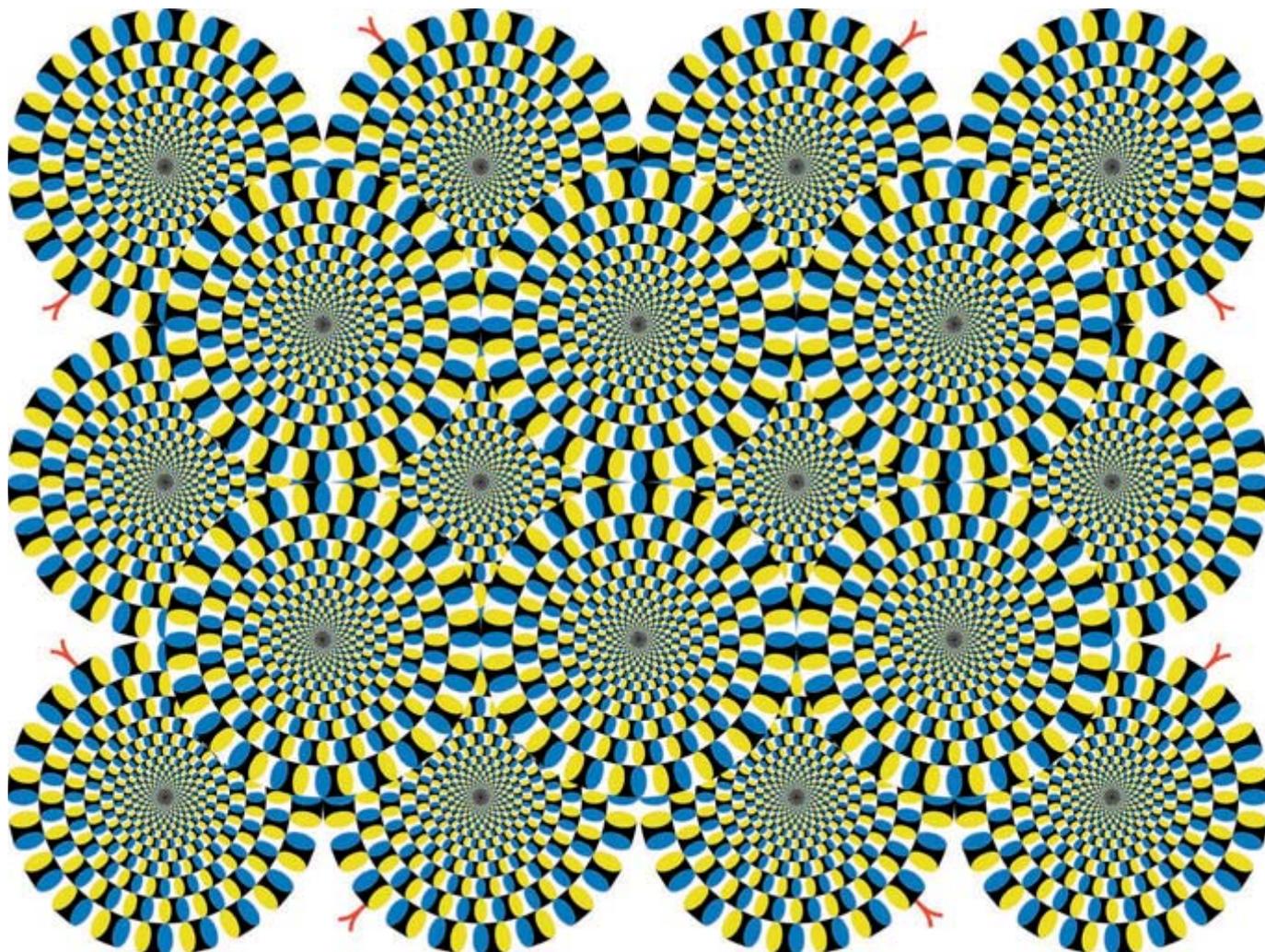
Sin que nos percatemos, nuestro cerebro procesa más fácilmente las formas que se repiten, razón por la cual encontramos bella la naturaleza. No es porque sí que el Modernismo imitó la pluralidad de formas de la naturaleza; ese fue el primer estilo artístico moderno que cautivó a una gran parte de la sociedad. Da la impresión de que el reconocimiento de regularidad y orden procura a los sentidos una experiencia adecuada por el placer.

Pollock fue aumentando la "dimensión fractal" de sus cuadros a lo largo de su evolución artística. Los patrones cubrían cada vez más superficie en el

lienzo. Mientras que, por ejemplo, las formaciones de nubes en el cielo vienen a alcanzar una dimensión fractal de 1,3 las Drip-Paintings tardías de Pollock muestran una dimensión de 1,7.

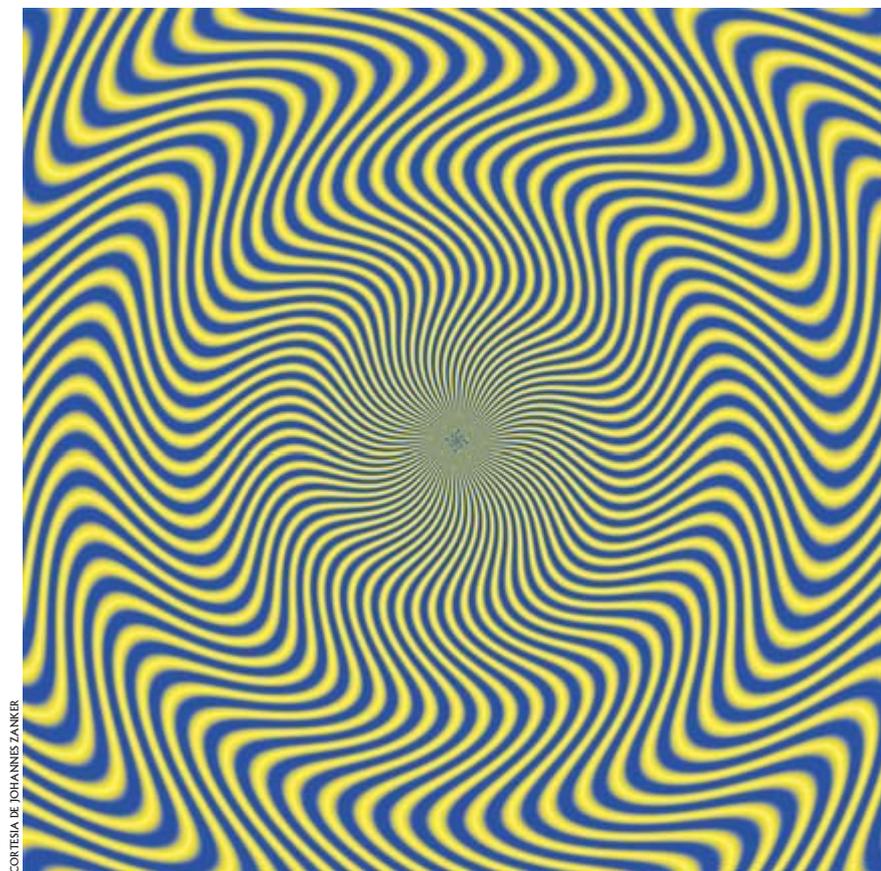
Taylor tuvo la idea de poner a prueba el efecto fisiológico de diversos cuadros de Pollock. Para ello determinó la resistencia eléctrica de la piel de los espectadores, lo cual es una medida de la producción sudorífica y con ello de la excitación de los mismos. Una pintura con una dimensión fractal media resultó tener un efecto tranquilizador; la resistencia de la piel disminuía. En cambio, las obras tardías de Pollock pusieron a prueba a los voluntarios de Taylor. Evidentemente, el exceso de dimensión fractal turba a ciertos espectadores. Sin olvidar que puede esconderse una pretensión artística al traspasar lo convencional y aceptado.

Los cuadros de Bridget Riley gozan de amplia reputación. Una de las fundadoras del op-art, diseñó en los años sesenta unos patrones que inducen en el espectador la impresión ilusoria de movimiento. En ningún otro estilo artístico es tan visible la relación entre la psicología de la percepción y la percepción del arte. Inspirándose en Riley, Johannes Zanker, director del departamento de psicología de la Universidad de Londres, elaboró los así llamados riloides (véase la figura 9). Junto con ellos, dio una explicación de la desconcertante ilusión de movimiento: no nos percatamos de nuestros sutiles movimientos oculares involuntarios (movimientos microsacádicos), a pesar de que la imagen en la retina se desplaza constantemente debido a ellos. Ahora bien, por lo que se ve, los estrechos patrones, finamente dispuestos, del riloide provocan movi-



CORTESIA DE AKIYOSHI KITAOKA (ROTATING SNAKES, 2003)

8. HACIA LA IZQUIERDA, HACIA LA DERECHA. Akiyoshi Kitaoka diseña unas ilusiones de movimiento que causan una impresión muy artística, para indagar los secretos de la percepción humana.



CORTESIA DE JOHANNES ZANKER

9. MATEMATICAS PULSANTES. Johannes Zanker se inspiró en el movimiento op-art de los años sesenta del siglo pasado para la creación mediante ordenador de riloides como éste.

mientos microsacádicos de otro tipo; el cerebro es incapaz de corregir los desplazamientos resultantes de la imagen y, por eso, percibimos movimientos.

¿Arte por ordenador?

Con frecuencia creciente, científicos y artistas trabajan en proyectos conjuntos para entender mejor nuestra percepción. La obra de Riley revela, de hecho, que el arte se origina en el ojo del espectador; sin movimientos oculares no habría efecto de movimiento. Akiyoshi Kitaoka, de la Universidad Ritsumeikan de Kyoto, diseña imágenes en las que diferencias asimétricas de claridad producen la impresión de movimientos rotatorios (*figura 8*). Sin embargo, ni el mismo Kitaoka conoce la neurofisiología de la rotación en sentido contrario de los círculos en la periferia. Con todo, el efecto supera en mucho a la impresión de movimiento que se consiguió en los cuadros del op-art.

¿Terminarán los científicos por convertirse en genuinos artistas? Johannes Zanker, que crea sus imágenes en el ordenador por medio de fórmulas matemá-

licas, muy conscientemente no denomina arte a sus producciones: “Los riloides no son más que matemática sencilla. Lo que falta es el acto creativo”.

Ni la aplicación intuitiva, ni la consciente de principios estéticos bastan para la consecución de una obra de arte. Se los podría entender, sin embargo, como una “gramática”, que fomenta el agrado o al menos la atención. Ambas cosas, a su vez, preparan el camino hacia ulteriores experiencias de descubrimiento sensible, cuya total plenitud sólo se manifiesta en su confrontación con el mensaje que constituye el contenido de una obra de arte.

BERND KERSTEN es profesor de la Escuela Superior de Configuración y Arte de Zúrich y en el Instituto de Psicología de la Universidad de Berna.

Bibliografía complementaria

PRAXISFELDER DER WAHRNEHMUNGSPSYCHOLOGIE. Dirigido por B. Kersten. Huber Verlag; Berna, 2005.

Psicología del paro

El paro y la inseguridad en el puesto de trabajo se han convertido en un fenómeno de masas. ¿Cuáles son los problemas que amenazan a los afectados?

Alois Wacker

Era a comienzos de los años treinta, en Marienthal, una ignota aldea de la Baja Austria y objeto de una rigurosa investigación científica, a raíz de un acontecimiento reciente que cambiaría radicalmente la vida de sus 1500 habitantes. Cerró sus puertas la fábrica de tejidos, su única industria. De la noche a la mañana casi todos los habitantes de Marienthal perdieron su fuente de ingresos regulares y el lugar se transformó en ejemplo de la caída en picado, socialmente hablando, de todo un pueblo.

Un grupo de investigadores vieneses —entre los que se encontraban Marie Jahoda y Paul Lazarsfeld, matrimonio de reputados sociólogos— se aprestaron a estudiar los efectos del desempleo de larga duración en Marienthal. Para su sorpresa, la ruina laboral no incitó a la rebelión a unos obreros que antaño habían desplegado un activismo político militante. Antes bien, se asentaron la resignación y la apatía. Se renunció a proyectos de vida y se extendieron la desesperación y la angustia existencial. Muchos de los afectados sentían la carga gravosa de un futuro inseguro.

El estudio de Marienthal figura como precursor de la investigación sobre el paro. Ningún trabajo puede obviar ya la referencia a aquel pueblo. Pero, aparte de sus méritos históricos, ¿sigue teniendo hoy día algo que decirnos? En 1933, el periodista estadounidense Robert McMurry tituló “Cuando los hombres comen perros”, su artículo sobre Marienthal para la revista *The Nation*, donde comentaba los primeros resultados del estudio. Desde entonces las cosas han cambiado mucho. Tras la segunda guerra mundial mejoró notablemente el nivel de vida de los países europeos. También subieron el subsidio de paro y las

ayudas sociales en la mayoría de los países industriales. El desempleo dejó de equivaler a miseria o hambre.

¿Qué está ocurriendo ahora? Ciñámonos a un país desarrollado; Alemania, por ejemplo. De acuerdo con las últimas encuestas, para ocho de cada diez alemanes el tema del paro figura a la cabeza de los problemas más apremiantes. Pese a todos los esfuerzos políticos por ahuyentar este fantasma, el número de desempleados ha venido aumentando incesantemente desde los años noventa. Según estadísticas oficiales la cifra llega en este país a más de cuatro millones y medio. Y todo el que tiene un empleo teme la posibilidad de perderlo.

También los psicólogos califican la pérdida del puesto laboral como un percance crítico, pues el trabajo, junto al deseo evidente de seguridad material, satisface otras necesidades humanas. Maria Jahoda apuntó ya a las funciones psicológicas ocultas del trabajo retribuido: estructura el día a día, promueve lazos sociales y ayuda a adquirir un puesto en la comunidad. Además, obliga a centrarse en unas tareas, con lo que nos aparta de inútiles cavilaciones.

En cambio, el paro involuntario lesiona la necesidad, firmemente arraigada en el ser humano, de configurar la propia vida conforme a las propias ideas. En general, el hallarse expuesto mucho tiempo y sin defensas a una situación vital indeseada, aumenta la probabilidad de estados de ánimo depresivos, retraimiento social y pasividad, según han corroborado numerosos estudios.

En cierta investigación que acometieron el autor y Anna Kolobkova, en el año 2000, se entrevistó a un centenar de trabajadores en paro y en activo sobre el concepto que tenían de sí mismos. Los voluntarios debían valorar hasta qué punto se reflejaban en sí mismos declaraciones del tenor: “En conjunto tiendo

DPA



1. PREFERIBLE EL ANONIMATO. Por lo general sólo una parte de los parados se inscribe en las oficinas de desempleo. Los restantes no se manifiestan. ¿Por vergüenza?





a sentirme un fracasado” o “De vez en cuando me siento un inútil”.

Una confianza en sí mismo que se desmorona

Del estudio se infería que cuanto más se prolongaba la situación de paro tanto más descendía la autoestima. Especialmente grande era la diferencia entre los empleados y los trabajadores que buscaban una ocupación desde hacía más de un año. Ciertamente es que hay estudios que no hallan influjo negativo de la pérdida del trabajo sobre el sentimiento de autoestima. La razón subyacente bajo tales resultados contradictorios se encuentra en el propio método empleado.

En efecto, es muy difícil conseguir parados que se presten a colaborar. Por vergüenza llegan incluso a negar la situación en que se encuentran. A menudo, fracasa el proyecto de investigación o el científico se ve obligado a trabajar con pruebas aleatorias tergiversadas. Ni siquiera las entrevistas en las salas de espera de las oficinas de desempleo arrojan una imagen realista de la población en paro. Agréguese que a los millones de parados oficialmente registrados habrá que sumar los parados no computados o que han dejado ya de aparecer por las oficinas.

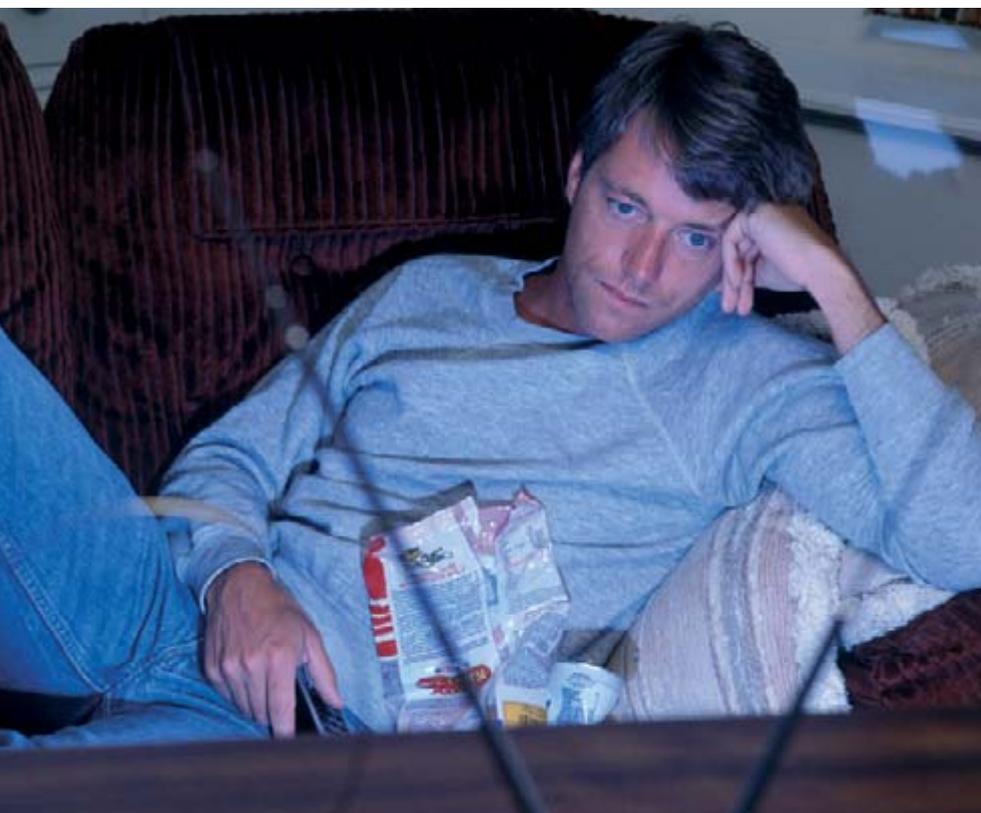
Más valor informativo que los estudios individuales poseen los metaanálisis,

reelaboración estadística que acomete una valoración conjunta de diferentes investigaciones referidas a un mismo tema. Klaus Moser y Karsten Paul, de la Universidad de Erlangen-Nürnberg, llevaron a cabo a fines de los años noventa el metaanálisis más amplio, de alcance mundial, sobre el paro. Según ese estudio, el síntoma capital del paro representa una disminución drástica de las ganas de vivir. Los parados mostraban una caída de la autoestima y una menor sensación general de bienestar, con signos frecuentes de desazón depresiva. Moser y Paul clasificaron entre los “afectados psíquicamente” a un 37 por ciento de las personas en paro, frente al 23 por ciento de los trabajadores en activo.

La cuestión radica en si el paro es en definitiva la causa de estos síntomas. ¿Conduce la falta de trabajo a la depresión o se producen más bien los despidos entre los trabajadores que sufren ya esos síntomas? Para responder a esta pregunta hay que echar mano de los estudios con observaciones de larga duración. Mediante tales estudios longitudinales se investiga a sujetos en diversas fases de su vida profesional: en primer término, cuando tienen una ocupación estable; luego, en la situación de paro y, por último, después de haber iniciado un nuevo trabajo.

Resumen / Las consecuencias psicosociales del paro

- Aun cuando el paro en los países industrializados no lleve necesariamente a la miseria, constituye causa habitual de falta de autoestima, de malhumor y depresión, entre otros problemas psicológicos.
- Muchos parados saben aprovechar ese tiempo “ganado” con la desocupación. Estos “buenos superadores” son optimistas, soportan mejor las cargas y normalmente disponen de un sólido respaldo económico.
- Los efectos psicológicos de la inseguridad laboral se asemejan a los del paro. Los empleados sienten el anuncio de la reducción de puestos de trabajo como un abuso de confianza y se distancian de su empresa. Lo que se traduce en una disminución del compromiso y en un aumento de las bajas laborales.



AVENUE IMAGES

2. POBRE O RICO. En el siglo XIX el paro masivo obligó a la población hambrienta a emigrar (*ilustración de la izquierda*). Aunque hoy, en los países desarrollados, la falta de trabajo no va vinculada forzosamente a la pobreza, persisten sin embargo los efectos devastadores de esta situación sobre la psique.

dades de la personalidad del parado. Sí por sus intensas actividades propias, la autogestión efectiva y numerosos intereses fuera del ámbito laboral. En pocas palabras: en el espectro de sus metas vitales el trabajo retribuido no ocupaba un valor alto. Según cabía presumir, la pérdida del trabajo no les arrojaba a la miseria y ni siquiera pasaban apuros económicos.

En resumen, la pérdida del puesto de trabajo no debe vivirse como una catástrofe personal. El que lo sepamos superar y la forma de conseguirlo dependerá de nuestros recursos, entendiendo por tales las relaciones sociales de apoyo, nuestro optimismo, nuestra capacidad de aguante y de resistencia al estrés y de nuestras reservas económicas.

Los parados que se autoinculpan por la pérdida de trabajo sufren más que los que consideran el despido una consecuencia de la mala situación de la coyuntura económica. Y a la inversa: el peligro de las depresiones disminuye con la convicción de encontrar un nuevo puesto de trabajo si uno se lo propone y esfuerza. Así, el paro se queda en un mero episodio en el curso de una biografía laboral estable. Para otros, en cambio, el paro constituye el camino que lleva al descenso social y la salida definitiva del sistema de trabajo.

No sólo el que se encuentra en paro es víctima de la situación; también lo sufren el cónyuge y los hijos. De acuerdo con una opinión muy extendida, la nueva realidad familiar repercute en el rendimiento escolar. Los resultados del segundo estudio de Pisa en el ámbito comparado de los estados federales alemanes confirman que hay un porcentaje mayor de escolares de las “clases sociales altas” que continúan sus estudios de segunda enseñanza.

Después de la reunificación alemana remitió la natalidad en la antigua Alemania comunista. De ahí algunos deducen la existencia de una estrecha relación entre inseguridad económica y la disposición a traer niños al mundo. En el ámbito angloamericano, abundan

Esa línea de investigación se inició hace unos años. Los resultados no sólo confirmaron el peor estado de ánimo psíquico de los parados, sino que mostraron también los impresionantes efectos de recuperación tras la incorporación a un nuevo puesto laboral. Se mejoraron los valores en seis de los ocho indicadores incluidos entre los básicos para la salud psíquica; por ejemplo, sentirse satisfecho con la propia vida. También subían el estado de ánimo y la autovaloración en cuanto se había encontrado un nuevo puesto de trabajo.

En cualquier caso, estos resultados permiten hacer declaraciones sobre el “promedio de los trabajadores en paro”, pero no nos faculta para emitir pronósticos sobre un desempleado en concreto. La dimensión realmente vivida de carga psíquica varía de un sujeto a otro. En parte, depende de la situación vital de cada individuo. Es comprensible, pues, que el despido laboral signifique algo distinto para un padre, de treinta años y única fuente de ingresos en la familia—que además tiene que pagar la casa propia— que para un hombre de 59 años que puede contemplar el despido como una incorporación anticipada a la jubilación. El grupo de población de edad media es el más afectado por las consecuencias psicológicas del paro, ratifican las investigaciones.

También hay diferencias en razón del género. El promedio de las mujeres se manifiesta de forma menos drástica que los hombres en cuanto a las cargas que acarrea la pérdida del puesto de trabajo. Los motivos son varios; por un lado, el paro libera a las madres de la doble carga de profesión y familia; por otro, las mujeres pueden concentrarse en los hijos y en el hogar sin merma de su prestigio social. Además, las mujeres disponen, con mayor frecuencia que los varones, de una densa red social fuera del trabajo. En caso de necesidad cuentan con la ayuda de amigos y familiares.

Resueltamente manos a la obra

Reviste particular interés el grupo de personas al que no parece inmutarles ni siquiera el paro de larga duración. Los primeros que se dedicaron a estudiar ese segmento sorprendente de parados fueron, a principios de los ochenta, David Fryer y Roy Payne, en la Universidad de Sheffield. Frente a su situación existencial, esas personas no sólo mantienen la calma, sino que saben también sacar provecho del tiempo del que disponen y se comprometen por ejemplo con cargos no retribuidos en organizaciones altruistas o en la política.

En ellos no resulta fácil reconocer en sentido estricto características peculiari-

En el círculo vicioso del paro

Los parados de larga duración pueden caer en una suerte de espiral infernal, según describieron en 1995 Dieter Ullich y Petra Strehmel. Se hunden en un abismo compuesto de varios círculos viciosos reforzados a sí mismos en los planos de la acción, la emoción, la cognición y la motivación.

ACCION: Los afectados se tornan pasivos y apáticos tras los intentos fallidos de superación a través de numerosas solicitudes de trabajo infructuosas.

EMOCION: Hay una necesidad evidente de tratar de regular positivamente el propio mundo de los sentimientos, por ejemplo, dándose ánimo a uno mismo. Pero si no cambia nada en la situación laboral, los conatos de superación repercuten negativamente y llevan a cargas emocionales cada vez de más hondo calado.

COGNICION: La expectativa de encontrarse en el futuro desamparado o lejos de conseguir el éxito se confirma en el sentido de un pronóstico cumplido y consiguientemente reforzado.

MOTIVACION: La experiencia de que el compromiso profesional no le protege a uno del despido lleva a una "mentalidad de empleo precario": el afectado rebaja sus pretensiones con respecto a la profesión y, en el caso de comenzar un nuevo trabajo, apenas se identificará con la empresa en un principio.

las investigaciones que establecen una relación entre el paro de larga duración y el riesgo de separación conyugal. Igualmente se dan con más frecuencia en las parejas los casos de desempleo conjunto, o paro de los dos miembros. Es posible que aquí se trate sólo de una relación causal aparente que radique en el trasfondo formativo de los miembros de la pareja, generalmente similar, o en la situación del mercado laboral de una región.

Con todo, las investigaciones confirman una observación ya hecha por los científicos sociales en Marienthal: el paro refuerza, en una relación, las tendencias preexistentes. Si las relaciones se mantenían intactas, la nueva situación moviliza el potencial social de apoyo, mientras que en los casos problemáticos se agudiza la crisis.

Rendimiento e inseguridad laboral

La pérdida del puesto de trabajo no es el único problema que suscita el interés de la ciencia. En muchas empresas, el miedo a perder el trabajo —la inseguridad laboral— ha prendido entre los trabajadores. Se acusa de preferencia entre los que empiezan a ejercer la profesión con contratos temporales, así como en los empleados de sectores sensibles en el contexto económico y en los trabajadores cuyos puestos se ven amenazados por dislocación empresarial o por una reducción sistemática de plantilla.

El miedo y los síntomas generales de estrés aumentan significativamen-

te entre los que tienen un puesto de trabajo inestable, fenómeno similar al de los parados. Quedó comprobado en un estudio escandinavo, realizado entre 1997 y 1998. Abarcaba unos 6000 trabajadores con contratos fijos con alrededor de 2800 de plazos limitados, de ocho ciudades finlandesas. Otras investigaciones desenmascaran la pretensión de que la amenaza del despido discipline a los empleados y los motiva para que rindan más y mejor. Brendan Burchell, de la Universidad de Cambridge, demostró ya en 1994 que se producía un aumento, y no una disminución, de las bajas laborales en las empresas en peligro de cierre.

A primera vista un tal comportamiento parece paradójico: ¿Por qué los empleados no se esfuerzan más por conservar su puesto de trabajo? Sólo hay que contar con un compromiso tenaz de los empleados si el trabajador, individualmente considerado, se halla convencido de que así podrá influir en las decisiones sobre el personal de la empresa. Pero en general predomina la tendencia a distanciarse psíquicamente del empresario. Ante una potencial reducción de plantilla, disminuye de forma drástica el sentido de pertenencia a la empresa.

Cuando no se sienten culpables de su baja laboral y se reconocen comprometidos con su puesto de trabajo durante largos años, la amenaza repentina de despido la perciben como una lesión de su "contrato psicológico". Por tal

debe entenderse una suerte de constructo mental que parte de un mutuo y justo toma y daca entre el patrón y el obrero y constituye la base de una relación de confianza entre ambos. Si la parte contraria rompe el contrato, el empleado reacciona con una retirada de la confianza o incluso con una dimisión interior. Se ve a sí mismo liberado de sus obligaciones con respecto al compromiso contractual y se desprende emocional y mentalmente de la vinculación con su puesto de trabajo y la empresa.

En los últimos decenios el avance de la técnica y la reestructuración global del mercado de trabajo en los países desarrollados han desencadenado un cambio de hondo calado que no sólo deja huellas en el plano económico, sino que afecta también, de manera creciente, a la salud psíquica de amplios sectores de la población. Se desconoce qué aspectos del paro y de la inseguridad en el puesto de trabajo son determinantes en los efectos negativos en la psique.

Persiste abierta la cuestión de si los efectos evidenciados radican en las pérdidas económicas y en los miedos existenciales o si, por contra, resultan críticos los factores sociales (contactos con los compañeros y reconocimiento de la comunidad). De lo que no cabe duda es de que los poderes industriales y políticos deben responsabilizarse de la salud económica de sus países, por supuesto; pero también deben preocuparse del bienestar psíquico de los ciudadanos.

ALOIS WACKER, catedrático de psicología social en la Universidad de Hannover, dirige el departamento de documentación para la investigación del paro.

Bibliografía complementaria

ARBEITSLOSIGKEIT. T. Kieselbach y A. Wacker en *Lexikon der Psychologie*, vol. 1, págs. 114-120, Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg, 2000.

STRUKTURWANDEL IN DER ARBEITSWELT UND INDIVIDUELLE BEWÄLTIGUNG. Dirigido por M. Kastner y J. Vogt. Pabst; Lengerich, 2001.

ERWERBSLOSIGKEIT, URSACHEN, AUSWIRKUNGEN UND INTERVENTIONEN. Dirigido por J. Zempel, J. Bacher y K. Moser en *Psychologie sozialer Ungleichheit*, vol. 12, Leske u. Budrich, Opladen, 2001.

THE SOCIAL COSTS OF UNDEREMPLOYMENT. INADEQUATE EMPLOYMENT AS DISGUISED UNEMPLOYMENT. D. Dooley y D. Prause. Cambridge University Press; Cambridge, 2004.

Consecuencias de la pérdida de trabajo

Los efectos del paro lastran la salud, expone Thomas Kieselbach, docente en la Universidad de Bremen y especialista en temas laborales

Mente y cerebro: Profesor Kieselbach, muchos trabajadores presentan problemas de salud. Se les exige demasiado, sufren vejaciones en el desempeño de su tarea laboral o se resienten de un turno de trabajo variable. Cuando tal ocurre, ¿pueden tener un valor de recuperación unos meses de paro?

Kieselbach: Del ocho al quince por ciento de los afectados experimentan en la fase inicial del paro una suerte de efecto positivo sobre su salud, al menos corporal. Se trata de una reacción ante las fuertes cargas que soportaron en la situación laboral. Pero este efecto de recuperación se agota en el paro de larga duración; a los tres o cuatro meses, aprietan los problemas psicosociales. Por no hablar de la presión económica y social, que nos acucia a encontrar un nuevo trabajo.

Myc: Pero con el índice de más del diez por ciento de paro nadie debería avergonzarse de su situación.

Kieselbach: Hay estudios sobre las cifras de estrés en comunidades con distinto porcentaje de desempleo. Esa carga psíquica individual es más baja en las regiones con más paro. Lo que no equivale a decir que un parado se siente automáticamente tanto mejor cuantas más personas en su entorno comparten su sino. Todo bascula en un determinado punto: aunque con el paro creciente disminuye el riesgo de marginación y estigmatización sociales, ello sucede a costa de una desesperanza general en la que el individuo no ve perspectivas para sí. Si aquí hay tanta gente en paro, reflexiona, ¿cómo voy a encontrar trabajo precisamente yo?

Myc: ¿Nos aboca el paro a la enfermedad física?

Kieselbach: No existe una enfermedad tipificada del parado laboral. Sin embargo la pérdida de trabajo ejerce un efecto amplificador de los problemas ya existentes, lo mismo de orden psíquico que somático. Hay estudios que ponen de manifiesto la repercusión en el sistema inmunitario. Quedaba debilitado de una manera notable.

Myc: ¿En qué se refleja tamaña vulnerabilidad de los parados?

Kieselbach: Se refleja en su mayor propensión a muchas enfermedades, en particular de tipo cardiocirculatorio, provoca-

das por el fuerte estrés psíquico. De ahí la elevada mortandad entre los parados.

Myc: Muchos licenciados universitarios no encuentran un acceso directo al mercado laboral. ¿Se puede comparar su carga psíquica con la de una persona de entre cuarenta y cincuenta años que, después de una larga vida profesional, se ve de pronto en la calle?

Kieselbach: Se trata de una situación distinta. Quien al término de sus estudios escolares o universitarios no encuentre un puesto de trabajo no ha podido cosechar experiencias positivas en el mundo laboral; no se pierde lo que no se tiene. Sí experimenta una profunda decepción con respecto a sus expectativas de futuro. Al fin y al cabo el trabajo y el éxito profesional representan un objetivo esencial de socialización. Además, los que se inician en una profesión apenas tienen posibilidades de redefinir su papel social: no pueden simplemente dar la espalda al mundo laboral como, por ejemplo, el caso de los parados en edad madura, obligados a jubilarse, pero que pueden concentrarse en sus aficiones y su familia. La dependencia de la familia o de las instituciones impide a los jóvenes madurar y hacerse responsables de su vida.

Myc: Vuelven a producirse despidos en masa. ¿Hasta que punto son los empresarios conscientes de su responsabilidad?

Kieselbach: Acabamos de terminar un proyecto para la Unión Europea sobre acompañamiento social y capacidad de colocación permanente. El estudio abarca cinco países comunitarios. Hemos comprobado que las empresas desarrollan proyectos innovadores para recolocar en otras firmas o sectores a los candidatos al despido. Se trata de un fenómeno de concienciación inédito, que ha comenzado a extenderse.

Myc: ¿Y qué perspectivas tiene esta prestación de ayuda?

Kieselbach: Hay que ayudar a los afectados en dos planos: desde la perspectiva de orientación emocional y desde la problemática. En primer término, el afectado necesita apoyo psíquico para superar el despido. A largo plazo, pasan a primer término las medidas profesionales de cualificación. Y aquí cuentan un análisis de los puntos fuertes y débiles, el entrenamiento para las entrevistas de presentación y la



THOMAS KIESELBACH, nacido en 1944 en Bielefeld, estudió psicología, sociología y pedagogía en la Universidad de Münster. Preside el comité científico "Paro obrero y salud" de la Comisión Internacional de Salud Ocupacional.

apropiación de estrategias de autopromoción, amén del perfeccionamiento profesional propiamente dicho. Sin olvidar a los supervivientes de la reducción de plantilla. También ellos han de hacer frente a nuevas redimensiones del puesto de trabajo, al aumento de carga laboral y al miedo permanente a sufrir el mismo destino que sus compañeros despedidos.

Myc: Y el temor a perder el puesto de trabajo, ¿no motiva ocasionalmente a los empleados para las máximas prestaciones?

Kieselbach: No, al contrario. Las investigaciones suelen concluir sobre los efectos negativos de la inseguridad en el puesto de trabajo, que se evidencia con un menor compromiso con la empresa. Así pues, al patrono se le plantean dos cuestiones básicas que hay que sopesar: por un lado, la cuestión del grado de flexibilidad en lo referente a la política de personal para mantenerse competitivos; y por otro el grado de inseguridad que puede resistir un empleado sin repercutir negativamente en su rendimiento. Encontrar aquí el equilibrio adecuado será en el futuro tarea capital de los políticos y empresarios.

MILA HANKE, diplomada en psicología, realizó la entrevista.



CORBIS

El precio del autoconocimiento

¿Nos depara la investigación del cerebro con su nueva imagen naturalista del hombre el fin de la religión? El autor aborda la cuestión desde una filosofía materialista

Thomas Metzinger

El conocimiento tiene un precio. Sobre todo si lo alcanzan las ciencias empíricas del espíritu humano. Nos movemos sobre una interpretación radicalmente nueva de eso que se dice ser hombre. ¿Quizá no estemos dotados de una voluntad libre, como opina más de un neurólogo? ¿Tal vez no haya ningún hilo conductor, ningún auténtico núcleo individual, que constituya el anclaje interno de nuestra personalidad y permanezca estable a

través del tiempo? Y si existe en verdad algo así como el correlato neuronal de la conciencia, resulta difícil imaginar que puedan darse experiencia, pensamiento y sentimientos después de la muerte del correspondiente organismo. Desde un enfoque lógico sigue siendo, por supuesto, posible, pero desde el empírico es cada vez menos plausible. El alma inmortal no serviría, pues, para mucho. Nos deberíamos tener por seres radicalmente mortales.

¿Qué nos cuestan estos conocimientos? En primer lugar, hemos de pagar un

“precio emocional”: la humillación que acompaña al descubrimiento del nuevo saber sobre nosotros mismos. La propia evolución cultural aparece de pronto como parte de la naturaleza. Y mucho de lo que nos constituye como humanos y nos distingue de los demás seres vivos, deriva directamente de nuestra biología. Una biología que puede degradarse presto, como demuestra la neurología moderna: bastan mínimas lesiones cerebrales para provocar graves deficiencias, que nos roban, de momento, nuestra dignidad de seres racionales e incluso la conciencia.



SCHAPOWALOW

El hombre es un ser vulnerable. Somos distintos de como habíamos creído durante mucho tiempo: no podemos cambiar, de la noche a la mañana, buena parte de las características que definen a nuestra personalidad, la estructura interna del modelo de nosotros mismos o automodelo. Además, somos seres racionales con limitaciones. La evolución de nuestros cerebros, al parecer, no nos ha optimizado hacia la capacidad de una felicidad permanente. La consecuencia de esa gavilla de conocimientos de las ciencias neurológicas es una incomodidad difusa. Nos sentimos desconcertados e inseguros en muchas de nuestras opiniones sobre nosotros mismos.

Todos estamos solos

Además del precio sentimental, los conocimientos de las ciencias neurológicas nos obligan a anotar otro precio socio-cultural. Un peligro insurgente podría consistir en que se extendiera entre la población un materialismo ramplón, en una especie de obediencia precipitada mucho antes de que se aclarasen concluyentemente las cuestiones disputadas.

Imagínese que cada vez son más los que se dicen a sí mismos: *Yo no entiendo los detalles de lo que pretenden explicarnos estos neurólogos y filósofos de la naturaleza, pero lo esencial parece estar muy claro, a saber, que los humanos no somos más que ego-máquinas producto de la evolución, bioautomatas*

sin alma sobre un planeta solitario en un universo frío y vacío. El proceso que nos ha generado, junto con todas nuestras cualidades psicológicas, fue producto del azar, no sabía de objetivos ni de dones. No hay vida después de la muerte ni tampoco —¿no lo había dicho ya Woody Allen?— una “entrega de premios para los buenos trabajos de actores y actrices”. En último término, cada cual está solo. He captado y entendido este mensaje y adaptaré mi vida en consecuencia. Lo más prudente será procurar que no se me note nada de cara afuera, y seguir actuando como si siguiera creyendo en los ideales humanistas y en los viejos valores morales...

Toda humillación o injuria va acompañada de una merma de la autoestima. Cuando esto les pasa a muchas personas a la vez, el riesgo acecha; puede conducir, por ejemplo, a una huida hacia el fundamentalismo. La búsqueda de una nueva seguridad emocional podría llevar a un robustecimiento del fundamentalismo religioso, a la añoranza de sociedades cerradas con normas inflexibles o a un regreso allende la herencia política de la Ilustración. Resulta apremiante, pues, que, en medio de todos los conocimientos mortificantes, no perdamos la autoestima. Si, a pesar de todo, somos seres morales y racionales, que podemos trascender nuestra propia limitación, tendremos que demostrarlo a través de una buena filosofía y de la moderna neuroética.

1. CON LA MUERTE DE UN HUMANO, su cerebro deja también toda actividad.

Un vacío ideológico

El desmoronamiento definitivo (provocado por la investigación del cerebro) de la imagen metafísica del hombre, con su doble naturaleza de ser corporal y espiritual, dejará tras sí un vacío filosófico e ideológico. Sea cual sea la postura que se tenga respecto a la cosmovisión cristiana, nadie puede negar que la imagen occidental del hombre y la moral cristiana (a pesar de todas las discrepancias de pareceres morales) han proporcionado, a lo largo de los últimos 2000 años, en la vida cotidiana el consenso básico mínimo dentro de nuestra cultura occidental. Hasta hoy, constituyen una garantía determinante de la cohesión de nuestra sociedad.

Y hay un dato claro: ni las neurociencias ni las ciencias cognitivas pueden llenar el vacío que ellas mismas han provocado. Necesitamos, pues, un contexto cultural distinto que nos permita integrar de forma racional los nuevos conocimientos sobre el hombre y sobre las posibilidades de actuación que de aquéllos se infieran. Si no lo consiguiéramos, avanzamos hacia una crisis histórico-espiritual de imprevisibles consecuencias para la sociedad.

La imagen común del ser humano es uno de los fundamentos de nuestra cultura. Su singularidad reside en que influye, de manera sutil, aunque eficiente, en nuestra comunicación rutinaria con los demás y en la percepción de nosotros mismos. Por eso necesitamos también, como parte de la neuroética, una suerte de “valoración de las consecuencias antropológicas”. Precisamos respuestas razonables a dos cuestiones diferentes, descriptiva una y normativa

la otra: ¿cómo es el hombre a la luz del estado actual del saber? Y ¿cómo *deberá ser* el hombre en el futuro?

La cuestión fundamental de la antropología descriptiva concierne a las “constantes antropológicas”: ¿Qué cualidades son compartidas por todos los humanos? No es tema baladí. Nunca se nos ha preguntado si queremos vivir, ni, menos aún, si estamos dispuestos a morir. A ninguno de nosotros se le preguntó si quiere vivir con *esta* combinación de genes y con *este* cuerpo o con *este* cerebro y con *este* tipo particular de conciencia.

Parece como si nosotros fuéramos ego-máquinas biológicas sin alma inmortal. Con todo, nuestro cerebro produce un automodelo fenoménico, que, en el curso de la evolución, se ha formado con su estructura motivacional y con todas sus componentes emocionales y nos ha conferido una inteligencia ventajosa frente a los demás organismos. El proceso ciego, que ha generado nuestros cuerpos, nuestros cerebros y nuestro automodelo consciente, no estaba encaminado a un fin, sino impulsado por variación y selección.

Somos fotocopiadoras de genes que hemos desarrollado la capacidad de cognición consciente, que hemos creado grandes sociedades y fantásticos entornos culturales que, a su vez, repercuten en nuestro automodelo y le van añadiendo constantemente nuevos estratos. Desde las primeras pinturas rupestres hemos empezado a exteriorizar los contenidos de nuestra mente, con el fin de que repercutan en nuestros congéneres. A este proceso le llamamos historia de las ideas. Un proceso que, por lo que

parece, no viene inducido por intención alguna. En última instancia, se trata del resultado de fenómenos de autoorganización, ciegos y dirigidos hacia arriba, que llevaron a niveles, siempre nuevos, de complejidad.

Vivimos, por supuesto, con la impresión consciente de estar dotados de una voluntad libre. Nos sabemos agentes deliberantes cuando nos ocupamos de ciencia y filosofía. Pero aparecen los primeros neurólogos, que nos explican cómo esa misma vivencia, ese saberse, podría ser el resultado de un proceso sin yo de la autoorganización dinámica en nuestros cerebros, socialmente asentados y acoplados unos con otros. Este enfoque constituye un ejemplo paradigmático de aquello en que consiste el núcleo del giro naturalista a propósito de la imagen del hombre: hasta los fenómenos mentales se explican *desde abajo*, es decir, desde las ciencias de la naturaleza, sin recurrir a causas extramundanas o sobrenaturales; sin raíces divinas y sin objetivos.

Yo no sé cómo se siente el lector. A mí, la nueva imagen resultante sobre el hombre se me antoja casi vergonzante. Unos seres que ansían ser inmortales, van descubriendo poco a poco que son ego-máquinas sin alma. No hay ningún motivo para glorificar la evolución: ha sacrificado a millardos de antepasados biológicos nuestros. El proceso nos ha conferido sentimientos e intereses, pero no los tiene en cuenta.

El desgarramiento subjetivo en el automodelo

Imperativos biológicos —mantener el deseo desesperado de sobrevivir y la propia existencia— se fueron grabando en el cerebro en el transcurso de millones de años. Mas, al mismo tiempo, nuestro nuevo automodelo cognitivo nos dice que todos nuestros intentos de acomodarnos a estos imperativos serán al final en vano: a todos nos espera la muerte en el último recodo de nuestra existencia. Queremos retener la vida, pero hemos de ir reconociendo que se trata de un deseo irrealizable. La radical mortalidad no es, pues, sólo un hecho objetivo, sino un desgarramiento subjetivo, una herida abierta en nuestro automodelo. Los componentes antiguos se hallan en constante conflicto, por así decir, con los nuevos.

Este profundo conflicto existencial está instalado en nuestro automodelo emocional y parece como si fuéramos los primeros seres sobre este planeta que también podemos vivirlo conscientemente; de hecho, se nos puede describir

Resumen / *Cómo es el hombre y cómo debe ser*

- Las neurociencias se disponen a completar el giro naturalista en la imagen mohosa del hombre. Así pues, todas nuestras facultades mentales se hallan indisolublemente ligadas a cerebros aptos para funcionar. Ello hace, por ejemplo, extremadamente inverosímil la persistencia del pensar y sentir después de la muerte del organismo.
- Para un hombre individual, este enfoque suele albergar un malestar difuso y una ofensa a la autoestima. A la sociedad como un todo le amenaza posiblemente un materialismo vulgar que se va extendiendo. Se halla ante un vacío antropológico y moral.
- Para que no se llegue a una pérdida de la solidaridad de graves consecuencias en la población, a un irracionalismo y a unos movimientos de fuga fundamentalistas, la neuroantropología descriptiva, que se pregunta cómo es el hombre, debe completarse con una neuroantropología normativa. Esta ha de proporcionar un consenso sólido sobre cómo *debe ser* el hombre. Sólo así se conservaría la cohesión de la sociedad y la paz social, incluso después de un “giro naturalista”.



BILDAGENTUR-ONLINE

como seres que pasan la mayor parte de su vida intentando *no* vivir conscientemente ese conflicto. Quizás hasta esta característica de nuestro automodelo nos hace religiosos, pues el automodelo *es*, en el fondo, el ansia de inmortalidad. Ha surgido en la evolución como un instrumento que ha de mantener la integridad del organismo, su cohesión interna. Es el intento permanente de hallarse *a salvo*. Por eso, en el *Homo sapiens* reflexivo y existencialmente inseguro se genera la tentación permanente de sacrificar la honradez intelectual en favor de la seguridad emocional, el sentido crítico de la realidad en beneficio de las bellas sensaciones. Y con la Iglesia y la teología se da toda una industria de la cosmovisión que, desde hace siglos, aprovecha este hecho para sus propios fines de supervivencia y poder.

¿Felicidad duradera? ¡No con este cerebro!

Hay otras constantes antropológicas: nuestro automodelo emocional nos permite *sentirnos* conscientes. Nos lleva hacia adelante en el permanente intento de sentirnos *bien*, de encontrar estabilidad, protección y seguridad emocional.

Somos sistemas biológicos, que están condenados a tender a la felicidad; que han de procurar sentirse tan bien como sea posible; sólo que, lamentablemente, el sistema de recompensa de nuestro cerebro y nuestro tipo de automodelo emocional no permiten ninguna forma estable de sentirse bien.

Cierto es que los automodelos conscientes trasladaron la experiencia de placer y satisfacción al universo físico, a un lugar donde algo así no existía antes. Con todo, la evolución psicológica no nos ha optimizado en la dirección de una capacidad permanente de felicidad. Al contrario: nos ha colocado en la “rutina hedónica diaria”, que es impulsada por el constante intento de experimentar satisfacción y placer, de eludir la depresión y el dolor. Y así nos desenvolvemos en un movimiento incesante: el trajín hedónico diario (en forma de sistemas de recompensa en nuestro cerebro) es el motor que la madre naturaleza nos ha instalado. Podemos descubrir en nosotros su estructura, pero no está claro que podamos algún día sustraernos de ella. En cierto sentido, *somos* esa estructura. El ego *es* el trajín hedónico diario.

2. VIVIR, SENTIR, RECORDAR son resultado de procesos cerebrales. Cuanto mejor entiendan los neurocientíficos estos procesos, tanto más ajustado será el espacio de lo transempírico.



3. EL “ALMA”, ¿es sólo objeto de investigación de los estudiosos de la cultura? Sea como sea, en los laboratorios de investigación cerebral se la busca en vano.

Somos también “animales políticos”. Todos nos deseamos una paz duradera, si bien la nuestra es una historia de guerras y de un incesante derramamiento de sangre. Con frecuencia tienen que ver con sistemas religiosos en competencia; es decir, precisamente con el propósito de alcanzar una paz interior y de superar, por medio de una fe, la humillación existencial antes mencionada.

La desesperada búsqueda de una seguridad emocional crea una profunda inseguridad. Sin embargo, no basta la comprensión teórica del fenómeno para terminar con la rebelión persistente sobre nuestro planeta, a la que llamamos historia. La nueva imagen del hombre nos describe como seres conscientes que buscan entornos sociales estables y amigables, si bien, a causa de su estructura emocional, sólo pueden crearlos a pequeña escala, a saber, en el ámbito de la familia y parentela. Nos muestra como seres en quienes están instalados el egoísmo y la envidia, la competitividad y el persistente engaño.

El yo consciente es el producto de lo que el filósofo Andy Clark, de la Universidad de Edimburgo, ha llamado una “carrera armamentística cognitiva”. Por eso, nuestro automodelo es algo así como la competición cristalizada sobre un nivel nuevo de la evolución. Fue, además, un instrumento importante en la cognición social. Nos permite adivinar las intenciones de nuestro vecino. Pues una de sus mayores ventajas funcionales es poder ponernos en la situación de nuestros congéneres. Para engañarlos.

Suprasensorial, hecho por uno mismo

O tal vez también a nosotros mismos. Dado que nuestra ínsita necesidad existencial de seguridad emocional nunca se puede satisfacer en el mundo físico ni en el social, propendemos a ideas peregrinas y a sistemas extravagantes de creencias. Parece como si la evolución psicológica nos hubiera provisto de una fuerte tendencia a satisfacer nuestra necesidad afectiva de estabilidad y sentido con la creación de mundos metafísicos y personas invisibles.

Ello abre una perspectiva nueva de la evolución de la creencia religiosa. Es lo opuesto a la espiritualidad: mientras la espiritualidad se ocupa de ver qué *es* abandonar la búsqueda de la seguridad emocional y asumir la responsabilidad de la propia vida, se puede ver la creencia religiosa más bien como un inten-

to de quitarse de encima precisamente esta responsabilidad y crear un túnel de realidad totalmente nuevo, una nueva forma de experiencia consciente. La fe religiosa se presenta, pues, como una estrategia genial, con frecuencia muy robusta y eficaz, de diseñar la propia vivencia subjetiva. Sea lo que sea lo que quedara aún por decir (y, por supuesto, es mucho): la fe, la religión organizada y el rastro de sangre, que hasta hoy las ha arrastrado a lo largo de la historia de la humanidad, siguen siendo también el intento de generar una realidad fenoménica, en la que se reinterpreta en sus fundamentos todo lo que nos sucede en la vida.

Igual que se pueden considerar las alucinaciones psiquiátricas como el intento desesperado del cerebro, ante una crisis grave, por generar, sin embargo, un modelo de realidad nuevo, coherente y que, en cierto modo, funcione, así se puede también ver la fe como la búsqueda de una forma de conciencia, en la que cada tragedia personal se transforme en una posibilidad de autoperfeccionamiento, cada derrota en una oportunidad de ser una persona mejor. La religiosidad es uno de los intentos más antiguos de zafarse del trajín hedónico diario, y, en el ámbito individual, parece ser muchas veces una de las estrategias más exitosas de alcanzar un estado de permanente estabilidad; en cualquier caso, mejor que todas las drogas que hemos descubierto hasta la fecha.

Y ahora parece como si la ciencia nos arrebatará esta posibilidad. Entretanto, se da toda una rama de programas de investigación, que apuntan a los orígenes evolutivos de la religión. Una buena visión de conjunto la ofrece Daniel Dennett, de la Universidad Tufts, en *Breaking the Spell* (“Rompiendo el hechizo”). Seguramente es correcto que el desarrollo del automodelo consciente nos ha hecho inteligentes, pero, con toda seguridad, no fue ningún paradigma de “diseño inteligente”. Si el proceso, que nos ha generado, hubiera sido una persona, se le debería calificar de cruel, quizás incluso de diabólica. Habría, pues, llegado la hora de una rebelión. Pero todo tiene el aspecto como si no hubiera ningún sospechoso o alguien contra quien se pudiera un rebelar, ni siquiera nosotros mismos entramos en consideración para eso. Nosotros *somos* parte de ese proceso.

El desencanto del yo

Quizás es éste el punto clave de la neuroantropología: si la investigación del cerebro dilucida nuestra propia

conciencia como fenómeno natural, entonces ya no se presta como plano de proyección de nuestras ansias y esperanzas metafísicas. Si la ciencia natural no sólo deshecha el mundo, sino también a nosotros *mismos*, ello podría privar de su encanto a nuestras relaciones interpersonales. ¿Se puede deshacer el encanto sin perder la solidaridad? Está claro que una afrenta o humillación lleva siempre consigo una merma de la autoestima. Pero ello no significa que tenga que desaparecer también la consideración que uno se debe a sí mismo. Al contrario, si es, pues, cierto que racionalidad y moralidad son las características que nos diferencian de todos los otros seres de este planeta, entonces ha llegado, precisamente ahora, el momento de aducir pruebas. El cómo lo debería mostrar una nueva disciplina filosófica, la neuroantropología normativa.

Hay también aspectos positivos en el ser humano que, en el marco de una imagen materialista del mundo, destacan con sorprendente claridad. Imaginemos que el giro naturalista en la imagen del mundo es irrevocable y que se muestra verdadera una versión fuerte del materialismo. En ese caso cambiaría de repente radicalmente nuestra visión del universo físico. Deberíamos asumir que el universo tiene un potencial intrínseco para la subjetividad. Tendríamos entonces una teoría sobre cómo podía originarse, en este universo físico “dejado a sí mismo”, no sólo vida y organismos biológicos dotados de sistema nervioso, sino también modelos conscientes del mundo, automodelos fenoménicos y robustas perspectivas internas, que, por su parte, abrían la puerta a un universo social, al lenguaje, a la comunicación simbólica y a una genuina historia del pensamiento.

Nosotros *somos*, pues, algo especial, porque se manifiesta en nosotros un tránsito significativo de fase: nosotros hemos traído al universo físico una poderosa forma, transmitida conceptualmente, de subjetividad. Fuimos los primeros seres conscientes para quienes el mero hecho de su propia existencia se convirtió en un problema teórico. Inventamos la filosofía y, más tarde, las ciencias de la naturaleza, y desarrollamos un proceso abierto y duradero de adquisición de conocimiento por medio de equipos de científicos que, a lo largo de siglos, elaboraron teorías cada vez mejores sobre la realidad. Entramos ahora en una nueva fase histórica: la moderna investigación de la conciencia ilustrará la historia del

origen del automodelo fenoménico y así nos proporcionará conocimientos más profundos de las condiciones de posibilidad de la ciencia misma.

Puesto que vivimos este proceso conscientemente y desarrollamos, a la vez, nuevas técnicas para condicionar nuestro propio cerebro, paso a paso, se irá transformando también el contenido y la estructura de nuestro automodelo. Por eso, hasta un materialista radical tendrá que admitir que el hombre es algo muy especial, porque no sólo su conciencia, sino muy en particular su tendencia a saber agrega al universo físico cualidades enteramente nuevas. En cierto sentido podría afirmarse que, a través de nosotros, se ha elevado el grado de la autosemejanza: las partes empiezan a reflejar el todo en un nivel nuevo de complejidad y lo hacen de una forma integrada. Esta nueva forma es lo que, a veces, los filósofos denominan “unidad de la conciencia”: las partes representan el todo a la vez como unidad general. Somos los primeros seres que movilizamos, en favor de la unidad del saber, la unidad, surgida naturalmente, de su conciencia; si una neuroantropología reduccionista quiere resultar convincente, deberá aclararnos también este hecho.

Pero queda todavía un segundo aspecto positivo en la nueva imagen del hombre. Es la increíble profundidad de nuestro espacio fenoménico situacional: la teoría matemática de las redes neuronales y la moderna investigación del cerebro han desvelado cuán gigantesco es el número de posibles configuraciones neuronales del cerebro y cuán inabarcable el espacio de posibles vivencias subjetivas. Para la mayoría de nosotros, se trata de un fenómeno inconsciente; lo que no empece que nos sitúe en una nueva perspectiva: el potencial de nuestro espacio vital, el número de diferentes estados de conciencia posibles en un mismo ser humano, es esencialmente mayor de lo que sospechamos. Nuestra individualidad, la singularidad de nuestra vida mental y, quizá, lo que designamos como nuestra “dignidad”, tiene mucho que ver con *qué* senda tomamos a través de nuestro espacio fenoménico situacional.

Ahora empezamos a tomar conciencia de ese hecho. La neurotecnología moderna nos proporcionará cada vez mejores instrumentos para aprovechar nuestras posibilidades. Prótesis cerebrales y neurotecnología médica representan sólo el principio de lo que yo llamo “tecnología de la conciencia”, la

neurotecnología es fenotecnología. La propia vivencia fenoménica estará tecnológicamente disponible, paso a paso, y podremos cultivarla e influir en ella de una forma algo más sistemática y eficaz.

Eso significa que no sólo poseemos un enorme potencial de actuación, sino quizá también una nueva forma de autonomía: podemos intervenir activamente en nuestro propio cerebro, explotar nuevas áreas de conciencia y tal vez nos será posible optimizar nuestra mente en una dirección distinta de la que hasta ahora ha tomado la evolución biológica. No obstante, uno no debería hacerse ningún tipo de ilusiones románticas precipitadas. Habrá que averiguar si se puede mejorar un sistema que ha sido optimizado a través de un tiempo dilatadísimo, sin poner en peligro su estabilidad.

Cultivar la conciencia

Para mí, este aspecto de la nueva imagen del hombre incluye una buena noticia y, a la vez, ulteriores peligros. O hallamos una forma de manejar, de manera inteligente y responsable, todas las nuevas posibilidades de acción o afrontaremos una serie de riesgos, desconocidos hasta ahora. Si nos arriesgamos, pues, a dar el salto desde la antropología descriptiva a la normativa, entonces deberíamos tratar de combinar de forma creativa nuestras dos fuerzas recién descubiertas: hemos de adoptar, con un método racional, una decisión sobre qué aspectos de nuestra propia conciencia queremos cultivar en el futuro. Y deberíamos pensar cómo se configura este salto, de suerte que eleve de nuevo nuestra racionalidad y lleve a concepciones científicas inéditas. De lo contrario, el precio del autoconocimiento neurocientífico podría ser demasiado alto y la descodificación de la mente y cerebro convertirse en una empresa que no compensara los gastos.

THOMAS METZINGER es catedrático de filosofía en la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia

Bibliografía complementaria

BREAKING THE SPELL: RELIGION AS A NATURAL PHENOMENON. D. C. Dennett. Viking Books, 2006.

“BEING NO ONE” - EINE SEHR KURZE ZUSAMMENFASSUNG. T. Metzinger en *Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 1: Phänomenales Bewusstsein*, págs. 421-476. mentis; Paderborn, 2006.



Sería acabar con el ser humano

¿Reta a la fe la investigación sobre el cerebro? En torno a esa cuestión debaten el biólogo y filósofo Eckart Voland y el teólogo Eberhard Schockenhoff

Carsten Könneker

Profesor Schockenhoff, según el reciente estudio Allensbach, la población de alemanes que se consideran religiosos ha aumentado notablemente en los últimos años, sobre todo, entre los jóvenes. Desde mediados de los años noventa ha pasado, entre los jóvenes de 16 a 29 años, de un 18 a un 26 por ciento; entre las personas de 30 a 45 años, de un 27 a un 34 por ciento. Al propio tiempo, el filósofo Thomas Metzinger propone que nos deberíamos preparar para la era del fin de la religión. Toda una contradicción.

Eberhard Schockenhoff: La tesis del fin de la religión viene de muy lejos. En su nueva presentación en el marco de la investigación del cerebro no aporta cambio alguno. En el pasado, la religión siempre se ha revitalizado a sí misma. Contemplo, pues, con mucha tranquilidad ese aire de novedad revolucionaria que presenta la neurología. Pero no deja de sorprender que haya incluso filósofos que otorguen a una ciencia de laboratorio la capacidad de hacer afirmaciones sobre la realidad en su conjunto. Pone de manifiesto una comprensión ingenua de la realidad: los conocimientos neurocientíficos que, desde un punto de vista metodológico específico, dan cuenta de fenómenos muy determinados, no poseen ninguna fuerza explicativa con tal validez general.

Profesor Voland, ¿qué opina usted sobre la idea de que el avance en el conocimiento de la biología de la conciencia terminará por hacernos perder la fe?

Eckart Voland: No puedo imaginarme que una explicación científica llegue a desbancar algún día a nuestra religiosidad, por lo mismo que no me imagino que el conocimiento de los neurotransmisores implique desbanque el amor o el dolor. Todo ser humano mantiene dos sistemas distintos de saber. Por un lado, el de los conocimientos racionales, y, por otro, el de las convicciones individuales básicas, que no son accesibles racionalmente. Entre éstas se cuenta también la religiosidad, que —con todas las diferencias en los detalles— hallamos en todas las sociedades humanas. La fe en lo suprasensorial es un logro del cerebro humano que se ha configurado en el trascurso de la evolución. No podemos “aparcarla” por la intrusión de la razón. Mas la religiosidad está plenamente abierta a la investigación científica. Y la ciencia es también el mejor camino posible de acercarse al fenómeno, pues sólo ella hace prosperar el saber.

¿Saber absoluto?

Voland: No. Siempre sólo provisional. La historia de la ciencia es una historia de errores. ¿Quién pretende negarlo? Pero los errores son cada vez menores.

Hace tiempo que nos hemos acostumbrado al “deshecho del hombre” provocado por la ciencia. ¿Qué nuevos argumentos suministra hoy la investigación del cerebro?

Voland: Nos ofrece los detalles empíricos. Por supuesto, la reflexión de que nosotros somos, por entero, biología es tan vieja como Charles Darwin: el ser humano, con todos los productos de su mente, es parte de una naturaleza monista. Hasta la fecha, esta idea no se ha rebatido científicamente. Los neurobiólogos nos indican ahora su significado exacto en el ámbito de la experiencia, de la acción y de la sensación.

De todos modos, los investigadores del cerebro no podrían, con sus medios, encontrar un alma, ¿o sí?

Voland: ¿Qué buscamos, pues? Ciertamente no un fantasma con un estatuto ontológico dudoso, sino la base neuronal de las prestaciones psíquicas, que asociamos con la idea de “alma”. Y éstas son, de hecho, descriptibles.

Schockenhoff: La existencia del alma no es demostrable con métodos neurocientíficos. Pero ello sólo nos revela algo sobre los límites de la investigación cerebral, no sobre el alma. No es algo localizable en el hombre, sino la capacidad de gobernarse a sí mismo y de reflexionar. La investigación del cerebro puede situar muy exactamente, con técnicas de formación de imágenes, determinados procesos cerebrales. Hablamos de correlatos neuronales, que acompañan a fenómenos



PHILIPP ROTHE

psíquicos. Esto es lo que se puede medir en el laboratorio. Pero la cuestión decisiva es: ¿Qué significan estos correlatos neuronales? ¿Qué relación guardan las actividades que podemos comprender científicamente con aquello de lo que hablamos en la vida diaria? Las ciencias de la naturaleza explican sus datos empíricos bajo un supuesto dogmático muy concreto: todos los fenómenos del mundo están conectados causalmente. Por lo tanto, es obvio que puede atribuírsele también a los correlatos neuronales una eficacia causal para las correspondientes vivencias conscientes. En cambio, el lado subjetivo de la realidad —mi experiencia de libertad, la realidad vivida de Dios— no tiene, pues, una realidad independiente, sino que surge de los respectivos procesos neuronales del cerebro. Pero esto es sólo una interpretación, cuya verdad depende de presuponer que el mundo está causalmente cerrado.

Profesor Voland, ¿hasta qué punto es dogmática la ciencia?

Voland: Ningún investigador serio sostendría que no haya límites insuperables para el saber. Por eso tampoco se entiende la ciencia sin sus propios supuestos básicos, metafísicos. Causalidad y completitud se cuentan entre ellos; pero, en principio, son cuestionables. Precisamente en esto se manifiesta la ventaja de la ciencia frente a otras formas de abordar la realidad: la ciencia puede reflexionar sobre sus propias premisas y, de ser necesario, corregirlas.

Schockenhoff: Disiento. La capacidad de autocritica es una facultad de la mente humana. Se da también en la ética y en la religión. Precisamente el cristianismo ha desplegado una relación particular con la razón y, asimismo, bajo la forma de la teología académica, ha producido una marcada reflexión sobre sí misma.

Voland: ¿De verdad lo cree? La religión no lo tiene precisamente como método. Al contrario, se fundamenta en supuestos básicos que no deben ponerse en duda. Si, no obstante, alguien lo hace, éste tal vive con riesgo. Y ésta es precisamente la diferencia con la ciencia.

Schockenhoff: La ciencia es el camino real del conocimiento empíricamente asegurado. No lo niega nadie. Pero la ciencia no es un camino real de todos los fenómenos, ni precisamente de su comprensión existencial. Tomemos como ejemplo el amor. Desde la ciencia podemos exponer algo sobre las hormonas, sobre correlatos neuronales, etc. Pero considero muy exagerada la afirmación de que entenderíamos cada vez mejor el sentido del amor si nos ceñimos a la investigación en ese camino.

Voland: Siempre hay, por supuesto, dos perspectivas desde las que abordamos estos asuntos: la perspectiva de primera persona (¿qué siento cuando me enamoro?) y la perspectiva de tercera persona (¿qué procesos biológicos se presentan?). Pero esta constatación no es más que una trivialidad.

Schockenhoff: Lo que yo critico como pretensión exagerada en más de un

científico es la idea de que eso, que se muestra en la perspectiva de tercera persona, represente el acceso privilegiado a la realidad y que los fenómenos de la perspectiva de primera persona se deriven simplemente de aquélla. Por ejemplo, que la sensación de una voluntad libre es irreal, porque nuestras acciones están producidas por el cerebro antes incluso de que seamos conscientes de la decisión de actuar. La ciencia estaría mejor asesorada si no se atribuyera un imperialismo interpretativo sobre la realidad.

Contra esto, Metzinger argumenta que la imagen cristiana del hombre está en almoneda. ¿Cuál es el núcleo de la “imagen cristiana del hombre”?

Schockenhoff: En cualquier caso, no una especie de común denominador de lo que se considera ético en nuestra sociedad, como sugiere Metzinger. La imagen bíblica del hombre se fundamenta en que dirige responsablemente, en la presencia de Dios, la vida que ha recibido de El. Sólo el hombre está dotado de conciencia y de la capacidad de preguntarse por el sentido: ¿De dónde vengo? ¿A dónde voy? Y estos aspectos de la imagen cristiana del hombre no sólo se fundan en la Biblia, sino que también se deducen a través de la reflexión filosófica.

Según la representación cristiana, ¿no es el hombre una naturaleza com-



“El deshechizo del espíritu no llevará a eliminar la psicología de la vida cotidiana”

Eckart Voland

ECKART VOLAND es biólogo y catedrático de filosofía de biociencias en el Centro de Filosofía y Fundamentos de la Ciencia en la Universidad de Giessen.

puesta de cuerpo y alma, de mente y cuerpo?

Schockenhoff: No. Es verdad que reúne ambos aspectos, pero no se le puede describir con conceptos dualistas. La imagen bíblica del hombre es global e integral: el hombre no se compone de dos cosas, sino que tiene una y la misma realidad mental-espiritual-corporal. Por este motivo el hombre es algo singular. Por un lado, está acuciado por la naturaleza que le rodea, y, por otra, llega hasta el ámbito del espíritu, a través del cual participa de la realidad de Dios.

Probablemente, la mayoría de los investigadores del cerebro dirán que su imagen del hombre es también global e integral.

Schockenhoff: Global, a lo sumo en el sentido de que consideran el ámbito de los aspectos materiales como el único existente y a todo lo demás como fenómenos asociados. Pero esto no es globalidad, sino naturalismo reduccionista.

Voland: Algo que no sucede por mero capricho, sino por exigencia racional. Los científicos pueden explicar determinados fenómenos con mayor economía mental, es decir, sin recurrir a ropajes metafísicos. Usted dice que la ciencia no basta para explicar por completo la realidad. De acuerdo, pues, en caso contrario, ya lo sabríamos todo. Pero, ¿de qué otros métodos disponemos? ¿La introspección? ¿Puedo yo

acrecentar el saber reflexionando sobre mí mismo, aguzando el oído en mi interior? Este procedimiento es muy poco fiable. Yo sigo sosteniendo que no hay ninguna alternativa al método crítico-racional.

Schockenhoff: En este punto deberíamos distinguir entre saber de disposición y saber de orientación. La racionalidad crítica, en el sentido de un saber técnico de disposición, no es buen consejero para las cuestiones de orientación, como, por ejemplo, qué es el amor. Pues si queremos comprender a dos personas que se aman, si nos interesamos por la realidad de su relación, entonces la vía de la introspección (es decir, deducirla a partir de las experiencias semejantes que nosotros mismos tenemos) es totalmente adecuada. Nos abre un mejor acceso que el simple análisis de los neurotransmisores del cerebro.

Volvamos de nuevo a la religión. ¿Sería concebible un cristianismo sin libre albedrío, responsabilidad, culpa y alma? Todos ellos son conceptos de los que algunos neurólogos manifiestamente se han despedido.

Schockenhoff: No sólo no sería concebible el cristianismo sin tales elementos, sino tampoco la humanidad. Si pudiéramos reducir a procesos metabólicos cerebrales cuanto designamos mediante dichos conceptos, el resultado sería la abolición del ser humano. No se con-

vertiría la apariencia anterior en verdad, es decir, desenmascarar al hombre como bestia o un ego-autómata, sino que se suprimiría todo aquello que le caracteriza frente al resto del mundo vivo.

Voland: He de oponerme rotundamente. No puede ser irrelevante entender cómo se siente psíquicamente la culpa y cómo se presenta neurobiológicamente. Lo que de ahí se derive para nuestro derecho penal o para nuestra imagen de la responsabilidad en la vida cotidiana, hay que discutirlo después. Pero no podemos contar, de entrada, con que no puede ser lo que no debe ser. El deshechizo del espíritu no llevará, en absoluto, a eliminar la psicología de la vida cotidiana. Por supuesto que podemos sentir la culpa, aunque sepamos que carecemos de voluntad libre.

Schockenhoff: Mas la cuestión decisiva en esta discusión es: en la relación entre personas, ¿corresponde al sentimiento de culpa una realidad o se trata de un fenómeno asociado a determinados procesos cerebrales? Si a un programador se le escapa un error en su software, él mismo puede, en principio, enmendarlo. Arregla un par de líneas y el programa vuelve a funcionar. En las relaciones es diferente. Quien, a sabiendas, se juega una convivencia, mintiendo o no diciéndolo la verdad, puede ponerla en serio peligro. Y después no tiene ya el poder de reparar la relación por sí mismo. Cae en una situación de falta de libertad, sin salida desde su punto de vista: el compañero ha de perdonar y recuperar así la relación rota. La culpa no se reduce a la neuroquímica del cerebro.

“En una sociedad democrática no puede haber ninguna autoridad que nos prescriba qué estados de conciencia son deseables y cuáles no”

Eberhad Schockenhoff



PHILIP ROTHE

EBERHARD SCHOCKENHOFF es catedrático de teología moral en la Universidad Albert Ludwig de Friburgo y representante de la Iglesia Católica en el consejo nacional de ética.

El estudio demoscópico mencionado al principio refuerza la tesis de que una desaparición de las convicciones religiosas quizá pondría en peligro nuestra sociedad. Según el estudio, el 43 por ciento de las personas religiosas por debajo de los 30 años considera importante asumir responsabilidades en favor de otros, y sólo el 26 por ciento de las no religiosas. Las primeras se pronuncian, además, en un 61 por ciento, por tener niños; las segundas sólo en un 32 por ciento. ¿Cómo interpreta cada uno de ustedes estos números?

Voland: Como se ha dicho, creo exagerado el anunciado canto de cisne de la religión, porque la explicación científica no elimina los fenómenos que explora. Pero, sólo por una vez, supongamos que fuera así y que Dios ya no cumple ninguna función; en ese caso, tampoco sería una catástrofe. Ética y moral seguirían existiendo en la sociedad. Pues los valores no se gestionan racionalmente, sino a través de procesos de impronta o acuñación en la infancia, es decir, ratificados por programas acreditados en la evolución. Cómo lo racionalice después, en beneficio propio, cada uno (sea con un ropaje metafísico, sea diciendo, como biólogo, que los valores son disposiciones conductuales, que han surgido evolutivamente) no desempeña, sin embargo, un papel determinante para la continuidad de los valores sociales. Las religiones no crean valores; los interpretan y, tal vez, establecen espacios en los que deban tener validez. Si

pretenden establecer valores contra la *conditio humana*, como, por ejemplo, el amor a los enemigos, fracasarán.

Schockenhoff: Yo colijo de estos números que la simbiosis de cristianismo y cultura europea, que ha impregnado nuestro continente a lo largo de siglos, se desmorona lenta, aunque implacablemente. Estos sondeos reflejan que una sociedad por sí sola, es decir sin fe, difícilmente puede conservar esta esencia humana básica, adquirida en tiempos pasados. Pues, desde su autocomprensión, la ética cristiana no reclama una función religiosa especial, sino una moral de la auténtica humanidad.

Voland: Lo niego. Investigaciones diversas muestran que los humanos hacen el bien espontáneamente y que no reflexionan. Incluso sin haber leído el sermón de la montaña ni a Kant, pueden salvarles la vida a sus semejantes, arriesgando enormes costes personales. En nosotros hay impulsos que nos “obligan” a tal comportamiento.

¿Qué piensan de la idea de una neuroantropología normativa? El creciente acceso al cerebro y a la conciencia, ¿abre nuevas respuestas a la cuestión de cómo ha de ser el hombre?

Voland: Esta antiquísima cuestión no será resuelta ni por los conocimientos más recientes. Para su esclarecimiento falta un método fiable. Pero la neuroantropología ofrece respuestas, cada vez más esclarecedoras, de cómo podría ser

el hombre; y en ello radica su mayor utilidad.

Schockenhoff: En la hipótesis de que algún día pudiéramos quizá controlar completamente la conciencia humana, se hace apremiante la pregunta de cuáles son los criterios para establecer que unas formas de conciencia valen la pena y otras no. Desde un punto de vista moral, muy bien puede dársele la vuelta al argumento: aunque tuviéramos medios de controlar totalmente los estados de conciencia de otros, no deberíamos hacerlo, pues, en ese caso, la neurociencia se haría totalitaria. En una sociedad democrática no puede haber ninguna instancia que nos prescriba qué estados de conciencia son deseables y cuáles no. Fíjese en el ejemplo de la tristeza o melancolía. Es obvio que mucha gente la padece; pero, ¿se puede, por eso, decir que no es una cualidad deseable de la conciencia? La melancolía abre también una puerta a la verdad de la vida humana que sólo una conciencia superficial, marcada por la diversión, le cierra. En este sentido, el primer principio de una ética normativa de la conciencia debería ser éste: nadie tiene el derecho de compensar entre sí estados de conciencia distintos o de prescribirnos cómo hemos de ser y cómo no.

Moderó CARSTEN KÖNNEKER, director de *Gehirn und Geist*.

Sinapsis eléctrica

Los contactos entre las células nerviosas transmiten información a través de sustancias químicas. Aunque no todos. Existe un pequeño grupo de sinapsis que pone en directa comunicación dos neuronas mediante flujo eléctrico

Rolf Dermietzel

Demasiado caliente! Los termorreceptores de las yemas de los dedos disparan la alarma. El mensaje recorre el nervio, a 300 km/hora, en dirección al cerebro, donde es procesado de inmediato. La musculatura recibe la orden: ¡quita el dedo! Este tipo de mensajes —cifrados en potenciales de acción eléctricos— circulan permanentemente por nuestro sistema nervioso y no sólo evitan que nos quememos los dedos en un hornillo sino que, sobre todo, laboran por la supervivencia.

Cien años atrás, muchos neurofisiólogos seguían creyendo que los mensajes se transmitían a través de conducciones ininterrumpidas que recorrían nuestro cuerpo a modo de cables eléctricos o tuberías de agua. Otros se adhirieron a lo que se confirmó cierto: la neurona es una unidad clausurada en sí misma. Para retransmitirse los mensajes, una neurona debe establecer contacto con la siguiente.

En la mayoría de los puntos de contacto, las sinapsis, ambas neuronas están separadas por un hiato o hendidura. El paso de información requiere así la intervención de neurotransmisores. A la disfunción de esos mediadores se atribuyen la epilepsia, la enfermedad de Parkinson, la depresión o la esquizofrenia, entre otros trastornos neurológicos. Por eso, los psicofármacos (tranquilizantes o antidepresivos) operan sobre la interacción de los neurotransmisores, reforzando o mitigando su acción. No debe extrañar, pues, que estos contactos nerviosos, denominados “sinapsis química” por el tipo de transmisión, se hayan convertido en un tema especial de investigación neurocientífica.

En 1959, Edwin Fursphan y David Potter describían la primera observación de transmisión eléctrica directa de las motoneuronas de las gambas. En ese mismo año, Michael Bennett, que trabaja hoy en el Albert Einstein College

de Nueva York, lo ratificó para el pez globo. Pero el interés por la “sinapsis eléctrica” quedó aletargado hasta hace 10 años, desentrañada ya su estructura molecular.

Las ventajas de la sinapsis eléctrica, frente a la química, son palmarias. En aquélla los impulsos se transmiten directamente y a gran velocidad de una neurona a otra. En cambio, la sinapsis química debe liberar primero los mensajes, que luego han de atravesar la hendidura sináptica para culminar su función, proceso que viene a durar medio milisegundo. A nosotros ese tiempo nos parece un parpadeo, mas para determinados procesos fisiológicos —como el reflejo de huida del pez globo, que escapa del peligro con un movimiento relampagueante de la cola— resulta una eternidad. Las sinapsis eléctricas, por contra, transmiten los impulsos sin apenas retardo.

A ese tipo de nexo se le denomina unión de intervalo (*véase el recuadro “Gemelos desiguales: sinapsis químicas y eléctricas”*). Por ejemplificarlo, tales “comunicaciones lagunares” transmiten la excitación eléctrica de las células del músculo cardíaco y posibilitan la contracción coordinada del corazón. La transmisión precisa de la excitación de las regiones marcapaso a la musculatura cardíaca no sería posible sin estas uniones de intervalo. Con fundada razón, buena parte de la investigación sobre este tipo de contactos celulares se concentra en las alteraciones patológicas del corazón.

Cortocircuito controlado

¿Cómo funcionan las sinapsis eléctricas? Intervienen proteínas de membrana, acopladas entre sí, que tienden un puente directo entre el espacio formado por dos neuronas. Poseen en el centro un poro, por donde fluyen iones de una célula a la siguiente. En esta última, y a través de una suerte de cortocircuito controlado, desencadenan potenciales de acción que se retrans-

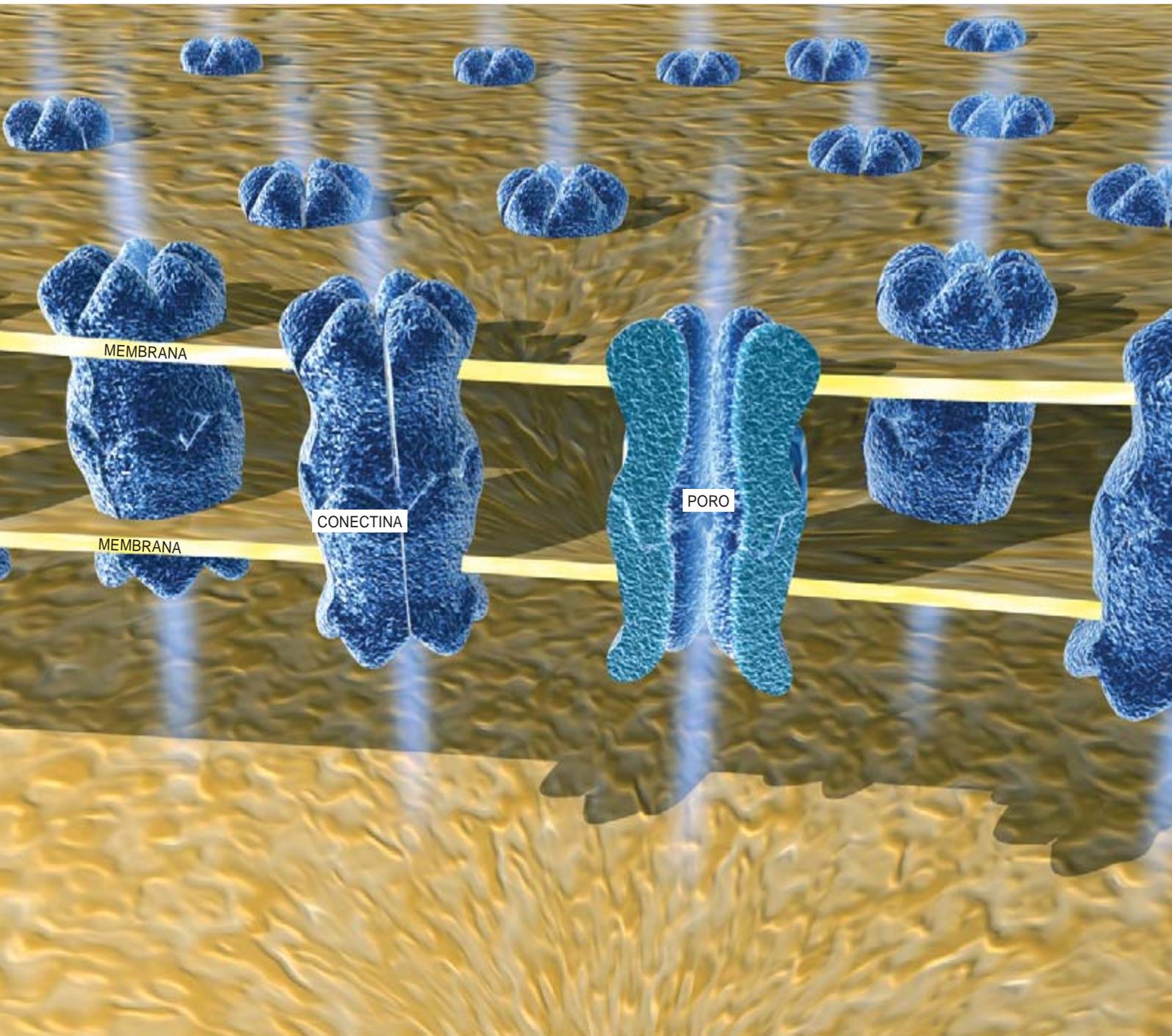
miten. A través de estos canales no pasan sólo iones; los poros alcanzan magnitud suficiente para el tránsito de otras moléculas, incluidos los neurotransmisores clásicos.

Las sinapsis eléctricas desempeñan una misión fundamental en la excitación sincrónica de grupos neuronales enteros. Lo demostraron, en investigación independiente, el grupo de Hanna Monyer, de la Universidad de Heidelberg, y el de Barry Connors, de la Universidad Brown de Providence, en el año 2001. Entre los ratones sin el gen formador de las sinapsis eléctricas brillan por su ausencia determinadas oscilaciones de la tensión en la región de 30 a 60 hertz. Las sinapsis eléctricas se dan de preferencia en las pequeñas interneuronas de la corteza y en el hipocampo. Estas células suprimen, a su vez, redes neuronales de orden superior que procesan las percepciones sensoriales y controlan los movimientos musculares.

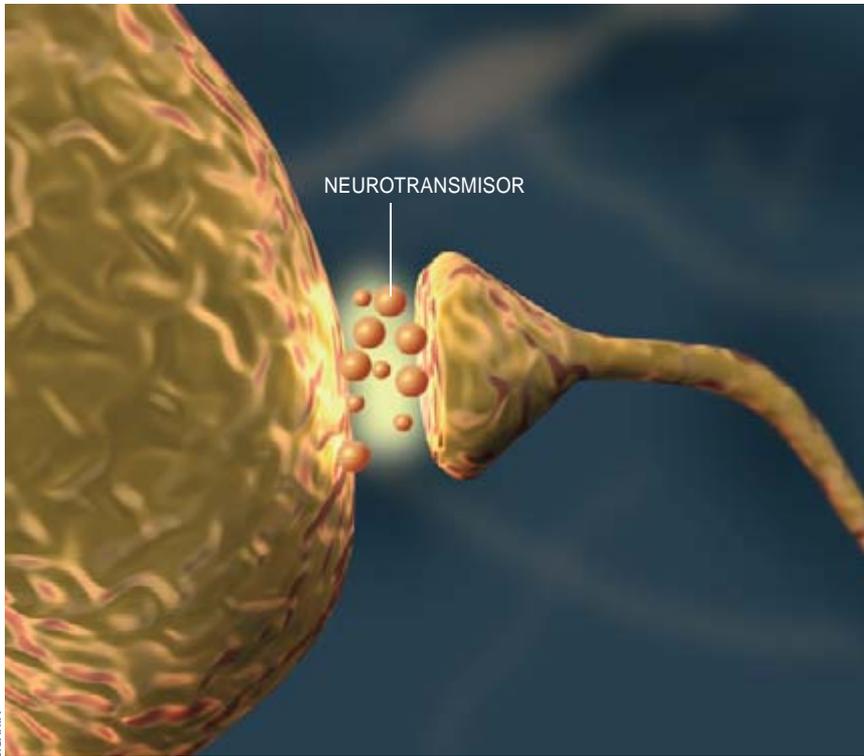
Por lo que parece, las interneuronas, acopladas a través de sinapsis eléctricas, filtran el flujo de entrada de la información transformando las excitaciones en descargas rítmicas y rápidas y transmitiendo estos ritmos a grandes distancias. Las sinapsis eléctricas permiten una rápida difusión de las excitaciones rítmicas, en las que regiones diferentes del cerebro se activan de manera casi simultánea.

Además, las sinapsis eléctricas cumplen otras funciones importantes, incluso para el desarrollo embrionario. Las células troncales, aun totalmente indiferenciadas, del primer esbozo del cerebro de los mamíferos se acoplan entre sí a través de uniones de intervalo. Sin embargo, carecen de capacidad de sincronizar la actividad eléctrica, por la sencilla razón de que tales células precursoras no se excitan. Sí regulan su división celular, como demostraron Arnold Kriegstein y sus colaboradores en 2004. Cuando estos investigadores de la Universidad de Columbia suprimieron el acoplamiento de las células embrionarias a través de las uniones

1. CONTACTO DIRECTO. Una sinapsis eléctrica se compone de multitud de canales (en azul), que permiten el flujo de iones a través de membranas celulares vecinas. Cada canal consta de 12 conectinas.



SIGANIM



SIGANIM

2. MENSAJERIA. En una sinapsis química, el mensaje se transmite de una neurona a otra a través de neurotransmisores.

de intervalo, se descontroló la división celular.

La multiplicación, ordenada en el tiempo, de las células precursoras es imprescindible para la maduración cerebral, puesto que las células penetran en el tejido circundante por grupos desde la zona germinal interna de la vesícula cerebral; a partir de aquí, se van desarrollando las capas cerebrales. Si las células precursoras neuronales no estuvieran acopladas, se producirían malformaciones letales del cerebro en desarrollo.

Después de nacer, las sinapsis eléctricas siguen cumpliendo una misión fundamental. Como describieron Karl Kandler y Larry Katz, de la Universidad Kuke de Durham, en 1998, estas asociaciones celulares aparecen en las

No hay ninguna red. El final de un largo trayecto

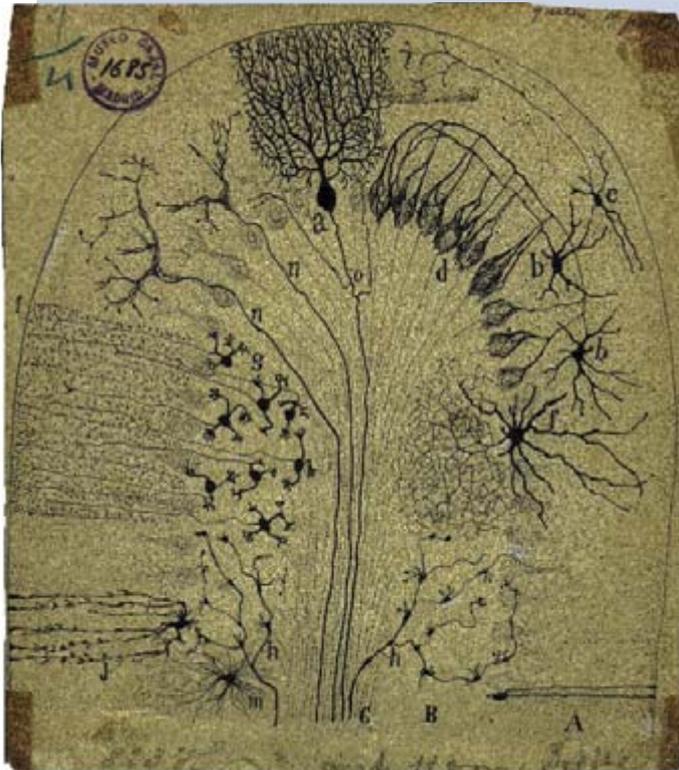
Con el descubrimiento de las sinapsis eléctricas se ha vuelto a encender una lucha entre teorías científicas que lleva más de 100 años: hacia finales del siglo XIX, se produjo un enar-

decido conflicto entre los reticularistas (del latín *reticulum* que significa red), que consideraban el tejido nervioso una estructura continua sin neuronas separadoras, y los representantes de la teoría neuronal, que consideraban cada célula nerviosa como una unidad clausurada en sí misma y separada espacialmente de las neuronas vecinas. Los lugares de contacto entre ellas, por donde se comunicaban las neuronas, se llamaban sinapsis.

Ahora que se conocen las sinapsis eléctricas, ¿podrían los reticularistas volver a la escena neuronal? A primera vista, así parece. Si a través de los poros de la membrana no sólo circulan iones sino también neurotransmisores y otras moléculas señalizadoras importantes, que transmiten información, se podría, con toda razón, hablar de un estado de continuidad funcional.

Sin embargo, no es cierto que todas las neuronas del cerebro maduro estén unidas por sinapsis eléctricas. Los contactos rápidos se concentran sobre todo en determinadas regiones, donde se necesita una sincronización exacta de muchos grupos celulares. Así, se observan en la región de las células piramidales del hipocampo, que contribuye a determinadas formas de almacenamiento de la memoria. También se aprecian en el bulbo olfatorio, en los núcleos del tronco cerebral y, sobre todo, en la retina. La verdad fundamental de la teoría neuronal sigue prevaleciendo: no hay ninguna red continua y las sinapsis eléctricas cumplen funciones esenciales sólo en algunos lugares del cerebro.

INDIVIDUALIDAD DE LA PSIQUE. El histólogo español Santiago Ramón y Cajal preparó dibujos primorosos de las células nerviosas teñidas y demostró la teoría neuronal.



CIC. INSTITUTO CAJAL, MADRID

Gemelos desiguales: sinapsis químicas y eléctricas

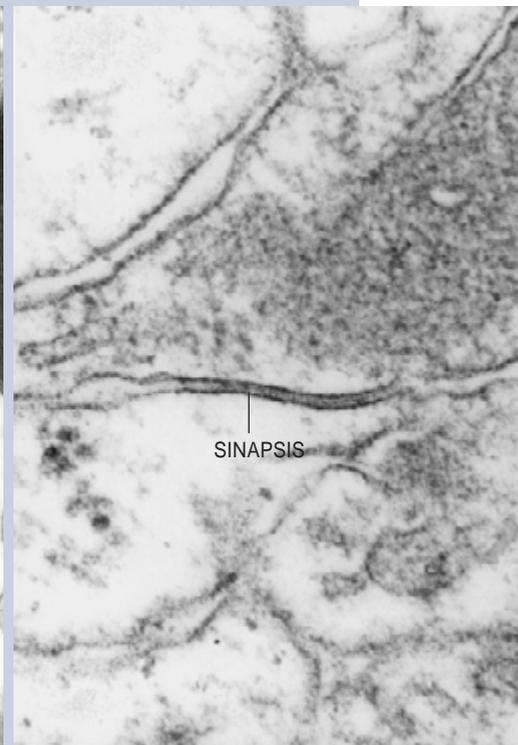
Casi todos los contactos por donde una neurona transmite señales a otra pertenecen al tipo de sinapsis química (véase imagen de la izquierda). Cuando llega un impulso nervioso, en forma de un cambio de potencial, entran inicialmente iones de calcio en la neurona. El flujo de iones hace que se encaminen hasta la membrana vesículas del interior celular; las vesículas se unen a la membrana y, de ese modo, expulsan su contenido —el neurotransmisor— al exterior, es decir, al espacio comprendido entre dos neuronas vecinas. Los mensajeros recorren el espacio sináptico y se unen a las moléculas receptoras específicas situadas en la membrana celular de la neurona siguiente. A continuación, se abren canales por donde penetran en la célula diversos iones, que modifican la tensión de la membrana, creando un potencial de acción.

El proceso de excitación en las sinapsis químicas depende de una compleja interacción entre neurotransmisores y sus receptores. Se requiere el concurso de multitud de proteínas auxiliares para que tenga lugar la liberación del neurotransmisor en el momento y la cantidad adecuados. La duración, la velocidad y el tipo de excitación dependen de la vida, corta, del neurotransmisor en la hendidura sináptica.

Las sinapsis eléctricas (a la derecha) llevan una vida bastante menos excitada. Se componen de proteínas, las

denominadas conectinas, que forman uniones de intervalo, canales entre células vecinas. Iones o productos del metabolismo, de bajo peso molecular, pasan de una célula a otra por estos canales. El cerebro y el corazón utilizan probablemente las señales eléctricas para la transmisión más rápida posible de la excitación.

Las sinapsis eléctricas no son tan simples como aparentan a primera vista. No dejan pasar cualquier sustancia, sino que la seleccionan según su tamaño y carga y pueden modificar la capacidad de conducción eléctrica según la necesidad.



UNIVERSIDAD DEL RUHR, BOCHUM, ELISABETH PETRASCH-PARVEZ

MATERIAL DE RELLENO.

El microscopio electrónico muestra un espacio en las sinapsis químicas (a la izquierda). En la variante eléctrica (a la derecha), el espacio está relleno de proteínas.

dos primeras semanas de vida de la rata. Sólo a partir de esa fase, en la que maduran los circuitos de relé neuronal y se forman las sinapsis químicas, desaparecen poco a poco las uniones de intervalo, hasta confinarse en algunas regiones, como el hipocampo y las interneuronas inhibitorias de la corteza cerebral.

La explosión de sinapsis eléctricas secundaria al nacimiento refleja un hecho: las uniones de intervalo representan un principio antiquísimo de comunicación celular. Del mismo disponen ciertos organismos multicelulares sencillos, como las esponjas y los urocordados. Las sinapsis eléctricas se establecen muy pronto en el sistema nervioso en fase de desarrollo de los mamíferos; sin embargo, los contactos químicos entran

en escena sólo después del nacimiento, cuando se culmina la maduración del cerebro y se establecen los circuitos específicos para las funciones más diversas.

Al parecer, los contactos eléctricos aseguran la comunicación entre las neuronas hasta el momento en que se establecen definitivamente las transmisiones por las sinapsis químicas. En cuanto las sinapsis eléctricas pasan el testigo a sus hermanas químicas, se abre el camino para la construcción de un cerebro complejo.

Las uniones de intervalo se hallan involucradas en las crisis epilépticas y otros trastornos neurológicos donde las grandes poblaciones neuronales se activan sincrónicamente a lo largo de regiones amplias del cerebro. La in-

tervención de las sinapsis eléctricas tiene una razón principal de ser: estas sinapsis se dan en una red de neuronas que normalmente inhibe el sistema neuronal superior, de donde parten las crisis. Además, en cortes de cerebro se aprecian descargas epilépticas de grupos neuronales acoplados a través de comunicaciones eléctricas. En el año 2004, el grupo de Christophe Mas, de la Universidad de Ginebra, descubrió una mutación del gen de la proteína principal de las sinapsis eléctricas en una forma congénita de epilepsia. Es posible que, en el futuro, ciertas formas de epilepsia se traten con medicamentos que inhiban la excitabilidad de la sinapsis eléctrica.

Las uniones de intervalo desempeñan, asimismo, un papel en las secue-

las de los ictus. Desde hace tiempo, los neurólogos se preguntan por qué a las pocas horas del ictus crece el perímetro de la región cerebral dañada y se extiende la zona originalmente lesionada. Si se pudiera amortiguar esta “penumbra”, que rodea como un halo el lugar original dañado, se habría dado un paso de gigante para tratar el ictus.

Un lugar no cerrado

La clave reside, en este caso, en los astrocitos, células de aspecto estrellado y distintas de las neuronas. Se comportan a la manera de nodrizas al servicio de los requerimientos de las neuronas de su entorno; entre sus cometidos, procurarles la mezcla adecuada de iones disueltos, neurotransmisores y factores de crecimiento.

Los astrocitos están acoplados por miles de uniones de intervalo, lo que facilita un intercambio intenso de moléculas. Sin embargo, a través de esta vía también se pueden transmitir productos metabólicos nocivos, que se acumulan con la destrucción masiva del tejido cerebral en el ictus. En última instancia, terminan dañados grupos celulares que no habían sido afectados por el infarto original.

ROLF DERMIETZEL dirige el departamento de neuroanatomía e investigación cerebral molecular de la Universidad de Bochum.

Bibliografía complementaria

SYNCHRONOUS ACTIVITY OF INHIBITORY NETWORKS IN NEOCORTEX REQUIRES ELECTRICAL SYNAPSES CONTAINING CONNEXIN36. M. R. Deans et al. en *Neuron*, vol. 31, n.º 3, págs. 477-485; 2001.

IMPAIRED ELECTRICAL SIGNALLING DISRUPTS GAMMA FREQUENCY OSCILLATIONS IN CONNEXIN 36-DEFICIENT MICE. S. G. Hormuzdi et al. en *Neuron*, vol. 31, n.º 3, págs. 487-495; 2001.

ASSOCIATION OF THE CONNEXIN36 GENE WITH JUVENILE MYOCLONIC EPILEPSY. C. Mas et al. en *Journal of Medical Genetics*, vol. 41, n.º 7, e93; 2004.

CALCIUM WAVES PROPAGATE THROUGH RADIAL GLIAL CELLS AND MODULATE PROLIFERATION IN THE DEVELOPING NEOCORTEX. T. A. Weissman et al. en *Neuron*, vol. 43, n.º 5, págs. 647-661; 2004.

GAP JUNCTION EXPRESSION IN BRAIN TISSUES WITH FOCUS ON DEVELOPMENT. R. Dermietzel y C. Meyer en *Gap Junctions in Development and Disease*, dirigido por E. Winterhager, págs. 83-110. Springer; Berlín, 2005.

Lenguaje

TOWARD AN EVOLUTIONARY BIOLOGY OF LANGUAGE, por Philip Lieberman. The Belknap Press of Harvard University Press; Cambridge, 2006.

OTHER MINDS. HOW HUMANS BRIDGE THE DIVIDE BETWEEN SELF AND OTHERS. Dirigido por Bertram F. Malle y Sara D. Hodges. The Guilford Press; Nueva York, 2005.

Se da por sentado en evolución que el gesto precedió a la palabra. Y a aquél antecedió el grito o el canto. Entre los estudios clásicos de comunicación animal, destaca el realizado por David Browning y Peter Scheifele sobre el espectro acústico del relincho del caballo, de notable ancho de banda y frecuencia variable. Distinguieron dos componentes principales: uno, agudo, correspondiente al estado emocional intenso, propio del apareamiento, y otro, “trémolo”, que modula el sonido en muestra de agradecimiento o contento.

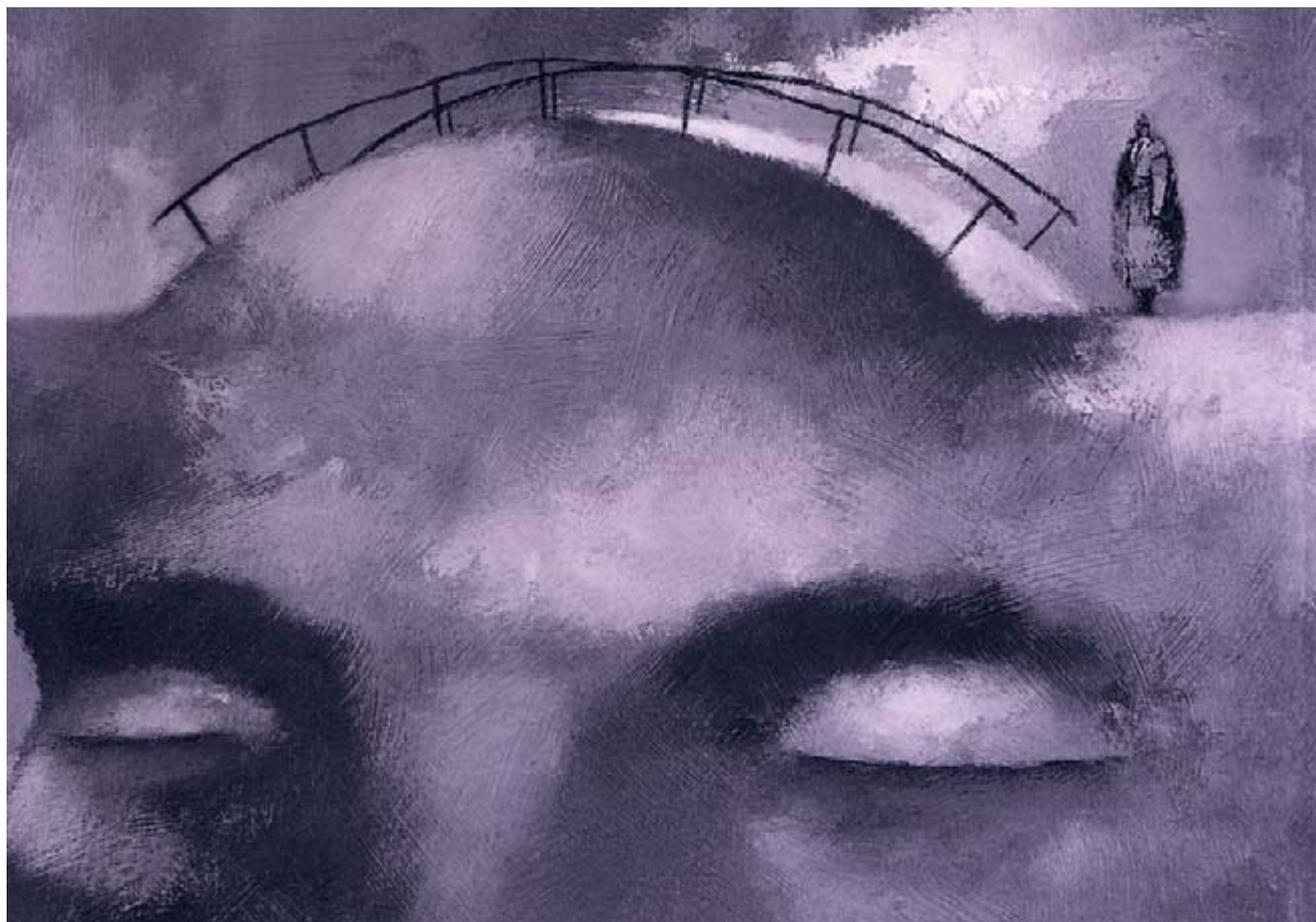
Pero cuando se busca el origen del lenguaje humano (*Toward an Evolutionary*

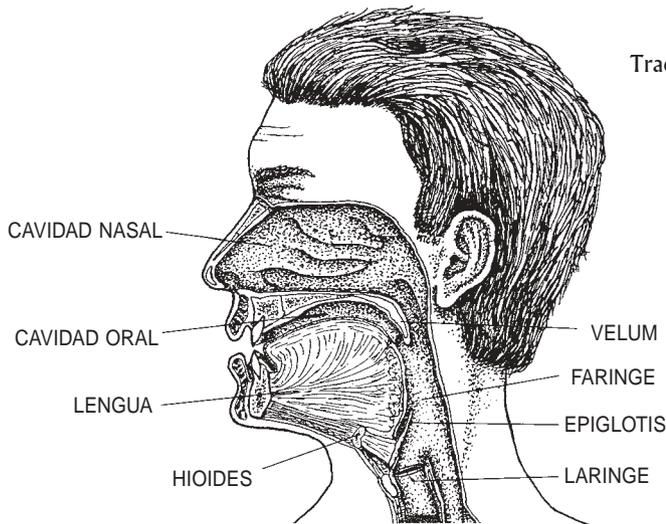
Biology of Language) los referentes obligados son nuestros parientes cercanos. Curioso es el caso de los machos de *Cercoptes nictitans*, que combinan dos vocalizaciones en diferentes secuencias de llamada, asociadas a sendas amenazas, una vinculada a la presencia del leopardo (*Panthera pardus*) y otra al revoloteo del águila coronada (*Stephanoaetus ornaus*). Esos primates emiten, además, gruñidos espontáneos por la mañana en el forrajeo y por la tarde de vuelta a sus nidos. Las dos llamadas de peligro, específicas del predador, pueden combinarse en una tercera estructura.

Los grandes primates no sólo exhiben su habilidad en la fabricación de herramientas o integración de grupos de caza. De acuerdo con la doctrina admitida, el antepasado común del chimpancé y los humanos se comunicaba de formas muy parecidas a las que emplean los chimpancés de nuestros días, sirviéndose de vocalizaciones y de gestos. (En estos antropoides, los gestos son aprendidos y empleados de una manera más flexible que sus vocalizaciones.)

Más tarde, los humanos fueron trazando su propia vía evolutiva, caminaron erguidos y liberaron sus manos para desplegar un repertorio mayor de gestos. Con la aparición del género *Homo*, hace unos dos millones de años, emergió el pensamiento recursivo. La recursión llevó a una teoría de la mente, a la capacidad de pensar en torno a lo que otros están pensando (*Other Minds. How Humans Bridge the Divide between Self and Others*). A diferencia de los sistemas de comunicación empleados por otras especies, el lenguaje humano permite referirse a asuntos fuera del contexto inmediato, expresarse sobre el pasado y el futuro; sobre posibilidades hipotéticas.

La sintaxis coloca al lenguaje humano fuera del resto de los sistemas de comunicación naturales. Pero desconocemos sus orígenes evolutivos. En *Syntactic Structures*, publicado en 1957, Noam Chomsky reservaba en exclusiva la facultad del lenguaje al cerebro humano. Todos los principios y reglas sintácticas de cualquier lenguaje que se hable o





pueda hablarse se hallan genéticamente codificados en la gramática universal. Venimos al mundo con un repertorio idéntico de conocimiento relativo a la sintaxis. En *Knowledge of language: Its nature, origin, and use* (1986), Chomsky abogaba por una tesis defendida ya por Jerome Fodor (*Modularity of mind*) y seguida por Steven Pinker (*How the mind works*). A tenor de la misma, la base neural del lenguaje humano es un “módulo”, peculiar y distinto de los mecanismos que regulan otros aspectos del comportamiento. El mecanismo neural hipotético que hace posible un lenguaje dotado de una sintaxis es una facultad restringida del lenguaje (FLN, de “narrow faculty of language”) que nos permite formular sentencias. Dicha facultad, postulan Hauser, Chomsky y Fitch, produce recursión.

Algunos científicos se sintieron incómodos con la hipótesis de la discontinuidad entre el hombre y el resto del reino animal. A los primates se les enseñó el “American Sign Language” (empleado para los sordos). Parecía que los primates se apoyaban en los signos para representar objetos, que podían incluso manipular los símbolos para formar sentencias y tenían, por ende, capacidad para la gramática, es decir, para la ordenación significativa de los signos. Al primer chimpancé que se le reconoció tal hazaña se le llamó “Nim Chimpsky”. Otros científicos objetan que nos hallamos ante condicionamientos de los cuidadores, no de una creación genuina de los simios. En su opinión, la capacidad lingüística constituye una innovación evolutiva que requiere una reestructuración radical del cerebro mediante selección natural.

Para Lieberman, la capacidad de lenguaje entraña la coordinación de circuitos neurales que regulan el control

motor con la memoria y otras funciones cognitivas superiores. La raíz evolutiva de nuestra capacidad lingüística creadora reside en el control motor.

El lenguaje, prosigue Lieberman, pone en juego la anatomía específica de especie relativa al habla, amén de los circuitos neurales subyacentes al pensamiento y determinantes del movimiento. En el lenguaje convergen distintas trayectorias evolutivas, cuyos hitos datan de hace seis o siete millones de años, dos millones de años, 500.000 años y los últimos 100.000 años, respectivamente; vale decir, los enclaves de la divergencia de los humanos y chimpancés, la síntesis del gen *ASPM* y otros que promovieron el aumento del volumen cerebral de los primeros miembros del género *Homo*, el distanciamiento de los neandertales, y, por fin, el advenimiento del hombre moderno.

Dos de los atributos biológicos que nos permiten producir el habla humana —un cerebro y una anatomía capaz de ejecutar determinadas acciones musculares complejas— se encuentran ausentes en los primates vivos y, con toda probabilidad, faltaron también o estaban presentes sólo en un grado mínimo en algunos homínidos arcaicos.

El rostro humano se reestructura en el transcurso de los primeros años de vida a partir de la morfología presente en *Homo erectus* y en los neandertales. Este proceso y la reconfiguración subsiguiente del órgano de la lengua podrían reflejar cambios en los genes reguladores. En virtud de ello, los humanos, y sólo ellos, poseen un tracto vocal supralaríngeo que está capacitado para producir todos los sonidos del habla y enhebrar sentencias largas y complejas.

Los ganglios basales, que prestan soporte a los circuitos neurales implicados en la sintaxis, confieren también flexi-

bilidad cognitiva, permitiendo que los individuos se adapten a las circunstancias cambiantes. Desempeñan un papel decisivo en la regulación del control motor. La interrupción de los circuitos que enlazan la corteza con los ganglios basales facilita el desarrollo de la esquizofrenia, desinhibición y trastorno obsesivo-compulsivo, entre otros trastornos, así como la apraxia verbal (dificultad en controlar la gesticulación de lengua, labios y laringe). En la apraxia se halla implicada una variante anómala del gen *FOXP2*. Aunque no se trata de un “gen del lenguaje”, sí aporta pistas sobre la evolución del cerebro humano y el lenguaje, al intervenir en el despliegue de un habla articulada, sintaxis y flexibilidad cognitiva. La versión de ese gen en el chimpancé, el gen *foxp2*, diverge de la versión humana. El análisis de la evolución del *FOXP2* indica que alcanzó su forma humana en el curso de los últimos 100.000 años.

Aunque otras especies se comunican y tienen representaciones mentales, sólo los humanos poseen uno y el mismo sistema para ambos menesteres, es decir, la comunicación social y la representación mental, verbal. Merced al empleo de ese sistema con ambos fines, el lenguaje puede aportar un camino que nos lleva hacia la mente de los demás. La competencia lingüística implica progresivamente habilidades adquiridas en diversos subdominios del sistema lingüístico. Por un lado, la competencia lingüística requiere un conocimiento de diferentes aspectos de la forma lingüística: *fonología, morfología y sintaxis*. Por otro lado, demanda un conocimiento del significado (*semántica*). Además, la competencia lingüística conlleva una capacidad para expresar e interpretar significados en el intercambio comunicativo (*pragmática*). Todos estos componentes del lenguaje, entendido como un sistema, se van adquiriendo gradualmente por el niño en su maduración, cuyas propias capacidades cognitivas le permiten que se dé ese logro. ¿Y si es bilingüe?

Hasta hace poco los ensayos que aplicaban técnicas funcionales de formación de imágenes se sentían incapaces de saber de qué modo el cerebro bilingüe distingue y controla qué lenguaje utilizar. Por una razón: los bilingües avanzados activan las mismas regiones cerebrales, cualquiera que sea el lenguaje que se emplee. La neurología acaba de demostrar que las respuestas neuronales del interior del caudatum son sensibles a los cambios en el lenguaje o en el significado de las palabras.

LUIS ALONSO

