

Mente y cerebro

Nº 5/2003
6,5€

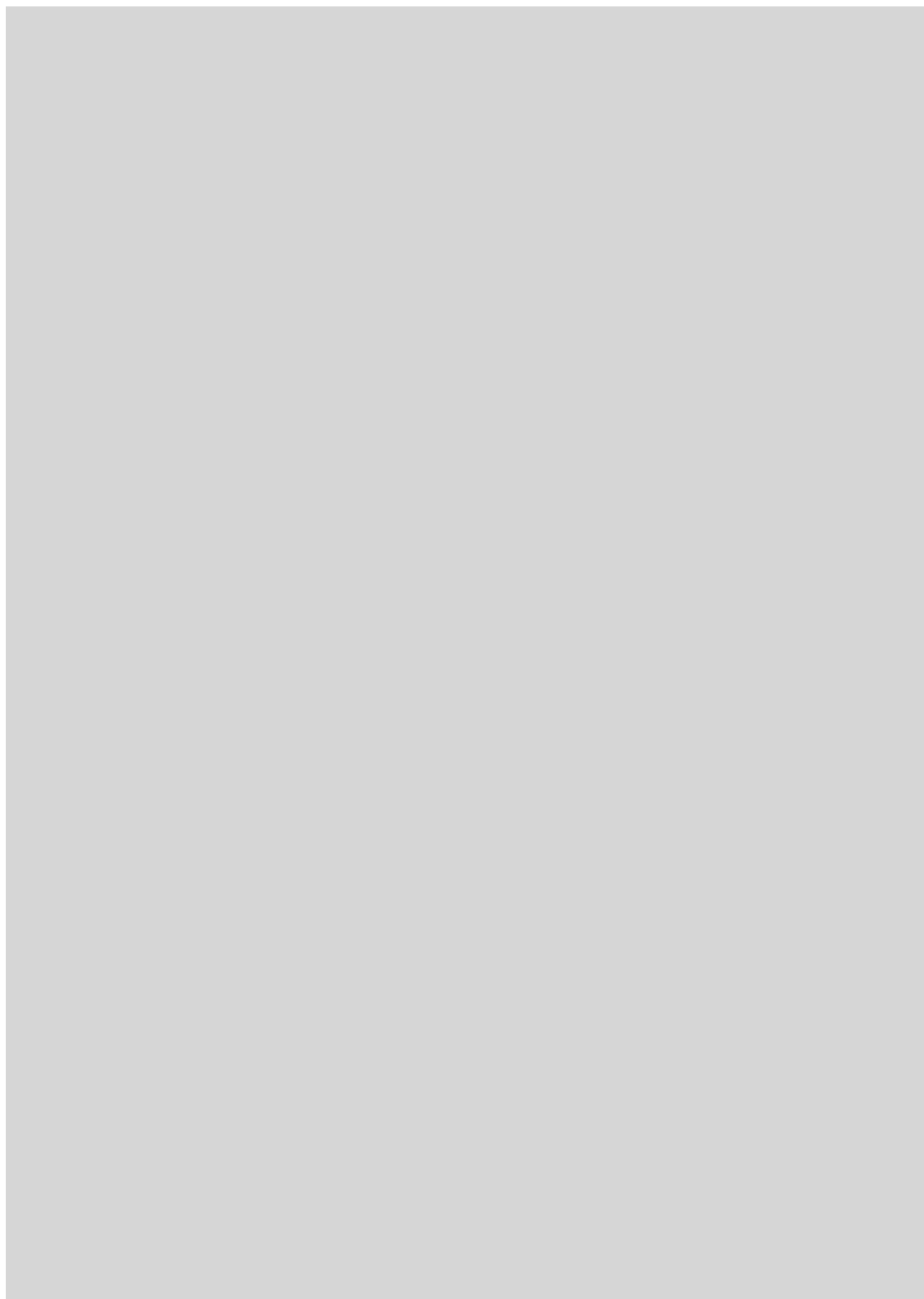
INVESTIGACION
CIENCIA

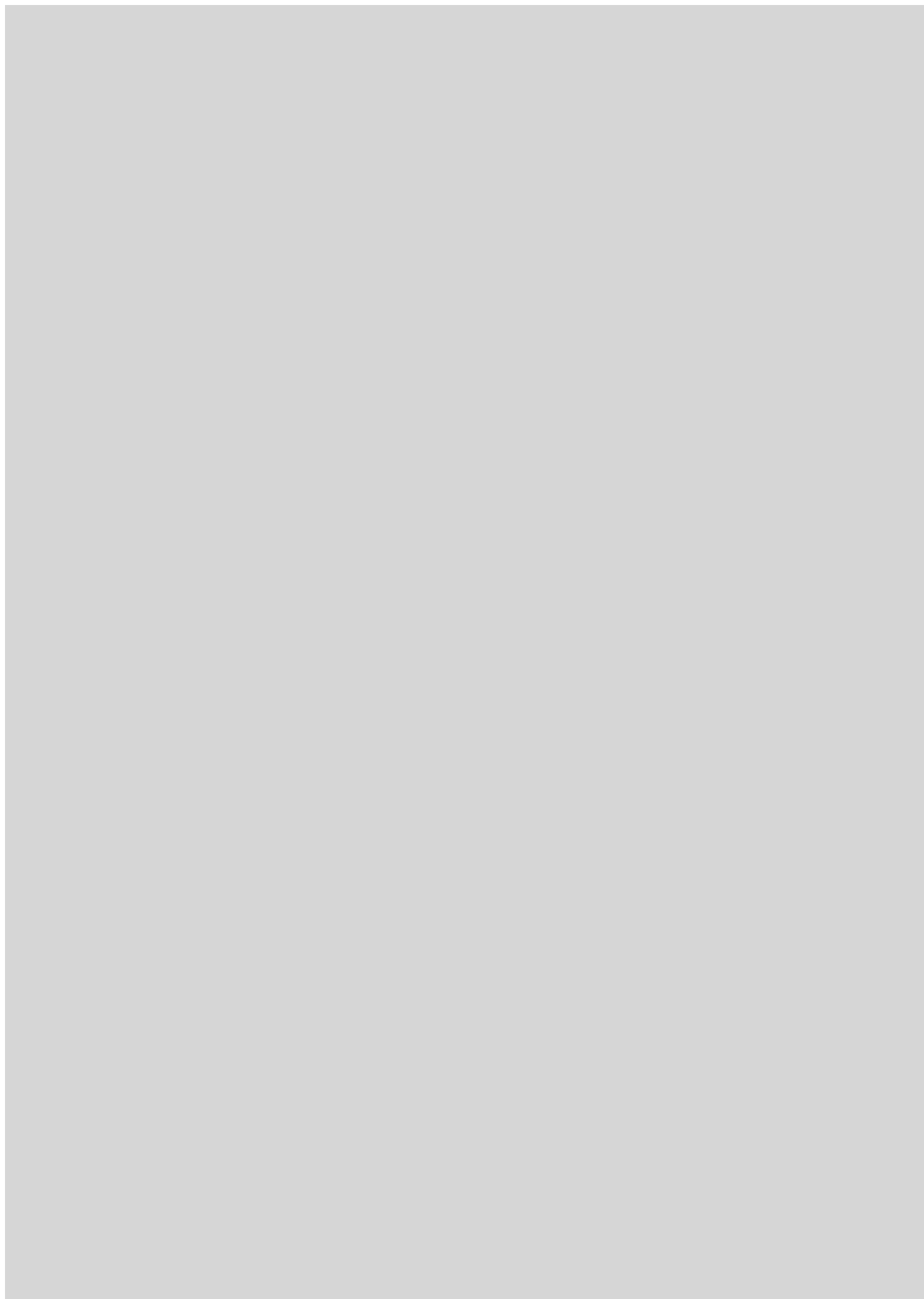
- **Gómez Pereira**
- **Reparación del sistema nervioso central**
- **Redes de la memoria**
- **Zumbido de oídos**
- **Ver a ciegas**

Pensamiento y lenguaje

4º trimestre 2003









AUG. BERLIN / MAERTEN VAN VALKENBORCH

Pensamiento y lenguaje

18 Pensar y hablar

Ludwig Jäger

¿Hemos de “pensar primero y luego hablar”? Así reza un viejo consejo. Pero sólo en el proceso de la comunicación surge nuestra concepción del mundo y se configura la estructura de los procesos mentales.

26 Procesamiento cerebral del lenguaje

Angela D. Friederici

¿Dónde procesa nuestro cerebro los elementos del lenguaje hablado? Las últimas investigaciones hablan de la activación secuencial de distintas regiones cerebrales, con una pauta temporal muy precisa.

10 Reparación de las lesiones del sistema nervioso central

Manuel Nieto Sampedro

Las lesiones producidas en el sistema nervioso central son la causa principal de la discapacidad funcional permanente.

51 Las redes de la memoria

Guillén Fernández y Bern Weber

El cerebro decide muy rápido qué sucesos retiene de la fugaz corriente de la vida.

58 Agudeza visual de las focas

Hermann Englert

Ciegos, observadores de las estrellas y sibaritas. De todo hallamos entre los ejemplares del acuario de Bochum.

64 Reflexión en grupo

Wolfgang Stroebe y Bernard Nijstad

“Cuatro cabezas son más creativas que una sola”, se dice mientras convoca una reunión en busca de ideas nuevas.

70 Zumbido de oídos

G. Langner y E. Wallhäusser-Franke

El fenómeno de los zumbidos de oídos representa una tortura casi insoportable para muchas personas.

78 Las cicatrices de la infancia

Katharina Braun y Jörg Bock

Vivencias traumáticas y falta de cariño en los primeros años de vida pueden alterar las conexiones en el cerebro.

82 Ver a ciegas

Petra Stoerig

Aunque un ataque de apoplejía pueda cegar, en la mayoría de los casos siguen llegando informaciones, si bien inconscientemente, de los ojos al cerebro.

87 Neurobiología del trance

Rüdiger Braun

¿Funciona la hipnosis? ¿Tiene efectos curativos el estado de trance?

30 Antes de saber hablar, los niños pueden pensar

Sabina Pauen

Es raro que los niños hablen antes del primer año. Pero sí pueden pensar. Mucho antes de que digan “mamá” aprenden a ordenar sus experiencias.

36 Procesamiento inconsciente de la información

Bettina Rolke

Nuestro cerebro evalúa sin cesar una multitud de informaciones procedentes de nuestros sentidos. Lo hace de forma inconsciente. Pero, ¿quién podría pensar que se pueden leer palabras e incluso “comprender” su significado sin que nos demos cuenta?

39 Mentiras

Ulrich Kraft

Con la verdad se llega lejos; la mentira, en cambio, tiene las patas muy cortas. ¿Es cierta esa contraposición? Psicólogos, antropólogos y neurobiólogos sostienen que mentir constituye un componente esencial de nuestra inteligencia social.

44 Instituto Max Planck de Psicolingüística de Nimega

Annette Lessmöllmann

En ese centro lingüistas, psicólogos, etnólogos, neurobiólogos y médicos investigan sobre las relaciones entre pensamiento y lenguaje.

SECCIONES

ENCEFALOSCOPIO

- 5** Los beneficios de la siesta. Memoria animal. Desarrollo de las espinas. ¿Era autista Newton? Modificación de la orientación. Dolor y microglía. Infecciones y aspirina. Menos suicidios en Europa. Tasa de mortalidad. Paro, depresión y genética

RETROSPECTIVA

- 8** **Gómez Pereira**
(1500- *post* 1563)

PUNTO DE MIRA

- 46** **Libres, pese a todo**
Con personas que niegan la existencia del libre albedrío tiene suficiente experiencia cualquier psiquiatra requerido por el juez. Durante los últimos veinte años se ha venido repitiendo en medios penalistas y psiquiátricos que no es responsable el delincuente, sino “la sociedad”. Ahora el lugar de ésta lo ocupa “el cerebro”.

MENTE, CEREBRO Y SOCIEDAD

- 47** Robots dialógicos. Los pesimistas. Los neurodirectivos.

SYLLABUS

- 92** **Sincronización y aprendizaje**
Donald Hebb, famoso psicólogo canadiense, describió, hace más de medio siglo, la autoorganización de las células nerviosas. Dio así los primeros pasos hacia el descubrimiento de las bases cerebrales del aprendizaje.

LIBROS

- 94** **Neurofilosofía**

ENSAYO FILOSÓFICO

- 96** **Conocimiento e innovación**

DIRECTOR GENERAL

José M.^a Valderas Gallardo

DIRECTORA FINANCIERA

Pilar Bronchal Garfella

EDICIONES

Juan Pedro Campos Gómez

PRODUCCIÓN

M.^a Cruz Iglesias Capón
Bernat Peso Infante

SECRETARÍA

Purificación Mayoral Martínez

ADMINISTRACIÓN

Victoria Andrés Laiglesia

SUSCRIPCIONES

Concepción Orenes Delgado
Olga Blanco Romero

EDITA

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

Gehirn & Geist**CHEFREDAKTEUR:**

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

STELLV. CHEFREDAKTEUR/LEITER PRODUKTENTWICKLUNG:

Dr. Carsten Könneker

REDAKTION: Dr. Katja Gaschler,

Dr. Hartwig Hanser (freiber.)

STANDIGER MITARBEITER:

Hermann Englert

SCHLUSSREDAKTION:

Christina Peiberg, Katharina Werle

BILDREDAKTION:

Alice Krüßmann

ART DIRECTOR/LAYOUT:

Karsten Kramarczik

REDAKTIONSASSISTENZ:

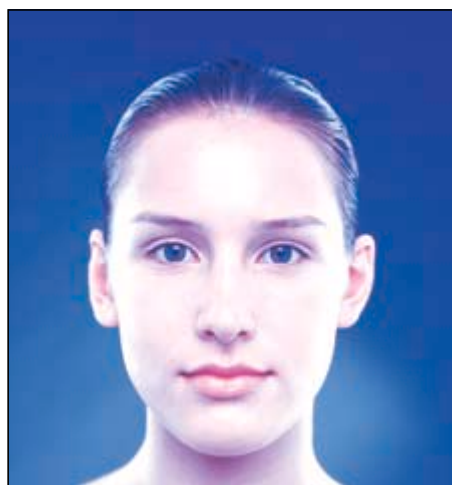
Eva Kahlmann, Ursula Wessels

GESCHÄFTSLEITUNG:

Dean Sanderson, Markus Bossle

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

JUAN AYUSO: *Pensar y hablar, Procesamiento cerebral del lenguaje, Mentiras, Punto de mira, Robots dialógicos, Los pesimistas y Neurobiología del trance*; I. NADAL: *Antes de saber hablar, los niños pueden pensar, Los neurodirectivos, Las redes de la memoria, Las cicatrices de la infancia y Ver a ciegas*; ALEX SANTATALA: *Procesamiento inconsciente de la información*; FRANCESC ASENSI: *Instituto Max Planck de Psicolingüística de Nimega y Agudeza visual de las focas*; IGNACIO NAVASCUÉS: *Reflexión en grupo y Zumbido de oídos*; STEPHAN POHL: *Syllabus*.



Portada: PICTURE PRESS

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

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

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

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

PUBLICIDAD

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

Cataluña:**QUERALTO COMUNICACION**

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 © 2003 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg

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

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

ISSN 1695-0887

Dep. legal: B. 39.017 - 2002

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

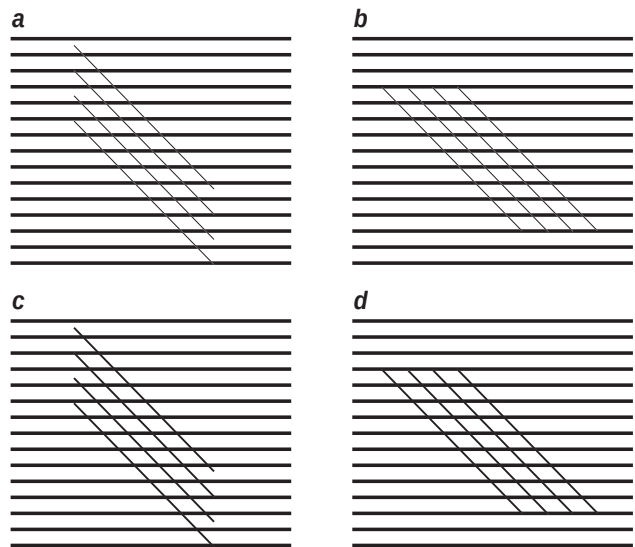
Printed in Spain - Impreso en España

ENCEFALOSCOPIO

Los beneficios de la siesta

Mientras dormimos, la conciencia se desvanece, pero el cerebro sigue activo. Emite éste ondas eléctricas lentas durante el sueño profundo, en que los músculos se hallan relajados, y ondas irregulares durante el sueño paradójico, en que movemos los ojos bajo las párpados y se acelera nuestro ritmo cardíaco. Si el sueño profundo regenera el cuerpo y redistribuye la energía en los músculos, el sueño paradójico consolida determinados recuerdos de la jornada. Investigaciones recientes han descubierto que una siesta de una hora cumple ese papel de consolidación.

Podemos despertarnos de la siesta con una mayor capacidad para reconocer mejor ciertas formas geométricas. Sarah Mednick, de la Universidad de Massachusetts, mostró a un grupo de voluntarios ciertos patrones de barras horizontales muy finas y apretadas. Tras las barras horizontales había bandas oblicuas, en dos configuraciones (véase la figura). Los participantes debían, en fracción de segundo, determinar la configuración de las barras oblicuas que había detrás de las barras horizontales. A una parte del grupo, Mednick mandó echarse una siesta de una hora, mediado el día de entrenamiento. Los individuos que habían dormido la siesta obtuvieron mejores resultados que los que se dedicaron a otra ocupación. Lo que era más. Sus resultados, tras la siesta, mejoraban el rendimiento alcanzado en el momento más acertado de la mañana: aprendieron durmiendo.



Los tests de discriminación visual consisten en decir, en una fracción de segundo, cuál era la alineación seguida por las barras oblicuas que se hallan detrás. Antes de la siesta, la discriminación parece difícil (a y b). Después, el sistema visual mejoró mucho (c y d).

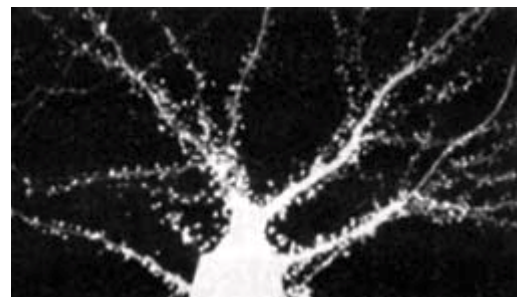
Memoria animal

Los humanos miramos hacia atrás para recuperar la vivencia de acontecimientos pasados (memoria episódica) y hacia delante para anticiparnos a necesidades previsibles. Sin

mayor prueba en contra, parecía que se trataba de una doble facultad exclusiva de las personas. Hasta que se ha decidido someter a prueba en las aves que guardan su alimentación; las hay que, en efecto, forman recuerdos integrados y flexibles de lo que habían escondido, dónde lo habían guardado y cuándo.

Desarrollo de las espinas

La comunicación entre neuronas se produce a través de la sinapsis. Estas estructuras residen, en determinados tipos de neuronas, en unos salientes celulares que reciben la denominación de protrusiones espinosas. Según parece, el desarrollo de las espinas puede venir inducido por neuronas estimuladoras, lo que significaría que los cambios operados en la densidad de espinas reflejaría cambios en la actividad sináptica. Se acaba de descubrir que el responsable directo del crecimiento de las espinas es una proteína. Dicho polipéptido, GluR2, forma parte de un canal iónico responsable de la transmisión de señales entre neuronas.



¿Era autista Newton?

¿Es posible que uno de los mayores genios de todos los tiempos, Isaac Newton, tuviera un serio problema mental? Eso creen, al menos, el psicólogo Simon Baron-Cohen, de la Universidad de Cambridge, y el matemático Ioan James, de la de Oxford. Habría padecido el síndrome de Asperger, una forma particular de autismo. El autismo puede presentarse en diversos grados de gravedad e ir asociado a capacidades insólitas. Por lo demás, el síndrome de Asperger no comporta problemas de desarrollo intelectual. Según Baron-Cohen, presentaba el cuadro típico de dicho síndrome. Genio absoluto en el campo de la matemática, se mostraba obsesivo en el trabajo, hasta el punto de olvidarse de comer cuando se hallaba absorto en los cálculos.



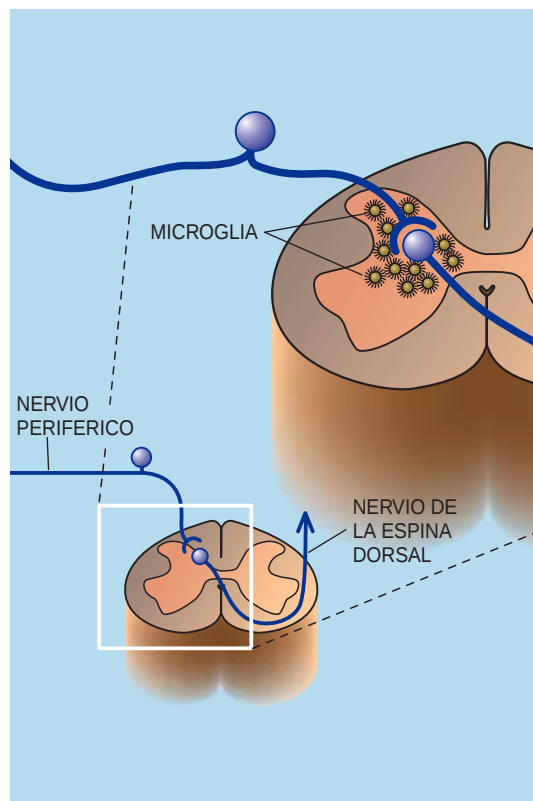
Modificación de la orientación

El cerebro construye la noción de derecha e izquierda gracias a neuronas especializadas. Ciertas neuronas sólo reaccionan cuando vemos un objeto moverse hacia la derecha, en tanto que otras se excitan si vemos el movimiento de un objeto hacia la izquierda. En un ensayo realizado con simios se ha demostrado recientemente que esta noción puede manipularse mediante corrientes eléctricas. En el experimento, realizado por Jochen Ditterich, de la Universidad de Washington, consistía en implantar un electrodo en neuronas de simios, neuronas específicamente sensibles a los movimientos hacia la derecha. El simio debe reparar en una pantalla qué objetos se desplazan hacia la derecha. Si se le retira el electrodo, no comete ningún error, pero en cuanto el electrodo emite una leve corriente, el mono confunde la orientación de los objetos.

Dolor y microglía

El dolor nos alerta del peligro, en particular si el daño está escondido. El dolor neuropático, crónico, acostumbra aparecer cuando han quedado dañado un nervio por intervención quirúrgica, presión de los huesos, diabetes o una infección. Se trata de una afección importante, que afecta a millones de personas en todo el mundo. En algunos casos no pueden paliarlo los analgésicos al uso. Acontece así con la alodinia táctil. Quien la padece llega a sufrir un dolor intenso ante estímulos que por lo común son indolores. En experimentos con ratas a las que se había provocado alodinia táctil mediante lesión del nervio se ha comprobado que la inhibición farmacológica de los receptores P2X₄ sitos en las células de la microglía, bloqueaban la sensación dolorosa. Los receptores P2X intervienen en la neurotransmisión sináptica. Que en la alodinia táctil se requiere la activación de los receptores P2X, quedó de manifiesto cuando se observó que las células de la microglía en las que se había inducido receptores P2X₄ replicaban los signos de la alodinia. Ahora bien, la microglía hiperactiva participa en la patogénesis de las enfermedades neurodegenerativas y en el accidente cerebrovascular; por consiguiente, si aumenta la concentración microglial de receptores P2X₄ en dichas condiciones, tales receptores podrían constituir un objetivo terapéutico determinante en las alteraciones del sistema nervioso central y en la hipersensibilidad ante las lesiones nerviosas.

Trayectoria que sigue el dolor. Las células nerviosas de la periferia del organismo sienten el dolor y envían la información a neuronas espinales (*recuadro*), desde donde cursa hasta el cerebro. Si se corta el nervio periférico, se congregan las células gliales y producen receptores P2X₄.



Infecciones y aspirina

En un número reciente del *Journal of Clinical Investigation* se exponían los resultados de un estudio sobre la virtud de la aspirina para combatir las infecciones. El ácido salicílico, metabolito principal de la aspirina, puede regular dos genes de *Staphylococcus aureus* y reducir la capacidad de la bacteria para adherirse a las células del cuerpo.



Menos suicidios en Europa

En los últimos veinte años la mortalidad por suicidio en la Unión Europea ha caído en un 15 por ciento en el caso de los varones y casi un 30 por ciento en el de las mujeres. Se trata, empero de un avance desigual. En efecto, para las mujeres la disminución afecta a todos los países de la Unión Europea, para los varones concierne sobre todo a Europa septentrional y central. España e Italia, dos naciones con una

tasa tradicionalmente baja, no han registrado cambios significativos en el último decenio. Sin embargo, por vez primera, se ha experimentado una mejoría en el Este europeo y Hungría, que tenían la tasa de mortalidad más alta del mundo; en esos países ha caído un 26 por ciento en los varones y un 46 por ciento en las mujeres. (En cambio, la tasa sigue siendo altísima en Rusia, donde los suicidios superan los fallecimientos por enfermedades cardiovasculares de sus coetáneos de la Unión Europea.)



Tasa de mortalidad

Durante más de un siglo y medio, exactamente desde 1825 hasta 1992, se admitía que la mortalidad de los organismos de larga vida aumentaba de una forma exponencial. La tesis la propuso Benjamin Gompertz en un trabajo publicado por las *Philosophical Transactions* de la Regia Sociedad de Londres. Pese a que esa idea parecía confirmarse en numerosos ejemplos, la rebatieron en un artículo aparecido en *Science* James R. Carey y otros. No hay tal crecimiento exponencial, sino que se produce una meseta cuando se alcanza determinada edad, muy elevada. Lo que no se sabe todavía con certeza es la razón de dicha planicie. Las opciones se reducen a dos principales: la hipótesis de la heterogeneidad y la hipótesis selectiva. De acuerdo con la primera, a lo largo del tiempo los individuos de baja tasa de mortalidad formarían una sola cohorte, porque los demás habrían fallecido, razón por la cual se nivelaría la tasa de mortalidad en edad avanzada. Para la hipótesis selectiva, las tasas de mortalidad están moldeadas por la selección natural, selección que termina por dar lugar a una nivelación de las tasas de mortalidad a edad avanzada. (En esta segunda pues, no se requiere ninguna heterogeneidad en la población).

Paro, depresión y genética

La depresión constituye una de las cinco causas principales de incapacidad del mundo. A la depresión puede llegarse por la pérdida del trabajo. Pero no todos los que están en paro caen en ésta. En un estudio de un grupo extenso de adultos jóvenes de Nueva Zelanda, se ha demostrado que los más proclives a la depresión portan una variante alélica peculiar del gen que determina al transportador de serotonina, una proteína que controla los niveles de este neurotransmisor en las sinapsis cerebrales. El estudio avala la tesis de que las enfermedades mentales y otras patologías complejas no pueden explicarse sólo por factores genéticos o sólo por factores ambientales, sino que surgen de la interacción entre ambos. El gen en cuestión cifra la síntesis de 5-HTT, un transportador químico que ajusta la transmisión de la serotonina. El gen se presenta en dos versiones comunes: el alelo largo (l) y el alelo corto (s, por "short").

El estudio se basa en una muestra de 847 voluntarios, a los que se ha seguido a lo largo de más de dos decenios, desde la edad de 3 años. Se computaron episodios biográficos

con escenas de estrés —fracasos amorosos, privaciones, enfermedad y crisis laborales— que acontecieron entre la edad de 21 y 26 años. Se les preguntó también a los voluntarios de 26 años si se habían sentido deprimidos en el año anterior. Los investigadores contrastaron la respuesta con un segundo test de ratificación a los amigos sobre los síntomas de depresión de los voluntarios. En total, el 17 % de los participantes en el estudio informaron de un episodio de depresión grave en el año anterior y un 3 % declararon haber especulado con el suicidio. Entre los voluntarios que dijeron no haber sufrido situaciones angustiantes graves, la probabilidad de depresión era la misma, con independencia de sus alelos 5-HTT. Pero los efectos negativos de experiencias adversas eran más intensos entre las personas con un alelo s y, mayor incluso, si portaban dos alelos s. Para las personas con dos alelos s (17 % del grupo), la probabilidad de un episodio depresivo grave se elevó hasta un 43 % entre las personas que habían sufrido cuatro o más episodios angustiantes. Retrotrayéndose a los registros de abusos infantiles, la investigación descubrió un vínculo adicional entre gen de 5-HTT y la depresión.

RETROSPECTIVA

Gómez Pereira (1500- post 1563)

La psicología de los animales

José María López Piñero

Gómez Pereira nació en Medina del Campo y era hijo del comerciante Antonio Pereira, quizá de origen judeoconverso, y de Margarita de Medina, también de una familia de mercaderes. En la Universidad de Salamanca fue discípulo de Juan Martínez Silíceo, del que aprendió la filosofía natural de orientación nominalista, y estudió medicina de acuerdo con los supuestos del galenismo arabizado anterior al huma-

nista. Tras graduarse volvió a Medina, donde permaneció el resto de su vida dedicado al ejercicio de su profesión y a los negocios familiares. Llegó a tener gran prestigio como clínico, como lo demuestra el hecho de que fuera llamado a la Corte para asistir al príncipe don Carlos, aunque no llegó a desempeñar ningún puesto en la casa real. Fue, por el contrario, el prototipo de médico e intelectual plenamente integrado en el estamento burgués de Medina, durante los años de florecimiento económico de la ciudad. Ello influyó en el carácter de su obra científica, que no puede equipararse a la procedente de las universidades de la época.

Publicó únicamente dos libros, ambos resultado, al parecer, de una preparación durante varias décadas. El primero, que tituló *Antoniana Margarita* (1554) en honor de sus padres, es una de las obras más famosas de la historia del pensamiento científico español. Su tema central es la insensibilidad de los animales (*bruta sensu carent*), que fue el primero en defender. Con un razonamiento semejante al de la estatua de Condillac, afirma que si los animales sintiesen, tendrían capacidad de juzgar y no se diferenciarían de los seres humanos: “Si los animales ejerciesen los actos de los sentidos exteriores como el ser humano, un perro o un caballo al ver a su dueño concebiría lo mismo que concibe un ser humano cuando ve a su señor y afirmaría mentalmente que aquél era su amo... luego habría que concederle la distinción, que es la más importante de las operaciones racionales... Si los animales sienten como nosotros y juzgan, componen y distinguen... ¿Dónde queda la diferencia específica del ser humano? ¿Por qué le llamamos animal racional?”. Aunque no utiliza la palabra “autómata”, concluye que los animales “se determinan a obrar y a moverse mediante ciertas cualidades transmitidas por los objetos extrínsecos a los órganos de los sentidos”. Esta teoría, que le lleva a estudiar el comportamiento animal con gran detalle, supone una determinada filosofía natural. En su rigurosa tesis (1975), José Bernia demostró que era falso el atomismo y el mecanicismo que Menéndez Pelayo y otros autores le habían atribuido arbitrariamente. Su física continúa siendo la tradicional, aunque sustituya la materia prima aristotélica por los cuatro elementos considerados en su conjunto, de donde procederían las cualidades primarias. Fundamentalmente, es la filosofía natural nominalista que había aprendido de un seguidor de los *calculatores* bajomedievales como Martínez Silíceo. También la anatomía y la fisiología del sistema nervioso en la que se basa es la del galenismo arabizado que había estu-

1. Portada de la primera edición de *Antoniana Margarita* (1554) de Gómez Pereira.





2. Perro (*Canis familiaris*). Pintura del código de historia natural de Jaime Honorato Pomar (ca. 1590). La especie zoológica cuyo comportamiento más en detalle estudió Gómez Pereira.

diado en Salamanca. Su rebelión frente a la autoridad de Aristóteles y Galeno es muy distinta a la surgida en el seno del movimiento humanista. Afirma que Erasmo de Rotterdam y los demás autores de su mentalidad se limitaban a una mera discusión terminológica, en lugar de interesarse por el discernimiento de la realidad. Considera que ha conseguido romper la “fascinación” de los clásicos, actitud que puede servir de ejemplo a los “que, como yo, se esfuerzan en investigar la verdad”. De todas formas, recomienda cautela en la crítica de las doctrinas antiguas, que reserva para la edad madura tras una vida dedicada al estudio.

El libro de Gómez Pereira motivó dos críticas inmediatas. Miguel de Palacios, catedrático de teología en Salamanca, lo atacó desde la ortodoxia académica en sus *Objectiones... adversus nonnulla ex multiplicibus paradoxis Antonianae Margaritae* (1555). Francisco de Sosa, vecino de la propia Medina, defendió “que los brutos sienten y por sí se mueven”, en su *Endecálogo contra Antoniana Margarita* (1551), sátira destinada a lectores burgueses. Más tarde, la teoría de Gómez Pereira acerca de la insensibilidad de los animales fue expuesta y criticada por el médico Francisco Valles en *De sacra philosophia* (1587) y por Francisco Suárez en *De anima* (1621), obras ambas de gran difusión en toda Europa.

Como pensador antiaristotélico se refirieron a Gómez Pereira dos simpatizantes del atomismo del siglo XVII: el riojano Rodrigo de Arriaga, que era profesor de la Universidad de Praga, en un *Cursus philosophicus* (1632) reeditado siete

veces para los centros docentes jesuitas, y el médico portugués Isaac Cardoso, exiliado en Venecia por judaizante, en su *Philosophia libera* (1673). El propio Descartes, en una carta de 1641 a una personalidad tan significativa como Marin Mersenne, dijo que no conocía *Antoniana Margarita* y que no le interesaba. Sin embargo, a partir de esta época se relacionó de modo habitual con su obra, aunque sus adversarios lo hicieron para cuestionar su originalidad, como ya a finales del siglo hizo el obispo Pierre Daniel Huet en

su *Censura philosophiae cartesianae* (1689). La teoría de Gómez Pereira fue también tenida en cuenta por otras figuras clave en la configuración de las imágenes modernas del organismo animal. En su tratado *De anima brutorum* (1672), el médico inglés Thomas Willis lo citó como el primer autor que había defendido que los animales carecen de sensación. Utilizando la expresión “les bêtes sont des machines” y planteando su posible influencia sobre Descartes, algo parecido hizo Pierre Bayle en un comentario publicado en su revista *Nouvelles de la Republique des Lettres* (1684), que amplió en el artículo dedicado a Pereira



3. Mono capuchino (*Cebus capucinus*). Otra pintura del código de Pomar (ca. 1590). Debido a que su hábitat coincide con una de las zonas más tempranas del asentamiento colonial en América, era el platirrino más conocido y difundido en cautividad en la época de Gómez Pereira.

de su *Dictionnaire Historique et Critique* (1695-1697).

Durante el siglo XVIII, médicos tan importantes como el suizo Albrecht von Haller, el aragonés Andrés Piquer y el francés Théophile Bordeu se ocuparon de la teoría de Gómez Pereira. Una reedición de sus dos libros se publicó en Madrid (1749) y no se han localizado ejemplares de otra muy anterior en Frankfurt (1610), que cita Nicolás Antonio. Lo convirtieron en uno de los tópicos de la apología de la ciencia española Feijoo y más tarde Juan Pablo Forner y el italiano Carlo Denina, funcionario en la corte prusiana. El enfoque nacionalista se acentuó en la segunda fase de la llamada “polémica sobre la ciencia española”, durante la cual Marcelino Menéndez Pelayo escribió su famoso artículo sobre *Antoniana Margarita* (1878-79).

La condición de mero debate ideológico de esta polémica y el obstáculo que ha significado para la investigación histórica se refleja, una vez más, en la ausencia de estudios rigurosos sobre Pereira hasta fechas muy tardías. Apesar del interés por su obra que el gran historiador de la medicina Max Neuburger dio a conocer en 1936, la tesis de Bernia, desgraciadamente inédita, continúa siendo el único acerca de su teoría de la psicología animal y solamente José Jiménez Girona (1966-67) ha analizado en detalle su segundo libro, fundamentalmente dedicado a las fiebres: *Nova veraque medicina experimentis et evidentibus rationibus comprobata* (1558). A pesar de su arrogante título se enfrenta con la piretología tradicional con un método puramente escolástico que, lo mismo que *Antoniana Margarita*, utiliza ampliamente la argumentación *ad absurdum*. Los supuestos básicos son los que ya hemos expuesto. Afirma que el calor patológico no se distingue del natural más que por su cantidad. Define la fiebre como un “calor inmoderado... engendrado en todo el cuerpo por la naturaleza, que se esfuerza en producirlo”, enunciando así un aspecto básico de la concepción moderna de fiebre como un proceso reactivo. Ofrece además una nueva interpretación de su mecanismo de producción, basada en la taquicardia como fenómeno primario de la respuesta del organismo. Por lo demás, acepta la clasificación galénica de las fiebres, a las que solamente pone objeciones de importancia secundaria.

Hasta la publicación por Nicolás García Tapia de patentes españolas del Renacimiento (1990), se desconocía que Gómez Pereira inventó unos molinos que podían funcionar sin presas. Otro ejemplo de la esterilidad de la citada polémica.

Reparación de las lesiones del sistema nervioso central

En los países desarrollados, las lesiones producidas en el sistema nervioso central son la causa principal de la discapacidad funcional permanente y muerte de niños y adultos jóvenes, sólo superada por las enfermedades cardíacas y el cáncer

Manuel Nieto Sampedro

El sistema nervioso central (SNC) puede sufrir agresiones de índole muy diversa. Cada tipo de daño induce, puede presumirse, una respuesta fisiológica específica. El neuropatólogo J. G. Greenfield reducía, sin embargo, las lesiones a dos grupos generales, atendiendo a sus efectos morfológicos. Las dividió en isomórficas y anisomórficas. Hoy sabemos que estos dos tipos de lesión también difieren, y bastante, en el plano celular y en el molecular.

Las lesiones anisomórficas alteran la morfología del SNC de forma obvia. Son

lesiones abiertas, provocadas por agentes mecánicos. Destruyen la frontera entre el SNC y el resto del organismo (la *glia limitans*), así como la barrera hematoencefálica local. Tras una lesión de este tipo, la destrucción de vasos sanguíneos y el espasmo vascular causan isquemia y sus asociados anoxia e hipoglucemia. Las células sanguíneas y proteínas del suero invaden entonces el área lesionada. Veinticuatro horas después de la lesión se manifiesta con claridad el edema, resultante de la acumulación de fluido extracelular y de la inflamación de los astrocitos.

La sucesión de los acontecimientos sigue un proceso bien conocido. Inme-

diatamente después de una contusión, se observan anomalías electrofisiológicas y estructurales en los axones de las sustancias gris y blanca. En un intervalo de 8-24 horas se aprecia necrosis y degeneración de la mielina de estos axones. La acumulación de fagocitos de origen sanguíneo (que eliminan la mielina degenerada y otros residuos celulares) ocurre unas 48 horas postlesión. La llamada muerte neuronal secundaria, o retrasada, comienza 1 o 2 días tras la lesión. Grupos de neuronas cercanas al área lesionada, o conectadas con ella, mueren pocos días después del trauma. El número de neuronas perdidas como consecuencia de la muerte neuronal

secundaria es bastante mayor que el perdido inmediatamente tras la lesión (muerte neuronal primaria). Por último, a las lesiones secundarias se atribuye la pérdida de función en muchos de los traumas del SNC.

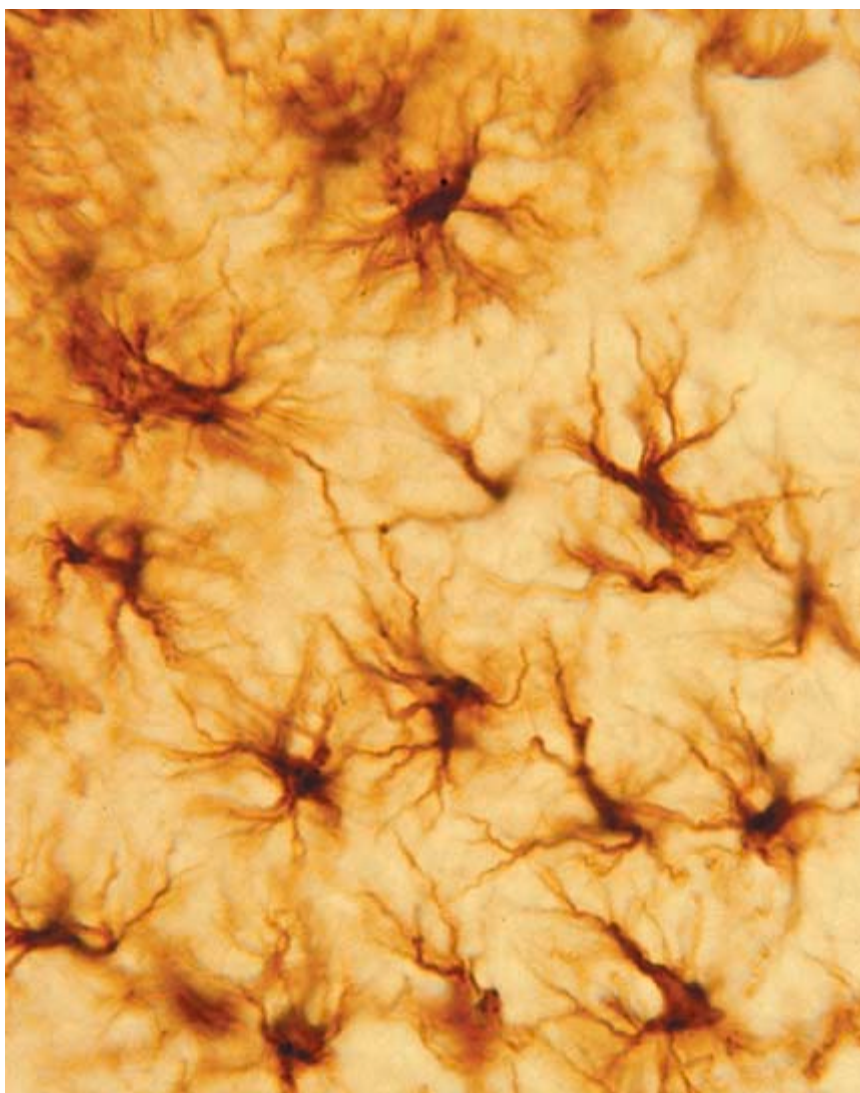
En las lesiones anisomórficas, mientras los macrófagos sanguíneos fagocitan los restos celulares y progresa la muerte neuronal secundaria, los astrocitos próximos a la zona lesionada proliferan. Sus prolongaciones agrandadas y fibrosas forman una trama que se asemeja a la *glia limitans*, pues separa del resto del organismo la nueva superficie creada por la lesión. Los fibroblastos del tejido conjuntivo adyacente se dividen y se disponen sobre la capa de astrocitos reactivos, fibrosos, depositando colágeno y completando la formación de la nueva frontera del SNC, constituida ahora en “cicatriz glial”.

Las lesiones isomórficas no dañan directamente la *glia limitans*. Pertenecen a esta clase las causadas por neurotoxinas, la degeneración walleriana y los tumores. La iniciativa en la respuesta a las lesiones isomórficas la lleva principalmente la microglía, que prolifera abundantemente durante los 3 a 5 días que siguen a la lesión y se diferencia en microglía reactiva y macrófagos. Después de la respuesta microglial inicial, aparecen astrocitos reactivos, que evitan a la microglía reactiva y se disponen a su alrededor.

Remodelaciones

En el sistema nervioso periférico, la plasticidad neural permite las remodelaciones continuas que el desgaste de la vida cotidiana exige. Parte de este desgaste son lesiones leves, mecánicas por lo común y casi nunca incapacitantes. Los individuos lesionados tienen tiempo y oportunidad de reproducirse. Por ello, el proceso evolutivo ha conservado mecanismos de plasticidad neural que permiten la reparación de esas lesiones. La presencia de lámina basal con sus proteínas neuritogénicas y la interacción de los brotes axonales con las células de Schwann y la mielina periférica estimulan la regeneración de los axones periféricos dañados.

La plasticidad del sistema nervioso de los mamíferos tiene funciones fisiológicas muy amplias e importantes. Sus posibilidades, sin embargo, alcanzan un límite. En el SNC de los mamíferos, la plasticidad neural parece dirigida fundamentalmente a potenciar procesos de aprendizaje y memoria [véase “Plasticidad neural”, de Manuel Nieto, *Mente y cerebro*, 3, 2003]. Los mecanismos de



MANUEL NIETO SANTIBRERO

1. LA DESAFERENTACION DEL HIPOCAMPO por lesión de la corteza entorrinal convierte los astrocitos normales en astrocitos reactivos hipertróficos, con filamentos intermedios asociados y aspecto fibroso.

sinaptogénesis reactiva permiten, como mucho, la reparación de pequeñas lesiones, secuelas por ejemplo de la ruptura u oclusión de algún capilar sanguíneo, restañable con ayuda de brotes terminales y los mecanismos que operan en la renovación sináptica.

Cuando las lesiones alcanzan gravedad incapacitante y si, caso improbable, el individuo lesionado sobrevive, su posibilidad de reproducirse es prácticamente nula. Eso significa que las mutaciones conducentes a una reparación efectiva de lesiones en el SNC no carecen de posibilidad de seleccionarse y conservarse. De ahí que no ocurra la reparación espontánea de lesiones en el SNC de los mamíferos. Las propiedades de la macroglía convencional del SNC de los mamífe-

ros terminan por inhibir, en vez de potenciar, el crecimiento axonal.

Daño neuronal, glía reactiva y plasticidad neural

Podemos resumir en dos los problemas fundamentales que se presentan con una lesión: daño o muerte incluso de algunas neuronas y conversión en reactiva de una proporción de la glía. El intercambio continuo de información entre neuronas y glía que tiene lugar en circunstancias normales, se altera cuando la glía se torna reactiva. La plasticidad neural es una propiedad de los conjuntos neurona-glía, con la glía normal.

En situación de normalidad, los astrocitos y la microglía cumplen funciones múltiples: contribuyen a la implantación

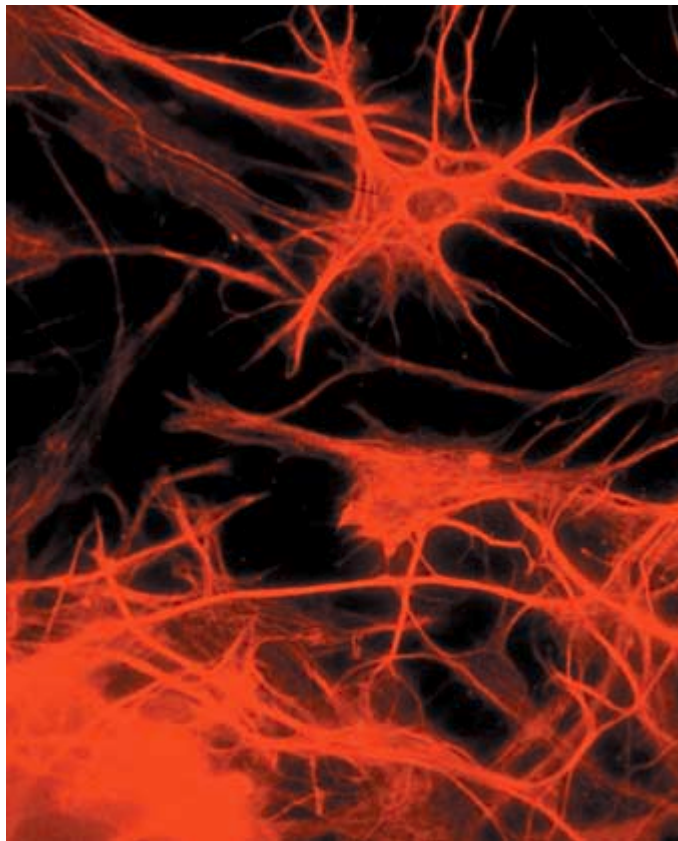
de la barrera hematoencefálica, captan y metabolizan neurotransmisores, suministran metabolitos a las neuronas y controlan la composición iónica del medio extracelular. Ese abanico de tareas se modifica para enfocarse en una respuesta efectiva ante una lesión. Además de controlar el edema, de desconectar sinapsis, la glía se ocupa ahora de fagocitar restos celulares, de relacionarse con el sistema inmunitario, de producir cantidades extra de factores de crecimiento, de restituir la *glia limitans* y la barrera hematoencefálica, etcétera. En esta situación comprometida, las células gliales se hallan sometidas a demandas mucho más exigentes. Las células disponibles intentan cubrirlas mediante varias reacciones plásticas. Una es la hipertrofia; si es preciso, la división también.

La perturbación ante la que reacciona la *glia reactiva* entraña siempre gravedad; por ejemplo, un episodio epiléptico o una lesión. En efecto, puesto que hay muchas clases de perturbaciones y dos tipos de lesiones, la respuesta de la glía es variopinta. El uso de una misma expresión, “glía reactiva”, para fenómenos tan dispares genera confusión y obstaculiza el planteamiento claro del problema que presenta la reactividad glial. En su acepción común, “glía reactiva”, indica células de mayor tamaño que la forma en reposo y que expresan más filamentos intermedios, lo que les confiere el aspecto ‘fibroso’ que les da su nombre alternativo.

Comparados con los normales, los astrocitos próximos a una zona lesionada adquieren apariencia mucho más fibrosa, con prolongaciones agrandadas. Los filamentos intermedios se asocian; aumenta así la expresión de su constituyente principal, la *proteína fibrilar ácida glial* (GFAP, de “glial fibrillary acidic protein”).

Esta descripción de la astrogliosis y del elemento celular característico de la “cicatriz glial” puede considerarse la definición morfológica de un astrocito reactivo. Pero muchos de los astrocitos reactivos provienen de nueva proliferación. Aunque el número de astrocitos

MANUEL NIETO SAMPEDRO



2. EN LA CORTEZA, los astrocitos que se dividen en respuesta a la lesión tienen aspecto y propiedades similares a los astroblastos en cultivo (C).

permanece estacionario en el adulto, los astrocitos conservan la potencialidad de dividirse; lo hacen en respuesta a una lesión anisomórfica. Los astrocitos capaces de proliferar (capaces de astrocitosis) son llamados también astrocitos reactivos, aunque son más parecidos en todas sus propiedades a los astroblastos que a los astrocitos en reposo o a los reactivos fibrosos.

Importa dejar claro que los astrocitos pueden tornarse fibrosos sin proliferar (como en el caso de las lesiones isomórficas). Pero se ignora si los astrocitos que proliferan eran previamente astrocitos maduros en reposo, astroblastos precursores o células madre neurales que se diferencian en astroblastos. Tampoco sabemos en qué proporción los astrocitos que proliferan, se tornan a continuación astrocitos fibrosos. Estas áreas de investigación tal vez no han recibido suficiente atención.

En cualquier caso, las lesiones graves superan las capacidades de la glía y perturban la homeostasis tisular, colocando a las neuronas en una situación de alto riesgo. El edema en el SNC, consecuencia inmediata de una lesión, es de carácter

intracelular, con intervención destacada de los astrocitos, que aumentan de volumen. Los astrocitos reactivos edematosos ven mermada su capacidad de inactivación de excitotoxinas y de homeostasis de iones; pero muestran también aspectos clínicos beneficiosos. Esas dos caras de la moneda se deben a la contradicción entre la necesidad de restituir la *glia limitans* y la necesidad de restituir las funciones perdidas.

Desde el punto de vista de la restitución de funciones, parecería razonable la inhibición completa de la formación de una nueva *glia limitans*, ahora cicatriz glial. Aunque los astrocitos que tejen la cicatriz glial son fuente de factores de crecimiento, la cicatriz constituye uno de los mayores obstáculos para la regeneración de los axones lesionados. La situación óptima para favorecer el proceso de reparación sería la inhibición controlada de la formación de la cicatriz, durante las ventanas temporales adecuadas para permitir el paso de axones en regeneración.

La proliferación astrogliar viene modulada por dos tipos de moléculas: los mitógenos, cuya presencia en el cerebro es bien conocida, y los inhibidores de la proliferación, antimitóticos, cuya presencia en el cerebro de rata y estructura han descrito Nieto Sampedro y su grupo, del Instituto Cajal. El inhibidor natural de la división de astrocitos lo sintetizan las neuronas centrales, que regulan así la generación de astrocitos.

Microglía

Consideraciones similares a las expuestas a propósito de los astrocitos pueden hacerse sobre el número, tipo y reactividad de la microglía. Pero entrañan mayor complejidad. Les viene ésta, por una parte, de su origen mieloide y su posterior migración embrionaria al tubo neural; por otra, deben tal complejidad a la posible permanencia o migración de precursores mieloides en el SNC adulto. La microglía es, a buen seguro, el tipo peor conocido de célula neural.

En lesiones anisomórficas, en las que la sangre invade el tejido neural, las células acumuladas durante los primeros días

postlesión son fundamentalmente monocitos/macrófagos de origen sanguíneo. Más cuestionable es la naturaleza de la respuesta microglial a lesiones isomórficas. En este caso, la microglía acumulada en el sitio de la lesión puede originarse por división de microglía o sus precursores presentes en el SNC, o por migración y división de precursores hematopoyéticos. Como quiera que sea, se observan dos tipos muy diferentes de microglía reactiva: i) microglía moderadamente reactiva, que conserva la morfología estrellada de la microglía en reposo, con prolongaciones menos abundantes y más gruesas; ii) microglía muy activada, macrófagos ameboides, que fagocitan activamente restos celulares e incluso células aún vivas. Señalemos, por fin, que nos hallamos muy lejos de conocer los mecanismos moleculares de las relaciones entre microglía reactiva y astrogía reactiva.

Promotores e inhibidores gliales de la supervivencia neuronal y de la neuritogénesis

Los astrocitos reactivos producen, podemos admitir, niveles más elevados de factores neurotróficos que su forma en reposo. La síntesis de tales factores limita la extensión de la muerte neuronal secundaria. No se ha estudiado todavía la especificidad de los factores tróficos producidos tras una lesión. Es probable que los factores liberados por la glía en respuesta a las lesiones sean factores de especificidad amplia, dirigidos a familias de neuronas, más que a tipos neuronales únicos. Todavía no disponemos de suficientes datos para una afirmación general, ni podemos excluir que las lesiones selectivas de un tipo neuronal causen la producción preferente de factores de crecimiento exclusivos de esas neuronas.

Otra cuestión importante concierne a los factores neuritogénicos que inducen los brotes axonales reactivos y regenerativos. Los mecanismos de crecimiento de brotes en axones no dañados no parecen ser los mismos que causan la aparición de brotes regenerativos en los axones lesionados. Los brotes axonales colaterales y regenerativos parecen inducidos por factores derivados de la glía, como la proteína S-100 y los FGF ácido y básico, solos o unidos a laminina y proteoglicanos tipo heparán sulfato.

La pérdida funcional provocada por la interrupción de circuitos neurales en las lesiones del SNC se debe fundamentalmente a la muerte neuronal y a la destrucción de axones. Los problemas para la reparación funcional de esas lesiones son esencialmente de dos tipos: las neu-

ronas adultas no se dividen y se halla inhibida la regeneración axonal. Por lo que concierne al primero, no sabemos guiar a las células madre para sustituir a las neuronas muertas por sus equivalentes.

En lo que respecta a la inhibición de la regeneración axonal, hemos de tener en cuenta que la inhibición no se debe a la incapacidad de las neuronas centrales de producir brotes axonales, ni a que éstos alcancen una longitud limitada en su crecimiento. Se trata de una consecuencia de las propiedades de la glía reactiva. La "cicatriz glial" en las lesiones anisomórficas separa, a menudo, neuronas que antes de la lesión estaban conectadas; impide así el restablecimiento de nuevas conexiones. Las neuronas que han perdido su innervación original son innervadas por brotes axonales de neuronas cercanas ilesas, lo que no conduce a la recuperación de la función primitiva.

Los astrocitos reactivos fibrosos inhiben la regeneración, al impedir la iniciación de brotes axonales o al provocar el colapso de los conos de crecimiento ya formados. Los astroblastos, por el contrario, potencian la formación de bro-

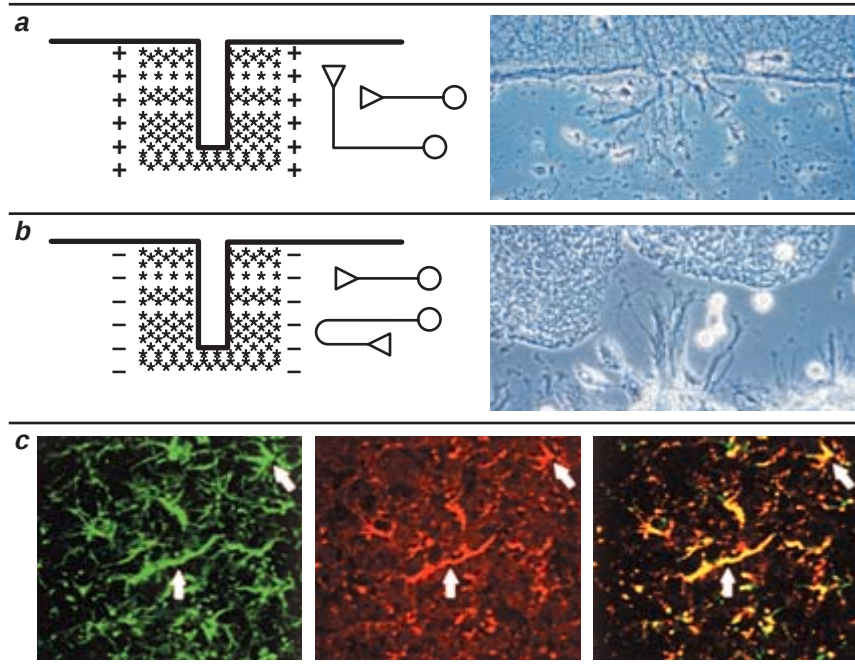
tes axonales y les proporcionan una superficie promotora del crecimiento; sin embargo, suministran a los brotes direcciones de crecimiento equivocadas, alejándoles de sus blancos originales.

Sin un blanco neuronal, los brotes regenerativos se atrofian; el contacto con un blanco incorrecto puede producir disfunciones.

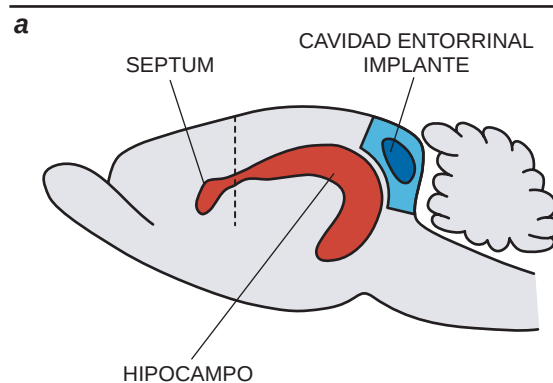
Los astrocitos reactivos fibrosos, el tipo celular más característico del tejido gliótico formado tras lesiones isomórficas, es responsable de la producción de proteoglicanos inhibidores del crecimiento neurítico y, por ende, de la regeneración axonal. Estos proteoglicanos inhiben la iniciación de brotes neuríticos y repelen o provocan el desplome de los conos de crecimiento iniciados en su ausencia.

En los oligodendrocitos y en la vaina de mielina del SNC normal, existen además varias glicoproteínas que bloquean la neuritogénesis y la regeneración axonal. El papel fisiológico de estos inhibidores estriba, probablemente, en el establecimiento de fronteras entre territorios neuronales, tanto axonales como dendríticos. La inhibición de la regene-

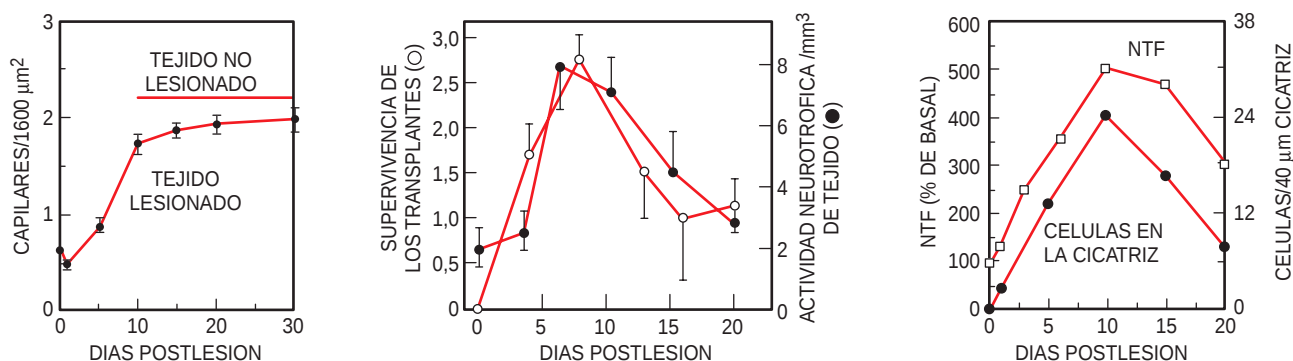
3. EL TEJIDO GLIOTICO formado tras una lesión inhibe la restauración de las conexiones sinápticas originales por dos mecanismos distintos: por adhesión preferente (*signos + en el esquema*) de los conos de crecimiento a los astroblastos del tejido gliótico anisomórfico, que suministra direcciones de crecimiento erróneas (*a*) y por repulsión y atrofia de los brotes axonales (*signos - en el esquema*) causada por los proteoglicanos expresados por los astrocitos reactivos (*b*). Los astrocitos fueron inmunoteñidos (*c*) con anticuerpos contra GFAP (*verde*), proteoglicano inhibidor (*rojo*) o ambos (*amarillo*).



4. TRASPLANTE para la reparación del SNC lesionado. Se crea una cavidad en el SNC de un animal como lesión anisomórfica, cavidad que será receptora del trasplante (a). La supervivencia e integración de trasplantes de tejido cerebral introducidos en una cavidad del cerebro huésped mejora notablemente si entre la formación de la cavidad y la colocación en ella del trasplante transcurre un intervalo de tiempo. Durante ese intervalo, el tejido cerebral del huésped produce cantidades crecientes de mitógenos y de factores neurotróficos y neuritogénicos. La supervivencia de los trasplantes depende del intervalo postlesión y presenta una estrecha correlación con el contenido de factores neurotróficos en el tejido que forma las paredes de la cavidad y con el número de células gliales en esas paredes. Sin embargo, no se observa correlación con el número de capilares sanguíneos o con la concentración de neurotoxinas en la cavidad (b).



b



ración parece ser un desafortunado efecto secundario de una respuesta destinada a evitar la formación de circuitos disfuncionales.

Plasticidad neural y trasplantes en el SNC

El trasplante de tejido nervioso en un SNC adulto constituye, por sí mismo, la prueba más difícil a que se puede someter la plasticidad de éste. ¿Posee el SNC adulto capacidad para integrar células gliales nuevas, o nuevos grupos de neuronas, y formar con ellas conexiones funcionales? La respuesta es un "sí" condicional. Se ha ensayado la potencialidad terapéutica de trasplantes en el SNC, particularmente en casos de pérdida de neuronas a consecuencia de neurotoxinas, enfermedad degenerativa o defectos genéticos. Los trasplantes de glía se hacen con la idea de potenciar la respuesta neurotrófica, de guiar a los brotes neuríticos regenerativos y de protegerlos de la influencia deletérea de la glía reactiva.

El uso efectivo de trasplantes como instrumento clínico o de investigación requiere la supervivencia óptima del tejido trasplantado. Cuando las neuronas se trasplantan en una cavidad creada en la sustancia gris del huésped, su

supervivencia es variable, dependiendo de la edad y tipo del tejido donador. Las neuronas embrionarias corticales, en general, sobreviven bien; otras neuronas, como las de los núcleos del rafe o septum, muestran una supervivencia mediocre, y las neuronas del cuerpo estriado no sobreviven en absoluto. La supervivencia y el crecimiento de los trasplantes se pueden asegurar en todos los casos si el tejido donador se coloca en la cavidad del huésped con un lapso de 8 a 15 días después de crear esta cavidad receptora.

La vascularización de los trasplantes —el suministro de nutrientes y oxígeno y la eliminación de metabolitos tóxicos— resulta indispensable para su supervivencia. Ahora bien, la vascularización, por sí sola, no explica la variabilidad en la supervivencia de las distintas regiones del SNC, ni la existencia de un intervalo óptimo más allá del cual la supervivencia de los trasplantes disminuye de nuevo. La razón reside en otra causa: en la cavidad receptora del trasplante (una lesión en el tejido huésped) se induce la producción local de factores neurotróficos y neuritogénicos, esenciales para la supervivencia y formación de brotes axonales en las neuronas trasplantadas y en el huésped.

Durante el lapso de tiempo entre la creación de la cavidad y la colocación en ella del trasplante, se acumula en dicha cavidad una actividad trófica elevada, cuyo máximo coincide con el intervalo óptimo para la supervivencia e integración de los trasplantes.

La integración del trasplante con el tejido huésped requiere la formación de conexiones neuronales recíprocas entre ambos. Lo que, a su vez, necesita la iniciación y crecimiento de axones, originados tanto en las neuronas del huésped como en las del tejido implantado. Los trasplantes que han tenido más éxito hasta el momento han utilizado SNC embrionario como tejido donador. La observación experimental es que los axones originados en las neuronas embrionarias implantadas son capaces de crecer y extenderse largas distancias en el SNC adulto hasta alcanzar las células del huésped que les sirven de diana.

En este dominio, varios milímetros pueden considerarse distancias largas en el cerebro de una rata. Los axones no sólo alcanzan las células apropiadas, sino que, además, se proyectan con alta especificidad hasta el lugar correcto del soma o la arborización dendrítica. Así, los trasplantes de septum embrionario envían sus axones a las neuronas granulares del giro

dentado. Allí, se proyectan sólo por la capa inmediatamente encima del soma y la parte externa del árbol dendrítico; dejan, en cambio, vacante la zona intermedia entre estas dos capas.

Estas observaciones indican que el SNC del huésped adulto es un “terreno” apropiado para el crecimiento dirigido de los axones procedentes de neuronas embrionarias trasplantadas. ¿Puede decirse lo mismo de los brotes reactivos o regenerativos procedentes de los axones adultos del huésped?

En general, la respuesta es negativa. Los trasplantes no reciben todas las proyecciones del huésped. Espontáneamente, los brotes mielinizados de las neuronas adultas crecen sólo unas pocas micras; a partir de ahí, degeneran o forman sinapsis locales. Las neuronas adultas presentan un problema intrínseco: su escaso crecimiento a distancias largas. Además, el SNC adulto no constituye un ambiente propicio para el crecimiento, como pone en evidencia el hecho de que los brotes axonales centrales sólo crezcan distancias largas, incluso muy superiores a las normales, envueltos en la vaina de mielina de un nervio periférico.

En ratas se han empleado trasplantes de nervio periférico para conectar los muñones separados de la médula espinal seccionada; para conectar zonas del cerebro con áreas muy distantes de la médula espinal y, más recientemente, para inducir la regeneración de los axones del nervio óptico. Las fibras nerviosas que crecen en estas condiciones conducen impulsos nerviosos de un modo normal.

Sin embargo, cuando estas fibras salen de la vaina de mielina periférica, se muestran incapaces de penetrar en el tejido del SNC más allá de unas decenas de

micras. A este respecto, los trasplantes de tejido nervioso central embrionario se comportan de forma muy parecida a los de nervio periférico. Puesto que el crecimiento de los axones depende de señales que las neuronas intercambian con su entorno inmediato, la aparición de glía reactiva y las nuevas propiedades de la interacción neurona-glía reactiva frustran la integración de los trasplantes. Los axones de las neuronas embrionarias pueden navegar en el SNC adulto. Los axones adultos, sin embargo, sólo son capaces de progresar en un entorno favorable que les proporcionan los trasplantes de nervio periférico o los de SNC embrionario.

Los trasplantes de SNC embrionario se revelan eficaces sólo en la restauración de algunos tipos de función. Los déficits cognoscitivos que aparecen a consecuencia de las lesiones en la sustancia gris cortical o en las fibras nerviosas que viajan en el haz denominado *fimbria-fornix*, así como los asociados con la vejez, pueden ser parcialmente restaurados mediante trasplantes de SNC embrionario.

Los trasplantes de neuronas secretoras de hormonas pueden también compensar defectos específicos, ya sean genéticos o experimentalmente inducidos. Los trasplantes de neuronas dopaminérgicas o incluso de médula adrenal, en animales de experimentación, reducen los trastornos motores que ocurren en la vejez o derivan de lesiones que destruyen el núcleo de la *substantia nigra*.

En humanos se ha recurrido a trasplantes de médula adrenal y, más recientemente, de *substantia nigra* embriona-

ria para intentar corregir los síntomas de la enfermedad de Parkinson. De momento, tales trasplantes tienen un comportamiento paralelo a la dopamina o agonistas de la dopamina suministrados exógenamente. Como no restauran los circuitos originalmente presentes, logran mejores resultados en capacidad neuromoduladora que conectiva. Los efectos que estos trasplantes producen temporalmente en algunos casos, suministran información sobre los requerimientos mínimos necesarios para la recuperación de funciones.

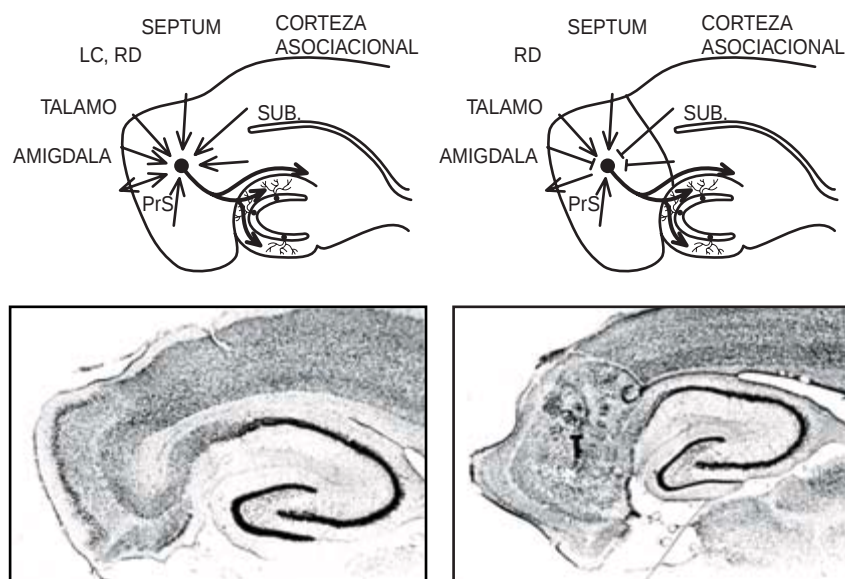
Trasplantes de astrocitos

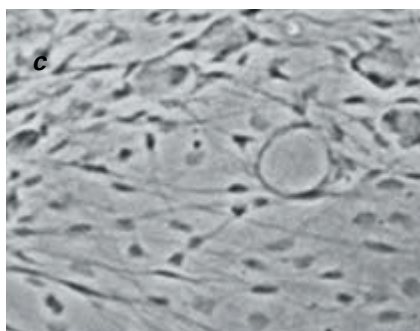
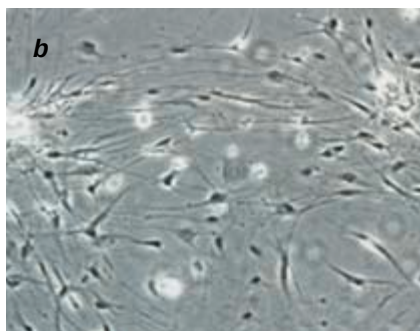
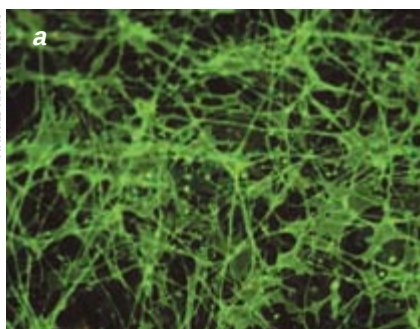
Los astrocitos pueden cultivarse a partir de tejido cerebral perinatal. Las células astrocíticas así cultivadas consisten, mayoritariamente, en astroblastos, unas células capaces de producir factores neurotróficos, unir e inactivar excitotoxinas y cuya membrana posee laminina y proteoglicanos neuritogénicos. Son, pues, células que favorecen la reparación de lesiones en el SNC, como mostraron en 1986 Nieto Sampedro y colaboradores.

El trasplante de astroblastos purificados aceleraba la reparación de las consecuencias conductuales de la ablación experimental de la corteza frontal de la rata. Los astroblastos trasplantados probablemente actuaban ayudando a los astrocitos del huésped a soportar la carga adicional impuesta por la lesión; de ese modo, la composición del microambiente neuronal retornaba a valores dentro de las capacidades tamponadoras de las células gliales disponibles. Pese al interés prometedor de tales experimentos, no se ha avanzado en esa línea.

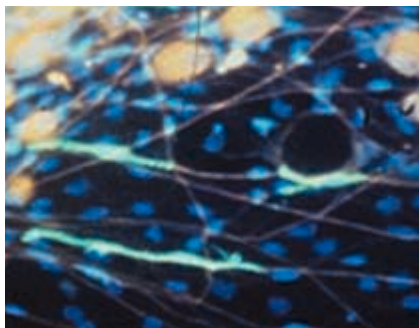
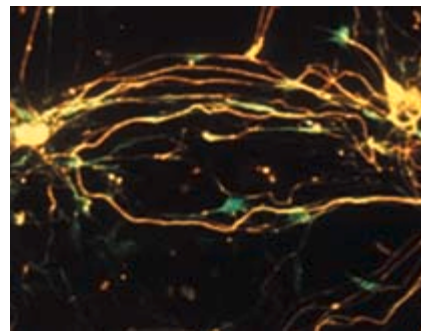
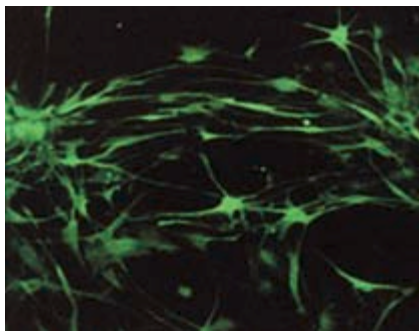
5. LA INTEGRACION DE LOS TRASPLANTES

en el cerebro de un huésped adulto es incompleta. Los trasplantes de corteza entorrinal embrionaria envían axones a las dianas correctas del cerebro huésped y forman allí conexiones específicas. Sin embargo, sólo reciben del huésped dos de los siete aferentes que normalmente llegan a esta área de la corteza, los provenientes del septum y el rafe dorsal (RD). Los aferentes provenientes del locus coeruleus (LC), subículo (Sub.) pre y prosubiculo (PrS), amígdala (Amig.) y corteza asociacional, no consiguen inervar el trasplante cortical.





6. GLIA ENVOLVENTE purificada del bulbo olfatorio de la rata adulta (*arriba*). La glía envolvente, inmunopurificada a partir de cultivos primarios de bulbo olfatorio de rata adulta, puede guiar (*b*) y rodear axones de neuronas de ganglio raquídeo (*c*) en co-cultivos de ambos. La glía envolvente mostró inmunorreactividad específica con el receptor de neurotrofinas de baja afinidad (*a*), la proteína S-100 (*b*) y el antígeno O1 (*c*), cuando envuelve individualmente los axones sensoriales (*fluorescencia verde*). El anticuerpo secundario que permite la visualización de neurofilamentos axonales presenta fluorescencia roja. Las estructuras doblemente marcadas muestran fluorescencia amarillo oro (*b*) o verde claro, blanquecino (*c*). En (*c*) los núcleos celulares fueron marcados con DAPI (*azul-violeta*).



Trasplantes de glía envolvente de bulbo olfatorio

La migración de las células de Schwann en el SNC se encuentra sometida a fuertes restricciones. Sin embargo, existe en el bulbo olfatorio un tipo de macroglía especial, la llamada glía envolvente, que está presente en los componentes periférico y central del sistema olfativo. Las propiedades de esta glía se parecen muy poco a las de microglía u oligodendrocitos, pero poseen características fenotípicas intermedias entre astrocitos y células de Schwann, aunque difieren de ambas por su origen embriológico y otras propiedades.

La glía envolvente acompaña a los axones olfatorios en su complejo camino desde la mucosa olfatoria (sistema nervioso periférico) hasta el bulbo olfatorio (SNC). Es, probablemente, responsable en gran medida de la capacidad regenerativa de los axones olfatorios. Tiene propiedades promotoras de la neurogénesis, como las células de Schwann

y puede migrar e integrarse en el SNC, lo mismo que los astrocitos.

Merced a su capacidad de envolver axones y aislarlos del microambiente, pudo en 1994 el grupo de Nieto Sampedro aplicar trasplantes de este tipo de glía para promover la regeneración de axones sensoriales y su crecimiento en la médula espinal a través de capas de glía reactiva. Las células envoltoras trasplantadas parecen comportarse como lo hacen en el sistema olfatorio durante el desarrollo. En la actualidad estamos examinando la posible utilidad general de los trasplantes de este tipo de glía o glía similar en promoción de la regeneración axonal en el SNC.

Reparación de lesiones: extensión experimental de la plasticidad neural

Las lesiones del cerebro y médula espinal han adquirido una enorme importancia social y económica. Los accidentes constituyen la causa principal de la muerte de niños y adultos jóvenes.

Para todas las edades combinadas, el número de muertes por accidente sólo se ve superado por las enfermedades cardíacas y el cáncer.

Además, si examinamos el número de años potenciales de vida (y trabajo) perdidos, las lesiones superan a los restantes problemas juntos, porque ocurren sobre todo a personas de edad inferior a los 45 años. En el pasado, las lesiones graves del SNC solían ser mortales a corto plazo. Actualmente, los tratamientos de estas lesiones han avanzado lo suficiente para poder salvar la vida a muchas de sus víctimas, pero no para curarlas. Las consecuencias finales dependen del área del SNC dañada y de la gravedad de la lesión.

Hasta el momento no hay ningún tratamiento efectivo; las máximas aspiraciones de las terapias actuales son el tratamiento del edema agudo, el alivio de los síntomas y la rehabilitación, para enseñar a los pacientes a adaptarse y vivir lo mejor posible con lo inevitable.

Con estas premisas, no debe sorprendernos que el interés de muchos investigadores se centre en la reparación funcional de las lesiones de cerebro y médula espinal. Mi hipótesis de trabajo es que el conocimiento de los mecanismos que gobiernan la plasticidad neural hará posible la reparación de lesiones en el sistema nervioso central de los mamíferos. En efecto, si conocemos las posibilidades de respuesta natural del SNC a las perturbaciones externas (una de ellas, las lesiones), podremos utilizar esta infor-

mación para intervenir en dicha reacción, reforzándola o inhibiéndola, consiguiendo la reparación del tejido lesionado.

Para ello hemos de tener en cuenta algunos principios generales: 1) Debemos utilizar hasta donde sea posible la respuesta espontánea de reparación del SNC. 2) Como esa respuesta cambia en el tiempo después del trauma, el tipo de intervención necesaria cambiará con el tiempo postlesión y las intervenciones se dirigirán a manipular la expresión temporal de la respuesta de autorreparación. 3) Puesto que el tipo de daño causado por la lesión cambia también con el tiempo, el tratamiento de las lesiones requerirá muy probablemente intervenciones múltiples. 4) Debemos usar, hasta donde sea posible, los mismos compuestos y células que usa el sistema nervioso.

Una parte importante del proceso de reparación funcional es la navegación dirigida de los axones en regeneración hasta sus dianas sinápticas. Dado el número y complejidad de los paquetes de fibras en el SNC, resulta hoy harto difícil incluso concebir cómo guiar individualmente cada fibra y cada paquete de fibras hasta sus blancos. La reparación funcional sólo será posible si los axones, cuando se les da la oportunidad de crecer, saben a dónde dirigirse. O si la actividad nerviosa es capaz de modular la conectividad neural, adecuándola a la función necesaria. En el estado actual de nuestro conocimiento, semejante planteamiento tiene, obviamente, todas las características de una declaración de fe y esperanza: los axones sabrán a dónde ir, si les damos la oportunidad.

Los estudios experimentales no han posibilitado aún la reparación de lesiones, aunque nos permiten encarar el futuro con un optimismo precavido. Creemos saber, a grandes rasgos, qué es lo que hay que hacer para tratar las lesiones del SNC. Queda el trabajo de hacerlo y, dada la complejidad del problema, puede ser empresa larga y ardua.

MANUEL NIETO SAMPEDRO es profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el departamento de plasticidad neural del Instituto Cajal de Madrid. Licenciado en ciencias químicas por la Universidad de Madrid, se doctoró en bioquímica y microbiología en el National Institute for Medical Research de Londres en 1971. Su interés en la reparación de lesiones de cerebro y médula espinal le ha conducido al estudio de los procesos responsables de la plasticidad del sistema nervioso.

Pensar y hablar

¿Hemos de “pensar primero y luego hablar”? Así reza un viejo consejo.

Pero sólo en el proceso de la comunicación surge nuestra concepción del mundo y se configura la estructura de los procesos mentales

Ludwig Jäger

En el supuesto de que nos hubiéramos criado sin hablar —recuérdense “El salvaje de Aveyron” o Kaspar Hauser—, ¿podríamos pensar? ¿Qué clase de humanos seríamos? ¿Podríamos recordar nuestro pasado o hacer proyectos para el futuro? Las cuestiones de ese tenor nos llevan directamente a la frontera de un debate crucial en lingüística.

Para Jerry A. Fodor, filósofo de la Universidad Rutgers, y los lingüistas Noam Chomsky y Steven Pinker, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, el lenguaje y el pensamiento constituyen dos funciones mentales separadas. El lenguaje no ejerce ningún efecto en los procesos cognitivos: sólo sirve para remitir “envíos postales mentales”, recíprocos, entre humanos. Si desaparece el lenguaje —como sucede parcial o totalmente en el caso de los “niños salvajes”—, no se verían afectadas las capacidades mentales superiores.

En el bando contrario militan el filósofo Daniel C. Dennett, el psicólogo Lew D. Wygotski y el psicolingüista Stephen C. Levinson. Para éstos, nuestro pensamiento se sostiene en el lenguaje; el lenguaje materno influye de un modo decisivo en nuestra forma de pensar. Repercute, pues, en el desarrollo del pensamiento si un “niño salvaje” no aprende ninguna lengua o si se pierde total o parcialmente la capacidad de lenguaje.

Peter Carruthers y la lingüista Jill Boucher llaman comunicativa o cognitiva, respectivamente, a esas concepciones divergentes en torno al lenguaje. Los partidarios de la primera posición se apoyan en estudios con afásicos. Si se somete a prueba el rendimiento mental de estas personas con capacidad lingüística mercedada, los resultados no son esencialmente peores que los de probandos sanos. Pero como los afásicos investigados ya habían aprendido una lengua antes de su patología, no queda claro si su capacidad mental se hubiera desarrollado igual sin esa circunstancia.

Existe algo, por lo menos, que indica que los infantes pueden categorizar cosas antes de romper a hablar, algo que se podría deber a que ya disponen de un “lenguaje de la mente”. Se trataría de un fenómeno independiente de las lenguas singulares y de las experiencias culturales. Ese germen de lenguaje consta, según una hipótesis lingüística, de las características o componentes elementales de significado con los que trabaja nuestro pensamiento: “masculino” o “femenino”, “animado” o “inanimado”.

Para los niños, la adquisición de vocabulario consistiría en encontrar etiquetas para las combinaciones de tales características. Así, “soltero” sería animado, masculino, no casado. George P. Lakoff, de la Universidad de California en Berkeley, y otros lingüistas opinan que la mente trabaja con metáforas universales; por ejemplo, “más es alto” o “grande es importante”. Tales metáforas se reconocen después en las lenguas singulares: Die Preise steigen, the prices go up, los precios suben. O: Morgen

ist ein grosser Tag, a big day, un gran día.

Influjo aristotélico

Uno de los puntales más sólidos de la concepción cognitiva del lenguaje se basa en el desarrollo paralelo, durante los primeros años, del lenguaje y otras facultades mentales. Además, algunos psicólogos, neurocientíficos y lingüistas han venido recogiendo, de un tiempo a esta parte, nuevas pruebas que apuntan a lo siguiente: el lenguaje influye en muchos tipos de procesos cognitivos, si es que éstos no son, a la postre, impensables sin aquél.

La concepción comunicativa del lenguaje, que predominó hasta finales del siglo XVIII, debido fundamentalmente al peso de la tradición de Aristóteles (384-322 a.C.), puede caracterizarse por las siguientes líneas principales:

- La realidad existe con independencia de los logros cognitivos del hombre (realismo epistemológico).
- Cada persona se basta a sí misma en el proceso de conocer; no se requiere, pues, el intercambio con los demás (solipismo).
- El lenguaje humano representa un medio introducido, “conforme a un acuerdo”, para describir contenidos mentales.
- El hombre se forma conceptos de las cosas sin necesidad del lenguaje.

En el seno de esta tradición los signos lingüísticos se limitaban a ser recursos para el recuerdo. Para Kant, constituirían meros “vigilantes del concepto”.

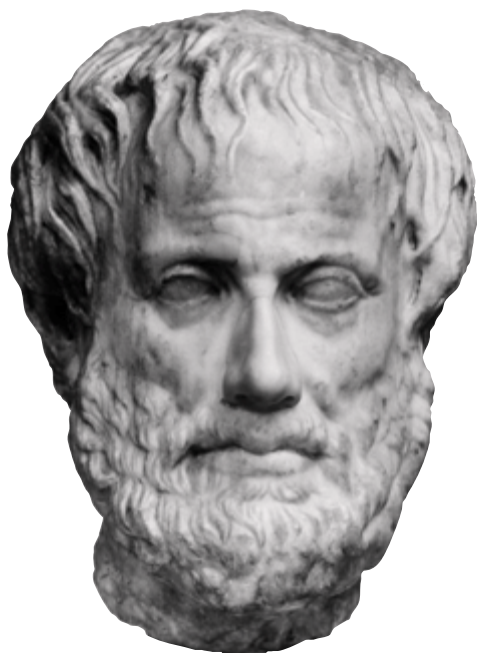
El conflicto entre las concepciones comunicativa y cognitiva del lenguaje se desencadenó en las postrimerías del siglo XVIII. Johann Georg Hamann (1730-1788), Johann Gottfried Herder (1744-1803) y Wilhelm von Humboldt (1767-1835) llegaron a la conclusión de que el lenguaje no representa únicamente — en palabras del último — un “instrumento en sí indiferente hasta cierto punto” del pensamiento.

Humboldt

Tras haber investigado numerosas lenguas, incluidas algunas de los indios americanos, Humboldt llegó a la conclusión de “que la diversidad de las len-

1. LA ESTELA DE HAMMURABI. El famoso rey del siglo XVIII a.C. fijó las leyes de su tiempo en escritura cuneiforme. Los lingüistas se preguntan hasta qué punto el lenguaje escrito configura nuestro pensamiento.





2. PRECURSORES DE SU TIEMPO.

Aristóteles (*a la izquierda*) y Wilhelm von Humboldt se ocuparon del fenómeno del lenguaje y llegaron a resultados diferentes.

guas no consiste tanto en una mera diversidad de signos cuanto en que las palabras y las construcciones sintácticas forman y determinan los conceptos al mismo tiempo, y en que... cada lengua representa una visión del mundo". No existe un mundo prefijado de antemano, ni conceptos independientes de la cultura. El lenguaje, prosigue, no sirve sólo para el intercambio de conceptos, sino también para la formación de los mismos. Aquí la comunicación lingüística desempeña un papel importante. En breve, "el lenguaje es el órgano constituyente del pensamiento".

Los seguidores de Humboldt distinguen en la concepción lingüística cognitiva tres planos en los que el lenguaje ejerce su influencia:

- Mediante la forma de clasificar el mundo una determinada lengua ("la estructura del léxico"), así como por su gramática,
- A través de la presentación física, la "materialidad" del lenguaje: oral, escrito, gestual, etc.,
- A través de las propiedades generales del lenguaje; se trata, sobre todo, de determinar si el lenguaje sólo representa o también configura la realidad.

En los años veinte y treinta del siglo pasado Franz Boas (1858-1942), Edward

Sapir (1884-1939) y Benjamin Lee Whorf (1897-1941), entre otros, defendieron la tesis de que el vocabulario y la estructura de cada lengua repercuten en el pensamiento. Posición a la que, andando el tiempo, se la conocería por principio de relatividad lingüística o hipótesis de Sapir y Whorf.

En la tradición de Humboldt, Whorf analizó las lenguas de los indios norteamericanos. Las comparó con las del ámbito europeo. En su estudio de la lengua de los hopis de Arizona creyó comprobar que dicha lengua apenas permite expresar relaciones temporales. Así, los verbos no contaban con formas de pasado y brillaban por su ausencia las metáforas lingüísticas que relacionan espacio con tiempo. Esa peculiaridad de la lengua ha repercutido decisivamente en el pensamiento de los indios: a ella se debe su imagen atemporal del mundo.

Pero hoy día ya se da por rebatida esta tesis de la atemporalidad de la lengua de los hopi. Ekkehart Malotki ha presentado en su obra *Hopi Time* los matices con los que esta lengua describe el tiempo. Los hopi cuentan con más de doscientas expresiones para determinar el tiempo: desde adverbios temporales (ayer, hoy, temprano o tarde), pasando por horas del día, meses, estaciones del año, hasta un sistema diferenciado de sufijos verbales que permiten una precisa narración del curso temporal. Lo curioso es que Whorf, con su visión errónea de la lengua hopi, suministró paradójicamente la mejor demostración de su propia hipótesis. Probablemente no descubrió las nume-

rosas formas temporales porque había abordado sus estudios con las expectativas de un hablante europeo.

Así opera el lenguaje

Asistimos a un pujante renacimiento de la tesis que defiende la influencia de las estructuras lingüísticas en las mentales. El grupo liderado por Stephen C. Levinson, del Instituto Max Planck de Psicolingüística en Nimega, ha demostrado con experimentos muy sencillos que la estructura del lenguaje determina la forma de resolver los problemas espaciales. Alinearon tres figuras de animales ante los voluntarios del ensayo. Debían éstos girar 180 grados y colocar las figuras tal y conforme estaban ordenadas anteriormente. Los europeos agrupaban los animales de derecha a izquierda, mientras que los aborígenes australianos las repartían siempre en las direcciones de los puntos cardinales. Los probandos seguían, pues, en su comportamiento la descripción espacial de su respectiva lengua: referida a la propia persona o en relación con los puntos cardinales.

También los experimentos de Mingyu Zheng y de Susan Goldwin-Meadow, de la Universidad de Chicago, indican que la lengua materna conforma las estructuras mentales. Examinaron a niños sordos y a niños con audición normal de EE.UU. y de China. Los normales aprendían inglés o chino mandarín, mientras que los sordos no tenían prácticamente ningún conocimiento de un lenguaje de sonidos o de señas. Se mostró que los niños sordos de los dos países emplea-

ban los mismos gestos para describir el movimiento de los objetos. En cambio, los niños que aprendían una lengua materna expresaban los sucesos relacionados con el movimiento de manera distinta, en función de la lengua propia.

Pero, en opinión de los partidarios de la concepción cognitiva del lenguaje, éste no sólo actúa sobre el léxico respectivo, que analiza y divide el mundo en conceptos, y además sobre la correspondiente gramática; también el hecho de si los signos lingüísticos se presentan oralmente, por escrito o por señas produce un efecto distinto en las estructuras y en los procesos mentales de los usuarios del lenguaje.

Walter Ong, catedrático de retórica de la Universidad de San Luis, mantuvo durante mucho tiempo la tesis de que la “literalización” de las lenguas ha transformado el pensamiento humano, desde las estructuras míticas y prelógicas hacia las racionales y lógicas. Pero la tesis de Ong en esa forma tan radical se considera hoy superada. Muchos de los logros cognitivos, que se atribuían a esa literalización, o ya existen en las culturas orales o al menos no tienen que ver exclu-

sivamente con el paso del lenguaje oral al de los signos escritos.

El color del oso

Sylvia Scribner y Michael Cole, expertos en psicología cognitiva, investigaron en 1973 los efectos de la escritura en los vai. Esta tribu de Liberia utiliza tres formas distintas: la escritura vai (silábica), la árabe alfabética y la inglesa. Se sirven de ellas según la ocasión. Los investigadores demostraron así que los efectos del lenguaje escrito en el pensamiento lógico, en la abstracción y en la memoria sólo se hacían patentes en el inglés escrito, pero no en las otras dos manifestaciones de escritura. La razón de que no tuviesen tal repercusión ni la escritura vai ni la árabe alfabética estaba en que no se enseñan como lenguas de cultura en las escuelas.

Con el trasfondo de estos resultados se analizan de forma novedosa y crítica los famosos trabajos de Alexander R. Luria. En 1931 y 1932 este neurólogo

ruso había realizado estudios comparativos en Usbekistán y Kirguisia entre personas con diferente dominio de la escritura. Llegó a la conclusión de que la capacidad de leer y escribir palabras sencillas transforma notablemente los procesos mentales y posibilita las deducciones lógicas.

Luria sometió a los sujetos del ensayo que no sabían escribir a una prueba de razonamiento silogístico. “En el norte, donde nieva, los osos son blancos. Novaja Zemlja está muy al norte y allí siempre hay nieve. ¿De qué color son los osos en Novaja Zemlja?” Las respuestas mayoritarias fueron: “No lo sé. Yo vi un oso negro y no conozco otros”. O bien: “Se reconoce el color de un oso cuando uno lo ve”. Unicamente el presidente de una explotación agraria colectivizada y que tenía conocimientos básicos de escritura respondió en el segundo intento: “Si me guío por sus palabras, tienen que ser blancos”. Tampoco hay aquí absoluta seguridad de que las transformaciones

3. ¡VAMOS POR AQUÍ! En el guugu yimithirr de Australia no existen palabras para derecha e izquierda. Los aborígenes se orientan por los puntos cardinales.



de la mente sean atribuibles sólo a la capacidad de escribir. Es muy probable que los cambios radicales operados por entonces llevarán a la gente a adoptar nuevos esquemas mentales. Después de la Revolución de Octubre se crearon allí escuelas y la población fue instruida en nuevos métodos agrícolas.

Tesis de Ong

Además, muchas de las facultades cognitivas, que presuntamente se deben al pensamiento literal, se encuentran ya en las culturas orales. Ong, antropólogo cultural, suponía que la memoria cultural de las sociedades ágrafas era ahistórico-homeoestática. En otras palabras, los individuos adecuan siempre el pasado al presente, un fenómeno que efectivamente tiene lugar. Así, Jack Goody y Ian Watts describen un caso de amnesia colectiva en la tribu de los gonds en Gana. De acuerdo con las tradiciones orales de la tribu, en la transición al siglo XX el fundador del estado de Gondsha, Ndewura Japka, había tenido siete hijos; cada uno dominaba uno de los distritos del país. Sesenta años más tarde, el desarrollo político había promovido la desaparición

de dos de los distritos. Los mitos se modificaron: narraban ahora la vida de los cinco hijos de Ndewura Japka. Y ya no se volvió a hablar más de los otros dos distritos.

Sin embargo, también las culturas orales disponen de métodos para transmitir sus tradiciones de generación en generación. En tribus de Ruanda y Burundi, por ejemplo, todos los textos importantes “orales” pertenecen a uno de los tres géneros siguientes: poesía, historia o preceptos legales. Hay “expertos” en cada uno de estos apartados y la transmisión se ajusta a reglas y ceremonias fijas. Cuando un experto comete algún error, los especialistas en textos lo sancionan severamente. De esta forma se transmiten incluso comentarios a los textos legales, una capacidad que se suponía exclusiva de las culturas escritas.

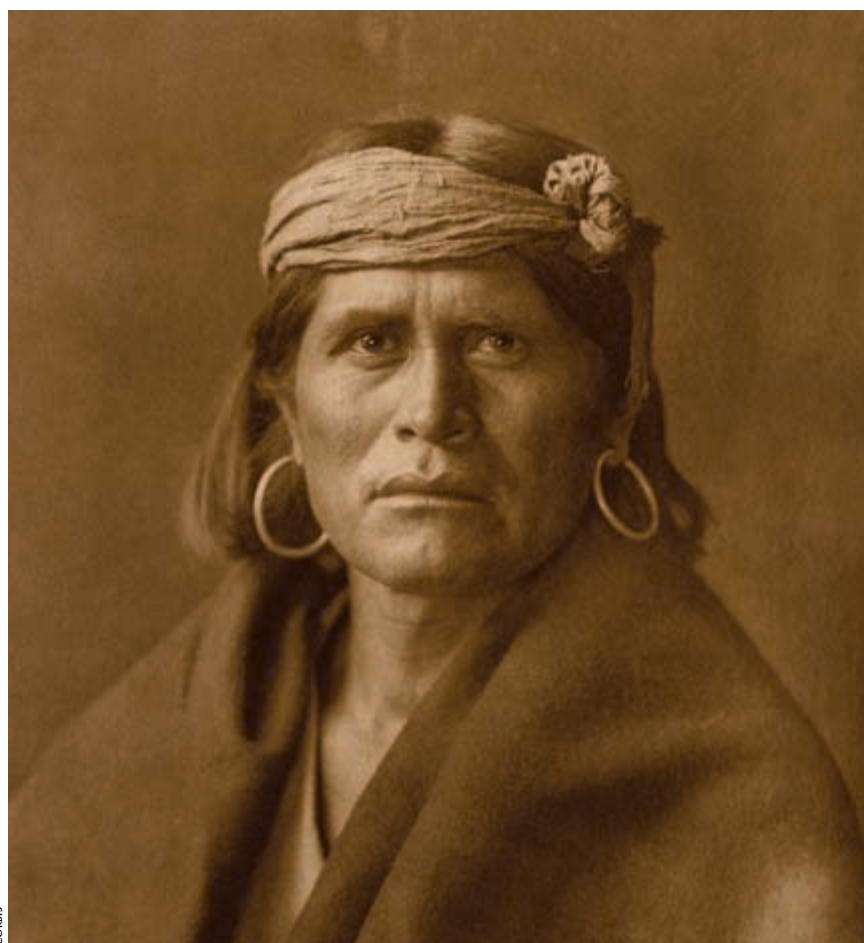
Los representantes de la concepción cognitiva del lenguaje se han visto forzados a abandonar la tesis de que sólo la escritura permite distanciarse de la lengua, haciendo así viable una reflexión sobre ella. Pero tampoco las lenguas basadas en la escritura disponen de estrategias para aislar palabras del flu-

jo discursivo, comentarlas, parafrasearlas y, si es necesario, sustituirlas por expresiones más adecuadas. Un ejemplo de la investigación reciente nos lo ofrece el lenguaje de señas en el ámbito alemán; aunque no dispone de la escritura utiliza, sin embargo, tales “estrategias discursivas”.

El lenguaje escrito no ejerce en exclusiva el influjo determinante sobre las prestaciones mentales que le concedían los antropólogos culturales. Ello no empece que Jack Goody y Sybille Krämer partan del supuesto de que al menos algunas operaciones lógicas o algorítmicas sólo han sido posibles con el invento de formas especiales de notación escritas. Nuestra lengua cotidiana contiene referencias lógicas; por ejemplo, en forma de partículas modales como “en tanto que”, “es decir” o conjunciones como “porque”. Pero sólo los llamados textos escritos operacionales, como la lógica formal, permiten realizar operaciones más complejas que lo que podríamos llevar a cabo de memoria. Nos apoyan en nuestra función de máquinas pensantes fundamentadas en símbolos. Si se trata de demostraciones matemáticas, solamente captar un paso, no el proceso entero.

Manzanas y peras

Hasta ahora la cuestión capital era las consecuencias para la mente de un lenguaje plasmado en expresión escrita. Pero hay que preguntarse también por otras formas materiales de presentación del lenguaje. En el instituto de investigación sobre medios y comunicación cultural de la Universidad de Colonia, hemos abordado los efectos de la forma visual-gesticular del lenguaje de señas en las estructuras mentales de los comunicantes. Se pusieron de manifiesto las diferencias evidentes entre las redes conceptuales de los hablantes del lenguaje oral y las correspondientes a las del lenguaje de señas. Medimos el tiempo que requerían los probandos para valorar la proximidad de significado de dos conceptos y comprobamos que, en los usuarios del lenguaje oral, el concepto “manzana” se encuadraba más cerca de la categoría general “fruta” o de la adjunta “pera” que en los usuarios del lenguaje de señas. Visto desde el ángulo contra-



COPIAS

4. INDIOS INFRavalorados.

Partiendo de sus propios esquemas mentales, los antropólogos europeos no se percataron de la mayoría de las expresiones temporales en el lenguaje hopi.



ZEEA

5. HABLAR ENSEÑA A PENSAR.

Los niños se acompañan a veces en sus actividades de una descripción verbal. Evidentemente es algo que les ayuda a resolver problemas.

Si Piaget veía una atrofia de la forma egocéntrica del lenguaje en la transición a una configuración social, Lew Demjonovitch Wygotski defendía una tesis completamente distinta en su *Pensamiento y lenguaje*, publicado en 1934. Este psicólogo ruso había observado que los niños incrementaban el uso del tipo de lenguaje egocéntrico cuando debían resolver problemas. En su opinión, el lenguaje egocéntrico se separaba del externo social para constituirse, como lenguaje interno, en estructura básica del pensamiento. Evidentemente no se trata de un lenguaje silencioso, sino de un proceso interiorizado de orden lingüístico-cognitivo para solucionar problemas. Muchos especialistas tornan de nuevo la mirada hacia las tesis de Wygotski. Peter Carruthers sostiene que determinadas formas del pensamiento —la deducción causal, entre ellas— necesitan el apoyo de un lenguaje natural interiorizado.

De la relación entre lenguaje y pensamiento no se han ocupado sólo lingüistas y filósofos. Muchos profesionales de la biología evolutiva sospechan que el lenguaje, la cognición y la conciencia surgieron paralelamente en la filogénesis humana. André Leroi-Gourhan, paleoantropólogo, piensa que este

impulso en el desarrollo fue desencadenado por una de las principales conquistas de nuestros antepasados: la adopción de la postura erecta. Gracias a ello, no sólo liberaron las manos; el cráneo cambió su geometría: del prognatismo que prolongaba horizontalmente el eje corporal a la configuración típica de las especies que caminan erguidas. Dentro de ese nuevo espacio craneal se ubicaron, en la corteza cerebral, nuevas regiones que alojan una serie de funciones mentales superiores, la del lenguaje incluida. Los elementos más destacados en esta zona de la corteza cerebral aumentada de tamaño son el área de Broca (para la producción del lenguaje) y el área de Wernicke (para la comprensión del lenguaje).

En esa fase, el cerebro debió de haber desarrollado sin duda una de sus facultades fundamentales: representar los objetos del entorno de una forma nueva, con lo que surgió un tipo más avanzado de conceptos.

No sólo el hombre. Los primates disponen, al menos en un nivel elemental, de la facultad de construir conceptos. Pueden diferenciar o “discriminar” objetos de su entorno, asignarles un significado y reaccionar ante ellos. Además, poseen un concepto primitivo de sí mismos, de su propia identidad. Si en un experimento se le pinta a un primate un punto rojo en la nariz y él se lo ve en el espejo, intenta borrarlos por todos los medios.

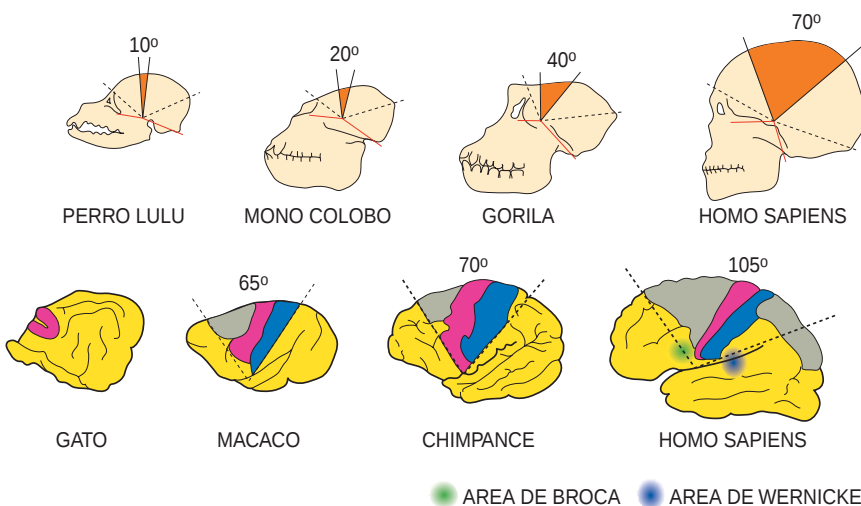
Pero las capacidades cognitivas de los simios están muy por detrás de las del hombre; de esta clase de concepto sólo

rio, los usuarios del lenguaje de señas asociaban el concepto “manzana” más estrechamente a una actividad como “comer” o a un atributo como “redondo”.

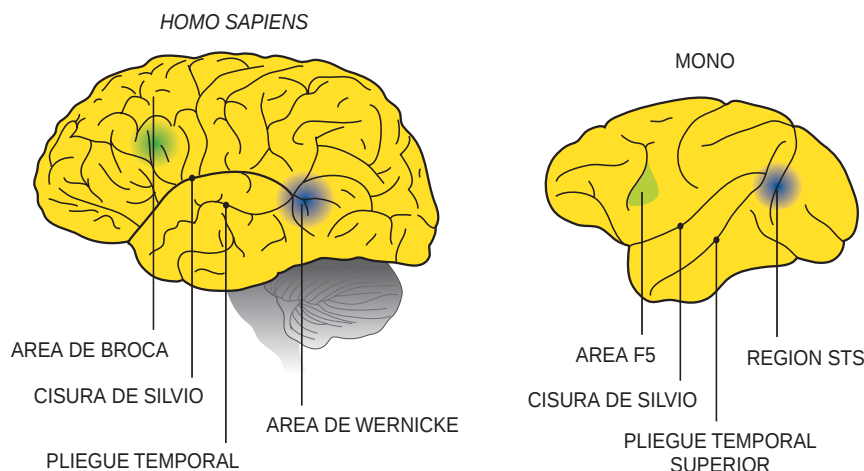
Se trata, según el término que acuñamos, de una incorporación. Es decir, los usuarios del lenguaje de señas pueden fundir en un gesto nombre y verbo (“el pez nada”), o también verbo y adverbio (“corre rápidamente”). Los resultados de nuestras investigaciones apuntan a la influencia efectiva de la materialidad del lenguaje (visual-gesticular o vocal-auditiva) en la estructura del pensamiento.

Un tercer grupo de representantes de la concepción cognitiva del lenguaje tematiza la relación epistemológica entre lenguaje y pensamiento. Se refiere, pues, a los efectos generales del lenguaje, con independencia de cuáles sean las lenguas singulares y su instrumentación lingüística. Según una de las hipótesis, nuestro pensamiento se basa en una suerte de “lenguaje interior” desarrollado en la niñez más temprana. En la onda del psicólogo ginebrino Jean Piaget, los niños —en su progreso del uso del lenguaje— atraviesan primero una fase autista, luego otra egocéntrica y, por fin, una tercera social. En la fase egocéntrica, el niño comenta su actuación: “Ahora saco las piezas, ahora construyo una casa. Si así no sale bien, lo tengo que hacer de esta otra manera”. Más adelante, sus declaraciones se dirigen de un modo creciente a los demás; el lenguaje, que antes estaba centrado en el yo, se transforma en lenguaje social.

6. EVOLUCION DE LA MENTE. En un cráneo de mayor tamaño se podían alojar regiones cerebrales con funciones superiores. Los campos coloreados sirven para el control motor. El lenguaje está localizado en el área de Broca y en la de Wernicke.



THOMAS IIRAUIN / BASADO EN LEROI-GOURHAN



disponen en presencia del objeto correspondiente. En el mundo de los ordenadores se diría que el pensamiento tiene que presentarse *on line*. Los expertos en ciencia cognitiva hablan, a este respecto, de conceptos de primer orden. A veces, basta la información de un solo canal sensorial para movilizar el concepto; por ejemplo, en el caso de los felinos, que reconocen su presa sólo por el olor. En otros casos el concepto se sustenta en varios tipos de informaciones simultáneas: olor, color y movimiento.

Aparición de nuevos conceptos

A diferencia de felinos y simios, el hombre no está limitado a dicho tipo sensorial de conceptos. Puede reflexionar sobre objetos que no ve, ni oye ni huele en ese momento; puede realizar, si se le permite la expresión, un procesamiento *off line*. Además no sólo discrimina entre objetos, sino que los clasifica también en grupos de categoría superior. Estas nuevas prestaciones son posibles gracias a que los conceptos sensoriales están ligados a significados de signos lingüísticos y, con ello, integrados en las redes conceptuales del lenguaje. A estos conceptos se les denomina conceptos de segundo orden.

Para nuestros antepasados ofrecía muchas ventajas la aparición de los nuevos conceptos basados en el lenguaje; no sólo porque podían así pensar en objetos que no tenían a la vista:

- El procesamiento *off line* no está acoplado a reacciones motoras inmediatas, sino que se apoya en representaciones lingüísticas desconectadas de la situación del momento.
- Las escenas imaginadas pueden tener un índice temporal. En correspondencia, sólo así se pueden caracterizar y posteriormente analizar los recuerdos.

• Accedemos a la capacidad de la “representación dual”. De ese modo, permanecen en la conciencia separados entre sí los contenidos percibidos *on line* (el recorrido del paseo) y la representación *off line* (el trabajo pendiente en casa).

• La separación de la conciencia *off line* de la *on line* posibilita la conciencia del yo. Sólo en el “ámbito *off line*” se puede identificar el yo como fuente de su pensamiento y de sus acciones.

• La capacidad de prestaciones de los conceptos aumenta drásticamente cuando éstos se integran en la red de los signos lingüísticos. De este forma, las personas que oyen la palabra gato no sólo se imaginan el animal, sino que pueden explicar lo que es un gato, es decir, parafrasear el concepto y asociar el término a un campo semántico complejo: ojos de gato, gato hidráulico, paso felino, etcétera. Para Derek Bickerton, lingüista docente en la Universidad de Hawai, el lenguaje representa un lugar mental en donde existe todo el “saber sobre el gato” suministrado por el lenguaje y depositado allí como un concepto general y no referido a una situación especial. Según Bickerton, la creación del signo lingüístico “gato” genera ese lugar.

Los cacahuetes excitan

Hace unos años Giacomo Rizzolatti descubrió, por casualidad, un fenómeno que proporciona un fundamento neurobiológico a las teorías sobre el origen del lenguaje y a su interpretación cognitiva.

En el equipo de Rizzolatti, de la Universidad de Parma, estudiaron las neuronas del área F5 del cerebro de macacos, células que intervienen en la traducción a movimientos manuales de las informaciones visuales sobre los objetos. Merced a ello, los simios agarran con seguridad el objeto deseado. Las neuronas F5 tienen, pues, propiedades moto-

7. COMPARACION CON LOS

MONOS. La ubicación de las regiones del lenguaje en el cerebro humano estimula a los expertos a proponer novedosas teorías sobre el origen del lenguaje.

ras y sensoriales; forman un “sistema de encaje-observación-ejecución”. Las neuronas F5 revisten particular interés para el lingüista. Al procesar las características de los objetos y, partiendo de ahí, prefigurar así para la mano la forma de agarre, “clasifican” los objetos en función del significado para el sujeto en acción. Dicho de otro modo, estas neuronas sirven de soporte a un primer concepto elemental.

Pero había algo más. Cierta día, cuando un macaco observaba a uno de los científicos en el momento en que éste extendía la mano para recoger unos cacahuetes, el instrumento de medición registró una excitación de las neuronas F5 del animal. Los neurofisiólogos estudiaron el fenómeno a fondo y descubrieron un nuevo tipo de neuronas: unas células que no sólo se disparaban cuando los animales del experimento movían sus manos dirigidas por lo que contemplaban ellos mismos, sino también cuando veían movimientos análogos en los experimentadores. Rizzolatti y sus colaboradores las denominaron “neuronas de espejo”, puesto que proyectan la acción de un individuo en el cerebro de otro. Más tarde, se demostró este sistema de espejo en humanos.

Los movimientos intencionados estimulan, pues, las neuronas en el cerebro del que está en mi entorno próximo. A esto se añade la tesis de los paleoantropólogos de que la comunicación en la evolución de los homínidos surgió como un lenguaje de señas que, más adelante, dejó paso al lenguaje oral. Rizzolatti adapta la formulación anterior a la “hipótesis del sistema del espejo en la evolución del lenguaje”, según la cual el lenguaje se ha desarrollado como “un uso recíproco de gestos”.

Desde el inicio de la filosofía, ha interesado el significado exacto de “entender”. ¿Cómo sé yo, con mi entendimiento, lo que otro quiere decir con sus palabras y sus gestos? La respuesta podría ser que yo entiendo algo cuando se activan en mi cabeza las neuronas de espejo, es decir, cuando yo observo que alguien inicia una acción. Entonces se activa en mí el mismo programa motor que en el otro —reprimiendo la acción propiamente dicha— y yo puedo acabar dicha acción en mi cerebro.

Rizzolatti aventura la tesis de que la primera comunicación entre dos sujetos pudo ser “un accidente motor”: un individuo ejecutó un movimiento y en un observador no se produjo durante un breve instante la inhibición total de los programas motores. Nosotros tendemos también a tales movimientos involuntarios cuando algún acontecimiento nos absorbe. La persona observada deducía que el observador le había “entendido” por el arranque del movimiento reflejado.

Hasta aquí nos movemos en el plano de la conciencia *on line*. El paso al modo *off line* se da en el mismo instante en que un individuo inicia intencionadamente un movimiento con la voluntad de movilizar el concepto correspondiente en la mente del otro: el gesto se transforma en signo y el concepto correspondiente ya está disponible en cualquier momento determinado.

A favor de la hipótesis de Rizzolatti sobre el origen del lenguaje tenemos el hecho de que la zona F5 del cerebro del macaco se corresponde con el área de Broca del cerebro humano; es decir, exactamente con la región responsable de la producción del lenguaje. Pero también en lo concerniente a la comprensión de lenguaje encontramos paralelismos: en cada interacción mano-objeto participan, además de las neuronas F5, células cerebrales del surco temporal superior. La investigación neurológica ha comprobado que algunos primates construyen conceptos de primer orden en esa región. Además se trata de una zona que halla su correspondiente en el área de Wernicke del cerebro humano, donde se interpreta el significado de los signos lingüísticos recibidos.

Si la hipótesis del espejo no anda desencaminada, los conceptos surgirían de la comunicación entre los hombres. Un elemento central de nuestra mente se desarrollaría a partir del uso del lenguaje. A Humboldt le alegraría oírlo.

LUDWIG JÄGER es catedrático de filología alemana en la Escuela Técnica Superior de Aquisgrán. Investiga los efectos de la materialidad del lenguaje en la mente.

Bibliografía complementaria

DIE SPRACHE ALS MEDIUM DES GEISTES. L. Jäger en *Gibt es eine Sprache hinter dem Sprechen?*, dirigido por E. König y S. Krämer. Suhrkamp; Frankfurt del Main, 2002.

INDISCRETE SEMANTIK. E. Linz. Fink; Munich, 2002.

Procesamiento cerebral del lenguaje

¿Dónde procesa nuestro cerebro los elementos del lenguaje hablado?

Las últimas investigaciones hablan de la activación secuencial de distintas regiones cerebrales, con una pauta temporal muy precisa

Angela D. Friederici

“**T**an” era la única sílaba que aquel hombre sabía pronunciar cuando Paul Broca (1824-1880) le examinó, hace casi un siglo y medio. “Monsieur Tan” estaba todavía en condiciones de comprender preguntas sencillas. A ellas respondía acentuando, de manera diferente en cada caso, sus “tans”. A su muerte, dos años después de su relación con Broca, la autopsia reveló una grave lesión de la parte inferior del hemisferio cere-

bral izquierdo, a la altura de la tercera circunvolución del prosencéfalo. Ante esa observación, el neurólogo y antropólogo francés consideró dicha zona la sede cerebral de la producción del lenguaje. En su honor, llamamos área de Broca a esa región.

Andando el tiempo, en 1874, Carl Wernicke (1848-1905), neurólogo de Breslau, describió una patología de signo inverso; se trataba de enfermos que hablaban, pese a no entender el lenguaje verbal. Los pacientes afectados presentaban dañada la circunvolución superior del lóbulo

temporal izquierdo. Desde entonces a esta región cerebral se le atribuyeron las funciones de comprensión del habla.

Durante mucho tiempo, se aceptó con carácter general esta distribución de las funciones lingüísticas en las regiones de Broca y de Wernicke, respectivamente. Sin dejar de advertir que, en casi todos los diestros y más o menos en dos tercios de los zurdos, sólo interviene el hemisferio cerebral izquierdo en el desempeño de las funciones mencionadas. Más tarde, algunos investigadores comenzaron a cuestionar semejante planteamiento, apoyados en estudios de pacientes con trastornos del lenguaje causados por daños cerebrales. También contradecían tal concepción admitida ciertos experimentos en los que la estimulación eléctrica provocada en diferentes regiones de la corteza cerebral se traducían en trastornos muy específicos del lenguaje. Poco a poco se hizo patente que el esquema de las dos áreas pecaba de una simplicidad excesiva.

Los neurolingüistas empezaron a diseñar un nuevo modelo. A tenor del mismo, las funciones del lenguaje no se reducen a unas zonas restringidas, sino que se ubican en una parte considerable de la corteza. Para tales funciones parecen incluso revestir especial relevancia regiones subcorticales; por ejemplo, el tálamo posterior izquierdo. Cabe la posi-

Glosario

Área de Broca: Parte inferior de la tercera circunvolución del lóbulo frontal izquierdo de la corteza cerebral; participa en la producción del lenguaje.

Área de Wernicke: Circunvolución superior del lóbulo temporal izquierdo que participa en la comprensión del lenguaje.

Léxico: Conjunto de las palabras de una lengua.

Prosodia: Patrones de acentuación y de escalas de entonación —la melodía

de la frase— que pueden modificar el significado literal de las palabras. Puede caracterizar el texto hablado: discriminando, por ejemplo, si se trata de una frase enunciativa, de una interrogación o de si el hablante está en esos momentos triste o alegre.

Semántica: Los significados ligados a palabras y frases.

Sintaxis: Todas las combinaciones admisibles de las palabras que forman giros o frases, es decir, lo que comúnmente se entiende por gramática.



bilidad de que se activen redes neuronales complejas del cerebro, lo mismo en la producción que en la comprensión del habla. Dichos módulos individuales están en parte especializados en determinadas tareas; verbigracia, en la formación de verbos o en la captación de textos escritos.

El desarrollo vertiginoso de las técnicas de formación de imágenes permite hoy rastrear la actividad cerebral durante la ejecución de un acto cognitivo. Con ayuda de estas nuevas técnicas hemos venido investigando, en el Instituto Max Planck de Leipzig, los puntos donde el cerebro procesa el lenguaje y el modo de participación de las distintas zonas en dichas tareas. Ahora estamos en condiciones de presentar un modelo que describe lo que sucede en el cerebro desde la lle-

gada de una información acústica hasta la interpretación de la expresión oída.

En nuestros experimentos nos interesaban sobre todo dos cuestiones:

- ¿Qué áreas cerebrales procesan la sintaxis, la semántica y la prosodia (es decir, la construcción de una oración, el significado de las palabras y la melodía de la frase) del lenguaje hablado?
- ¿Cómo se armonizan en el tiempo los diferentes procesos parciales?

Comenzamos por la ubicación cerebral del procesamiento de la sintaxis y del relativo a la semántica. Recurrimos a la resonancia magnética funcional, un método que permite registrar la actividad neuronal durante los cambios de concentración de oxígeno en la sangre.

Dispone de una buena resolución espacial de aproximadamente dos milímetros, pero es una técnica bastante imprecisa en la dimensión temporal. En nuestros experimentos medimos la actividad cerebral de los probandos mientras oían tres tipos de frases:

- Frases correctas (por ejemplo: Dimos de comer al ganso),
- Frases con errores semánticos, es decir, que contenían un significado de palabra incorrecto (Alimentamos la regla de medir), o
- Frases con un error sintáctico — gramatical (Alimentamos a la vaca en).

Para averiguar cuáles son las regiones cerebrales que procesan informaciones semánticas, expusimos a los pro-

bandos, en forma secuencial, frases con sintaxis y prosodia constantes y donde sólo cambiaba la semántica. La palabra “ganso” la transformamos en “regla de medir”. Si se altera la actividad neuronal en una determinada región cerebral posiblemente sea ésta competente en significados de palabras; el resto de los aspectos sigue al fin y al cabo inalterado.

Retículas especializadas

De esta manera estudiamos si el cerebro reacciona ante informaciones semánticas de forma distinta de su comportamiento ante informaciones sintácticas. Obtuvimos el resultado siguiente: frases distintas activan, sin excepción, el área de Wernicke sobre todo, aunque en proporciones totalmente diferentes en las secciones anterior, media y posterior respectivamente. La circunvolución de la parte anterior procesa preferentemente

la estructura de la frase, mientras que la parte central se ocupa de los significados de las palabras. Y la parte posterior, en fin, parece tener competencias por igual en ambas funciones; puede que colabore en la armonización del significado de las palabras con su concatenación gramatical. Sólo por este procedimiento puede originarse una interpretación del texto hablado.

Pero el procesamiento del lenguaje no se limita al área de Wernicke. Intervienen también, de forma muy activa, zonas adyacentes situadas en el lóbulo frontal izquierdo. Las informaciones sintácticas, por ejemplo, están activadas por el opérculo frontal, una zona que abarca el área de Broca por la superficie, si bien penetra unos dos centímetros en el interior encefálico. Determinada zona del lóbulo temporal y otra del frontal, respectivamente, procesan siempre conjuntamente la semántica o la sintaxis, a

cuyo efecto constituyen una suerte de minirretícula. El lóbulo frontal se activa sólo cuando aumenta el nivel de exigencia, es decir, en casos de frases más complejas que los ejemplos mencionados más arriba.

Abordamos, por último, la separación de la información prosódica de la semántica. Con ese propósito, filtramos el desarrollo de la altura de tono de una frase hablada con normalidad; para los probandos sometidos a examen mediante la técnica de resonancia magnética funcional, reprodujimos la melodía aislada de la frase como escala de sonidos. Al mismo tiempo, les hacíamos oír frases habladas normalmente en las que, sin embargo, sólo se podía reconocer una estructura sintáctica, pero ningún contenido, puesto que se trataba de pseudopalabras carentes de sentido. Los experimentos arrojaron el siguiente resultado: a diferencia de lo que sucede con la sintaxis

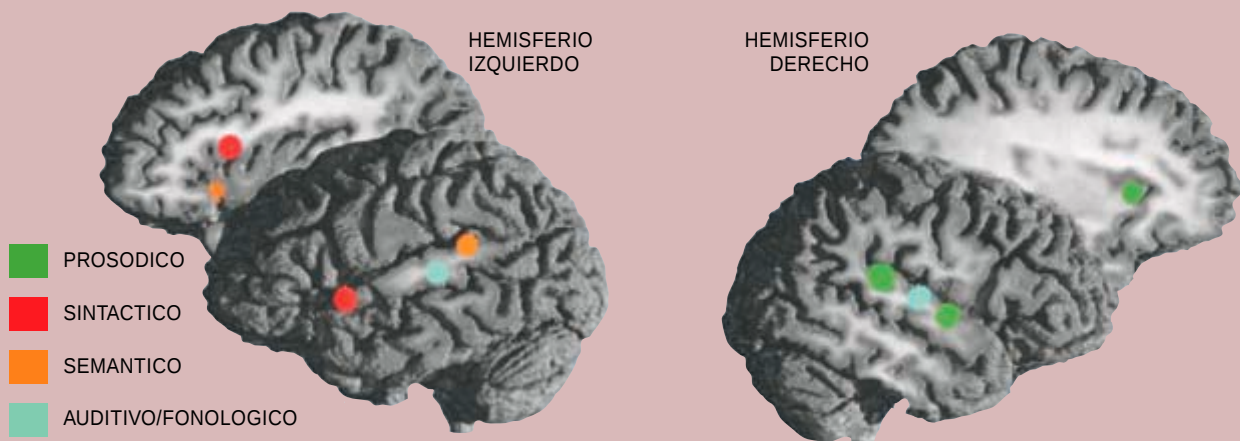
Procesamiento en la cadena de montaje: un modelo nuevo

Al oír una expresión, nuestro sistema cerebral de reconocimiento del habla intenta en primer lugar registrar las unidades fónicas individuales: ejecuta un análisis acústico-fonético. Después, filtra las informaciones posteriores por dos vías: los tipos de palabras son analizadas conjuntamente por secciones superficiales del lóbulo temporal en el hemisferio izquierdo y por regiones más profundas del lóbulo frontal (en la imagen, a la izquierda). El sistema de reconocimiento del habla decide, por ejemplo, si está ante un sustantivo o un verbo y capta de esta manera la estructura sintáctica.

Posteriormente, llega el turno, en este canal de procesamiento, de las informaciones semánticas o de significados. Se plantea la decisión de quién hace algo a quién. Además, el lenguaje hablado contiene las informaciones

prosódicas sobre la escala de la entonación (la melodía de la frase). Esta última se procesa en un segundo canal, principalmente en el hemisferio derecho. Pero todo esto sucede vertiginosamente: el sistema precisa para todos estos procesos un máximo de 600 milisegundos por palabra.

UNA COSA DETRAS DE LA OTRA. La corteza auditiva (azul) analiza la composición fonética del texto oído. La sintaxis (rojo) y la semántica (naranja) se analizan en el hemisferio cerebral izquierdo; el procesamiento prosódico tiene lugar fundamentalmente en el hemisferio cerebral derecho (verde). Se ilustra un corte transversal a unos dos centímetros de profundidad tras la vista exterior de los dos hemisferios, en la parte anterior de la imagen.



A. FRIEDERICI

y con la semántica, aquí es ante todo el hemisferio derecho el que procesa la prosodia, es decir, la región cerebral especializada, de preferencia, en las informaciones emocionales. Para procesar el lenguaje hablado tienen, pues, que colaborar estrechamente el hemisferio izquierdo y el derecho.

¿Cuál es el decurso temporal de estos procesos? Para investigarlo, utilizamos un procedimiento más preciso, desde la óptica temporal, que la tomografía de espín nuclear. Registramos con el electroencefalógrafo (EEG) los potenciales cerebrales en correlación con acontecimientos. Este método suministra muchas mediciones aisladas de electroencefalógrafo; se visualizan así algunas oscilaciones típicas en la curva de la corriente cerebral (alteraciones no reconocibles en un electroencefalograma individual a causa de la fuerte actividad de fondo). El trazado de la curva se modifica de forma característica en el momento en que una frase oída contiene una palabra errónea.

Pero no hay que obviar que el cerebro reacciona a su vez, de forma muy diferente, ante fallos semánticos y sintácticos. Cuando un concepto erróneo es difícil de procesar semánticamente, la curva del potencial cerebral se desvía 400 milisegundos después del estímulo hacia valores más negativos. Esta característica oscilación de la curva —la llamada componente N400— aparece en todos los procesos de elaboración semánticos; lo hace con tanta mayor intensidad cuanto más complicada se presenta la integración de una palabra en el contexto de una frase. Por su parte, un fallo sintáctico provoca ya al cabo de 160 milisegundos una típica respuesta cerebral en la parte anterior izquierda del encéfalo: el llamado componente NTAI (negatividad temprana anterior izquierda).

Las mujeres hablan más deprisa

Nuestro cerebro procesa primero la gramática y posteriormente el contenido semántico de una frase. Posiblemente una de las retículas entre los lóbulos frontales y temporales constituye, en primer lugar, rápida y automáticamente, una estructura sintáctica del texto oído, que se refleja en una señal NTAI. Después, otra retícula demanda contenidos semánticos que confluyan con las informaciones sintácticas (oscilaciones N400).

Pero si el mensaje no se puede interpretar inmediatamente —debido, por ejemplo a fallos gramaticales— se desvía de nuevo la curva de corriente cerebral, aproximadamente 600 milisegun-

AREA DE BROCA
PRODUCCION DEL LENGUAJE

CORTEZA AUDITIVA
PRIMARIA

LOBULO
FRONTAL

LOBULO
TEMPORAL

AREA DE WERNICKE
COMPRENSION DEL LENGUAJE

DISTRIBUCION DE FUNCIONES. Según el modelo clásico, de las funciones de lenguaje se encargarían sólo dos centros ubicados en el hemisferio cerebral izquierdo. El área de Broca produce palabras y frases, mientras que el área de Wernicke recibe informaciones de la corteza auditiva primaria a través del lenguaje percibido acústicamente, para su posterior procesamiento.

dos tras el estímulo, a valores positivos. Este componente P600 revela que el cerebro vuelve a analizar lo oído a la búsqueda de una interpretación adecuada.

Ahora bien, ¿qué sucede con la prosodia? Cuando la melodía de la frase no se ajusta a la semántica o a la sintaxis, otra fuerte oscilación N400 vuelve a revelar que hay un problema de interpretación. Así, por ejemplo, en la falsa entonación de la frase (aquí marcada por la coma) “Peter promete, trabajar Anna”. En este caso viene después un componente P600; una señal de que el cerebro arranca con un nuevo intento de interpretación: “Peter promete a Anna que va a trabajar”.

Partiendo de los resultados de nuestros experimentos, elaboramos un modelo “de cadena de montaje” del procesamiento lingüístico (véase el recuadro “Procesamiento lingüístico en la cadena de montaje: Un modelo nuevo”). El cerebro se propone abordar los aspectos individuales, en parte secuencialmente, en parte en paralelo; e intenta formar una interpretación libre de contradicciones, como es lógico, a partir de los resultados individuales e incluso si fuera necesario probando una y otra vez.

En una serie de nuevos experimentos, les hicimos oír a nuestros probandos frases con palabras matizadas emocionalmente de forma positiva o negativa; por ejemplo, “querido” u “odiado”. Estas

iban respectivamente acentuadas adecuada o inadecuadamente, es decir, según el caso positiva o negativamente. A diferencia de los demás ensayos, nos topamos aquí con el dato de la diferencia de sexo: las mujeres reaccionan mucho antes que los varones ante las informaciones emocionales de la prosodia: a los 200 milisegundos, frente a los cerca de 750 de los varones. Es probable que éstos, al contrario que las mujeres, procesen primeramente por separado el significado de la palabra y la melodía de la frase, para establecer luego la relación entre ambas. Parece, en cambio, que, para las mujeres, adquiere mayor importancia la prosodia que la semántica; en caso de duda, dominaría la primera. ¿Hubiera podido monsieur Tan hacerse comprender mejor ante las mujeres que ante los hombres? Tal vez.

ANGELA FRIEDERICI dirige el Instituto Max Planck de Investigación Neurofisiológica de Leipzig.

Bibliografía complementaria

NEUROKOGNITION DER SPRACHE. G. Fleming, G. Rickheit y H. M. Müller. Stauffenburg Verlag; Tübinga, 2002.

Antes de saber hablar, los niños pueden pensar

Es raro que los niños hablen antes del primer año.
Pero sí pueden pensar. Mucho antes de que digan “mamá”
aprenden a ordenar sus experiencias

Sabina Pauen

“Guau-guau” balbucea Lambertín. “Mi pequeño habla”, piensa la madre extasiada. Desde ahora no sólo tiene un bebé, sino también un interlocutor. Cuando empiezan a hablar, la relación entre padres y bebés se refuerza enormemente. A los científicos les resulta entonces más fácil ocuparse de la vida mental de los pequeños. Estudian, por ejemplo, a todo lo que un bebé designa con “guau-guau”. ¿Sólo al caniche del vecino? ¿A todos los cuadrúpedos? ¿También a una mariposa? ¿Y a un armario? De esa forma, los psicólogos evolutivos tratan de descubrir qué cosas los pequeños consideran pertenecientes a la misma clase, elementos de un mismo grupo o categoría.

Pero, ¿qué ocurre con los críos que todavía no pueden hablar? ¿Qué pasa por la cabeza de un lactante? ¿Pueden pensar antes que hablar? Hasta la década de 1960 se admitía que los bebés apenas eran capaces de recordar lo visto y oído y, menos aún, de pensar sobre ello. Se les suponía hojas en blanco que, en los primeros meses de vida, hacían poco más que recibir, sin filtrar, informaciones por los órganos de los sentidos.

Por eso, hasta hace poco, los psicólogos evolutivos estaban convencidos de

que los pequeños no empezaban a interesarse por las causas de los sucesos antes de los dos años, ni atribuirles a determinadas cosas. Creían incluso que se iniciaba cuando los infantes empezaban a hablar. Pero los científicos estudian ahora las capacidades de los críos desde el día de su nacimiento. ¿A qué resultado han llegado? Dicho en breve: los lactantes de pocos meses aprenden a recordar cosas y a comparar sus propiedades; de ese modo ponen orden en su entorno.

Y esto es muy necesario, pues la pléthora de nuevas impresiones que, desde el entorno, bombardean constantemente a los retoños amenaza con exigir demasiado al nuevo cerebro. Para ordenar las sensaciones, su cerebro agrupa las cosas en categorías, las clasifica en una suerte de cajones mentales. Así, el niño no necesita volver a aprender cada vez todas las propiedades de cada uno de los objetos, sino que puede trasladar las experiencias con un objeto a otros que aún le son desconocidos. Por ejemplo, tan pronto como





Lambertín se ha formado la categoría “silla”, reconoce de inmediato, incluso en un domicilio ajeno, el mueble en el que el papá y la mamá se pueden sentar.

Perro desconocido

Los estudiosos que se disponen a investigar con algo más de precisión cómo se origina este tipo de conocimiento, se topan pronto con un problema: ¿cómo pueden saber de qué logros mentales son realmente capaces los infantes menores de un año? ¿No se lo pueden preguntar! Para superar este obstáculo los psicólogos evolutivos recurren a un dato: la especial atención que prestan a lo desconocido.

Existe un experimento clásico que se aplica con lactantes a partir de los dos meses. El psicólogo les va enseñando varios pares de imágenes, consecutivos.

En las imágenes aparecen ejemplares distintos de una misma categoría, por ejemplo, gatos. Al verlos, el bebé debería familiarizarse con esa categoría. El psicólogo detecta que el crío se ha familiarizado porque dedica ahora tanto menos tiempo a contemplar una imagen cuantos más pares de esa misma categoría se le han presentado.

Se le muestra luego un par de imágenes, en una de las cuales aparece un representante de otra categoría; por ejemplo, un perro. El crío tampoco ha visto antes el gato concreto de la segunda imagen; le es, pues, también extraña. Sin embargo, si se detiene más tiempo en el perro, significa que le resulta más insólito que el desconocido gato. De esa conducta los psicólogos concluyen que la criatura asigna el perro a una nueva categoría (teniendo en cuenta que otros lactantes

que no han pasado por la fase de familiarización dedican por igual el mismo tiempo a las dos imágenes).

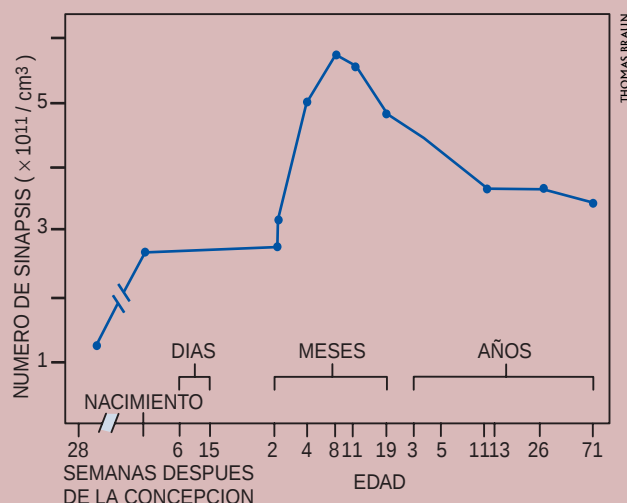
Con niños algo mayores —desde los seis meses— el test suele ser diferente. Se les ofrece para que jueguen modelos pequeños de los objetos del test; por ejemplo, gatitos de plástico de diferentes razas. Se les da primero, uno tras otro, diversos modelos de una categoría y, luego, un ejemplar de la otra categoría. Sabremos que puede ya distinguir las categorías porque cada vez juega menos con las figuras, hasta que aparece la nueva categoría; en cuyo instante comienza a ocuparse del postrer juguete más tiempo.

Varios grupos de investigadores han realizado tests de este tipo en distintos países. Los resultados con lactantes de menos de seis meses son contradicto-

El cerebro de un recién nacido no es una *tabula rasa*

Además de los psicólogos evolutivos, los investigadores del cerebro abordan también con qué capacidades vienen al mundo los bebés. Mediante técnicas de formación de imágenes han establecido, por ejemplo, que partes del cerebro diversas procesan, ya en los recién nacidos, tipos de información distintos. Así el lóbulo temporal izquierdo de la corteza cerebral de los lactantes reacciona ante las palabras. La lateralidad —la concentración del hemisferio cerebral izquierdo o derecho en determinadas funciones— empieza ya antes del nacimiento: los que después serán zurdos suelen chuparse el pulgar izquierdo en el vientre de la madre, y a la inversa. Desde el punto de vista de su morfología externa, el cerebro de un recién nacido se asemeja al de un adulto. Tiene todas las estructuras importantes y el número de neuronas no aumentará. No obstante, al cerebro le falta mucho hasta su plena madurez. Hacia los cinco años habrá triplicado su peso y seguirá aumentando hasta que cumpla los dieciocho años. En este período de maduración se hacen más tupidas las redes neuronales. Crecen las prolongaciones nerviosas y los lugares de contacto entre neuronas, las llamadas sinapsis. De ese modo se amplía el cerebro del niño con el correr del tiempo, aunque no aumente el número de neuronas. Pero el cerebro va eliminando sinapsis ya desde la más tierna infancia. Si en una determinada área crecen desmesuradamente, durante un tiempo, las conexiones nerviosas, éstas se reducen por lo general de inmediato en esa zona. Es decir, al principio el cerebro produce un excedente de contactos y, después, establece qué conexiones deben persistir. Por eso crecen, desde el segundo mes de vida, las conexiones sinápticas en el córtex visual. A los seis meses, las neuronas en esa área están tan estrechamente conectadas como no lo volverán a estar después, ya que a partir de ese momento se reducen los lugares de contacto. De todas maneras, al final del proceso quedan todavía más sinapsis que al inicio de la pubertad (véase la figura).

El momento de este cambio depende de lo que sucede en cada una de las fases del desarrollo. Los recién nacidos apenas si pueden ver los objetos clara y distintamente, pues ni el cristalino ni las conexiones nerviosas del ojo a la corteza cerebral han acabado de madurar. Y no sólo esto; como la cabeza del crío crece muchísimo el primer año, cambia continuamente la distancia entre el centro de los ojos. Además, no posee todavía pleno control de los músculos oculares. Por eso, los recién nacidos perciben contrastes fuertes y estímulos en movimiento, pero apenas si distinguen pequeñas diferencias entre objetos, ni tonalidades de color o grados de claridad. La agudeza visual mejora constantemente durante los primeros meses y, a los seis, alcanza el nivel de los adultos. Pero hacia el final del cuarto mes los bebés dis-



tinguen ya los aspectos esenciales de su entorno y coordinan en su cerebro las informaciones visuales procedentes de los dos ojos. Probablemente aumentan con rapidez las conexiones sinápticas hasta alrededor del sexto mes, pues a esa edad se alcanza la plena agudeza visual.

El niño ya puede sentarse recto y empieza a descubrir su vasto entorno. El cambio es especialmente drástico en las culturas occidentales en las que los bebés permanecen, en los primeros meses, mucho tiempo en casa y, cuando salen, lo hacen tumbados y resguardados en cochecitos protegidos; ahora se les abre, en los paseos por la ciudad y los parques, una nueva perspectiva: los peques se asombran ante los coches que pasan cerca, observan a personas y animales y escrutan la variedad de productos en los escaparates. Lo que un niño llega a ver a esa edad depende en gran medida de la cultura en la que crece. Un niño esquimal ve a diario cosas totalmente distintas de las que percibe otro que crece en una selva africana o en una gran ciudad. Así pues, las conexiones en el córtex visual se seleccionan después, cuando el crío empieza a percibir con detalle su entorno. El cerebro se guía por el principio elemental del “úsalo o déjalo”. A diferencia del incremento de las sinapsis, que depende de la maduración, el cerebro suprime después los nexos sobrantes teniendo en cuenta ante todo las experiencias de aprendizaje. Sólo se consolidan las conexiones que se utilizan con frecuencia; el cerebro puede, así, procesar informaciones eficientes y adecuadas a las condiciones vitales del niño.

rios. Así, de acuerdo con varios estudios estadounidenses, a esa edad los bebés pueden distinguir categorías; sin embargo, las pruebas que nosotros hemos realizado en el Instituto de Psicología de Magdeburg nos mostraron lo contrario: en los primeros meses de su vida los lactantes no están aún en condiciones de categorizar objetos. Pero muy otro es el resultado con niños de siete meses: éstos,

en nuestras series de pruebas, se entretenían notablemente más tiempo con los juguetes de la categoría que acababa de aparecer; ahora sí son capaces de diferenciar clases distintas de objetos.

La investigación sobre la maduración cerebral en los primeros meses de vida y sobre el desarrollo del sentido de la vista respalda también la hipótesis de que los lactantes son capaces, a los seis

o siete meses, de clasificar objetos en cajones mentales (véase el recuadro “El cerebro de un recién nacido no es una *tabula rasa*”).

¿De qué categorías se apropian primero los niños? ¿Cómo evolucionan? Puesto que la categorización se inicia precisamente en la fase de desarrollo en la que los bebés alcanzan su plena agudeza visual, diríase que atienden, de modo



1. PELIGRO DE CONFUSION. Pruebas con juguetes de animales y muebles, fieles unos a la naturaleza (*arriba*) y otros ajustados en su aspecto externo (*abajo*), muestran que los lactantes no elaboran categorías atendiendo sólo a las semejanzas externas.

Ojos que no ven, corazón que no siente

¿Qué puede, pues, regir la categorización? ¿Intervienen quizá los conocimientos y sensaciones previas? En ese caso, los juguetes de animales les recordarían a los pequeños en fase de familiarización a los animales reales. Avala esta hipótesis el dato siguiente: los niños de nueve meses que han crecido con un gato o con un perro, pueden distinguir entre estas dos especies, siendo así que, sin esta experiencia, suelen fallar incluso a los once meses.

Independientemente del criterio en que se funde el retoño para categorizar, debe poder poner los objetos delante del ojo mental. A ese hecho los psicólogos evolutivos lo denominan formación de representaciones mentales estables. Pero, ¿están en disposición de hacerlo bebés de seis meses? A primera vista parece que no. Si les quitamos algo con lo que estaban jugando entusiasmados y lo escondemos, bajo una toalla por ejemplo, no lo buscan. Al parecer rige aquí el dicho “ojos que no ven, corazón que no siente”. Apoyado en tales observaciones, Jean Piaget (1896-1980) negó a los niños de

esa edad la captación de la “permanencia del objeto”, es decir, saber que algo sigue existiendo aunque no se le pueda ver. Según Piaget, esta capacidad empieza a manifestarse hacia el final del primer año. Pues es a esa edad cuando los críos, puestos en situaciones semejantes, empiezan a rebuscar por todas partes las cosas repentinamente desaparecidas.

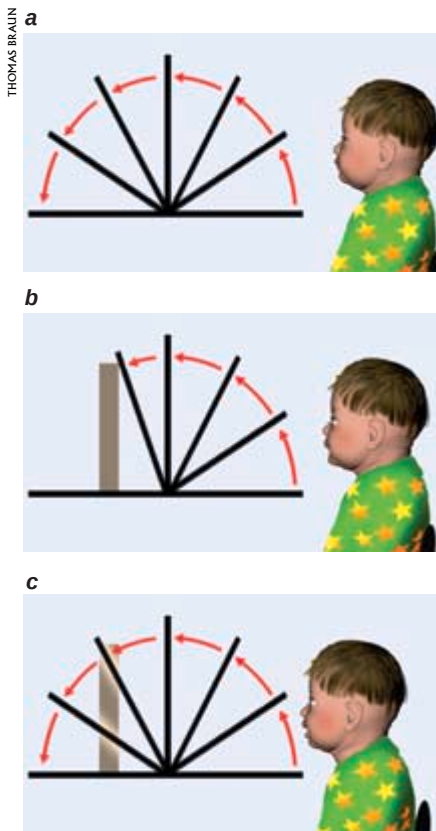
Se trata, empero, de una impresión engañosa. Estudios algo más recientes —por ejemplo, con ayuda de la llamada



preferente, al aspecto exterior de los objetos. Si esto fuera así, los primeros objetos que podrían agrupar serían los que se parecen y que, a su vez, mostrarían una diferenciación manifiesta de otros objetos, es decir, clases de objetos como gatos, perros, sillas o mesas. Este tipo de objetos formarían las categorías *básicas*; por el contrario, les sería menos fácil organizar categorías *globales* como animales, muebles o vehículos, pues agrupan objetos que difieren mucho en su aspecto exterior. Sin embargo, nuestras pruebas nos han llevado a la conclusión contraria: se diferencian antes las categorías globales que las básicas.

Por consiguiente, no es sólo ni fundamentalmente el parecido exterior el que determina la partición en categorías. Así, niños de once meses distinguen juguetes de animales y muebles que están dotados de una apariencia externa similar con la misma perfección que distinguen juguetes que mostraban todas las diferencias naturales entre estas dos clases de objetos. Los lactantes algo más crecidos configuran, pues, nuevas categorías no sólo por la abstracción visual de la apariencia externa. Pues, de no haber sido así, deberían haber categorizado mejor los juguetes cuyo aspecto externo difería mucho de los que se habían igualado en sus apariencias externas.

2. ¿QUIEN TIENE LA INICIATIVA? Hasta los lactantes creen que es el animal de peluche y no la pelota el causante del movimiento. En el paradigma animal-pelota, si el animal y la pelota, después de haber rodado juntos (*arriba*), reposan inmóviles en rincones distintos (*abajo*), los lactantes de siete meses miran expectantes al animal y esperan que pronto se volverá a mover.



3. MAGIA. En la prueba del puente giratorio el crío se halla sentado en una mesa, en la que una lámina rectangular puede plegarse hacia el niño o desplegarse alejándose del mismo (a). Un objeto que está detrás detiene la lámina al desplegarse hacia atrás (b). Pero si la lámina acaba su despliegue (c), los críos se sorprenden ante tal imposibilidad física.

prueba del puente giratorio (véase figura 3)— permiten concluir que los lactantes recuerdan objetos que han dejado de percibir. En este experimento, el pequeño está sentado en una mesa, a la que se ha fijado, con una bisagra, una lámina rectangular. Esta lámina puede desplegarse o recogerse acercándose o alejándose del niño. Después que el crío se ha acostumbrado al proceso de que la lámina se despliegue y se cierre, el experimentador coloca, bien visible, un objeto sobre la mesa. Si vuelve a desplegar la lámina de adelante a atrás, primero el crío ve que la pierde de vista y luego que la lámina topa con el objeto y no alcanza los 180°. Como no está habituado a esa percepción, debería prestarle una atención más duradera.

Pero si el experimentador provoca, con un truco, que la lámina acabe el giro de 180° de costumbre, el bebé sólo se

puede sorprender de esta imposibilidad física, si aún se acuerda del objeto tapado; pues ¡la lámina debería chocar con el objeto! El resultado es muy ilustrativo: los bebés de tan sólo seis meses contemplan más rato la lámina “imposiblemente” extendida 180°, pese a serles conocida en virtud de los ejercicios de familiarización. Parece, pues, que cuentan con una representación del objeto y que se preguntan dónde ha quedado el objeto que era visible. Por lo tanto, existen ya en esta fase de desarrollo las condiciones mentales previas para agrupar los conocimientos sobre objetos y formar unos primeros conceptos, aun antes de poder hablar.

Otras observaciones permiten sospechar que los lactantes recuerdan objetos y personas concretas y que estructuran mentalmente tales recuerdos, mucho antes de que empiecen a hablar. Fijémonos en el llamado miedo al extraño, que comienza a manifestarse alrededor de los siete meses: a esta edad, no les gusta que ningún extraño les tome en sus brazos, sino que prefieren a las personas allegadas. Significa ello que distinguen entre personas de su confianza y personas desconocidas; llegan incluso a reconocer a su madre en fotografías. Identifican a las personas más allá de su aspecto exterior y recurren a sus experiencias anteriores para interpretar lo que acaban de percibir.

Con todo, esto no explica *por qué* los lactantes configuran categorías globales. ¿Qué les lleva, por ejemplo, a diferenciar entre seres vivos y seres inertes? La teoría de la evolución puede ayudarnos a entenderlo. Para bebés indefensos, animales y hombres representan un peligro o una preocupación. Por eso les conviene observar con más atención a los organismos que a los objetos y, por consiguiente, deben poder distinguir unos de otros.

Es posible que intervengan en esto esquemas innatos de percepción. Los recién nacidos ya muestran un especial interés por las caras y las miran con preferencia a otros objetos de complejidad análoga. El interés innato por todo lo que se mueve en su campo de visión ayuda también al lactante a distinguir pronto entre seres vivos y cosas inanimadas. De esa manera aprenden, desde los primeros meses de vida, que muchos objetos se pueden mover por sí mismos, mientras que otros necesitan una fuerza exterior. Quizá son estos criterios aún más decisivos que los rasgos de la cara y otras cualidades “estáticas” para formarse representaciones mentales, antes de que empiecen a hablar. Por último, todo lo

que se mueve atrae mágicamente la mirada de los recién nacidos. Y, a partir de los tres o cuatro meses, los lactantes dirigen la mirada hacia donde se encontrará en los segundos siguientes un objeto móvil.

Según esto, los bebés deberían también interesarse por todo lo que participa en los movimientos: piernas, brazos, alas o ruedas. Sin embargo, para deducir movimientos por estas propiedades estáticas del objeto, los lactantes deben poder relacionar entre sí dos tipos diferentes de conocimientos: uno sobre el aspecto exterior del objeto y otro sobre su comportamiento. Si los lactantes lo consiguieran, los psicólogos podrían explicar por qué los bebés ordenan bajo una misma categoría a los juguetes de especies animales distintas, a pesar de las diferencias de sus aspectos externos. Todos los juguetes de animales activarían, pues, el mismo conocimiento previo; por ejemplo, cómo se mueven. Pero, ¿pueden los lactantes asociar ya, en realidad, la imagen de su incipiente automovimiento con la vista de los juguetes de mamíferos?

Un armario no es un “guau-guau”

A la pregunta anterior puede contestarse con el “paradigma del animal y la pelota” (véase figura 2). Los bebés sujetos del experimento contemplan cómo un animal imaginario en forma de gusano y una pelota dan vueltas uno alrededor del otro. Ambos cambian con frecuencia la velocidad y la dirección, es decir, manifiestan movimientos que son característicos de los seres vivos. ¿Consideran los bebés del experimento que el causante del movimiento es la pelota o lo atribuyen al “desconocido” animal?

Nuestras pruebas dan como resultado que, desde el parvulario, se halla fijada la interpretación de esta escena: “el animal juega con la pelota”, “el animal empuja la pelota” o “el animal quiere comerse la pelota”. Los participantes en la prueba atribuyen inequívocamente la causa del movimiento al animal, pues han aprendido a asociar los movimientos imprevisibles con animales, no con objetos inanimados. Identifican como viviente al animal imaginario, a causa de su apariencia externa, y a la pelota como objeto inanimado; después, aplican su saber sobre las características del movimiento en estas dos categorías globales.

Pero, ¿qué pasa con los niños algo menores? Por ejemplo, lactantes de siete meses, ¿atribuyen el movimiento al animal y no a la pelota? Los científicos pueden volver a valerse de las preferencias de los bebés. Los lactantes miran con

particular interés y agrado los objetos que se mueven o que deberían moverse. Si los experimentadores les muestran una escena en que animal y pelota, después de dar vueltas juntos, permanecen inmóviles cada uno en un rincón, los bebés dirigen sus ojos curiosos al animal, quizá porque se sorprenden de su inmovilidad y esperan que, de un momento a otro, vuelva a moverse. Así pues, a esa edad ya han captado no sólo las características externas, sino también los aspectos típicos del movimiento de los seres vivos y de los objetos. Pero si al animal imaginario le falta la cara o el pelaje, no se desencadena la reacción de los infantes. Al parecer, no reconocen al juguete como animal sin estos rasgos externos característicos y, por tanto, no esperan que se mueva.

Una variante de la prueba confirma nuestra interpretación. Una mano coge animal y pelota a la vez y los mueve como en la prueba original. En este caso, los lactantes atribuyen el movimiento a la mano y no al animal, pues miran por igual a ambos juguetes tan pronto como acaba la representación y los dos juguetes yacen inmóviles en su rincón. Es decir, a partir de la segunda mitad del primer año de vida, los infantes no sólo se preguntan qué causa el movimiento, sino que ya saben la respuesta recurriendo a los conocimientos adquiridos sobre las categorías globales.

Aunque, al nacer, los lactantes no pueden hablar, sí pueden pensar bastante bien. Recuerdan cosas, comparan rasgos y, de esa manera, tratan de ordenar su entorno (por lo demás caótico) con sus impresiones en continuo cambio. Esto aclara, pues, por qué Lambertín llama “guau-guau” tanto al caniche del vecino como a la mariposa, es decir, a todos los animales. Pero difícilmente designará así a un armario, a no ser que esté cubierto de pelos y se le haya pintado una cara.

SABINA PAUEN es profesora de psicología evolutiva en la Universidad de Heidelberg.

Bibliografía complementaria

WAS GEHT DA DRINNEN VOR? DIE GEHIRNENTWICKLUNG IN DER ERSTEN FÜNF LEBENSJAHREN. L. Eliot. Berlin Verlag; Berlín, 2001.

BEEINFLUSST SPRACHE DIE OBJEKTKATEGORISIERUNG IN DER FRÜHEN KINDHEIT? S. Pauen en *Sprache und Kognition*, vol. 19, pág. 3; 2001.

Cuanto antes, ¿mejor?

El cariño favorece más el aprendizaje infantil que el entrenamiento prematuro

Muchos conatos de algunos padres por enseñar a sus retoños lo máximo posible lo antes posible producen situaciones harto grotescas. En Japón, son habituales las clases de inglés prenatales a partir del sexto mes de embarazo, pensadas como una de las muchas formas de mejorar la preparación del temido “juken”, la prueba de admisión, para críos de dos años, en las guarderías de elite. Pero este método de aprendizaje tiene el mismo éxito que la enseñanza de los números a un embrión dando golpes en el vientre de la madre: nulo. Lise Eliot, neurobióloga del Instituto médico de Chicago, desenmascaró estas prácticas como estimulaciones adicionales totalmente inútiles, que no dejan ninguna huella en el cerebro en desarrollo.

Algo parecido sucede con las expectativas ilusorias, repetidas una y otra vez, de que los niños aprovecharían más si se les instruyera desde muy pronto en materias escolares regladas. Clases de lenguas extranjeras y matemáticas en los parvularios, ejercicios de lectura y escritura, en muchos casos ligadas de inmediato con una edad de admisión precoz y con un estándar educativo obligatorio como fondo. No faltan, pues, propuestas de exigencias tempranas a los críos.

Sólo que, por desgracia, no hay ningún indicio de la eficacia de un adiestramiento prematuro en el estudio; al contrario. Hace ya unos diez años que Robert Rescorla y sus colaboradores, de la Universidad de Pennsylvania, recogieron experiencias de todas las zonas de EE.UU. sobre la educación formal a edades tempranas. El resultado fue que los niños sometidos a tales “exigencias” tenían tendencia a iniciar su propio curso escolar con una creatividad frenada, con más temor y con una incorporación negativa.

Pero si los supuestos trucos mágicos son tan inútiles como los programas de empollar antes de la escolarización, ¿cómo pueden los educadores responsables promover la capacidad de aprender de un retoño? Patricia Kuhl, Andrew Meltzoff y Alison Gopnik sostienen, en su libro *Forschergeist in Windeln* (Espíritu investigador en pañales), que se trata de un fin posible, aunque por vía indirecta. En primer lugar, los neonatos deben poder estructurar, para lograr un aprendizaje tosco, una relación segura con sus allegados, por lo general los padres. Después empiezan, casi inmediatamente, a percibir su entorno y a observar los cambios; captan también las relaciones y aprenden a influir en los acontecimientos.

Conviene entonces encauzar, por todos los medios, la atención del retoño a personas, objetos y acontecimientos. Esto activa su innata disposición exploratoria que, a su vez, fomenta el desarrollo cognitivo. Para fomentar el habla, la capacidad expresiva emocional y la autoconciencia de los pequeños y para otorgar a su mundo una estructura, los educadores no deben proceder con premura, sino sonsacarles con habilidad preguntas y, luego, no dejar ninguna sin respuesta.

Antes de que un pequeño rompa a hablar, inquiere en su entorno. Si algo despierta su curiosidad, trata de obtener más información. Pero después les toca el turno a los adultos; sus reacciones son decisivas para el éxito del aprendizaje. Sólo cuando los educadores permiten la fantasía y la creatividad de los críos, pueden los incipientes científicos proseguir sin trabas sus ansias de aprender y comenzar así a comprender conexiones.

Gabriele Haug-Schnabel
Bióloga del comportamiento y profesora titular
en la Universidad de Friburgo.

Procesamiento inconsciente de la información

Nuestro cerebro evalúa sin cesar una multitud de informaciones procedentes de nuestros sentidos. Lo hace de forma inconsciente. Pero, ¿quién podría pensar que se pueden leer palabras e incluso “comprender” su significado sin que nos demos cuenta?

Bettina Rolke

“**M**antenga la distancia de seguridad”, aconseja el indicador luminoso de la autopista. Queda enseguida atrás, lo mismo que otros indicadores, situados en el lateral: “Placas de hielo” — “Infopista, F.M.” — “Zona de descanso” — “Logroño” — “Salida a 250 metros”. De repente el deslumbrante destello de un radar. ¿Me afecta? ¡Imposible! Tenía la vista concentrada en la carretera; cualquier disco de limitación de la velocidad, estoy seguro, me habría llamado la atención. Reflexiono sobre lo observado en los últimos minutos. Pero las imágenes de mi memoria visual son incompletas, plagadas de puntos en blanco.

Lo experimentamos a diario. Aunque nuestro entorno nos parezca, en todo momento, continuo en el espacio y el tiempo, transcurrido cierto intervalo sólo recordamos retazos de la escena. ¿Dejamos acaso de percibir, de forma consciente, muchos detalles, un indicador de la carretera por ejemplo? ¿Cómo consigue, entonces, el cerebro representarnos imágenes completas y con sentido?

En el marco de una disertación del grupo de trabajo de psicología general y fisiológica de la Universidad de Marburg abordé los límites del procesamiento consciente de estímulos visuales. Para ello, colocamos ante una pantalla a un grupo de voluntarios. Debían

éstos recordar las palabras, que habían ido apareciendo en rápida secuencia. No nos interesaba sólo por qué alguien “pasaba por alto” una palabra, sino, sobre todo, comprobar la hipótesis de que nuestro cerebro, pese a no prestar atención a las palabras, sí las evalúa; lo hace, por tanto, de forma inconsciente.

¿Cuándo se nos queda realmente fijada una información en la memoria? Los expertos en psicología cognitiva opinan que advertimos todos aquellos detalles hacia los que nos dirigimos de forma consciente. A través de este “foco de atención” quizá se fije la representación efímera de un estímulo en el cerebro. Hacia qué polaricemos nuestra atención, dependerá, en buena medida, de cuán importante nos parezca. El conductor que busca la salida correcta de la autopista se concentrará en los carteles azules; dejará en segundo plano los de otros colores.

Podemos poner máximo empeño en atender a todos los detalles importantes. Muy pronto, sin embargo, nuestra atención llega al límite de su capacidad. Lo demostraron con un experimento sencillo Jane Raymond, Kimron Shapiro y Karen Arnell, del Centro de Neurociencias Cognitivas de Bangor (Gales). El ensayo, a grandes rasgos, consistió en lo siguiente: presentaron a los voluntarios muchas letras diferentes en rápida sucesión en un mismo punto de la pantalla del monitor de un ordenador. Los probandos debían fijarse en dos letras con un color diferente del resto e indicarnos

al final de la prueba. De esta manera aparecieron en el monitor dos caracteres en color blanco intercalados en una sucesión de caracteres en negro.

Se produjo un fenómeno inesperado. Si la segunda letra blanca seguía a la primera, tras un intervalo de 200 a 500 milisegundos, los voluntarios no podían recordarla. Incluso afirmaban no haber visto ninguna segunda letra blanca. Se les pidió luego que ignorasen la primera letra blanca y atendiesen sólo a la segunda. Sorprendentemente, ahora no tenían ninguna dificultad en recordar las últimas.

Por lo que parece, nuestro cerebro necesita una suerte de “tiempo de reflexión” para introducir estímulos conscientes en la memoria. Durante ese intervalo temporal —también denominado “parpadeo de la atención”— los probandos no podían prestar atención a la segunda letra blanca, aun cuando se esforzaban en ello.

¿Significa eso que todas las informaciones que no percibimos conscientemente se pierden sin remisión? Para responder a esta cuestión le presentamos a nuestros participantes una ristra de palabras en rápida sucesión, siempre en la misma zona del monitor. Les solicitamos que se fijasen en tres palabras blancas (“palabras objetivo”) dentro de una serie de palabras en negro, para indicarlas después. Nos apoyábamos en lo que ya sabíamos sobre el procesamiento de estímulos atendidos y les presentamos la segunda palabra blanca 250 milisegun-

RED DE LA MEMORIA. Al oír o leer una palabra, nuestro cerebro activa el correspondiente “concepto”, esto es, su significado. La activación se extiende de forma inconsciente a conceptos emparentados.

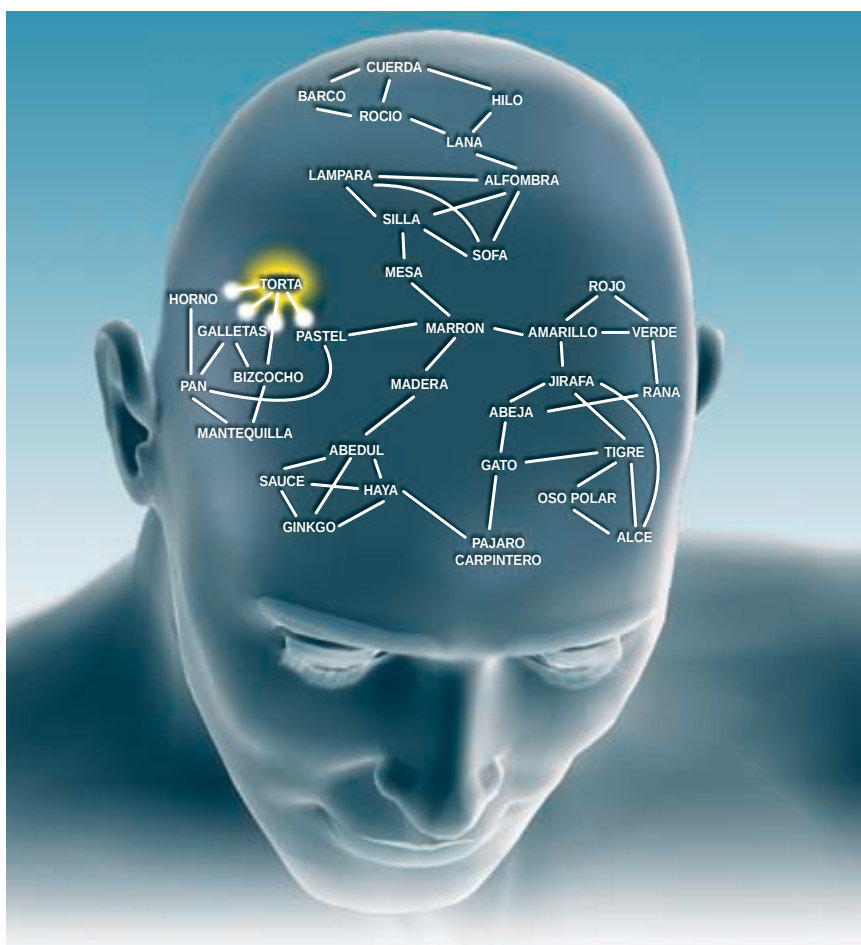
dos tras la primera palabra objetivo. Resultado: los probandos sólo podían recordar aproximadamente la mitad de las segundas palabras ofrecidas.

Nuestro objetivo era, no obstante, averiguar si el cerebro procesa las palabras no atendidas; es decir, inconscientes. Vino aquí en nuestra ayuda una observación conocida desde hace muchos años: una palabra escrita es más fácil de captar y pronunciar si aparece en un contexto propio. Por ejemplo es mucho más sencillo leer la palabra “pastel” si sigue a la palabra “torta” que si aparece a continuación de “cuerda”. Se trata de un ejemplo de asociación semántica. Así la palabra “torta” facilita manifiestamente el reconocimiento y pronunciación de la palabra “pastel” debido a su similitud de significado (semántica).

El efecto de la asociación semántica

Merece la pena detenerse en la asociación semántica. Podemos ilustrar dicho efecto si nos imaginamos nuestra “memoria de significados” como una red cerebral de numerosos nodos enlazados entre sí. Cada nodo representa un concepto léxico, es decir, el significado abstraído a partir de una palabra concreta. Por ello, los conceptos afines se encuentran más próximos o establecen una conexión más fuerte entre sí que los conceptos de significado dispar. Al leer la palabra “torta” se activa en el cerebro el concepto léxico “torta”; con ello, la activación se extiende a otros nodos conceptuales enlazados. Puesto que los nodos de “torta” y “pastel” yacen próximos, se activa “pastel” a través de “torta”; por eso, “pastel” tiene cierta ventaja cuando aparece ante los ojos.

En el experimento se varió a continuación la proximidad semántica de dos palabras objetivo. Se hizo entre la segunda y la tercera. Los voluntarios reconocían mejor la tercera palabra objetivo cuando ésta iba precedida de otra palabra objetivo de significado afín. Podían así identificar la palabra “pastel” con mayor corrección y frecuencia cuando seguía a “torta” que cuando aparecía tras “cuerda”. Era evidente que nos hallábamos ante un caso típico de asociación semántica. Con todo, el efecto se producía sólo si los sujetos recorda-



ban la segunda palabra objetivo precedente (cuerda o torta). Pero si la segunda palabra era captada, durante el parpadeo de la atención, de manera incompleta y no se recordaba, entonces la afinidad semántica entre la segunda y la tercera palabra objetivo no incidía en la cuota de recuerdo. De lo que se infería con toda claridad que el significado de las palabras que no hemos procesado de forma atenta se pierde.

Ahora bien, durante nuestros experimentos registrábamos la actividad electroencefalográfica. Gracias a ello pudimos rebatir tal deducción. Para obtener el encefalograma (EEG) se aplican electrodos sobre la cabeza. Los potenciales eléctricos medidos reflejan la suma de la actividad neuronal de una zona determinada del cerebro; puede establecerse una correlación, temporal y precisa, de los mismos con sucesos; por ejemplo, con la aparición de una palabra blanca en la pantalla. A diferencia del comportamiento, que es la consecuencia de etapas de procesamiento ya transcurridas, el EEG informa casi en directo de la actividad cerebral.

El procesamiento del significado de las palabras se puede leer especialmente

en una evolución particular del gráfico de EEG, la denominada N400: la línea del EEG varía aproximadamente 400 milisegundos tras la presentación de una palabra en una forma característica: cuanto menos encaje una palabra en el contexto significativo de una frase, tanto más negativos serán los valores tomados por la gráfica del EEG. Investigadores del habla se basan en la medida del encarrilamiento semántico, que se corresponde con la evolución de la N400. En nuestro estudio se dio dicho efecto N400: cuanto más divergían la segunda y tercera palabras objetivo, tanto más pronunciada era la evolución negativa del EEG. Para nuestra sorpresa, también variaba el N400 de forma similar cuando una persona no podía recordar el texto de la segunda palabra objetivo.

Podemos, pues, comprender el significado de palabras aun cuando no les prestemos ninguna atención, ni tengamos experiencia consciente, ni logremos recordarlas. En nuestro cerebro se activan conceptos asociados a palabras sin que nosotros seamos conscientes de ello; en nuestra memoria semántica se alteran estados, aunque no nos hayamos percatado de una palabra.

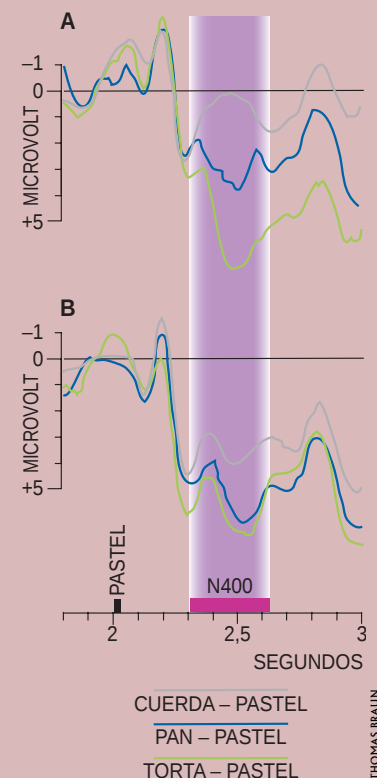
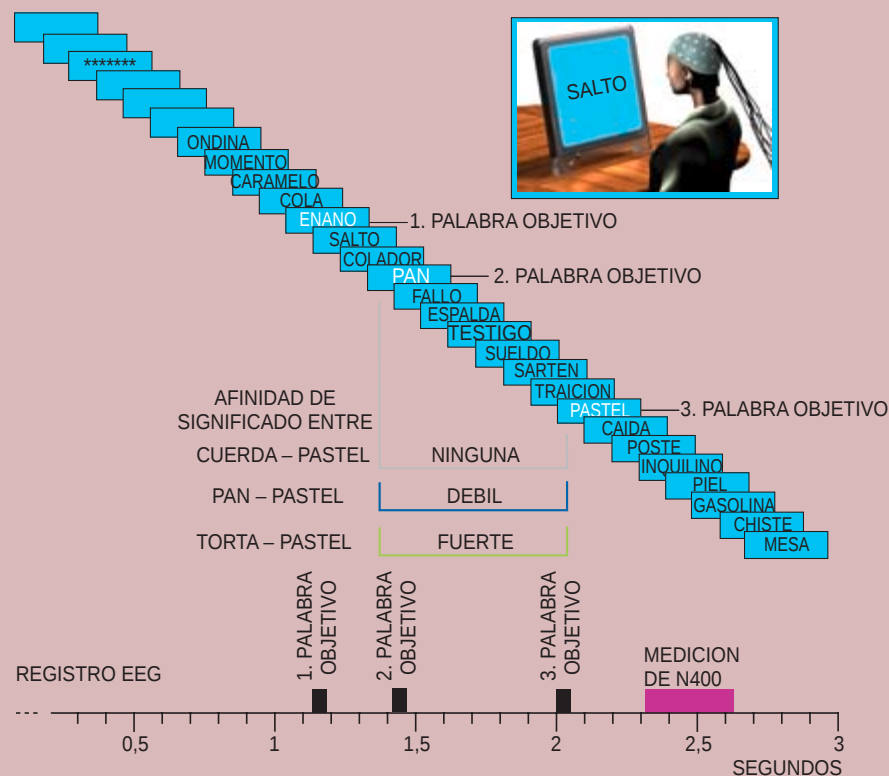
Operación inconsciente de las palabras

A través de un experimento con palabras y la medición simultánea de corrientes eléctricas se demuestra que procesamos las palabras también de manera inconsciente. Los voluntarios deben descubrir palabras blancas intercaladas en una hilera de palabras negras en rápida sucesión (12 por segundo), para indicárlas luego. Mientras el sujeto se halla ocupado en procesar de forma atenta la primera palabra objetivo, se le escapa a menudo la segunda. En algunos casos, ni siquiera recuerda haberla visto.

Pero el cerebro analiza, de modo inconsciente, el significado de la “palabra perdida”. Nos lo indica el electroencefalograma: la evolución del potencial (*diagrama A*) se produce cuando la persona percibe de forma consciente la segunda y tercera palabras objetivo y además las recuerda. Cuanto

menos afines, semánticamente hablando, ambas palabras, tanto más “negativamente” procederá el curso de la curva en la franja N400. (Por convención, los valores negativos se reflejan en la parte superior del diagrama; los positivos, en la parte inferior.) La razón de ello es muy simple: cuando dos palabras son afines se hallan más próximas en nuestra memoria semántica. La desviación del N400 aparece menos negativa porque la palabra ya había sido “preactivada” por la anterior.

Asombrosamente este efecto se mantenía —aunque algo debilitado— cuando el participante no había percibido de forma consciente la palabra precedente (*diagrama B*). Nuestro cerebro puede, pues, reconocer de forma inconsciente el significado de una palabra.



THOMAS BRAUN

Así las cosas, alguien podría sentirse incómodo. ¿Estamos indefensos y a merced de estas percepciones inconscientes? ¿Podríamos hallarnos inducidos a la compra de determinados productos a través de astutos mensajes publicitarios no percibidos e intercalados en las películas? Llegados a este punto, deberíamos considerar que el significado de los “estímulos perdidos” se desintegra probablemente de forma inmediata en el cerebro. En nuestro estudio, el análisis inconsciente del significado sólo se plasma sensiblemente en el EEG, pero no en la tasa de éxito de los recuerdos. Resulta, pues, poco probable que poda-

mos ser inducidos a cometer acciones mediante estímulos percibidos de forma inconsciente. La activación de significado de breve duración podría explicar, sin embargo, por qué nos parece consistente nuestro entorno. Pese a que no seamos conscientes de un sinfín de detalles simultáneos, podemos orientarnos con presteza en nuestro entorno complejo.

Una respuesta que no resuelve, por supuesto, el problema. La guardia civil de tráfico nunca admitirá como excusa que hicimos caso omiso de una señal porque coincidió con un lapso de falta de atención.

BETTINA ROLKE, bióloga, recibió en 2001 el premio de jóvenes científicos de la Sociedad Alemana de Psicofisiología y su Aplicación (DGPA) por sus experimentos sobre el procesamiento inconsciente de la información.

Bibliografía complementaria

FLEETING MEMORIES: COGNITION OF BRIEF VISUAL STIMULI. Dirigido por V. Coltheart. The MIT Press; Cambridge, 1999.

MISSSED PRIME WORDS WITHIN THE ATTENTIONAL BLINK EVOKE AN N400 SEMANTIC PRIMING EFFECT. B. Rolke et al., en *Psychophysiology*, vol. 38, pág. 165; 2001.

Mentiras

Con la verdad se llega lejos; la mentira, en cambio, tiene las patas muy cortas.
¿Es cierta esa contraposición? Psicólogos, antropólogos y neurobiólogos sostienen
que mentir constituye un componente esencial de nuestra inteligencia social

Ulrich Kraft

“**N**o mentirás”, ordena el octavo mandamiento. Pero lo que una vez se esculpió en piedra diríase que no vale hoy día ni siquiera el papel en el que está escrito. Lo que es más: se le ignora y desprecia. Los psicólogos y los sociólogos coinciden en que, desde la primera mentira contada por Adán y Eva en el paraíso, la especie humana no ha dejado de faltar a la palabra. Todo el mundo hace trampas, miente y engaña, de forma habitual, voluntaria, astuta y calculada.

Científicamente está demostrado que nos desenvolvemos entre engaños y trampas. Gerald Jellison, de la Universidad de California en Los Angeles, registró las conversaciones cotidianas de veinte voluntarios y analizó después las falsedades grabadas en las cintas. El resul-

tado fue para los amantes de la verdad consternador: desde el punto de vista estadístico incluso los participantes más sinceros habían mentido una vez cada ocho minutos. “Muchas veces —anota Jellison— son pequeñas mentiras, pero mentiras a fin de cuentas.”

¿Qué nos impulsa a ese comportamiento munchhauseniano? (El barón de Münchhausen es un personaje literario alemán, arquetipo del mentiroso compulsivo.) La tesis de Jellison es que se trata de nuestra constante búsqueda de disculpas por conductas que los demás podrían considerar inadecuadas. Así, el moderno barón mentiroso inventa un atasco de tráfico como pretexto de su retraso, aunque él, poniendo su mano en el pecho, nunca había tenido el propósito de llegar puntualmente a la cita. Hay que reseñar que los mayores fanfarrones en la investigación de Jellison eran consecuentemente los probandos con más

contactos sociales: vendedores, enfermeras, abogados, psicólogos y periodistas.

Desde que se sabe cuánto le cuesta a la especie humana atravesar la jungla de la mentira se empieza a interesar la ciencia por esta característica tan típica del *Homo sapiens*. Paul Eckmann, director del laboratorio de interacción humana de la Universidad de San Francisco y uno de los pioneros en la investigación sobre la mentira, asegura que el engaño constituye un componente central de la vida; por ello, la comprensión del fenómeno reviste un interés capital para casi todos los asuntos humanos.

Al objeto de llegar al fondo de la naturaleza de la mentira, los neurólogos hacen a sus probandos contar mentiras en el laboratorio, al tiempo que miden la actividad cerebral. Los psicólogos, por su parte, analizan señales deladoras en la mímica y gesticulación del embustero;



1. MENTIR TODOS A UNA. En la película irlandesa “¡Larga vida a Ned Devine!”, muere de un fallo cardíaco una persona que se había hecho millonaria con el primer premio de la lotería. Sus paisanos no quieren renunciar a sus ganancias y encubren su fallecimiento presentando como Ned Devine a Michael O’Sullivan (David Kelly, a la izquierda) ante el representante de la sociedad de loterías.

investigan además nuestra capacidad de detectar los engaños y tratan de descubrir cuándo y cómo aprenden a mentir los niños.

Tendencia al mal

Los resultados de la investigación van arrebatando progresivamente a la mentira su aureola negativa. Muchos antropólogos opinan que no es tan lamentable que el hombre tenga semejante talento para las tretas sutiles y los engaños refinados. Y que esta característica no deriva de una tendencia al mal, sino que representa un componente esencial de nuestra inteligencia social.

Una mentira inocente sobre el nuevo peinado que tan poco favorece a nues-

tra vecina fomenta la convivencia pacífica más que la verdad desnuda. Y al igual que este pequeño embuste, la mayoría de nuestras mentiras provienen fundamentalmente del deseo de contentar a nuestros semejantes, de no desmascararlos ni ofenderlos.

Pero con esto no hemos rehabilitado del todo al barón de Münchhausen, pues las investigaciones en este campo también nos demuestran que la mentira repercute ante todo en beneficio propio y la usamos para aprovecharnos de otros. El ser humano simula hábilmente hechos falsos, finge con astucia y se presenta con una bien ensayada amabilidad para aparecer en primera línea de la mejor manera posible y conseguir llevar a cabo

sus propios intereses. Algo aplicable especialmente a los varones, según el estudio de Robert Feldmann, psicólogo de la Universidad de Massachusetts en Amherst. Los componentes femeninos de su ensayo, en el que participaron en conjunto 242 estudiantes, deslizaban mentiras en sus conversaciones con una persona desconocida fundamentalmente para elevar la sensación de bienestar en su interlocutor. A sus compañeros masculinos, por el contrario, les interesaba dar la mejor imagen posible de sí mismos.

Para los expertos en evolución biológica, la vida social con todas sus jerarquías y entramado de relaciones ha traído al mundo este fenómeno del fraude y la mentira. La mentira intencionada sólo se podía desarrollar en el seno de grupos complejos. También los chimpancés que viven en bandas son maestros en simulación: mediante trucos, engaños y gesticulación teatral luchan en coaliciones cambiantes por el rango, el

alimento y las parejas sexuales. Y no se pierda de vista el riesgo implícito para estos primates, pues existe la amenaza de degradación social si se descubre la trampa.

Partiendo de la base de que la verdad es un bien escaso en nuestra sociedad, no basta con que uno mismo sea un perfecto tramposo. Quien no quiera ser engañado en cada paso, ha de poder descubrir la simulación ajena. Según los antropólogos, habría que atribuir a esa suerte de carrera armamentística entre el desenmascaramiento y el refinamiento de la mentira, el desarrollo filogenético de la inteligencia social. Quizá trajo incluso el lenguaje. Algunos sostienen incluso que el aumento de tamaño del cerebro humano se debe, en último término, a la presión evolutiva de tener que mentir de forma progresivamente más refinada.

Abona esta hipótesis el hecho de que toda mentira intencionada implica una brillante actuación intelectual: ocultar la verdad y sustituirla por una historia irrefutable exige no sólo enorme creatividad sino que presupone la capacidad de trasladarse al interior de las mentes ajenas. El mentiroso tiene que contemplar esta puesta en escena teatral propia desde la perspectiva de la persona engañada; así sabrá qué directrices deberá marcarse para que la representación

resulte convincente. Justamente uno de los logros cognitivos característicos del ser humano consiste en poder imaginarse cómo la persona engañada le ve a uno mismo en el acto de mentir, una actividad que consiste en algo así como en darle la vuelta al pensamiento.

Con las técnicas de la tomografía de resonancia magnética funcional (TRMf), Daniel Langleben, de la Facultad de Medicina de Pennsylvania, investiga la zona de ubicación cerebral del proceso embaucador. Este método permite reconocer un aumento de la actividad cerebral por la mayor afluencia de riego sanguíneo en las regiones correspondientes. Langleben disponía que sus probandos mintiesen intencionadamente: cada uno de ellos debía contar una mentira, de la que él solo podía saber que era efectivamente una mentira. A cada uno de los participantes se le entregaba un naípe en un sobre cerrado; nadie, ni siquiera el director del experimento, sabía de qué naípe se trataba en cada uno de los casos concretos. Una vez que cada voluntario había visto su carta a escondidas, se le colocaba en la cabina del tomógrafo,

donde un programa de ordenador le iba mostrando, naípe a naípe, el mazo entero de la baraja, planteando sucesivamente el interrogante de si en cada caso concreto se trataba del naípe en cuestión.

Con anterioridad Langleben les había exhortado expresamente a mentir. Incluso cuando en el monitor apareciese el naípe verdadero y la respuesta verídica hubiera tenido que ser positiva, los probandos deberían negar la coincidencia. Con lo que se tenía la certeza de que exactamente una de las 36 respuestas negativas de cada uno de los participantes era mentira y precisamente ese “no” es el que querían estudiar los investigadores con ayuda de las imágenes de la TRMf.

Declaración de culpabilidad en el laboratorio

Los científicos descubrieron cada mentira. En determinadas regiones cerebrales aumentaba la actividad de manera significativa, siempre que los probandos recurrieran al engaño. Y era especialmente llamativo este aumento de actividad en dos zonas: en el giro cingular anterior y en la corteza prefrontal.

2. NOTICIAS FALSAS LIBERADORAS. En la novela de Jurek Becker “Jacobó el mentiroso” (llevada al cine en 1999, con Robin Williams) las noticias completamente inventadas sobre la aproximación de las tropas aliadas fortalecen la voluntad de supervivencia en el ghetto de Varsovia.



CINETEXT



Ambas regiones son corresponsables de los contenidos de memoria que llegan a nuestra conciencia. El giro cingular controla la atención y los impulsos. En la corteza prefrontal reside la instancia inhibidora del cerebro. Aquí se rechazan episodios mentales irrelevantes en ese momento y que no deben aparecer ante el ojo cerebral; por ejemplo, los hechos verdaderos, pues para mentir hay que reprimir algo y ese algo es la verdad.

Había otro dato interesante. Si no se obligaba a mentir a los probandos, no aparecían cambios en la actividad cerebral. Lo que lleva a la hipótesis de que la sinceridad es por así decirlo el estado cognitivo normal. O dicho en otros términos: toda violación del octavo mandamiento exige de las neuronas un esfuerzo superior, pues el cerebro tiene

que impedir en primer término que se diga la verdad.

Un trabajo de un equipo de psicólogos de la Universidad de Michigan confirma también que el embuste y la mentira ponen a prueba las células de la sustancia gris. En el ensayo se preguntó a los voluntarios si conocían a determinadas personas y ciertas circunstancias de algunos sucesos, al mismo tiempo que medían los correspondientes intervalos de reacción. El resultado fue el siguiente: cuando los probandos reconocían sinceramente que no tenían ni idea de lo que se les preguntaba apretaban la tecla del “no” lo más tarde al cabo de medio segundo; si respondían mintiendo, el tiempo de reacción duraba más de un segundo. Ni siquiera después de ser puestos al corriente del trasfondo del estudio y de tener ocasión de “entre-

3. ¿LOBO CON PIEL DE CORDERO?

El padre de la novia (Robert de Niro, a la izquierda) comprueba con diferentes tests de un detector de mentiras en la película “Mi novia, su padre y yo” (EE.UU., 2000) si el novio y futuro esposo de su hija es realmente una persona honrada.

narse” apretaban el botón correspondiente con mucha más rapidez.

Aunque Langleben se centra en descifrar los procesos neurobiológicos del acto de mentir, no ignora las posibilidades de sus experimentos. Por el hecho de medir inmediatamente la actividad cerebral, la TRMF es superior al detector de mentiras usual.

Desde hace una veintena de años, Paul Ekman se ocupa de estudiar las señales corporales que delatan a los mentirosos. En uno de sus experimentos más conocidos este investigador de las emociones mostraba a un grupo de aspirantes a enfermeras un vídeo con imágenes de personas a las que tuvieron que amputarles sus extremidades. La tarea consistía en convencer a un entrevistador, que no veía la cinta, de que precisamente estaban contemplando en ese momento una bella película de la naturaleza con paisajes agradables.

Para motivar a estas mentirosas por encargo se remitía a que, en su práctica profesional diaria, tendrían que ocultar frecuentemente ante sus pacientes emociones como consternación y repugnancia; y que la simulación bien dominada era por tanto una propiedad importante de su gremio. Como control se utilizaba una segunda película con un paisaje de costa bonito y que las probandas podían describir honradamente como tal.

Ekman grabó a las estudiantes de enfermería en un vídeo y analizó su mímica y su expresión corporal. Y descubrió algo muy interesante: incluso las mentirosas más convencidas no podían ocultar por completo sus verdaderas reacciones internas, aunque sólo por un brevísimo instante. Menos de un cuarto de segundo se mantienen esas llamadas “microexpresiones faciales” — fugaces momentos en los que cae la máscara y la cara revela las emociones sinceras, como la repugnancia o el apuro — hasta que una sonrisa las vuelve a ocultar. Para Ekman, no pensamos si antes no sentimos. Si un sentimiento no es totalmente consciente, ya aparece la correspondiente expresión en la cara.

Los investigadores también encontraron “microgestos” delatores como cor-

tas sacudidas de cabeza o rápidos encogimientos de hombros. Sin embargo, tales movimientos, mínimamente insinuados, sólo se podían reconocer en cámara lenta. Es posible que ésa sea la razón por la que cuesta tanto reconocer el embuste sufrido.

Alternativa: echar una moneda al aire

Bella DePaolo, de la Universidad de Virginia, tras examinar un centenar de estudios sobre el desenmascaramiento de la mentira, llegó a la conclusión de que la probabilidad de averiguarlo no supera el puro azar: el promedio de aciertos, de poco más del cincuenta por ciento, es sólo ligeramente más alto que la tasa de probabilidades.

Pero hay un grupo de personas que detecta y descubre a los tramposos con mucha más seguridad. Se trata de los afásicos, personas que como consecuencia de una lesión del hemisferio cerebral izquierdo pueden entender el sentido de palabras sueltas, pero no el de frases completas. En cierta ocasión un grupo de afásicos estalló en carcajadas en un discurso de Ronald Reagan, porque percibieron sus palabras como mentiras. Más tarde se comprobó que el político efectivamente no había dicho la verdad. Junto con Eckman, Nancy Etcoff, del Hospital General de Massachusetts en Boston, sometió a prueba esta observación y les proyectó a diez afásicos los vídeos con el experimento de las estudiantes de enfermería. Aunque ellos no podían comprender el texto, a la hora de diferenciar entre mentira y verdad llegaron a acertar en el sesenta por ciento de los casos.

El hombre como detector de mentiras

Para Etcoff, los afásicos sienten una suerte de experiencia “¡ajá!” cuando detectan una mentira. Al sustraer de las películas, concentrados pues en la expresión facial, los afásicos elevaron su rendimiento a casi el 75 por ciento. Tal vez el lenguaje oculte otras capacidades comunicativas de las personas; solemos escuchar sin atender a signos no verbales, como la expresión del rostro. Sin llegar al extremo de Charles Maurice de Tayllerand, ministro de Asuntos Exteriores de Napoleón, quien afirmó en cierta ocasión que “el lenguaje le fue dado al hombre para ocultar sus pensamientos”. Lo cierto es que las personas sanas tienen dificultades para interpretar las señales en el rostro del mentiroso; en el estudio de Etcoff los no afásicos no obtuvieron mejores resultados cuando se quitó el sonido a las películas.

Es posible que, tras esta ceguera, se oculte también una estrategia de supervivencia. Quien se proponga vivir con la verdad por delante en una sociedad tan mentirosa corre el peligro de quedar marginado. Bella DePaolo llevó a cabo una investigación en colegios americanos con un resultado curioso: aquellos muchachos que percibían con extraordinaria sensibilidad los engaños y las fanfarronadas y no disimulaban su postura eran valorados como poco competentes socialmente tanto por los compañeros como por los profesores. En contraposición, según un estudio de Robert Feldmann, los adolescentes que saben mentir con mucha convicción y que raramente son pillados en sus trampas, gozan de especial reconocimiento y éxito en sus grupos respectivos.

Ya por su parte el Papa Paulo IV (1476-1559) reconoció cuán humano era violar el octavo mandamiento: “El mundo quiere ser engañado, por tanto es engañado”, declaraba en su día. Los investigadores de la mentira van incluso más allá al afirmar que detrás de todos los pequeños engaños y mentiras se dan en su opinión toda una serie de procesos cognitivos complejos sin los que quizá no sería posible la convivencia humana.

Pero, ¿qué sucede con los engaños premeditados con intenciones criminales? ¿Deben contar con nuestra absolución sólo porque ahora se sabe que la mentira es un signo de inteligencia social? Evidentemente no, pues al fin y al cabo no se trata de *peccata minuta* sino de delitos en toda regla. Pese a la tomografía de resonancia magnética la ciencia no nos puede eximir de la condena moral del mentiroso. Así como tampoco resolverá nunca la paradoja del cretense mendaz, aquel que afirmaba que todos los cretenses mentían.

Bibliografía complementaria

DIE LÜGE, DAS SALZ DES LEBENS. P. Stiegnitz. Edition Va bene; Viena, 1997.

LOB DER HALBWahrheit: WARUM WIR SO MANCHES VERSCHWEIGEN. D. Nyberg. Fischer Taschenbuch; Frankfurt del Main, 1999.

TELLING LIES. CLUES TO DECEIT THE MARKETPLACE, POLITICS AND MARRIAGE. P. Eckman. W. W. & Company; Norton, 2001.

BRAIN ACTIVITY DURING SIMULATED DECEPTION. AN EVENT-RELATED FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE STUDY. D. D. Lang- leben y otros en *NeuroImage*, vol. 15, n.º 3, pág. 727; 2002.

Instituto Max Planck de Psicolingüística de Nimega

En ese centro lingüistas, psicólogos, etnólogos, neurobiólogos y médicos investigan sobre las relaciones entre pensamiento y lenguaje

Annette Lessmöllmann

“Der Fauper der die Lüspeln febbt tekken das Baktor”.

Con esta exótica frase se trabaja en el Instituto Max Planck de Psicolingüística de Nimega. Pese a lo que parece, no pertenece a ningún dialecto holandés. Locución tan “absurda” sirve sólo para conseguir nuevas perspectivas en el estudio del procesamiento del lenguaje por el cerebro.

Junto a la Biblioteca Hertziana de Roma y el Instituto de Historia del Arte en Florencia, el Instituto Max Planck de Psicolingüística forma un trío de centros de investigación alemanes fuera de sus fronteras. La razón de tan curioso exilio tiene un nombre: Willem Levelt. Cuando en 1975 la Sociedad Max Planck decidió crear un grupo para la investigación del lenguaje pensó en este renombrado psicólogo holandés para dirigirlo. Reunía las condiciones requeridas: un absoluto dominio de los métodos experimentales de psicología y un conocimiento cabal de los postulados teóricos más avanzados de la lingüística. Pero Levelt había fundado ya en Nimega un

Instituto de Psicología. No quería abandonar su ciudad. La Sociedad Max Planck transigió.

Desde su fundación son muchos los investigadores que han acudido a Nimega, una ciudad de 150.000 habitantes, cuyo precioso casco antiguo fue destruido por los bombardeos de los aliados. El Instituto ha adquirido renombre internacional.

La psicolingüística estudia la comprensión del lenguaje, su producción y aprendizaje, con particular detenimiento en los mecanismos procesadores del mismo. Se caracteriza el Instituto de Nimega por la fluida interrelación entre los diversos proyectos. Lingüistas, psicólogos, etnólogos, neurobiólogos y médicos trabajan hombro con hombro y aportan sus modernos métodos de investigación. Podemos ejemplificarlo en las investigaciones cerebrales desarrolladas en los últimos diez años. Abordan el examen cerebral de nuestra capacidad lingüística.

La investigación del lenguaje tropieza con una grave dificultad. No puede estudiarse en modelos animales de experimentación. Durante años, hubo que basarse en el estudio de pacientes que, como consecuencia de lesiones neuro-

biológicas, presentaban trastornos del lenguaje. Hoy, gracias al progreso de las técnicas de formación de imágenes, podemos investigar las áreas de procesamiento del lenguaje también en personas sanas. El Instituto de Psicolingüística creó en octubre de 2002 un centro especial dedicado a la formación de imágenes neurológicas, en el que participan cuatro universidades holandesas y cuenta con instalaciones de resonancia magnética y tomografía de emisión de positrones, entre otras.

Con estos métodos se localizan, por ejemplo, las áreas del cerebro que se activan cuando se realiza el análisis sintáctico de una frase. Se examina así la actividad cerebral de las personas que se someten voluntariamente a la exploración cuando leen y corrigen frases sin significado, si bien resultan perfectamente reconocibles desde el punto de vista estructural. Un ejemplo de ello es la frase “*Der Fauper der die Lüspeln febbt tekken das Baktor*”, en la que no debiera decirse “tecken” sino “teckt” (*“Tecken” sería un verbo en plural y no concordaría con “Der Fauper”, que sería el sujeto en singular. N. del T.) En un paso siguiente se les presentan a los voluntarios palabras sin ningún sentido



PENSANDO AL REVES. Después de un giro de 180° se han de ordenar las figuras de animales exactamente igual que estaban antes. Son alineadas de nuevo de derecha a izquierda. En términos absolutos la vaca y el gato permutan sus posiciones.

en un listado, no en una concatenación de frases. A pesar de que el trabajo de lectura sigue siendo el mismo, el cerebro no realiza ahora ningún tipo de análisis sintáctico. Los investigadores comparan los patrones de actividad en ambos casos y demuestran que hay una región de la corteza frontal del hemisferio izquierdo que resulta indispensable para el procesamiento sintáctico.

Yélfí dnye y guugu yimithirr

Junto a los experimentos de laboratorio, en Nimega se desarrollan trabajos de campo. Stephen Levinson acaba de retornar de una estancia de tres meses en Papua Nueva Guinea, donde investigó el yélfí dnye, idioma con el que se comunican unas 4000 personas. Para los lingüistas, no merece menos atención que cualquier otro de los 6000 idiomas que se hablan hoy en el mundo. Sólo quien conoce la diversidad puede formular hipótesis coherentes sobre estructuras innatas; en éstas reside la principal misión de la psicolingüística: buscar los mecanismos congénitos de que disponen todas las personas gracias a los cuales pueden aprender su lengua materna con una celeridad y perfección que los adultos sólo pueden soñar cuando estudian otro idioma.

En Nimega han comenzado a aflorar algunas objeciones contra la doctrina de las “ideas innatas” formulada por Noam Chomsky. Según este teórico norteamericano, el rápido aprendizaje de la len-

gua materna sólo puede explicarse admitiendo que desde el nacimiento disponemos de unos conocimientos gramaticales, por supuesto sumamente abstractos.

La conveniencia de no limitarse a lenguas indoeuropeas fue subrayada ya por Wilhelm Wundt. Alrededor de 1900 promovió el estudio de lenguas desconocidas mediante métodos antropológicos. Era la vía adecuada para comprobar la influencia que ejerce la cultura peculiar de una sociedad determinada sobre su idioma. Por eso se ponen en tela de juicio muchos aspectos que, basándose en el análisis de los idiomas germánicos, se reputaban componentes del funcionamiento general del lenguaje.

Muchos idiomas recurren a las palabras “derecha” e “izquierda” para situar objetos en relación con el propio cuerpo o con otros objetos. Pero eso no significa, ni mucho menos, que todos los idiomas dispongan de este tipo de localización.

El guugu yimithirr, idioma hablado en Australia, utiliza el sistema absoluto de referencia, apoyado en una fijación geográfica: “este” y “oeste”, por ejemplo. Es decir, no dicen “la vaca está a la izquierda del caballo”, sino “la vaca está al oeste del caballo”. Los investigadores del Instituto Max Planck demostraron que estas personas también se orientan de forma diferente en ámbitos no lingüísticos.

Gunter Senft lo aclara mediante un experimento. Un voluntario tiene sobre

la mesa tres figuras de animales. De derecha a izquierda se suceden una vaca, un pollo y un gato. La persona ha de retener el orden y luego se le hace dar un giro de 180°. Se le ponen las tres figuras en la mano y se le solicita que las ordene como las acaba de ver. Si el voluntario es europeo, dispondrá las figuras de la misma manera en que las observó: a la izquierda el gato, en el centro el pollo y a la derecha la vaca. Ahora bien, en términos absolutos se ha alterado el orden de los animales. En efecto, al girar esta persona ha incluido su propio sistema de referencia derecha-izquierda, por lo que el gato y la vaca han intercambiado las posiciones.

Un hablante del idioma guugu-yimithirr obrará de un modo completamente diferente. Coloca los animales exactamente igual que estaban antes. Ninguna figura cambia de lugar ya que —de acuerdo con las conclusiones a que llegan los investigadores de Nimega— el aborigen australiano no se incluye a sí mismo en la referencia, sino que se alinea en unas coordenadas geográficas; puesto que éstas no cambian, persiste también inalterado el orden de los animales.

Estos resultados evocan la tesis del lingüista y antropólogo Benjamin Lee Whorf. Postulaba éste que la lengua poseía una influencia determinante sobre el pensamiento; quien no dispone de una palabra para decir “izquierda” tampoco sabe lo que es “izquierda”. En el Instituto se ha establecido un “moderado neo-whorfianismo”. Aunque todavía no se sabe si el idioma actúa sobre el pensamiento o por el contrario es el pensamiento el que actúa sobre el idioma.

PUNTO DE MIRA

Libres, pese a todo

Hans-Ludwig Kröber

Con personas que niegan la existencia del libre albedrío tiene suficiente experiencia cualquier psiquiatra requerido por el juez. Abogan aquéllas por una sentencia de “inocente”, al asegurar que no son responsables de sus acciones. Durante los últimos veinte años se ha venido repitiendo en medios penalistas y psiquiátricos que no es responsable el delincuente, sino “la sociedad”. Ahora el lugar de ésta lo ocupa “el cerebro”.

Con harta frecuencia se han instrumentado demasiado al pie de la letra los resultados de los experimentos de Benjamin Libet: antes de que un probando decida levantar casualmente su brazo izquierdo o derecho, las regiones cerebrales motoras correspondientes han encauzado la operación. Al hilo de ello, muchos han extraído la conclusión de que la alternativa “izquierda o derecha” no se decide libremente, sino que ya está cuasideterminada por el cerebro. Pero lo que tal interpretación oculta es la dificultad de muchas personas para tomar esas decisiones casuales. Ahora bien, las decisiones donde está en juego la libre voluntad no son casuales, ni mucho menos incondicionales: sólo podemos tomar decisiones en el marco de las posibilidades existentes y sólo lo podemos hacer con libertad justamente porque existen esas posibilidades.

Las investigaciones, por ejemplo, de Daniel Wegner sobre procesos automatizados muestran que completamos percepciones actuales con conocimientos previos, lo que, con las instrucciones experimentales adecuadas, lleva al autoengaño. Pero no se trata de algo novedoso. El hombre no podría sobrevivir en absoluto si no echase mano de sus esquemas automatizados en relación con la mayoría de sus funciones motoras y también de sus cogniciones.

Sea por caso la decisión de tomar o no tomar el ascensor. Wegner puede, quizás, explicar como reacción inconsciente

que un visitante recién llegado a un edificio tome el ascensor, pero sin saber explicar la opción alternativa de su invitado si éste sube por las escaleras para fortalecer el corazón. No se puede concluir ni de lejos, a partir de la frecuencia de movimientos automatizados, que nuestras decisiones bien meditadas se producen inconscientemente y sólo son presuntamente “nuestras”.

Pero lo más interesante de todo es la posición dominante en los debates sobre estas cuestiones en Alemania. (Dicho sea de paso, hay que felicitar a los que por fin vuelvan a discutir sobre estos temas neurobiólogos, psicólogos, psiquiatras y filósofos.) Así, Gerhard Roth comparte también la opinión de que la voluntad libre no es otra cosa, por muy práctica que sea, que una ilusión: el órgano de la decisión sería, en su opinión, el sistema límbico, mientras que a la corteza cerebral —responsable de funciones intelectuales superiores— le reservaría el papel de mero instrumento asesor.

Según Roth, el sistema límbico es el prototipo de las experiencias emocionales de la persona acumuladas durante toda la vida. Estas dominan las decisiones importantes. Pero lo único indiscutible es que estas emociones se refieren a vivencias reales que la persona en cuestión de todas formas puede recordar. Sus reflexiones y en último término sus decisiones se basan en esas experiencias procedentes de sus vivencias.

Ahora bien, no se puede utilizar como argumento contra la libertad de decisión subrayar que aquí lo más importante es el contenido emocional de las vivencias. A no ser que se definieran escuetamente como “libres” sólo las decisiones que se tomaran al margen de las emociones. La óptica de Roth es compatible con conceptos psicopatológicos muy asentados, según los cuales el contenido emocional de las experiencias determina su grado de penetración en el campo de la conciencia y la dificultad para volver a desterrarlas de ahí. Algunos experimentos demuestran lo que la introspección re-

vela: que pese a todo es, pongamos por caso, posible reprimir conscientemente y con determinación visiones sexuales cautivadoras. En tomografías cerebrales se aprecia que la decisión de la voluntad de los probandos casi “desconecta” las zonas cerebrales activadas por los estímulos sexuales.

En la vida cotidiana una decisión se toma generalmente *contra* algo, en concreto contra un automatismo. Así, podríamos replicar a Wegner: una persona que, guiada por su corteza cerebral, se apoya en su experiencia vital emocional, almacenada en su sistema límbico, y que se decide por no usar el ascensor, toma naturalmente esa decisión con plena libertad.

Los argumentos actuales en contra del libre albedrío se fundamentan en interpretaciones sesgadas de experimentos aislados



HANS-LUDWIG KRÖBER es catedrático de psiquiatría forense en el Instituto Clínico Benjamin Franklin de la Universidad Libre de Berlín.

MENTE, CEREBRO Y SOCIEDAD

Robots dialógicos

Los robots lingüísticos asesoran y ejecutan ventas por Internet, sin que evidencien el menor rastro de inteligencia

Hanno Charisius

Extraídos de un diálogo en la Red. Invitado: “¿Puedes explicar qué es eso de tener 18 años?”. Elbot: “Tengo cien mil sensaciones por segundo”. Elbot: “Exacto”. Los robots no pasan por los problemas de la pubertad, pero, como el autómatas Elbot del ejemplo, pueden hacer como si estuvieran perfectamente informados del tema tratado. Elbot es un robot dialógico (“chatbot”), un programa informático que simula conversaciones en la pantalla.

¿Cuál es la máxima aspiración de esos programas robot, mejor dicho, de sus creadores? Superar el test de Turing, un juego de preguntas y respuestas ideado hace ya más de cincuenta años por Alan Turing para comprobar la similitud de las máquinas con el ser humano. El participante tiene que decidir, en un diálogo tecleado, si un interlocutor desconocido es de carne y hueso o de plástico y silicio. Hasta ahora, ninguna máquina ha conseguido disfrazar por completo su naturaleza.

Desde hace unos años, sin embargo, se están dando pasos hacia la simulación de la capacidad de diálogo. Se requieren dos componentes: un programa y un léxico, que esté archivado en un “fichero de comprensión” o “base de conocimientos”. Al robot programa le corresponden tres funciones: identificar las palabras clave en el texto del interlocutor, analizar su relación con las restantes entradas de datos y seleccionar en la base de conocimientos una respuesta adecuada según las reglas de una suerte de gra-

mática mínima. Con ello, los creadores de los robots dialógicos se aproximan a dos cuestiones fundamentales en la investigación sobre la inteligencia artificial (IA), a saber: ¿cómo funciona el lenguaje? y ¿de qué hablan las personas?

Desde que Joseph Weizenbaum, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, desarrolló el programa “Eliza” apenas si ha cambiado el principio funcional: los autómatas reaccionan ante las entradas de datos del usuario. Wei-



BUNDESREGIERUNG

zenbaum desarrolló entre 1964 y 1966 un programa de interlocución que remedaba la conversación entre un psiquiatra y su paciente. El principio es de una sencillez aplastante: Eliza devuelve en el diálogo las declaraciones del usuario planteadas en forma interrogativa. Se trata de un recurso tradicional entre terapeutas del lenguaje para reflejar en el paciente sus propios estados de ánimo y sentimientos. A estos efectos Eliza busca determinados patrones léxicos en las entradas de datos del usuario y reacciona conforme a una tabla de correspondencias (a la entrada "a" le corresponde la salida "x"), dando una respuesta prefabricada. Para sorpresa de Weizenbaum muchos pacientes mostraron su satisfacción con el psiquiatra electrónico.

Hoy día numerosas casas comerciales desarrollan en todo el mundo programas robot como asesores de ventas. Pese a

su proximidad con la IA, los robots dialógicos carecen del menor rastro de inteligencia. Andy Richardson, de la empresa francesa Cybion, subraya que tales programas comerciales no entienden lo que dice el ser humano; tienen sólo sentido cuando están hechos a medida de un ámbito especial, pero cuando abandonan ese terreno restringido, surge la frustración del usuario, porque los autómatas no son capaces de hacer frente a las preguntas.

Pero en el supuesto de que se superase algún día el test de Turing, ¿sería la prueba real de la inteligencia de los robots dialógicos? El famoso argumento de la estancia china, del filósofo John Searle, rebate tal hipótesis. En el experimento se encierra a una persona en una habitación llena de caracteres escritos chinos, que simbolizan la base de conocimientos. Como no domina esta lengua, le entregan el programa, un libro con las

reglas para manipular dichos signos. Después se introducen caracteres chinos en la habitación a través de una ranura. La persona en cuestión consulta en su libro qué tiene que hacer con los signos y devuelve los signos al exterior siguiendo las instrucciones.

Para eso no tiene por qué entender que los signos entrantes representan preguntas, a las que los caracteres salientes dan respuesta. Searle explica que "si las instrucciones del libro son buenas, salen las respuestas adecuadas". Y concluye que "sólo con la implantación de un programa no hay ni de lejos garantía de comprensión". Por lo que la superación de un test de Turing lo máximo que puede acreditar a un robot dialógico es su capacidad para engañar a los examinadores. Pero lo que no se puede atestiguar con el test de conversación es la inteligencia —indiferentemente de que ésta sea artificial o biológica.

Los pesimistas

Los psicoterapeutas que sólo perciben la parte vulnerable y débil del hombre hacen un flaco servicio a la sociedad

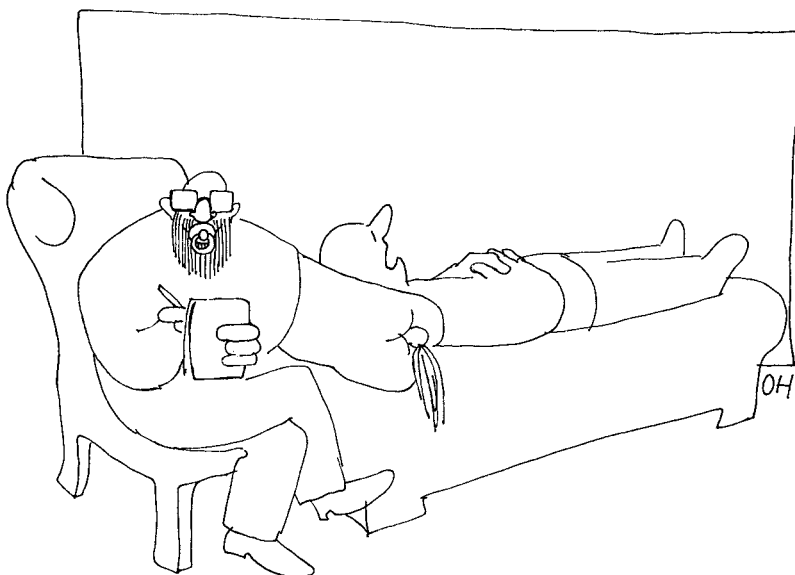
Rolf Degen

“Con sucesos como el atentado al World Trade Center o la masacre de Erfurt se conmueve la confianza primigenia de mucha gente.” Así resumía la prensa diaria hace poco la inquietud de los participantes en el simposio de psicoterapeutas de Potsdam. Por su parte los psicoterapeutas norteamericanos también habían lanzado similares advertencias catastrofistas muy poco después de la caída de las torres neoyorquinas. El Instituto Psiquiátrico del estado de Nueva York descargó su pesar en los medios de comunicación con la frase de que “los sucesos traumáticos ocasionan todavía más daños psíquicos de lo que se podía esperar”.

Si los fabricantes de tapones para el oído extendieran el mensaje de que el ruido provoca todavía más daño del que se podría esperar, serían denunciados públicamente como negociantes hipócritas. Sin embargo, los psicoterapeutas que insisten en la necesidad de tratamiento especializado de la gente aparecen ante la sociedad como humanistas honradamente preocupados por todos

estos problemas. Hay un pesimismo exagerado, muy propio de este gremio, que alimenta en buena medida este alarmismo frente al alma frágil de las víctimas de traumas.

No opinan del mismo modo los psicólogos de extracción empírica. A su parecer los sucesos traumáticos suelen comportar incluso consecuencias mucho menos negativas de las que la gente



espera. Así, porejemplo, Daniel T. Gilbert, psicólogo en Harvard, preguntó a más de mil probandos cuánto dolor sentirían por la pérdida de un ser querido o la pérdida repentina de trabajo. Y contrastó sus pronósticos con las declaraciones de personas que habían sufrido realmente el trauma mencionado líneas arriba.

Un resultado inequívoco: los pronósticos sobre las consecuencias de los infortunios eran demasiado sombríos. Los entrevistados creían que tendrían que soportar las consecuencias de las desgracias durante más tiempo y más duramente que lo hicieron las víctimas auténticas de esos sucesos. No caemos en la cuenta de que nuestra psique dispone de mecanismos de defensa extraordinariamente eficaces para aliviar las amargas experiencias originadas por los horrores. Gilbert opina que “estos meca-

nismos de defensa son para el espíritu lo que el sistema inmunitario es para el cuerpo”.

Parece manifiesto que el hombre ha desarrollado estas autodefensas. Si el shock causado al hombre primitivo al huir del tigre de diente de sable o el producido por el ataque de un clan enemigo le hubiera paralizado todos sus miembros durante varios meses, la evolución le habría eliminado como un ser fracasado.

Todo indica que los psicoterapeutas no creen a menudo mucho en este sistema inmunitario psicológico, aunque deberían alegrarse de que la naturaleza les apoye en sus esfuerzos por tranquilizar anímicamente al hombre. En un estudio norteamericano a largo plazo en el que se trataba de predecir el desarrollo anímico de los probandos, resultaban dema-

siado negativos los pronósticos de los psicoterapeutas.

Lamentablemente este pesimismo profesional rige de forma creciente como norma obligatoria. Ejemplo de ello es que algunos jóvenes norteamericanos a su cuarto desordenado le dan sarcásticamente el nombre de “zona cero”, es decir, el nombre de la plaza del derruido World Trade Center. Y los pedagogos no celebran la estabilidad mental de los adolescentes traumatizados, que han conseguido distanciarse, con mucha rapidez, de aquellos terribles sucesos; muy por el contrario se lamentan de que los jóvenes han perdido todo sentimiento de piedad al confrontarse con el atentado terrorista. En todo caso los psicoterapeutas tienen un as en la manga: siempre podrán declarar como síntoma la ausencia de síntomas.

Los neurodirectivos

Toda gran empresa está sometida a diario a un fuego cruzado ininterrumpido de informaciones.

Para reaccionar con éxito, deben reestructurarse con la mayor eficacia posible.

Pero, ¿cómo? La respuesta podría hallarse en el ejemplo del cerebro humano

Christoph Schönhofer

Para empezar, se da una analogía sencilla. El ser humano se halla permanentemente en medio de un gigantesco flujo de información. Sin interrupción llegan al cerebro datos de los sentidos; con ellos se mezclan recuerdos, a los que nosotros recurrimos consciente o inconscientemente. Con todo, para que podamos sobrevivir, nuestra central rectora interna debe interpretar, condensar y evaluar sin cesar una infinidad de datos; en gran medida, también suprimirlos sin más. En este sentido nosotros nunca tomamos nuestras decisiones sobre la base de nuestro pleno saber. Y sin embargo, gobernamos nuestra vida —en cualquier caso, de una u otra forma—, gracias a esa enorme y eficiente maquinaria de elaboración.

Apenas si es otra la situación en una organización compleja. De continuo entran nuevos correos electrónicos; ofertas, estadísticas de mercado y quejas, por correo ordinario y fax; encuestas por teléfono a los clientes; a ello hay que añadir la experiencia de los empleados, que una y otra vez ilumina la situación. Para dirigir de forma óptima una empresa,

teóricamente se debería captar, evaluar y comparar entre sí todos esos datos, con el fin de tomar después decisiones estratégicas. Ahora bien, eso es prácticamente imposible. Un método así agotaría casi indefinidamente todos los recursos, sobre todo el del tiempo.

¿Por qué, pues, no inspirarse en el cerebro humano? Esta es la pregunta que se hicieron cinco jóvenes asesores de empresa. El planteamiento de la Management Manufaktur de Sarnen convence por su sencillez: detectar los puntos débiles en la gestión científica de una empresa y desarrollar soluciones a los problemas por analogías entre los procesos cerebrales y los desarrollos organizativos empresariales —si se quiere, el plan de asesoramiento con la carga cierta de la neurobiología.

En las macroorganizaciones, el problema esencial en torno al manejo de información estriba en la división y clasificación de los datos en relevantes e irrelevantes. En nuestra época de tráfico electrónico de datos, la cantidad de datos que entran y salen se ha multiplicado de una forma casi exponencial. Nadie debe ser excluido de las informaciones; por eso, al distribuirlas, siempre preferimos

enviarlas a un receptor de más que de menos. El resultado: se comunica demasiado y las informaciones importantes se pierden a menudo en la jungla de datos.

En el cerebro hay una instancia que, sobre la base de experiencias anteriores y de su interés, analiza todas las informaciones antes de que se abran paso hasta la conciencia y las filtra después según el objetivo. Se trata del hipocampo, una unidad de control perteneciente al sistema límbico. Este controla, en primera línea, nuestro comportamiento afectivo, pero también interviene en el aprendizaje de nuevos contenidos de la memoria y de nuevas formas de conducta. Ayuda, además, a distribuir los datos aferentes a los otros centros cerebrales pertinentes. En otras palabras: no todos los lugares de elaboración reciben todos los datos que les son relevantes. A eso se llama eficacia. La naturaleza nos da un ejemplo.

“Al igual que el sistema límbico adopta en el cerebro la función del administrador central del conocimiento, una empresa necesita un oficial jefe de conocimiento”, explica Stefan Scheurer, socio del Management Manufaktur. En 2001



él y sus colegas reestructuraron, con ese propósito, el departamento de investigación de una gran asesoría empresarial de ámbito internacional. Desde entonces, las informaciones que se eligen y se transmiten están mejor encaminadas a un fin. Condición importante del transporte sin tropiezos: cada paquete de información está ligado a un único contenido, definido con nitidez. Además, se envuelven los “bocadillos” de manera que muestren siempre una estructura definida y, por tanto, puedan ser recibidos y clasificados por el receptor sin dilación. “Cada departamento debe también operar activamente por sí mismo y suscribir determinadas categorías de conocimiento o incluso anularlas”, dice Scheurer. Pero la tarea del director general va más allá. Unidades empresariales, que reciben informaciones similares, pero que no saben

nada unas de otras, son puestas en contacto entre sí y animadas a un intercambio regular de conocimientos.

Pero volvamos al cerebro. Para evitar una sobrecarga de la conciencia, nuestro órgano de pensamiento automatiza el máximo posible de procesos; por ejemplo, conducir. A un alumno de autoescuela le resulta aún bastante oneroso simultanear la atención a la carretera, introducir la marcha adecuada, utilizar correctamente el embrague, el freno y el acelerador, y, además, seguir las indicaciones del profesor. Todo esto lo hace automáticamente un conductor experimentado; por ejemplo, puede concentrarse por completo en una conversación o en una transmisión de radio y llegar a su destino sin sentirse agotado. Sólo cuando en el camino pasa algo inusual, concentra toda su atención en la circulación.

Y TODAVIA UN DOCUMENTO MAS.
Muchas empresas se ahogan en la corriente de datos.

En una empresa, el análogo a la conciencia es la dirección, que debe verse descargada al máximo de los asuntos cotidianos. Una buena dirección se reconoce en que el jefe no se inmiscuye en todos los detalles. El negocio marcha también sin él, en cualquier departamento. Si es esto lo que sucede, el director puede dedicarse a su verdadero cometido: la planificación estratégica. Sólo cuando se presentan sucesos extraordinarios debe intervenir en procesos concretos.

Nuestro cerebro no sabe de departamentos aislados, sino sólo de racimos de neuronas que, por razón de la elaboración de condiciones parecidas de problemas, establecen estrechas conexiones entre sí. ¿Podría funcionar una empresa sin estructura departamental? “No sería productivo”, dice Scheurer. “Claro que los baluartes locales del saber deberían arrinconar el lema ‘lo principal es que nuestro departamento funcione bien’ en favor de un pensamiento común de los procesos.” Esto significa que cada empleado se considere parte de un proceso global; por ejemplo, en el caso de un fabricante, desde la planificación y desarrollo de un producto hasta su comercialización.

El mejor requisito para lograrlo está representado por un modelo ideal de empresa transparente y sostenida por todos los empleados. “Un modelo ideal de este tipo no se puede imponer. Debe desarrollarse en la interacción entre todos los implicados.” Si cada empleado halla un vínculo personal con el objetivo común y reconoce sus intereses personales en los objetivos de la empresa, entonces se puede identificar con ella y hace un mejor trabajo. El interés máximo: sobrevivir con éxito, es decir, como en el cerebro.

Bibliografía complementaria

JUDO STRATEGIE: EINE LEKTION ZUR WETTBEWERBSDYNAMIK IN ZEITEN DES INTERNET. D. B. Yoffie, M. A. Consumano en *Harvard Business Manager*, vol. 5, pág. 72; 1999.

PRINZIPIEN DYNAMISCHER ORGANISATION. M. Lambert et al. en *Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre*, vol. 9, pág. 959; 2000.

TINK LIMBIC. H.-G. Häusel. 2.^a edición. Haufe; Friburgo, 2002.

Las redes de la memoria

Nuestro cerebro decide rapidísimamente
qué sucesos retiene de la fugaz corriente de la vida

Guillén Fernández
y Bern Weber

¿Ha leído el periódico esta mañana? Recordará seguro el accidente de aviación. Pero, ¿qué novedades había en la sección financiera? No se preocupe, usted no se halla en estado senil, aun cuando, antes de acabar de leer este artículo, se pregunte por el título del mismo. De la infinidad de informaciones desordenadas que recibimos cada día, sólo una fracción minúscula queda anclada en la memoria. No se trata de ninguna debilidad mental, sino de una absoluta necesidad. Pues almacenar uno a uno en el “disco duro” la ingente cantidad de datos llevaría, en un brevísimo plazo de tiempo, a nuestro cerebro al borde de su capacidad.

Hace sólo unos veinte años, todavía se asociaba el cerebro a una suerte de ordenador biológico que grabara sin discriminación cuanta información le llegara. De entonces acá hemos ido aprendiendo que el cerebro es, ante todo, un maestro en desechar lo superfluo de la corriente de datos. A la manera de una red de malla amplia, se ocupa sólo de retener los peces grandes. Pero, ¿cómo reconoce que se trata de un pez grande?

A lo largo de ese intervalo temporal se ha multiplicado el conocimiento de la forma en que trabaja la memoria. La electroencefalografía (EEG), la tomografía de resonancia magnética funcional (TRMf) y otras técnicas de semejante tenor posibilitan poco menos que contemplar cómo retiene, recuerda y olvida el cerebro. Y, como sucede con frecuencia, todo resulta más complicado

que lo que se creía. Porque la memoria no presenta, en modo alguno, un sistema unitario. Antes bien, diríase que hay especializadas en tareas concretas de la memoria diferentes áreas cerebrales.

En el aprendizaje del desarrollo de los movimientos participa preferentemente la memoria procedimental o no-declarativa. Una vez hemos aprendido a montar en bicicleta, en cuanto nos volvemos a sentar en el sillín sabemos automáticamente qué músculos mover. El cerebro recuerda y convoca al programa “montar en bicicleta” sin que su dueño sea consciente de ello. En las conductas aprendidas también se almacenan tales programas en la memoria no-declarativa.

Pero en los recuerdos conscientes, piénsese en el accidente de aviación leído en el periódico de la mañana, la respon-



sable es la memoria declarativa. Aquí no sólo cuenta el conocimiento aprendido de hechos, sino también la propia historia vital, es decir, las vivencias y experiencias que la persona ha tenido hasta ese momento. Sólo la memoria declarativa posibilita un acceso consciente a sucesos del pasado. Es, por así decir, la pantalla sobre la que se representa al ojo interno lo recordable. Qué “film” se proyecte depende de hacia dónde se encamine la conciencia.

Para que podamos recordar, más tarde, una experiencia, el cerebro debe almacenarla, mientras dura, en la memoria a corto plazo, la memoria operativa del cerebro. Retiene por un momento informaciones y sensaciones, mientras deja que siga fluyendo la constante corriente de las vivencias conscientes. No obstante, tales contenidos efímeros de la memoria se perderán irremediablemente, si no se trasladan a la memoria a largo plazo. Si falta este paso, la experiencia se olvida con tanta rapidez como la información financiera del ejemplo con que hemos iniciado este artículo. Por el contrario, los contenidos almacenados en la memoria a largo plazo se hacen accesibles,

una y otra vez, a la conciencia cuando recordamos.

Sin memoria

En 1957 se recabaron ya unos indicios decisivos sobre qué estructuras cerebrales podrían participar en el almacenamiento mnemónico. Los obtuvieron William Scoville y Brenda Milner. Elaboraron un informe de su paciente Henry M. que, con 27 años, hubo de someterse a una operación neuroquirúrgica debido a graves ataques epilépticos. Se le extirparon grandes fragmentos del lóbulo temporal medio de ambos hemisferios. La intervención fue un fracaso: Henry sufrió, después de la intervención, una pérdida selectiva de memoria. Podía recordar hechos y sucesos que habían ocurrido tiempo atrás, pero no los recientes.

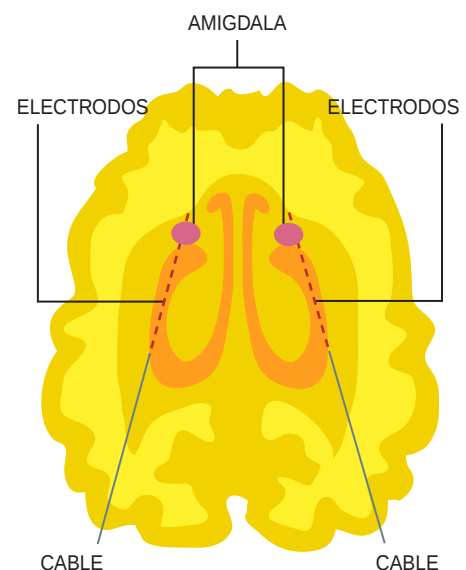
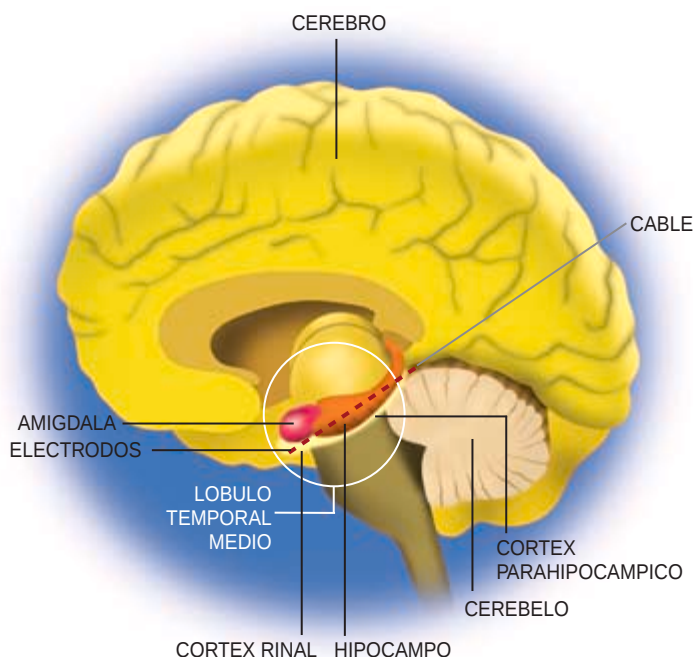
Sabía el día de su cumpleaños, pero no cuántos años cumplía. Al parecer, todo lo que vivió después de la operación no encontraba camino en su memoria. La consecuencia del daño en el lóbulo temporal fue, pues, una anterogradia, es decir, una amnesia hacia el futuro. La investigación neuropsicológica poste-

rior revelaría que se había visto afectada, sobre todo, la memoria declarativa. Henry no podía recordar nunca haber visto un juego de habilidad que él practicaba a diario. A pesar de ello, resolvía la tarea cada día más rápidamente. El desarrollo de los movimientos requeridos se grababa en su memoria no-declarativa, sin que pudiera recordar conscientemente el proceso de aprendizaje.

Resulta, pues, patente que hay que buscar la llave de la formación de la memoria declarativa en el lóbulo temporal medio. Pero esta área cerebral, unos pocos centímetros abajo y detrás de la sien, aloja en cada uno de los hemisferios estructuras diversas, delimitables unas de otras. Como ahora sabemos, cada una desempeña una tarea definida. Desde un punto de vista neuroanatómico, el lóbulo temporal medio consta del hipocampo, que está rodeado del córtex parahipocámpico, y del córtex rinal. Pero la amígdala, que desempeña una función central en la elaboración de emociones y vivencias, también forma parte del lóbulo temporal medio (véase figura 1).

Merced a las observaciones en pacientes con lesiones cerebrales, como Henry M., nos es posible avanzar afirmaciones aproximadas sobre la localización de la formación de la memoria declarativa; no nos permiten, sin embargo, acotar los procesos y su desarrollo en el tiempo. Para ello, se requiere medir la actividad cerebral de personas que retienen y recuerdan con normalidad. En 1980, Thomas Sanquist y sus colaboradores, de la Universidad de California en Los

1. EN MITAD DEL CEREBRO. Hasta el lóbulo temporal medio llegan los electrodos que los cirujanos implantan en los epilépticos antes de extirpar el foco del ataque. Los diez contactos de los electrodos miden, en distintos lugares, casi en tiempo real la actividad en el córtex rinal y en el hipocampo. Ambas áreas cerebrales desempeñan una función importante en el almacenamiento de recuerdos. La figura de la izquierda muestra el cerebro desde arriba (falta casi por entero un hemisferio cerebral); la imagen de la derecha muestra un corte transversal del cerebro.



Neuronas sensibilizadas

El premio Nobel de medicina de 2001 se concedió a tres científicos que habían hecho grandes aportaciones en el campo de la investigación del cerebro. Eric Kandel, uno de los galardonados, se ha ocupado de los fundamentos celulares de la memoria. Descubrió que se altera la conexión célula-célula entre neuronas muy activadas en repetidas ocasiones. Si una célula nerviosa recibe, vía hendidura sináptica, un *input* sincrónico de dos o más neuronas diferentes que se disparan exactamente al mismo tiempo, no tarda en reaccionar, susceptible, al *input* más débil. Incluso llega a que la célula subordinada, después de unos cuantos acoplamientos de este tipo, transmite también una señal atinada que es tan débil que en circunstancias normales sería ignorada. A este efecto se le designa como potenciación a largo plazo. En el año 2000 Heinz Beck y sus colaboradores, de la Universidad de Bonn, demostraron que había células del hipocampo humano que poseían también tal plasticidad sináptica. La ketamina bloquea los receptores implicados en esta versatilidad e inhibe en los humanos la formación de la memoria. (La consecuencia es una amnesia a corto plazo.) La plasticidad sináptica parece, pues, desempeñar una función decisiva en la formación de la memoria declarativa.



Angeles, crearon un test de memoria sencillo, pero elegante. Los sujetos del experimento debían retener palabras que iban apareciendo, una tras otra, en una pantalla, mientras los investigadores seguían simultáneamente en la electroencefalografía la actividad cerebral. Sanquist descubrió que el EEG distinguía ya en los primeros segundos, según el caso, si grabamos o no una palabra vista en la pantalla.

A mediados de 1990 se consiguió, por medio de la tomografía de resonancia magnética funcional (TRMf), tener datos algo más precisos sobre la localización y naturaleza de este primer paso en el proceso de retención. Por alteraciones del flujo sanguíneo en el cerebro, el procedimiento crea después una imagen, en la que se hacen visibles las áreas cerebrales especialmente activas.

En el año 1998, James Brewer, de la Universidad de Stanford, y Anthony Wagner, de la de Harvard, publicaron simultáneamente los primeros estudios de la TRMf sobre la formación de la memo-

ria declarativa. Habían llegado a un resultado coincidente: cuanto más intensa es la actividad del córtex parahipocámpico en el procesamiento de una vivencia, mayor es la probabilidad de que el sujeto la recuerde después. Con ello confirmaron también el rol decisivo del lóbulo temporal medio en el almacenamiento en la memoria declarativa. Por lo visto, todas las informaciones que son accesibles al recuerdo consciente deben pasar por este cuello de botella.

Sin embargo, la tomografía de resonancia magnética funcional roza el límite de su capacidad cuando se trata de investigar el proceso en un orden de magnitud de segundos: a su favor cuenta que muestra, con precisión de milímetros, en qué zona del cerebro se desarrollan determinados procesos. Ahora bien, con una precisión temporal de sólo pocos segundos el procedimiento va a remolque de los rapidísimos impulsos y de los cambios de actividad neuronal.

La electroencefalografía, por el contrario, mide la actividad cerebral casi en

tiempo real, pero ofrece informaciones muy toscas sobre la localización de los sucesos. Se debe a que los electrodos eferentes se aplican en el cráneo, lejos, por tanto, de la fuente de actividad eléctrica. Lo ideal sería introducir directamente en las regiones interesadas unos electrodos adecuados. Mas, aparte de las consideraciones éticas, no parece que nadie se preste a semejante manipulación.

Ocasionalmente se han colocado estos electrodos en personas con epilepsia aguda. Si no tiene éxito tratar el sufrimiento con medicamentos, la extirpación quirúrgica de la región cerebral afectada ofrece hoy una buena oportunidad para prevenir futuros ataques, con efectos colaterales limitados. Para localizar con precisión la zona afectada, los médicos implantan finos electrodos, tan próximos como es posible al presunto foco del ataque. En cuanto los pacientes sufren un ataque epiléptico, se intenta delimitar con precisión el área cerebral interesada. En última instancia, esto posibilita tratar con cuidado, en la operación, el tejido cerebral sano.

¿Retenido u olvidado?

En uno de nuestros experimentos desarrollados en la clínica de epileptología de Bonn, utilizamos el test de memoria de palabras de Sanquist. El epiléptico está sentado en una habitación, oscura e insonorizada, aislado del mundo exterior. Mira a una pantalla negra, donde, cada tres segundos, aparece en blanco una palabra. El ejercicio consiste en retener el máximo posible de los doce conceptos presentados.

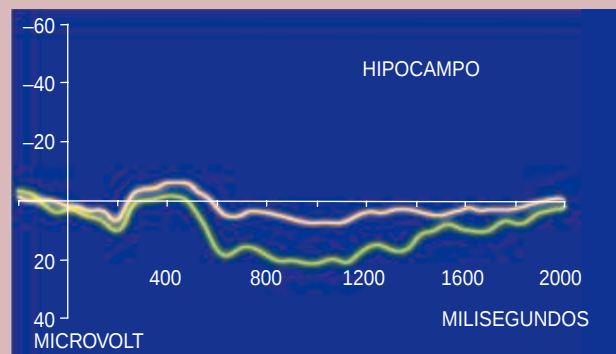
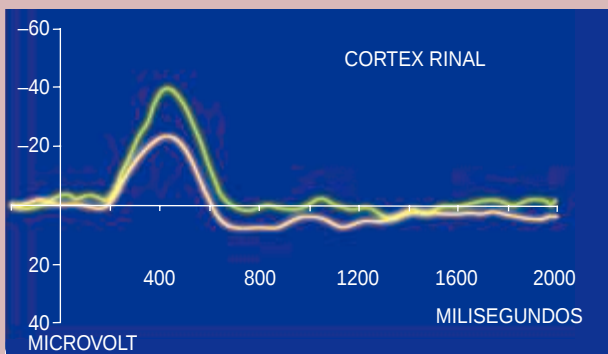
En el lóbulo temporal de los sujetos se han implantado unos electrodos que registran sin interrupción los potenciales eléctricos y sus cambios en el tiempo. Fuera de la habitación, un ordenador anota el curso del potencial y retiene cuál de las palabras se ha mostrado en ese intervalo de tiempo. Después de que ha visto todas las palabras, y durante medio minuto, el sujeto debe contar hacia atrás, de tres en tres, partiendo de un número entre 81 y 99. Este ejercicio le impide ir repasando mentalmente los doce conceptos. Después de este ejercicio intermedio, sólo puede nombrar aquellas palabras que realmente ha archivado en la memoria.

Por lo general, el sujeto ha retenido algunas palabras, pero no puede recordar otras. Y esta diferencia nos interesa especialmente. En la evaluación del experimento comparamos la actividad cerebral en el momento de la presentación de las palabras, de las que se acuerda el sujeto, con los patrones de actividad de

Se graba una palabra

En los dos primeros segundos se decide ya si el sujeto del experimento podrá o no recordar después la palabra presentada. Al grabar se incrementa (entre 300 y 600 milisegundos después de la presentación de la palabra) la actividad eléctrica, analizada por electroencefalografía (EEG), en el córtex rinal (*imagen izquierda, línea verde*), visible como

un potencial negativo algo más intenso. Tras 500 milisegundos responde el hipocampo (*imagen derecha*); también aquí se observa un incremento de la actividad, si se retiene la palabra —en este caso, invertido, medible como un potencial eléctrico positivo algo más alto (*línea verde*)—. El efecto dura casi 1500 milisegundos.



— PALABRAS OLVIDADAS DESPUES — PALABRAS RECORDADAS DESPUES

las que no recuerda. Merced a este análisis podemos determinar con gran exactitud cuándo y qué áreas intervienen en la grabación certera.

Los resultados globales dieron como resultado el cuadro siguiente: la primera estación de todas las palabras es el córtex visual primario. Con un electrodo adicional medimos, unos 100 milisegundos después de la presentación, una actividad alta en el córtex visual. Unos 210 milisegundos después llega la información al córtex rinal en el lóbulo temporal. Aquí comenzaron a aparecer diferencias apreciables. La actividad eléctrica de las neuronas era notablemente más acentuada en las palabras de las que podía acordarse el sujeto que en las que igno-

raba en el test de memoria (*véase recuadro “Se graba una palabra”*).

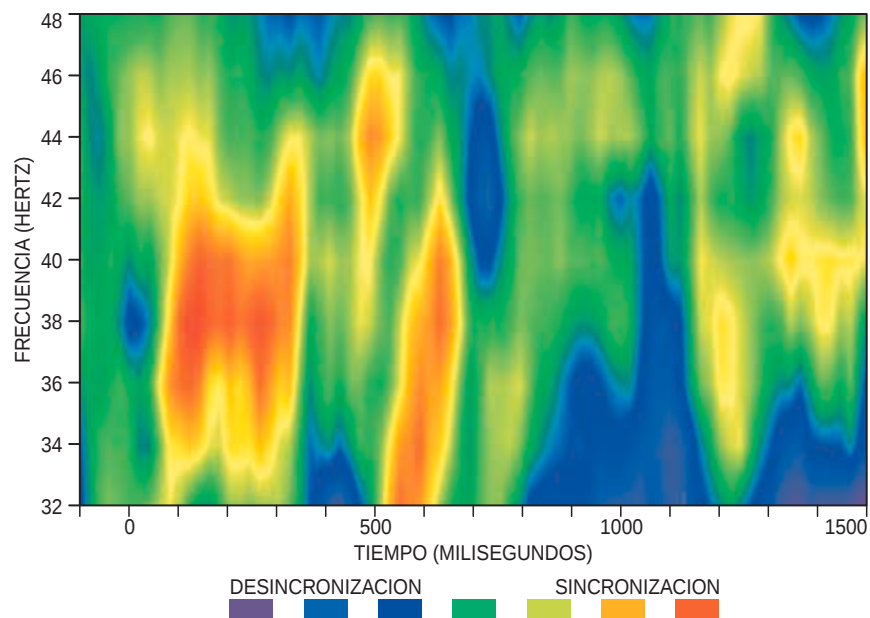
Cuántas más neuronas del córtex rinal participan, en el primer medio segundo del procesamiento de un suceso, mayores, por lo visto, la probabilidad de que uno recuerde más tarde lo vivido.

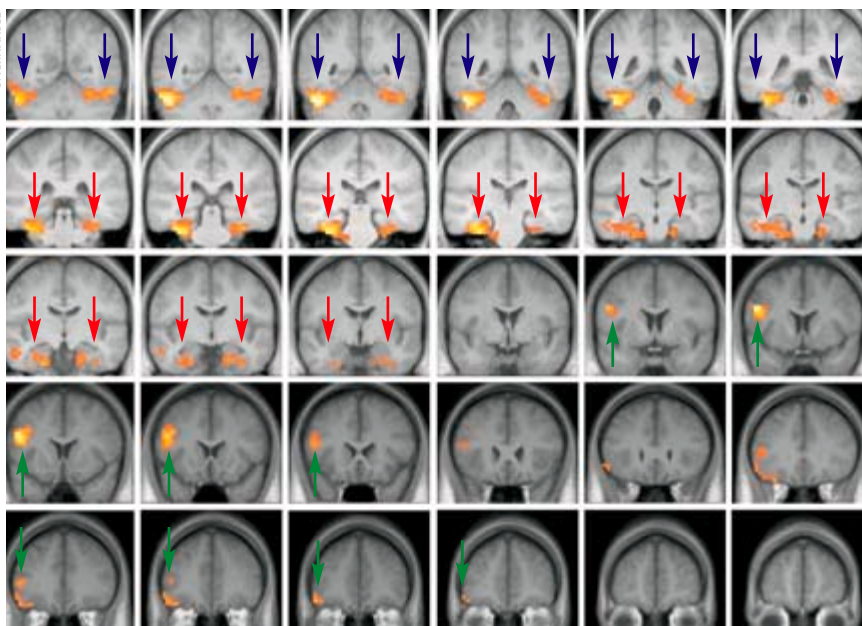
La diferencia de actividad entre retener y olvidar se volvía a presentar en nuestros sujetos, pasados unos 200 mili-

segundos, ahora en el hipocampo. Y también aquí dependía del grado de actividad neuronal el que una palabra se grabara en el cerebro.

El hipocampo y el córtex rinal constituyen la puerta de la memoria. Sólo las informaciones que la franquean pueden almacenarse en las redes neuronales. Dado que estas dos áreas tienen una constitución anatómica muy distinta, resulta

2. EXCITACION SINCRONICA EN EL CEREBRO. Entre 100 y 300 milisegundos después de que el sujeto del experimento ha observado la palabra en la pantalla, sus neuronas se activan en el hipocampo y en el córtex rinal exactamente al mismo tiempo (*rojo*). La sincronización posibilita la transferencia de la información entre las regiones cerebrales implicadas en la memoria. Una intensa desincronización, tras unos 800 milisegundos, finaliza la transmisión (*azul*).





difícil que sean responsables de la misma tarea. Así pues, ¿qué sucede en estas dos estructuras del lóbulo temporal medio?

Modificamos ligeramente la “vivencia” del experimento con palabras. Los sujetos recibían ahora unas listas con dos clases diferentes de palabras: en una, conceptos muy frecuentes en la vida cotidiana y en la otra, palabras que no se suelen utilizar. Por ejemplo, la palabra “casa” le es más familiar al sujeto del experimento que el cultismo “catafalco” y, por tanto, le suscita más asociaciones. De nuestros resultados se desprende que esto tiene repercusiones en los procesos de almacenamiento.

En el procesamiento de las palabras poco utilizadas se mostró que la diferencia de actividad entre palabras recordadas y no recordadas se presentaba sólo en el hipocampo. Al parecer, y con ayuda de un análisis del significado, el córtex rinal trata de integrar las palabras en frases enteras o de establecer enlaces. Se logra bastante bien en la grabación de “casa” —como evidencia la alta actividad en el córtex rinal—, pero no en el caso de “catafalco”. Tal vez al córtex rinal le facilita la retención el poder conectar la vivencia con informaciones ya almacenadas.

El hipocampo, por el contrario, parece que se las arregla sin dichas asociaciones de significado. Pues mientras el córtex rinal puede influir positivamente en la formación de la memoria, el hipocampo lleva a cabo la retención en sentido estricto.

Cabe preguntarse si el córtex rinal “se entiende” con el hipocampo, y en qué forma. Desde hace bastante tiempo se sabe que un recuerdo no se archiva, a fin

de cuentas, como un todo, sino en componentes parciales en zonas del cerebro totalmente distintas. Así, un caballo no es simplemente un caballo, sino una mezcla de cuadrúpedo, olor a establo, “Bonanza” y muchos más. Si de nuevo aparece el caballo en la conciencia, se vinculan los aspectos parciales hasta integrar un todo al conectarse en una red las asociaciones neuronales implicadas. Según se sabe, las células nerviosas se disparan sincrónicamente con una frecuencia de 40 hertz. Estas oscilaciones gamma agrupan el “conjunto neuronal” para generar un “caballo”.

Durante nuestras pruebas con el test de la memoria con palabras pudimos encontrar, además, junto a una alta actividad en el caso de las palabras recordadas después, esas oscilaciones gamma (fruto de un análisis especial) también al retener. Si las palabras se transmitían, con éxito, a la memoria declarativa, muchos miles de neuronas empezaban, unos 200 milisegundos después de la presentación de una palabra, a excitarse, exactamente al mismo ritmo, en el hipocampo y en el córtex rinal.

Excitación unificadora

La fugaz sincronización “transmite” la información del córtex rinal al hipocampo, pero la modificación en la actividad global de las regiones cerebrales que ello comporta resulta inapreciable. Se concluye todo el proceso unos 800 milisegundos después con una fuerte desincronización —impulsos descoordinados— de la asociación de neuronas (véase figura 2).

Las rápidas y rítmicas descargas se ocupan, presumiblemente, también de

3. REBANADA POR REBANADA. En contraposición a las mediciones de los electrodos, la tomografía de resonancia magnética funcional permite, durante una prueba de memoria, escanear todo el cerebro (aquí de atrás hacia adelante) en los cambios de actividad. Además del lóbulo temporal medio (flechas rojas), en la formación de la memoria participan también las áreas del córtex en transición entre los lóbulos temporal y el occipital (flechas azules) y del lóbulo frontal (flechas verdes).

los cambios operados en el plano celular. Las sinapsis existentes se refuerzan y se establecen nuevas conexiones entre neuronas. Cuanto más se repite una vivencia, tanto más firmemente se suelda la correspondiente red neuronal: la información nueva se graba en el cerebro (véase el recuadro “Neuronas sensibilizadas”).

Aunque pudimos comprobar, sólo unos 310 milisegundos después, una intensa actividad neuronal en el córtex rinal en relación con una palabra presentada, la excitación sincrónica se puede observar tras 200 milisegundos. ¿Se ponen de acuerdo las estructuras entre sí, incluso antes de que la información alcance el lóbulo temporal medio? Para explicar este fenómeno podemos acudir a los efectos de atención: al parecer, las estructuras indispensables del cerebro de los sujetos adoptan una especie de expectativa; por así decir, se preparan para la información que se va a presentar.

Podemos distinguir dos clases de atención. Por una parte, nos inclinamos por acontecimientos que destacan de entre la cantidad de información y son quizás importantes para la supervivencia. Lo comprobamos ante un pastel de olor seductor: todos, hartos o hambrientos, dirigimos hacia él nuestra atención. No tenemos ningún influjo consciente en estos procesos de abajo arriba. Presumiblemente son fruto de un desarrollo biológico muy antiguo y garantizan que el ser humano perciba rápidamente cambios importantes en su entorno.

De otra manera sucede en la forma de arriba abajo. Activamos esta atención y la dirigimos a un fin; por ejemplo, mientras lee ahora este artículo. En los procesos de arriba abajo parecen participar muchas áreas cerebrales, sobre todo de los lóbulos frontal y parietal. Posibilitan encaminar una gran parte de la capacidad mental hacia tareas concretas. Aquí intervienen los conocimientos previos:

Un plano de la ciudad en el hipocampo

SENTA BERGER EN "DIE SCHNELLE GERD", BRD 2002, CINETEXT



Algunos científicos abordan la investigación de la memoria con mucho ingenio. Eleanor Maguire, del University College de Londres, ha investigado el cerebro de un grupo de población especialmente "capaz de retener": los taxistas de Londres. Deben grabar muchísimos itinerarios y rutas para trasladar a sus pasajeros, entre la maraña de calles, por el camino más corto posible desde A a B; un entrenamiento ideal para la memoria espacial. Pero a Maguire le interesaba saber si el cerebro experimentaba en razón de ello cambios morfológicos. Así ocurría. En comparación con el de los conductores corrientes, el hipocampo de los taxistas era bastante mayor. También en la comparación entre ellos halló un resultado sorprendente: cuanto más experiencia profesional tenían, tanto más evidente era el efecto. Por consiguiente, el hipocampo crece en el transcurso del tiempo y con el aprendizaje. Se ignora si esto sólo es válido para la capacidad de retención espacial o lo es también para otros logros de nuestra memoria declarativa. Pero algo hay que apunta a lo segundo. Diversos déficits de memoria en enfermos de Alzheimer o de otras demencias ligadas a la edad van acompañados en alto grado de una reducción del área del hipocampo.

cuanto a más mallas está ligada la red de informaciones y vivencias, más fácil es pescar un pez vivencial. Quien se vale de reglas mnemotécnicas como ayuda de aprendizaje, construye activamente asociaciones entre la información recién aprendida y la ya conocida

Por último, los sentimientos contribuyen también a la formación de la memoria. Todos sabemos que las experiencias con contenido emocional se asientan mejor en la memoria que lo rutinario y trivial con lo que no tenemos ninguna relación especial. Nadie ha olvidado el terrible atentado contra el World Trade Center del 11 de septiembre de 2001. Según el mecanismo de abajo arriba, el cerebro ha elaborado esta experiencia con gran atención; se constituye así en un "pez grande" en la red de los recuerdos. Pero si se daña, por un ataque de apoplejía, la amígdala (competente en los estados emocionales), el cerebro no almacena mejor imágenes convulsas de horribles accidentes que imágenes de muestras aburridas o de flojeros.

La estrecha cercanía anatómica induce a suponer que las neuronas de la amígdala influyen en la elaboración de la información en el hipocampo y en el córtex rinal. Posiblemente allanan el camino a la memoria a un suceso cargado de emoción.

La imagen de la forma de trabajo del sistema de memoria declarativa se ha agudizado. Las informaciones se dirigen, a través de las áreas sensoriales del córtex, al lóbulo temporal medio y pasan, una tras otra, a las estructuras que participan en el procesamiento de la vivencia. La jerarquía se inicia en el córtex rinal. Intenta encajar una información en un contexto de significado y la transmite por la sincronización gamma al hipocampo, que almacena el contenido de la memoria.

El hipocampo, como el córtex parahipocámpico, posibilita al ser humano grabar una nueva vivencia. Además, diversas estructuras cerebrales, que están fuera de los sistemas propios de la memoria, influyen en el procesamiento: por una parte, la amígdala, que evalúa emocionalmente lo vivido; por otra, el área que gobierna la atención en los lóbulos parietal y frontal. Las informaciones que llegan recorren muy rápidas las estaciones hasta almacenarse en el hipocampo. Pasados uno o dos segundos, está claro si recordaremos el título de un artículo del periódico.

Probablemente el accidente de aviación queda tan bien grabado en la memoria, porque lo relacionamos con otras catástrofes y la nueva lectura de la muerte de seres humanos suscita emociones. Además, este suceso podría afectarnos

(quizás hemos reservado ya las próximas vacaciones). Las informaciones bursátiles, por el contrario, nos llegan sin ninguna relevancia personal, salvo que tengamos dinero invertido en acciones.

GUILLEN FERNANDEZ dirige el grupo investigador de neurología cognitiva y de la memoria en el Centro F.C. Donders de Formación de Imágenes Cerebrales de Nimega. Lidera también un equipo de trabajo de neurofisiología cognitiva y producción de imágenes en la clínica de epileptología de Bonn, al que se halla adscrito **BERND WEBER**.

Bibliografía complementaria

REAL-TIME TRACKING OF MEMORY FORMATION IN THE HUMAN RHINAL CORTEX AND HIPPOCAMPUS. G. Fernández et al. en *Science*, vol. 285, pág. 1582; 1999.

HUMAN MEMORY FORMATION IS ACCOMPANIED BY RHINAL-HIPPOCAMPAL COUPLING AND DECOUPLING. J. Fell et al. en *Nature Neuroscience*, vol. 4, pág. 1259; 2001.

BIOPSYCHOLOGIE. J. Pinel, W. Boucsein. Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg, 2001.

OBSERVING THE TRANSFORMATION OF EXPERIENCE INTO MEMORY. K. A. Paller et al. en *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 6, pág. 93; 2002.

Agudeza visual de las focas

Cazadores ciegos, observadores de las estrellas y sibaritas. De todo hallamos entre los ejemplares del acuario de Bochum investigados por Guido Dehnhardt, empeñado en desentrañar los mecanismos de orientación de los mamíferos marinos. ¿Cómo logran guiarse cuando a su alrededor no hay más que un mar ilimitado?

Hermann Englert

Se le ve impaciente, con la panza apoyado en una suerte de casilla de tiro subacuática. Gira, nervioso, la cabeza a un lado y otro. El ejercicio va a empezar. Tras chapotear un rato, ha llegado el momento. En la cabecera del armazón distinguimos dos tablillas de plástico con franjas blancas y negras; en una tablilla las franjas son horizontales y en la otra verticales. Sin titubear Bill, una foca macho, se dirige hacia la tablilla de rayas horizontales; como asegurándose, echa una última mirada hacia delante y, por fin, mueve con su hocico un pestillo. Se oye el pitido agudo de un silbato, que aplaude

el acierto: “Muy bien”. Eso significa el pitido, me explica Michael Weifen, del equipo investigador de mamíferos marinos de Bochum dirigido por Guido Dehnhardt. Weifen anota la hazaña de Bill en una tablilla.

Puede pasarse a otra sesión. Se evalúa así la agudeza visual de las focas en el acuario. El ejercicio consiste en distinguir entre tablillas de franjas verticales y tablillas de franjas horizontales. Las franjas se van estrechando cada vez más hasta que el número de aciertos en la distinción se confunde con los originados por el azar.

Dehnhardt, catedrático de zoología general y neurobiología de la Universidad del Ruhr en Bochum, comparte la idea

de que ciertas opiniones muy difundidas sobre la capacidad visual de los animales carecen de base. El ha centrado su trabajo en las capacidades sensoriales de los mamíferos marinos. Puesto que las focas no disponen de ningún sistema de ecolocación, deberían de orientarse mediante el sentido de la vista. No parece, repone Dehnhardt. A menudo los animales cazan en aguas costeras o muy profundas, medios turbios u oscuros; si dependieran de su vista, se hallarían en graves aprietos. Recuerda el caso de cierta foca, lampiña, que dormitaba en el enorme estanque de osos polares del zoológico de Colonia; aunque ciego, podía orientarse y nadar sin la menor dificultad.



Con el mencionado Bill y con otro llamado Sam, Dehnhardt abordó la influencia de la turbidez del agua, un parámetro ecológico, sobre la capacidad sensorial de los animales. Los zoólogos aprovechan el crecimiento de las algas en el acuario de las focas y estudian su capacidad visual durante varios días en aguas cada vez menos transparentes.

En el estado actual de la investigación puede afirmarse que, en condiciones de normalidad, las focas presentan una agudeza visual similar a la de un gato. Bill distingue dos puntos separados por un ángulo visual de cinco minutos de arco; Sam, mucho más viejo, sólo llega a nueve minutos. Por mor de comparación: la persona humana es capaz de reconocer en su campo visual estructuras separadas por un ángulo de un minuto. Resulta evidente que, al empeorar la visibilidad,

las focas deben fiar cada vez menos en su agudeza. El medio donde se desenvuelven alcanza en ocasiones tal grado de turbidez por partículas en suspensión, que estos piscívoros no ven más allá de un metro.

Economía masculina

El grupo de focas que constituyen el equipo sujeto a investigación lo integran siete machos. ¿No constituye un riesgo que haya sólo machos? La esperada agresividad se produjo el primer año, durante la época de celo de mayo y junio, pero

hoy conviven en armonía. Y colaboran en los ensayos.

Bill ha realizado su ejercicio: por treinta veces ha mirado y presionado la barra. Hacia el final del proceso, cuando las franjas se hallan muy juntas, duda; la probabilidad de acertar es la del puro azar.

¿Cómo se orientan los mamíferos marinos en su medio natural? Para nosotros el mar viene a ser una masa enorme y uniforme de agua. Para ellos, sin embargo, ofrece numerosos indicadores y estructuras que se escapan a nuestra per-

“Los océanos esconden muchas estructuras que no percibimos los humanos”

Focas en perfecta formación

Disciplina y motivación son las condiciones que definen a una foca que participe en un programa de investigación. “Para que un animal esté en plena forma ha de aprender desde pequeño a concentrarse para un ejercicio”, dice Guido Dehnhardt, estudioso de los mecanismos de orientación en los animales. Deben empezar por advertir que la presencia del investigador no sólo no es hostil, sino que puede resultar divertida. Bill, Sam y Marco llegaron hace apenas dos años al acuario de Colonia. Procedían de un estanque de Holanda, donde no habían recibido entrenamiento alguno; al cabo de tan sólo seis semanas descansaban ya en el regazo del investigador. El primer paso en el adiestramiento es el de habituación: los animales aprenden a acercarse a su hocico a una pelota de plástico cuando se les hace una señal. Una vez dominan ese ejercicio, siguiendo la trayectoria de la pelota, se les puede llevar a cualquier lugar.

En el trabajo diario, cada miembro del grupo, tras recibir la orden oportuna, nada hasta una señal de plástico negro que cuelga de una cuerda sobre la superficie del agua. De ese modo se logran dos objetivos: mantener un orden en el grupo y ejercitar la disciplina.

En el adiestramiento desempeña una función importante el “refuerzo secundario”. Al principio, después de realizar una acción acorde con lo deseado, los animales reciben un trozo de pescado, arenque en particular. Mientras les ofrece la comida, el educador toca el silbato: un pitido breve. Al cabo de un tiempo, los animales asocian la ingesta con el silbato; al final es sólo el silbato lo que se toma como recompensa. Hay una gama amplia de pitidos con distinta significación. Uno solo, breve, indica que el ejercicio es correcto; otro largo y potente significa que la ejecución ha sido espléndida.

TODOS PARTICIPANTES MASCULINOS. Estas focas no juegan, sino que están trabajando.



HOCICO EN LA BOLA. La “habituación” forma parte del adiestramiento básico de las focas.

El pescado no es la única recompensa utilizada en el adiestramiento. El interés por la prueba y el deseo de reconocimiento constituyen unos poderosos incentivos para los animales. Se manifiesta en su participación espontánea en un ejercicio, lo que no ocurre siempre. Median, en efecto, diferencias entre unos ejemplares y otros: los hay curiosos, vanidosos, amables, celosos, dominantes o derrotistas. Henry, una de las dos estrellas del experimento con el minisubmarino, reclama el centro de atención. Si cree que se le posterga, se muestra contrariado y puede morder, celoso, a un compañero.



CORNELIA DÖRR

1. EN PLENO EJERCICIO. Con el hocico empuja la corredera del lado de las franjas horizontales.

cepción sensorial. ¿Cuáles? Existen gradientes en la concentración de sal y diferencias de temperatura, así como sustancias químicas que dan al aire y al agua un olor y un sabor característicos de un lugar y una situación concretos. Por ejemplo, en los frentes térmicos o de salinidad, en las zonas con corrientes ascendentes y en otras regiones donde un agua rica en nutrientes llega a las capas superiores y penetra la luz, de repente crecen cantidades ingentes de fitoplancton. Se trata de organismos minúsculos que viven de la fotosíntesis. De ellos se aprovecha el zooplancton, otro eslabón de la cadena trófica. En estas zonas de intensa actividad de depredadores y depredados el fitoplancton libera una sustancia, el ácido dimetilsulfúrico, cuyo olor, perfectamente perceptible, pudiera servir de guía a las focas. Sabido es que las aves experimentan atracción por este aroma.

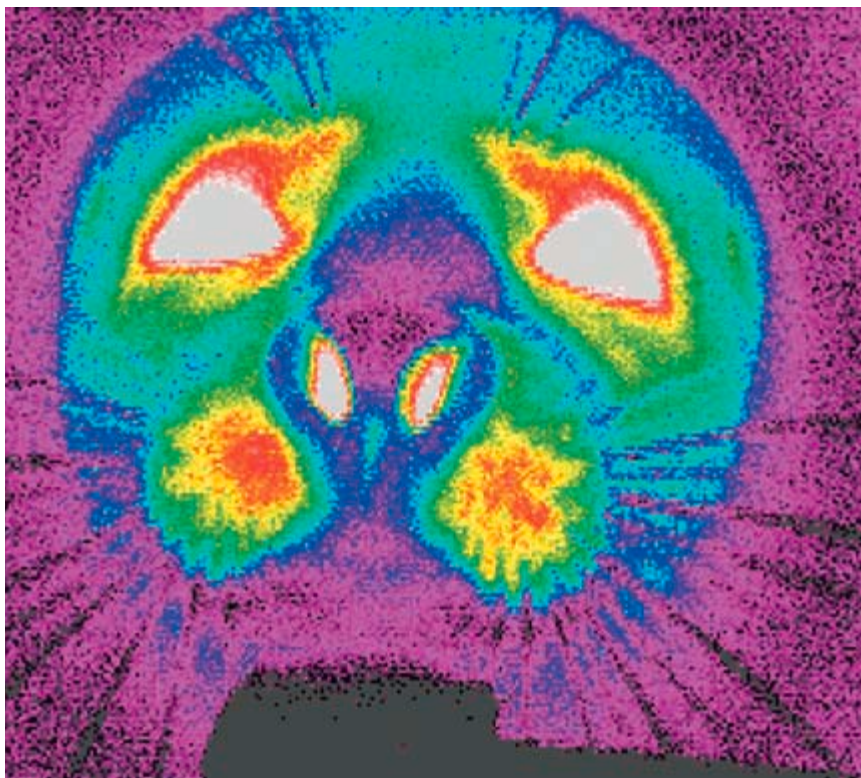
Una referencia para la orientación durante la natación pudiera ser la corriente óptica: la impresión visual móvil que capta una foca cuando se desplaza junto a una corriente de partículas suspendidas en el agua. El flujo óptico puede informarle sobre la dirección de su movimiento y la distancia recorrida. Pero los zoólogos apuntan a otra señal clave: en su navegación, los animales se guiarían por las estrellas. “Si se tiene en cuenta que algunas focas árticas se desplazan más de 1500 kilómetros en dirección sur hasta Terranova o Nueva Escocia, fuera del alcance visual de la costa, lo normal es que cuenten con un sistema de orientación de este tipo”, aduce Dehnhardt. No serían los únicos: las aves se orientan por los astros.

En el nuevo campo de la ecología sensorial, como Dehnhardt ha denominado su ámbito de investigación, la cuestión de partida concierne a las informaciones disponibles en el medio para la orientación. De éstas, unas son oceanográficas. En la desembocadura de los ríos, el agua dulce no se mezcla inmediatamente con la salada del mar, sino que se forman enormes frentes, que separan aguas con grandes diferencias de salinidad. Aunque estas masas de agua no son estacionales, terminan por describir, con los años, patrones de distribución característicos. De ellos pueden servirse los animales para su desplazamiento.



CORNELIA DÖRR





Importa entonces dilucidar si los animales captan la información física a través de algún canal sensorial peculiar. Por lo que respecta al contenido salino, el equipo de Dehnhardt ofrece ya una respuesta afirmativa taxativa. En un estudio sobre el sentido del gusto, Juliane Sticken midió las concentraciones de sal distinguibles por las focas. Con ese objetivo, entrenó a dos ejemplares, Schorsch y Henry, para que mantuvieran en su hocico una suerte de boquilla, lo mismo en el suelo que bajo del agua. A través de la cánula en cuestión recibían en su cavidad bucal dos soluciones salinas, distanciadas un breve intervalo temporal. Debían indicar si las dos soluciones tenían o no la misma concentración de sal. Para comunicar su decisión, bastaba que soltaran la boquilla si diferían las concentraciones de sal. De acuerdo con los resultados obtenidos por la bióloga, en el rango de concentraciones salinas del mar, los animales podían distinguir unas diferencias menores del uno por mil, es decir, una diferencia de un gramo de sal por litro de agua. De ello infieren que tal sensibilidad podría ser suficiente para reconocer los

3. SENSIBLES A LAS CARICIAS. Guido Dehnhardt, de la Universidad de Bochum, con un ejemplar de foca.

frentes marinos y utilizarla en la navegación.

Entra dentro de lo probable que tal finura de percepción gustativa les sirva también para saber a qué profundidad se encuentran, pues la salinidad del medio presenta una distribución estratificada. Apoyados en ese indicio, podrían orientarse hacia las zonas de mayor concen-

2. VIBRISAS. Las tonalidades amarillas y rojas indican zonas particularmente calientes: ojos, orificios nasales y vibrisas.

tración de presas, con el consiguiente ahorro de inversión energética en la búsqueda.

A la caza del submarino

El centenar de vibrisas que posee la foca constituyen unos receptores táctiles de finísima sensibilidad; cada vibrisa está inervada por unas 1600 fibras nerviosas, unas diez veces más que los bigotes del gato. Para que las vibrisas conserven su sensibilidad incluso en aguas frías, la sangre debe irrigar los folículos pilosos, consiguiendo así mantenerse a elevada temperatura. En las imágenes obtenidas con rayos infrarrojos se observa que la región de las vibrisas en torno al hocico, al igual que los ojos, irradia mucho calor. Cuando una foca sumergida se acerca a un objeto, puede identificarlo sirviéndose de tales pelos táctiles, a la manera en que el hombre se vale de la mano en la oscuridad.

Los peces dejan, en su avance, huellas hidrodinámicas, una suerte de escaleras de cuerda características formadas por cadenas de remolinos en sentidos opuestos. Durante unos minutos, el agua fluye por estas huellas más veloz que por su alrededor. Cuando en el acuario se sumergieron los animales en las proximidades de una esfera vibrante, percibieron con sus vibrisas movimientos





CORNELIA DÖRR

4. AGRUPADO EN ANILLO. Cuando están distendidos, los animales se entregan a los juegos.

del agua inferiores a una milésima de milímetro. ¿Se apoyan en tales huellas deladoras para la depredación?

Para comprobarlo, se pergeñó el experimento siguiente: provocar su reacción ante un minisubmarino. Participaron las focas Nick y Henry. Se les colocó una máscara (para taparles los ojos). Se les incorporaron auriculares que sólo les permitían oír murmullo blanco (formado por sonidos de todas las frecuencias), para impedir cualquier estímulo acústico. Los investigadores sumergieron un minisubmarino propulsado por hélice que dejaba una huella de torbellinos, similar a la generada por un pez. Luego, se desconectó el submarino, se les quitaron los auriculares a los animales y éstos se pusieron a buscar. En un principio, nadaron sin rumbo, pero en cuanto se cruzaron con la estela del submarino enfilaron en la dirección correcta, hacia el artefacto. Únicamente en tres ocasiones de cada cien perdieron la pista en medio de las agitadas aguas. Pero cuando se les libró de la máscara se orientaron

por la vista directamente hacia el submarino.

Hasta veinte segundos después de dejar de funcionar la hélice, las focas eran capaces de reconocer el rastro del submarino, lo que representaba un alejamiento teórico de cuarenta metros. El rastro de un pez, con su estructura articulada y compleja, permanece mucho más tiempo. Ante esos resultados, los investigadores infieren que una foca pueda captar la huella de un arenque situado imprudentemente a 180 metros distancia.

Focas en la noche

¿Qué decir de la astronavegación? De acuerdo con la concepción dominante durante largo tiempo, tal método de orientación no estaría al alcance de las focas, dada su supuesta limitada capacidad visual fuera del agua, sobre todo con poca luz. Pero lo cierto es que depredan

sin titubear peces en la oscuridad o con poca luz. “Posiblemente hayan desarrollado mecanismos para compensar su escasa visión”, indica Björn Mauck, colaborador de Dehnhardt. La córnea del ojo de la foca da lugar en el aire a una serie de deformaciones de la imagen que son todavía más notables de noche, cuando la pupila se dilata. Sin embargo, es probable que se activen mecanismos hasta ahora desconocidos —por ejemplo en la estructura íntima de la córnea— que compensen este inconveniente. De momento, Mauk ha demostrado que, a pesar de su supuesta pobreza visual, reconoce puntos luminosos aislados que simulan la luz que llega desde las estrellas lejanas.

HANS ENGLERT es biólogo.

Reflexión en grupo

“Cuatro cabezas son más creativas que una sola”, se dice el presidente de la agencia de publicidad mientras convoca a los directivos a una reunión en busca de ideas nuevas.

Pero no es oro todo lo que reluce en las hoy tan ponderadas reflexiones conjuntas

Wolfgang Stroebe y Bernard Nijstad

Todo empezó en el año 1953 cuando Alex Osborn, copropietario de una de las mayores agencias de publicidad en aquel momento (Batten, Barston, Durstine & Osborn, Inc.), publicó el libro *Applied Imagination*. El objeto preciso de esta obra era exponer los principios y los métodos del pensamiento creativo. Para ello, el autor proponía, en las 10 últimas páginas, un método con el que supuestamente se podía más que duplicar las ideas innovadoras de un grupo: “la tormenta de ideas”. La expresión inglesa *brainstorming* (tormenta o tempestad cerebral) provenía de sus colaboradores, con quienes había ensayado el método; a Osborn le convenció porque los participantes tenían que hacer uso del cerebro (*brain*) para resolver de forma imaginativa un problema.

El método en cuestión cobró en seguida una enorme popularidad —lo mismo en medios industriales que burocráticos— y adquirió de inmediato carácter de cultura general. Muy pronto apareció como palabra clave en el venerable diccionario Webster de la lengua inglesa y pocos años más tarde lo hizo en el diccionario alemán Duden. Si hoy se efectuara una

consulta en Internet con el buscador “Google”, aparecerían 230.000 respuestas para este concepto. Por otra parte, muchos asesores de organizaciones no cesan de recomendar esas reflexiones en grupo como panacea contra la pereza intelectual. Por eso, puede sonar casi herético cuestionarse en este artículo si las reuniones colectivas de este tenor aumentan la creatividad.

Osborn estaba convencido de que las personas reciben una inspiración recíproca a la hora de buscar ideas: la propuesta de uno alienta a los demás a encontrar una idea afín y mejor y un tercero asocia, a veces, dos ocurrencias para formular una proposición genial. Por otra parte, Osborn partía de que las ideas provienen siempre, en última instancia, de la experiencia de los procesos ideatorios individuales. De aquí que la mayoría de los capítulos de su obra se dedicara a la estimulación de la creatividad individual. En este sentido, distinguía dos tipos de procesos: el “pensamiento analítico”, encargado del análisis, la evaluación, la comparación y la selección; y el “pensamiento creativo”, que representaba, es decir, que ofrecía “visiones”. En tanto en cuanto estos dos procesos discurren separados, se observa una estimulación recíproca. Sin embargo, si el

pensamiento analítico se instaura con demasiada precocidad, puede cortar de raíz el genio creador.

Prohibida la crítica

El “aplazamiento de la crítica” era una de las dos condiciones imprescindibles, en la opinión de Osborn, para una reunión satisfactoria de reflexión conjunta. La crítica temprana comporta el riesgo de derribo, por culpa de la censura propia o ajena, de ideas especialmente originales. La segunda premisa rezaba: “la cantidad genera calidad”. Esta se basaba en la hipótesis de Osborn de que un gran número de ideas suponía automáticamente muchas ideas buenas. A partir de estas consideraciones, el autor extrajo las cuatro reglas de oro para su tormenta de ideas:

1. Se prohíbe todo tipo de crítica.
2. La cantidad es bienvenida.
3. La asociación libre es saludable.
4. Merece la pena reflexionar sobre las ideas ajenas.

La tercera regla estimula la manifestación de ideas sin ningún tipo de reflexión y sustrae, en consecuencia, cualquier fundamento a la posible crítica. Hay que anotar todas las propuestas, por dispa-



1. SESION CREATIVA. Las ideas fluyen mejor dentro de un grupo, al menos eso cree la mayoría de las personas.

ratadas que parezcan. La evolución y la selección tienen lugar en una sesión posterior. Si se respetan estas reglas, una persona puede generar, por término medio, el doble de ideas que si estuviera sola, eso al menos escribía Osborn en 1957, en la segunda edición de su obra.

Espoleadas por la declaración de Osborn se acometieron numerosas investigaciones internacionales. Pero ya a los cinco años de la publicación de *Applied Imagination*, Donald W. Taylor, Paul C. Berry y Clifford H. Block, psicólogos de la Universidad de Stanford, dieron a la imprenta un estudio experimental de 1958, donde se contradecía la eficacia del método de Osborn. Estos investigadores dejaron que los probandos resolvieran, según las reglas de la “tormenta de ideas”, un problema durante

12 minutos, bien de manera individual o en grupos de cuatro. Para su comparación, reunieron las propuestas de las cuatro personas que trabajaron de forma independiente, contando sólo una vez las mismas ocurrencias. El rendimiento se midió tanto por la cantidad de las propuestas como por su calidad evaluada por los peritos.

El resultado fue que cuatro personas producían, por separado y en el mismo tiempo, no sólo muchas más ideas que el cuarteto, sino también ideas de mucha mayor calidad. A idéntica conclusión se llegó en otros estudios, con independencia de que los probandos fueran estudiantes o trabajadores de una empresa.

Pero Osborn acertó en que la cantidad genera calidad; lo hemos podido comprobar una y otra vez en nuestros propios experimentos. La estabilidad de esta relación es tal, que nos ha permitido renunciar a la calidad de las ideas como parámetro del rendimiento.

A partir de estos estudios cabe preguntarse la razón de la popularidad de esas reflexiones conjuntas. ¿Acaso en la vida real cuentan otros aspectos más que la cantidad y la calidad de los resultados? Quizá la respuesta radique en la motivación: probablemente, las tormentas de ideas generadas en el círculo de los colegas sean mucho más divertidas que en soledad. Nuestros probandos

han admitido de forma casi unánime que el trabajo en grupo depara bastante más satisfacción. Pero también creen que las tormentas colectivas de ideas son más eficaces. Así, más del 80 % de los probandos estadounidenses, alemanes u holandeses encuestados consideraban que el grupo potenciaba la creatividad. ¿Cómo se explica esta concepción desfigurada de la realidad?

Lo abordamos en un programa de investigación ambicioso. Deseábamos, ante todo, conocer los factores que alteraban las tormentas colectivas de ideas y, si era posible, eliminarlos.

Al principio, sospechamos que la causa del menor rendimiento grupal residía en el temor a la crítica: quizá los participantes con propuestas atrevidas temían hacer el ridículo ante sus compañeros, pese a que la primera regla de Osborn prohíbe la crítica. Para someterlo a prueba, invitamos (Wolfgang Stroebe y Michael Diehl) a unos estudiantes de psicología de Tübinga a participar en unas tormentas individuales o colectivas de ideas sobre el tema “¿Qué podemos hacer para mejorar la relación entre los trabajadores extranjeros y los alemanes?” durante 15 minutos. A la mitad de

los participantes solitarios les hicimos creer que serían observados mientras lanzaban sus ideas por el micrófono. Para ello, instalamos unas cámaras de vídeo en las salas y explicamos a los probandos que grabaríamos en una cinta la sesión entera para su exhibición posterior, con fines didácticos, en las aulas. Por eso, debíamos contar con su consentimiento firmado. El engaño funcionó, pues una parte de los voluntarios expresó su deseo de retirar el consentimiento después de la sesión.

Así pues, podemos suponer que el miedo al ridículo en estas sesiones individuales era, por lo menos, tan grande como en las reuniones de grupo. Como cabía esperar, los probandos sometidos a vigilancia a través del vídeo generaron, lógicamente, menos ideas que quienes trabajaron en solitario sin ser molestados. No obstante, la diferencia entre ellos era mucho menor que la derivada de la comparación entre grupos e individuos. En otras palabras, el temor a la crítica ajena sólo podría justificar una fracción insignificante del menor rendimiento del grupo.

Otra posibilidad, bastante clara, es que algunas personas del grupo se esfuerce-

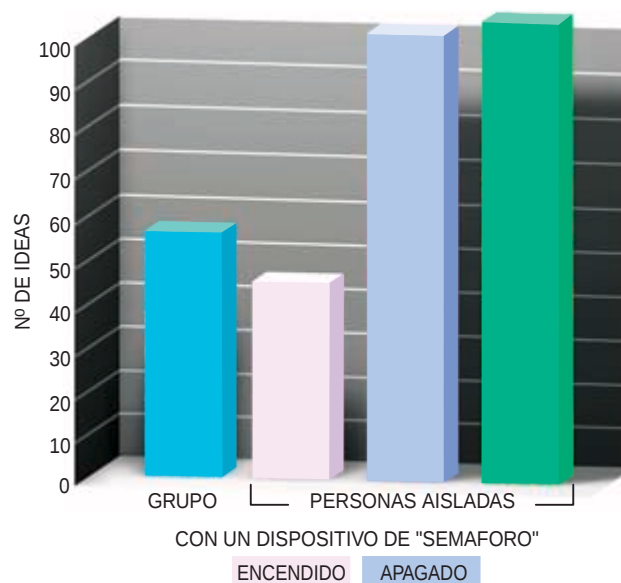
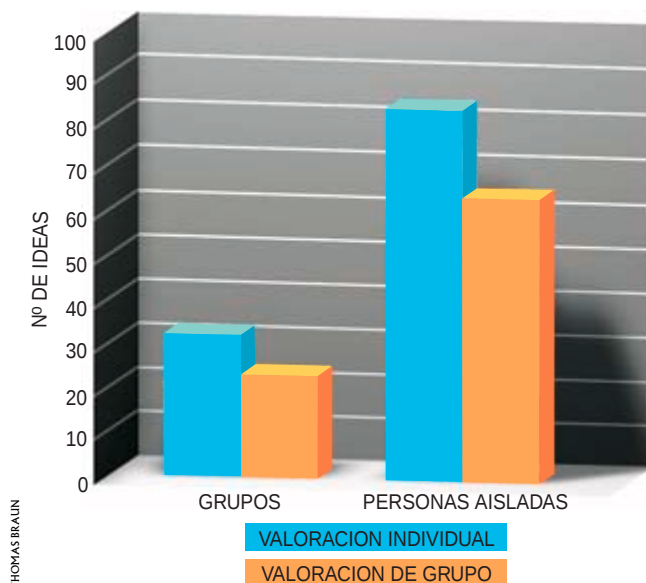
menos de lo que lo harían “en solitario”. Se trata del fenómeno del “remolón”: si los demás trabajan mucho, puedo confiar en el rendimiento colectivo sin comprometer, con mi actitud pasiva, el resultado final. De hecho, algunos aspectos de la situación grupal estimulan a los remolones. Resulta más difícil reconocer la aportación individual durante una tormenta colectiva de ideas y, por otro lado, todos sabemos que las ideas no se evalúan de manera individual, sino colectiva. Los miembros de un grupo, que consideran estar menos informados sobre el tema de reflexión, pueden retraerse al pensar que los demás aportarán mejores ideas.

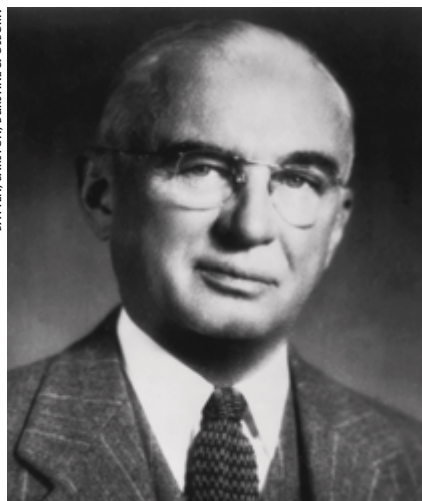
La carga de los remolones

Para aclarar la importancia de los remolones expusimos a personas aisladas y también a varios cuartetos a las sesiones de tempestad de ideas. Se comunicó a la mitad de los grupos que, una vez concluida la sesión, se evaluarían por separado las ideas de cada participante. Y se indicó a la mitad de los probandos que trabajaron solos que, antes de la evaluación, se reunirían sus ideas con las de los otros tres pensadores solitarios para que nadie pudiera reconocer el rendimiento personal. Así pues, los probandos participaron por separado o en grupo y abrigaban la esperanza de recibir una evaluación individual o colectiva (véase la figura 2, izquierda).

Los voluntarios aportaron más y mejores ideas cuando pensaban que iban a ser evaluados de forma individual. Sin embargo, este efecto resultó mucho menor que la archiconocida repercusión negativa del grupo. Con independencia

2. MEJOR SOLO. Un grupo genera, en un mismo tiempo, menos ideas que cada una de las personas por separado (izquierda). Si se hace creer a cada miembro del grupo que su rendimiento se evaluará por separado, la creatividad aumenta (columnas azules). Los inconvenientes del grupo derivados del bloqueo recíproco se demuestran en el experimento siguiente (derecha). Cuatro probandos se sientan, en cabinas aisladas con una luz, a modo de semáforo, que se pone roja en cuanto alguno de los cuatro empieza a hablar y condena a los demás al silencio. El rendimiento aditivo de los pensadores solitarios disminuye de forma espectacular, incluso por debajo del rendimiento de un cuarteto reunido para una reflexión interactiva.





3. EL NORTEAMERICANO ALEX OSBORN popularizó, en los años cincuenta del siglo pasado, la búsqueda colectiva de ideas con la publicación de *Applied Imagination*.

recoger y presentar ideas en cuanto parpadeaba la luz verde? No puede tratarse de una distracción por las ideas de los otros, pues, en el experimento de la tempestad de ideas con el semáforo, nadie podía escuchar a los demás. De ahí sacamos otras dos conclusiones: en primer lugar, un participante no quiere arriesgarse a olvidar su idea durante el período de espera y, por este motivo, repite constantemente su pensamiento, lo que le impide, como es natural, tener nuevas ocurrencias. Además, es evidente que esperar hasta que la luz se ponga verde genera estrés. Se trata de una experiencia común: quien no aproveche de inmediato las pequeñas pausas que se producen en un debate candente, no llega nunca a tomar la palabra.

Sólo puede hablar una persona

Para eliminar este efecto negativo, decidimos regular el tiempo de espera a través de una lista de oradores; cualquiera podía incorporarse a la misma apretando un botón. Las personas, instaladas en cabinas individuales, se valieron de un dispositivo de comunicación con auriculares que les permitía inspirarse en las ideas de los demás. En un monitor contemplaban la lista de oradores. De forma sorprendente, esta lista no tuvo ninguna repercusión positiva, sino, por el contrario, muy negativa: si durante un cuarto de hora cuatro personas, pensando por separado, emitían 68 propuestas, la cifra, al incluir la lista, bajó a 28. Al parecer, el seguimiento de la lista de oradores bloqueaba considerables recursos cognitivos que no podían utilizarse para la detección de ideas.

En los años ochenta, Jay F. Nunamaker y su equipo, de la Universidad de Arizona, desarrollaron un método más eficaz para solucionar los efectos del bloqueo en las reflexiones conjuntas. Se sirvieron del ordenador. Los miembros del grupo introducen sus ideas en un ordenador comunicado en red con los de los demás. La imagen aparece en las pantallas dividida en dos mitades por una línea horizontal. Cada vez que alguien efectúa una propuesta, en la mitad superior se representa una muestra aleatoria de las ideas del resto de los voluntarios, mientras que la idea propia se lee en la mitad inferior.

Como han demostrado los estudios estadounidenses, este tipo de tormentas

colectivas brinda el mismo número de ideas que las tormentas individuales. Con todo, la técnica informática no aumentó la creatividad.

La ausencia de estimulación recíproca se debe posiblemente a que los usuarios del ordenador apenas contemplan las propuestas de los demás durante la reflexión participada. Cuando Paul Paulus y su grupo, de la Universidad de Texas, modificaron esta tarea, de forma que los probandos tuvieran que reproducir las ideas de los demás después del experimento, observaron efectos claramente sinérgicos.

Este tipo de tormentas colectivas plantea, sin embargo, muchos problemas técnicos y administrativos. Quien quiera ahorrarse los gastos y las contingencias de los programas y de los ordenadores, puede obtener el mismo efecto de una manera muy sencilla con la técnica del *brainwriting* (tormentas de ideas por escrito) que ha expuesto con detalle Arthur B. VanGundy, experto en comunicaciones de la Universidad de Oklahoma: los miembros del grupo escriben sus ideas en unas fichas, que luego se intercambian.

Si se considera que las tormentas colectivas fueron cuestionadas ya desde su introducción y declaradas ineficaces por los científicos, merecería la pena buscar otras explicaciones para justificar su éxito ininterrumpido. ¿Puede la diversión resultar tan determinante? Robert Sutton y Andrew Hargadon, de la Universidad de Stanford, señalan que el número y la calidad de las ideas sólo representan dos de los numerosos criterios de efectividad. Por eso, han propuesto a las empresas que utilicen las reflexiones en grupo para motivar a sus directivos, impresionar a los clientes o aumentar los ingresos (siempre y cuando el cliente esté dispuesto a pagar los costes de la sesión). No obstante, aunque estas razones podrían explicar por qué las empresas están dispuestas a afrontar estas pérdidas de productividad, sigue resultando un misterio que, todavía hoy, se dé por sentado que tales reuniones de intercambio de ideas estimulan la creatividad.

¿Es posible que nuestros experimentos supervaloren la menor capacidad del grupo? Podría ser que un colectivo compensara las carencias de ideas mediante una mayor selección de las mismas. Decidirse, al final, por una solución útil es, en última instancia, un criterio importante de éxito práctico. Y nada pueden decir contra este argumento los estudios realizados hasta la fecha.

Para cribarlo, nuestro equipo de la Universidad de Amsterdam, con Eric

del tipo de evaluación esperada, los grupos no llegaron siquiera a la mitad de las propuestas de los pensadores solitarios. De lo que se infiere que en todo grupo hay remolones, pero no reside en ello la razón de la caída espectacular de su rendimiento.

Como última posibilidad quedaba un factor mucho más difícil de manipular. Osborn suponía que, en las reflexiones conjuntas, las ideas de unos inspiraban las de otros, en un flujo recíproco. Pero, ¿no podría suceder justamente lo contrario, es decir, un bloqueo mutuo? En primer lugar, se encuentra el efecto del tiempo: como en un momento dado sólo una persona puede tomar la palabra, todos los demás deben aguardar con sus ideas. En segundo lugar, cada miembro se ocupa obligatoriamente de la idea que acaba de exponerse e interrumpe su propio pensamiento. Tanto la distracción como la espera forzosa (o ambas) podrían explicar el rendimiento menor del grupo.

Por esta razón, introdujimos en las cabinas insonorizadas, en las que trabajaban por separado cuatro probandos, una especie de semáforo con tres luces rojas y una verde. Cada participante podía expresar su idea por el micrófono sólo cuando su luz estaba verde. Al principio del experimento, la luz de los cuatro voluntarios parpadeaba en verde, pero en cuanto uno tomaba la palabra, la luz de los demás se ponía en rojo. De esta manera, se bloqueaba a los probandos que pensaban en solitario, como si estuviesen en un grupo de cuatro.

El resultado fue desolador: los probandos del experimento del semáforo, al igual que los de los grupos "normales", produjeron la mitad de las ideas de los pensadores solitarios. ¿Por qué los participantes bloqueados no aprovecharon el tiempo de espera para elaborar,

Rietzschel, investigó en esa dirección. Solicitamos a los estudiantes de psicología propuestas para mejorar las clases; para ello, les reunimos en grupos de cuatro o en grupos individuales para desencadenar tormentas de ideas según las normas de Osborn. Luego, determinamos cuáles eran las mejores propuestas. Para nuestra decepción, los estudiantes que trabajaron en solitario ofrecieron un elenco bastante más original de ideas que el grupo. De aquí no se puede necesariamente inferir que los grupos elijan, por norma, peor. En realidad, se ven perjudicados al reunir menos propuestas. Sin embargo, los grupos no logran compensar esta deficiencia con una mejor selección final de las ideas.

En el fragor de la batalla

Otra diferencia entre el laboratorio y la práctica podría residir en la duración de las sesiones de tempestad de ideas, que se vio muy limitada en nuestros experimentos y que resultó exactamente igual para ambas partes. También en las empresas vale el aforismo “el tiempo es oro”, pero quizá debería darse una actitud más flexible. Si los grupos trabajan durante más tiempo, pueden generar, como es natural, más ideas. En colaboración con Hein Lodewijx, de Utrecht, observa-

mos precisamente que los grupos de tamaño creciente dedicaban de forma voluntaria más tiempo a la tempestad de ideas. Así, los sextetos trabajaban casi 15 minutos más que los pensadores solitarios, que sólo resistían media hora. De este modo, los grupos compensaban parte de la merma de su rendimiento, pese a continuar muy retrasados con respecto a los imaginativos solitarios (véase la figura 4).

Por último, las compañías recurren, en ocasiones, a “guías” o “formadores” de grupo, que no hemos utilizado en nuestros experimentos. Se ocupan de que se respeten las normas de la reflexión interactiva, estimulan a los lacónicos para que aporten sus ocurrencias, vigilan la generación continua de ideas y proponen nuevas líneas de pensamiento. Los guías preparados reducen, sin duda, la pérdida del rendimiento, pero representan, por otra parte, un coste considerable. Es muy probable que se pueda renunciar a esta figura, si se administran a todos los miembros reglas adicionales para tales reuniones. Así, Paulus y su grupo demostraron que las orientaciones del tipo de “concéntrate en la tarea” o “no explodes tus ideas” aumentan la productividad no sólo de los grupos, sino también de los pensadores solitarios.

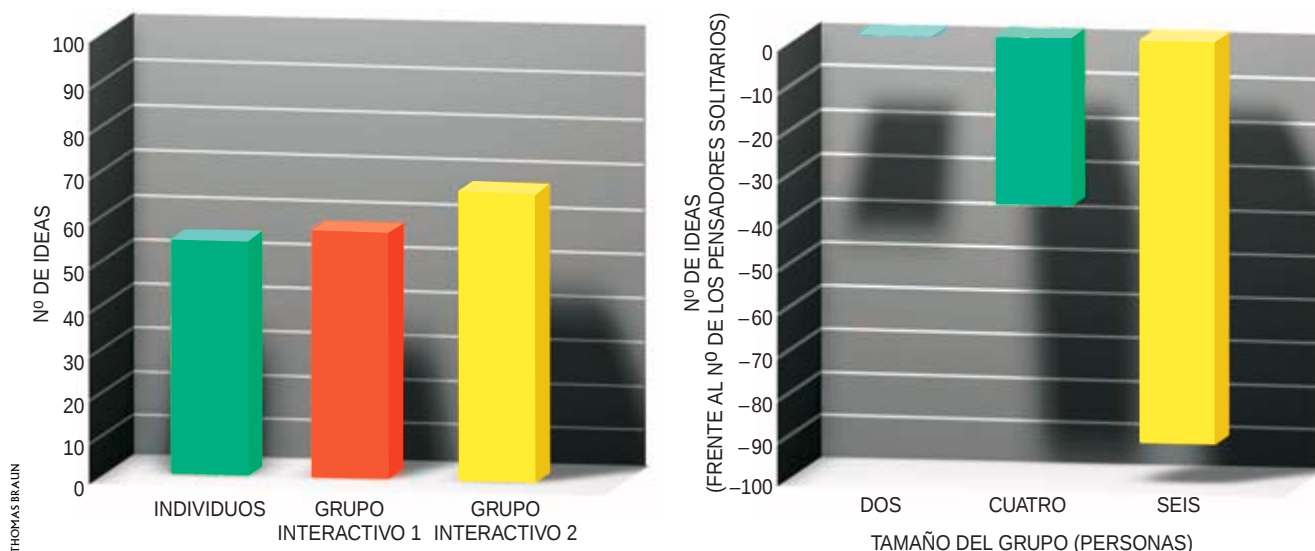
Apropiación posterior de las ideas

La fe inquebrantable en las tormentas colectivas de ideas se basa probablemente en esta creencia: dentro del grupo afloran más y mejores ideas que en la soledad. Nosotros hemos comprobado una y otra vez que la mayoría de los participantes en los experimentos colectivos e individuales también están convencidos de ello, pese a que, visto de una manera objetiva, el resultado sea el contrario.

¿En qué se sustenta tamaña ilusión? La mayoría de las personas no ha tenido la oportunidad de comparar la productividad real de los grupos frente a la de los individuos. Por regla general, sólo comparan las ideas generadas en el grupo con las que ellos mismos llevaban antes de asistir a la reunión. Como es lógico, el resultado del grupo es mejor, pues —como se dice tan a menudo— cuatro cabezas piensan más que una. Sin embargo, el problema es otro: ¿acaso cuatro cabezas, que se reúnen para tratar un problema, piensan mejor que cuatro cabezas por separado? La respuesta, como ya hemos comentado, es negativa.

Además, los participantes en sesiones prolongadas de grupo tienen dificultades para separar, de forma retrospectiva, las ideas propias de las ajenas. Enseguida se olvidan quién propuso una idea determinada. El peligro es grande, pues uno se atribuye ideas que, en realidad, proceden de otra persona. Lo demostramos en un estudio de Tubinga. Una semana después de los experimentos preguntamos a cada participante qué ideas, entre todas las propuestas, eran propias. Todos los encuestados sobrevaloraron su aportación individual. Sin embargo, los que trabajaron en sesiones de grupo exageraron más que

4. ¿FANTASIA ALADA? En las sesiones electrónicas de tempestad de ideas, el ordenador de cada miembro del grupo está unido en red con los demás (grupos interactivos). Se produce una estimulación recíproca que sólo se percibe cuando cada miembro se obliga, de acuerdo con las instrucciones, a considerar las propuestas ajenas (grupo interactivo 2, izquierda). Cuantas más personas se reúnen para debatir en torno a la solución de un problema, tanto peores son, en proporción, los resultados con respecto al trabajo de cada uno de ellos por separado, aun cuando los grupos estén dispuestos a prolongar de forma voluntaria la tempestad de ideas (derecha).





los que lo hicieron en solitario. De hecho, cada miembro de un cuarteto se apropió, por término medio, del 61 % de todas las ocurrencias argumentando que las habían mencionado o que, al menos, también había pensado en ellas.

Por último, las tormentas colectivas de grupo evitan una posible sensación de frustración. Cuando se trata de una búsqueda individual de ideas, cada sujeto es responsable de los resultados obtenidos. Si se queda bloqueado durante mucho tiempo, quizá viva la experiencia como un fracaso personal. En cambio, en una reflexión interactiva, la responsabilidad se reparte entre los miembros. Las pausas ideatorias de unos no llaman la atención porque la monopolización de la reunión no resulta deseable. Así, no debe extrañar que —como expusimos en nuestro estudio de Utrecht— los individuos dedicados a la búsqueda de ideas refieran muchos más fracasos, por lo común, que los que intervienen en sesiones de grupo.

En multitud de estudios se ha demostrado la falsedad de la declaración de Osborn sobre la eficacia de las tormentas colectivas. La inspiración recíproca, presumida por Osborn, se contrapesa con los efectos negativos establecidos por la interrupción del proceso ideatorio propio al escuchar a los demás. El rendimiento de los grupos no sólo es menor que el de un mismo número de individuos que trabaje en solitario, sino que a medida que crece el grupo, los resultados empeoran progresivamente. En cambio, así como los dúos son capaces de obtener un rendimiento casi equivalente al de dos pensadores solitarios, los cuartetos sólo alcanzan, de ordinario, la mitad de las ideas de cuatro probandos que piensen en soledad.

Los efectos estimuladores sólo se ponen de manifiesto cuando los participantes pueden intercambiar sus ideas sin ningún tipo de bloqueos ni distracciones. Así sucede con la tormenta electrónica de ideas. Quien desee la inspiración recíproca entre los miembros del grupo, sin necesidad de costosos programas de ordenador, debería trabajar primero en solitario y anotarse todas las ideas. A continuación, se intercambian las propuestas de todos asegurándose de que cada uno lee y reflexiona detenidamente sobre las ideas ajenas. Luego, se procede a una nueva tormenta individual de ideas. Las personas con una mayor inclinación social que necesiten expresar ideas en equipo, deberían hacerlo en grupos reducidos. De hecho, es más divertido siempre trabajar con otra persona; además, la merma de creatividad resulta mínima.

WOLFGANG STROEBE es catedrático de psicología social en la Universidad de Utrecht. **BERNARD NIJSTAD** investiga y enseña en el departamento de psicología organizativa de la Universidad de Amsterdam.

Bibliografía complementaria

APPLIED IMAGINATION. A. F. Osborn. Scribner; Nueva York, 1953.

BRAINSTORMING. M. Diehl y W. Stroebe en *Handwörterbuch der Angewandten Psychologie*, dirigido por A. Schorr. Deutscher Psychologen Verlag; Bonn, 1993.

WHY ARE GROUPS LESS EFFECTIVE THAN THEIR MEMBERS. W. Stroebe y M. Diehl en *European Review of Social Psychology*, dirigido por W. Stroebe y M. Hewstone, vol. 5, pág. 271. Wiley; Chichester, 1994.

Zumbido de oídos

El fenómeno de los zumbidos de oídos o acúfenos, del que informaba ya Platón, representa una tortura casi insoportable para muchas personas. La percepción acústica enervante nace en el propio cerebro del enfermo y a ella contribuye sobremanera el estrés

Gerald Langner
y Elisabeth Wallhäusser-Franke

Voces de espíritus y dioses. Eso creían, en la antigüedad, que eran los acúfenos. Tales ruidos fantasma, percibidos sólo por los afectados, escapan a cualquier medición física. Platón hablaba ya de una “música cósmica” que le acompañaba día y noche.

Los acúfenos repercuten en la vida cotidiana de millones de personas. La gama de ruidos es variadísima: desde zumbidos, siseo y silbidos hasta tintineo, pitidos y cantos, pasando por crepitaciones, percusión y rechinar. Tanto el tono como la intensidad del ruido pueden modificarse en el transcurso de la enfermedad.

El trastorno que produce estos ruidos ubicuos depende del sujeto. Algunas personas los encuentran molestos e incluso desagradables; para otras, apenas influyen en sus percepciones y rendimiento. No obstante, la pérdida del silencio conlleva una sobrecarga física y psíquica insoportable para una cuarta parte de los afectados, que casi nunca logran concentrarse y sufren trastornos del sueño, depresiones y estados de angustia. Así escribía Bedrich Smetana, compositor checo, en carta a un amigo: “Lo que más me tortura es el estruendo interior, prácticamente ininterrumpido, que retumba en mi cabeza y que, en ocasiones, se acentúa hasta alcanzar un estrépito tormentoso. Este ruido infernal se mezcla con el sonido de trompetas y otros instrumentos desafinados acallando la

música que en ese momento escucho en mi interior. Muchas veces no tengo más remedio que interrumpir mi trabajo”.

Los egipcios formulaban ya propuestas detalladas para controlar los zumbidos de oídos. Por desgracia, todos los tratamientos elaborados hasta la fecha han dado muy pocos frutos. Todavía hoy, los zumbidos permanentes de oídos representan un problema médico. El que no se disponga de ningún alivio para los acúfenos obedece a una razón sencilla: pese a que la alteración permanente del silencio es conocida desde hace tres milenios y medio, y pese a que los investigadores han propuesto una serie de hipótesis acerca de los mecanismos patológicos, persiste el debate sobre sus causas reales. En condiciones normales, todas las sensaciones acústicas, bien sean



las manifestaciones de nuestros interlocutores, el ruido de un tren al pasar, las bocinas de los coches o la música, se originan en una señal exterior. Las ondas sonoras llegan al oído, se transforman en impulsos nerviosos dentro del oído interno y son conducidas, por la vía acústica, hasta la corteza cerebral. Sin embargo, en los acúfenos no interviene ningún estímulo sonoro exterior. El ruido para el afectado es, no obstante, totalmente real y, a menudo, extraordinariamente molesto.

Búsqueda de la fuente emisora anómala

Sobre las causas del denominado acúfenos objetivo se ha avanzado bastante. La sensación acústica surge a través de fuentes endógenas; por ejemplo, vasos sanguíneos estrechados o contracciones musculares. Estos producen un sonido real que excita las células sensoriales del oído interno, sonido que puede medirse colocando micrófonos hipersensibles dentro del oído.

1. ESTRUENDO EN LA CORTEZA AUDITIVA. Ni tapándose los oídos desaparecen los acúfenos, esos zumbidos enervantes procedentes del cerebro.

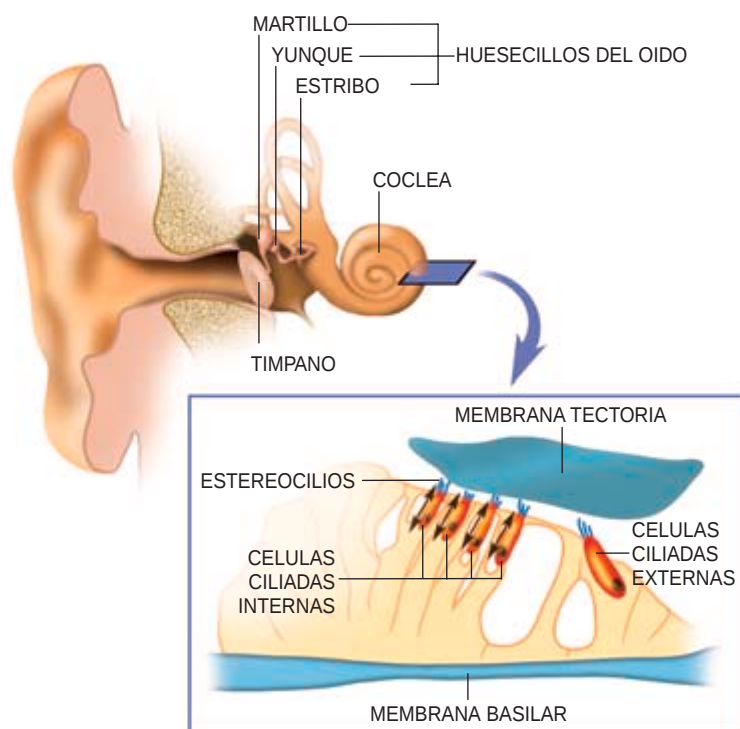
Sin embargo, el número de personas con acúfenos subjetivos es mucho mayor. En este caso, el ruido fantasma sólo lo perciben ellas, por cuyo motivo resulta casi inaccesible a la investigación científica. Aunque se ha progresado. Mediante la tomografía por emisión de positrones y otras técnicas de formación de imágenes se ha demostrado que la corteza auditiva de los pacientes con zumbidos se activa de modo patológico. Su actividad se corresponde con la sensación acústica subjetiva del afectado. ¿Cuáles son, entonces, los mecanismos neuronales responsables? ¿Dónde exactamente se origina la actividad nerviosa anómala?

Hemos intentado dar respuesta, aplicando diversos métodos, en nuestro grupo, constituido por biólogos y físicos, de la Universidad Técnica de Darmstadt. Por modelo animal escogimos jerbos de Mongolia. Los conocimientos adquiri-

dos con ellos sobre el origen de los acúfenos podrían guiar la búsqueda de tratamientos y explicar los resultados preliminares satisfactorios de los nuevos métodos curativos.

Muchos tratamientos se basan en la suposición de que los zumbidos se originan en el oído interno. Esta parte del sistema auditivo opera a la manera de un transformador acústico; convierte las oscilaciones sonoras en impulsos nerviosos que, a través de distintas estaciones de relevo, excitan la corteza auditiva, es decir, la región de la corteza cerebral encargada de procesar los estímulos acústicos.

La onda sonora llega, en principio, por el conducto auditivo, el tímpano y los huesecillos del oído hasta la ventana oval situada detrás del estribo. Luego, las oscilaciones del caracol, o cóclea, del oído interno alcanzan la membrana basilar que descompone cada señal acús-



2. TRANSFORMADOR ACUSTICO. El sonido se transmite, a través de vibraciones, a la membrana basilar de la cóclea. Las fuerzas de cizalla que actúan sobre la membrana tectoria doblan los cilios y estimulan las células ciliadas.

tica en sus distintas frecuencias. Las células sensoriales situadas a lo largo de la membrana basilar, las denominadas células ciliadas internas, recogen estas oscilaciones y envían los impulsos nerviosos correspondientes al cerebro. Como es natural, las distintas frecuencias de las que se compone la señal determinan qué células ciliadas —y, en consecuencia, qué neuronas— se excitan. Esta ordenación, basada en la frecuencia —tonotopia—, se continúa a lo largo de toda la vía auditiva. Con ayuda de métodos varios se ha demostrado que la audición de distintos tonos activa regiones diferentes de la corteza auditiva.

El oído sano es un órgano extraordinariamente capaz. La finura de su sensibilidad le viene, sobre todo, de las células ciliadas externas, distribuidas en tres hileras, que actúan como amplificador. Sus “cilios”, dispuestos como los tubos de órgano, vibran activamente con la frecuencia de oscilación sonora de la cóclea y procuran una mayor inflexión de las células ciliadas internas. De este modo, la señal llega a multiplicarse mil veces. La elevada sensibilidad del amplificador coclear puede incluso generar pitidos retroactivos, que recuerdan los de un equipo de altavoces. Las oscilaciones de las células ciliadas, así originadas, siguen

un camino inverso al de la señal acústica normal y alcanzan, a través de la ventana oval y de la cadena de huesecillos, el tímpano. Desde ahí son dispersadas; en ocasiones, el tono es tan alto, que las personas más próximas perciben el pitido; se habla entonces de “emisiones otoacústicas”.

¿Podrían ocasionar acúfenos estas activaciones espontáneas de las células ciliadas? Eso pensaban, al principio, muchos investigadores. A diferencia de los acúfenos, que suelen cursar con lesiones auditivas, las emisiones otoacústicas sólo provienen de células ciliadas sanas. Además, el pitido originado por las emisiones se oye sólo al principio. Probablemente, al poco rato, los mecanismos inhibidores reguladores extinguen el ruido a lo largo de la vía auditiva. Una de las modalidades de tratamiento de los acúfenos ha descartado definitivamente que el oído interno cause estos ruidos tan molestos: después de la sección quirúrgica del nervio acústico de pacientes sordos con acúfenos y, en consecuencia, tras la interrupción de la comunicación entre las células ciliadas y los centros auditivos del tronco del encéfalo, los zumbidos subjetivos y desagradables continúan haciendo estragos entre los afectados.

Así pues, los acúfenos surgen en algún lugar situado en las estaciones de relevo del sistema auditivo después de la cóclea, es decir, los núcleos cocleares del tronco del encéfalo, el tubérculo cuadrigémino inferior del mesencéfalo, el cuerpo geniculado interno o la corteza auditiva.

La corteza cerebral, fuente del estruendo

Para descubrir la fuente de estos ruidos anómalos examinamos a jerbos con acúfenos. Mediante dos procedimientos de marcado investigamos las regiones cerebrales de la vía auditiva con una activación patológica.

De manera sorprendente, los centros auditivos del tronco encefálico de los animales de experimentación apenas se excitaron; no hubo ni la más remota hiperactividad como cabría esperar de una fuente de ruidos fantasma. En principio, este hallazgo prueba, una vez más, que los acúfenos no se originan en las células ciliadas; en caso contrario, deberíamos haber hallado una estimulación ascendente por el tronco del encéfalo. Por otra parte, las células sensoriales estaban claramente dañadas por un traumatismo acústico o la administración de salicilato sódico. Las mediciones del umbral auditivo confirmaron la pérdida auditiva de los roedores.

El mesencéfalo también queda descartado como lugar de origen de los acúfenos. En nuestros estudios de marcado, no se apreció ningún aumento de la actividad en estas regiones auditivas que pudiera indicar algún suceso patológico.

Sólo tuvimos éxito en los centros auditivos de la corteza cerebral. Estos deben activarse siempre en los acúfenos, pues sólo así aparece la percepción acústica, ya sea por una fuente sonora real o por un ruido fantasma. De forma análoga a la estimulación permanente de las regiones auditivas más altas entre los enfermos de acúfenos, los jerbos afectados presentaban, en las regiones acústicas, una actividad muy superior a la de los animales de referencia.

Se sabe, por otro lado, que, en el hombre, la aspirina induce un tipo especial de acúfenos; a menudo, se limita a un solo tono. Si se administra salicilato sódico, compuesto relacionado con la aspirina, a los animales de experimentación, sucede algo parecido: se observa un patrón estríado en las imágenes de activación de la corteza cerebral; estas “estrías de actividad”, que detectamos en nuestro laboratorio y que seguían una ordenación tonotópica en la corteza cerebral, corresponden a ruidos de una banda

3. ALBOROTO ENFERMIZO.

Los acúfenos suelen iniciarse con un traumatismo acústico; por ejemplo, tras escuchar una música estruendosa o con las tracas de los festejos.

estrecha, como pueda ser un silbido monótono.

Así pues, estos ruidos misteriosos de los oídos pueden inducirse empíricamente en un modelo animal, para su análisis ulterior. La segunda conclusión tiene, sin embargo, mucha más importancia: los acúfenos parten, en realidad, de una lesión de las células ciliadas del oído interno, pero la actividad neuronal que corresponde al ruido fantasma nace en la corteza auditiva y no en el oído. La ausencia de relación entre la lesión auditiva primaria y la actividad de los acúfenos en la corteza podría explicar, asimismo, por qué esa sensación permanente de ruido, que tienen muchos enfermos, persiste largo tiempo después de haber recuperado la audición.

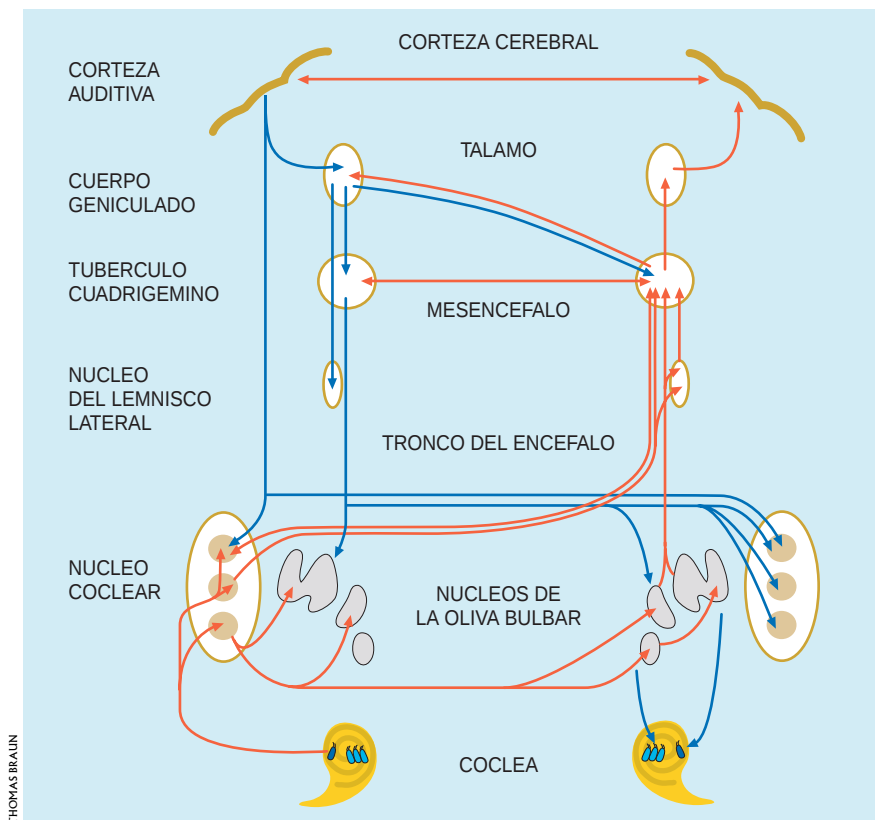
¿Cuáles, entonces, el mecanismo causante de los zumbidos? Nosotros creemos que, en este caso, operan mecanismos de compensación y control del sistema auditivo. Normalmente, estos



mecanismos facilitan la adaptación ambiental más eficiente posible de la función auditiva. Los circuitos de retroalimentación extinguen los estímulos insignificantes procedentes del aflujo constante de percepciones. Sin embargo,

no sólo apagan los ruidos ambientales intrascendentes, como el tic-tac del reloj, sino que amplifican también señales esenciales.

Los ruidos de la naturaleza representan, a menudo, el primer aviso de un peligro; el crujido de una rama puede delatar al enemigo escondido entre la noche y la niebla o detrás de un arbusto. La audición posee, pues, un importante papel filogenético como sistema primitivo de alarma; por ello, la vía auditiva se comunica con las regiones del cerebro que gobiernan la atención, por ejemplo, con el *locus coeruleus* o la formación reticular del tronco del encéfalo. Asimismo, existen contactos con el sistema límbico prosencefálico, responsable de las emociones, en particular con los núcleos amigdalinos, esenciales para las reacciones de estrés y de angustia. Para ilustrar la relación íntima entre los sistemas



THOMAS BRAUN

4. DEL OIDO A LA CORTEZA AUDITIVA.

Hasta que los impulsos nerviosos de las células ciliadas de la cóclea alcanzan la corteza auditiva del cerebro, son filtrados y modificados en distintas estaciones de relevo. Las flechas rojas indican el camino seguido desde el oído izquierdo hasta el cerebro; las azules, las vías nerviosas descendentes que regulan las aferencias. Los núcleos de la oliva bulbar ayudan a la orientación acústica, pero no intervienen en los acúfenos.

límbico y auditivo pensemos en el efecto emocional de la música: sin la conexión neuronal con los centros de la afectividad, un aria de ópera no podría deparar, por ejemplo, ese agradable escalofrío a los melómanos.

Con toda probabilidad, el sistema límbico y las regiones encargadas de la vigilia refuerzan, en el caso de los acúfenos, la retroalimentación positiva entre las regiones auditivas del tálamo y la corteza auditiva. Así se desprende también de la relación conocida entre la actividad cortical de los acúfenos y la actividad neuronal del *locus coeruleus* y de los núcleos amigdalinos de los animales de experimentación.

Ilusión cerebral

A partir de estos hallazgos hemos elaborado un modelo neuronal sobre la génesis de los acúfenos. Se parte de la inexistencia del silencio neurobiológico absoluto. Aun cuando no llegue ningún ruido al oído, por la vía auditiva circulan en todo momento señales caóticas y espontáneas. El cerebro ha aprendido a interpretar estas descargas como “silencio”. Se trata de un fenómeno corroborado en un experimento neuroacústico del año 1953: la mayoría de las personas, completamente sanas, acaban percibiendo, al cabo de un rato, un ruido, incluso dentro de una cámara insonorizada.

La lesión auditiva explica que las células ciliadas de la cóclea, el nervio auditivo y también los centros de la vía auditiva ascendente no se activen de la forma

espontánea habitual con una determinada franja de frecuencias. El mesencéfalo trata entonces de amplificar la sintonía, pues las neuronas mesencefálicas que responden a las frecuencias vecinas se inhiben recíprocamente. Las neuronas más activas se acaban imponiendo, mientras que las células dañadas envían menos señales. Este mecanismo auditivo se ha descrito [véase “Sistema acústico de orientación”, por Manfred Kössl y Marianne Vater, *MENTE Y CEREBRO*, n.º 4, 2003], entre otros, para los murciélagos, pero también para la visión de los animales y humanos: una superficie gris aparece más clara sobre un borde negro. De manera análoga, en el caso de los acúfenos, el mecanismo en cuestión amplifica ligeramente las señales de las frecuencias situadas en las lindes del daño auditivo.

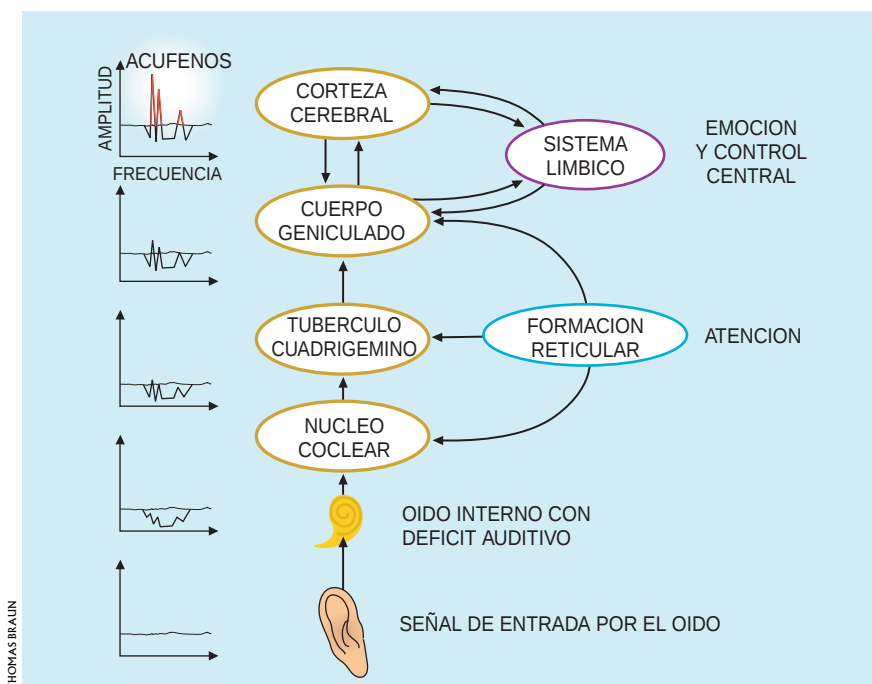
Estos “picos” del espectro de frecuencia llegan hasta el tálamo auditivo; desde allí se dirigen a la corteza auditiva. Si se intensifica la retroalimentación entre ambas instancias controladas por los centros de las emociones o las propias regiones responsables de la vigilia, estos componentes anómalos se amplifican de forma exagerada. Así aparecen, en concreto, los acúfenos, por excitación del sistema auditivo sin que llegue ningún ruido al oído.

A través de una simulación informática hemos comprobado la verosimilitud de esta hipótesis. Para ello, representamos con el ordenador 100 neuronas de cada uno de los cuatro planos de proce-

samiento de la vía auditiva ordenadas por franjas de frecuencia según el principio de la tonotopía. En el plano más bajo —el oído interno— se suprimió, en principio, la actividad espontánea de las “células ciliadas virtuales” de una determinada franja. Esta supresión se correspondía, por así decir, con la lesión auditiva. El siguiente plano jerárquico —ilustrativo de los núcleos auditivos del mesencéfalo— amplificaba la sintonía de frecuencia mediante una inhibición lateral. El tercer plano, talámico, y el cuarto, cortical, se hallaban unidos mediante retroalimentación positiva. La intensidad de la retroalimentación —influida, en el cerebro, por el estrés y la vigilia— se reguló mediante estimulación “informática”.

El resultado confirmó nuestro modelo. En el plano inferior de este sistema auditivo electrónico, la actividad aumentó mínimamente en la frecuencia fronteriza con el daño auditivo. Cuando se conectó el circuito de retroalimentación positiva entre el tálamo estimulado y la corteza cerebral, el tono alcanzó ensordecedores valores extremos en la corteza auditiva. De hecho, incluso con un daño auditivo leve —es decir, una disminución ligera de la “actividad de las células ciliadas”—, el ordenador desencadenó una activación local, limitada, de su corteza auditiva. Era como si escuchara un silbido.

Así pues, la lesión auditiva aislada no origina los acúfenos. Estos aparecen sólo cuando el cerebro trata de compensar las señales aferentes neuronales omitidas; el ruido fantasma y enervante se percibe tanto más alto cuanto más se activa la retroalimentación positiva entre el tálamo y la corteza auditiva. En última instancia, nuestra vida afectiva desempeña una misión primordial en la génesis de estos



5. COMIENZO INOFENSIVO. A raíz de una lesión auditiva, el oído interno deja de procesar determinadas frecuencias (*segundo trazado, empezando desde abajo*). Los diversos mecanismos de amplificación y filtro, como por ejemplo la inhibición lateral, producen picos de frecuencia (*tercer y cuarto trazado, desde abajo*). Si la persona afectada dirige su atención y manifiesta una actitud negativa hacia esta alteración, se excita un bucle de retroalimentación entre la corteza auditiva y los cuerpos geniculados; se produce entonces una resonancia catastrófica.

A la caza del sonido fantasma

Para conocer a fondo los mecanismos neurobiológicos desencadenantes de los acúfenos tuvimos que investigar simultáneamente la actividad de todas las regiones del encéfalo que participan en la vía auditiva. A tal fin elegimos la técnica de la 14C-2-desoxiglucosa (técnica 2-DG). Este método se basa en que la glucosa satisface casi en exclusiva los requerimientos energéticos de las neuronas. Cuando se sustituye esta glucosa por su variante radiactiva 2-DG, los productos de degradación se acumulan dentro de las neuronas. Si se colocan, por último, cortes finos del encéfalo de los animales de experimentación sobre una película radiológica, su oscurecimiento revela la cantidad de glucosa consumida por las distintas regiones del encéfalo y, en consecuencia, su grado de actividad.

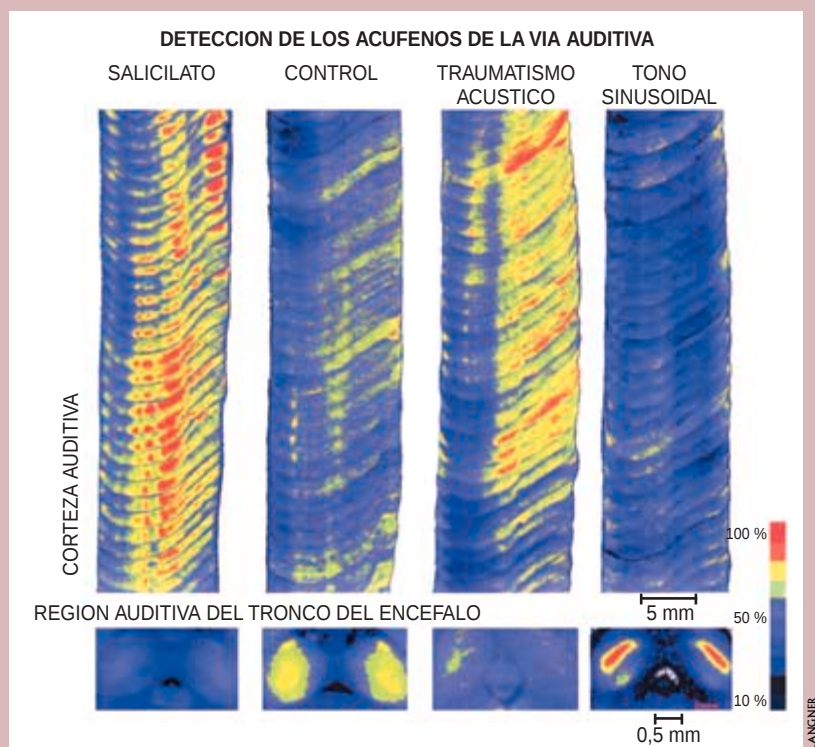
Otro método neuroanatómico se basa en el análisis de la actividad neuronal a través de determinadas proteínas. Una de ellas es la c-fos. Cuando se excita de forma constante una neurona, se estimula la síntesis de esta proteína dentro de su núcleo; la neurona se puede visualizar en los cortes encefálicos con la ayuda de anticuerpos. El marcado de c-fos resulta particularmente intenso si el sistema nervioso afronta lo desconocido, por ejemplo, los acúfenos recientes. En este caso, el encéfalo modifica el patrón de sus contactos neuronales, mitigando algunas de las sinapsis existentes y reforzando o creando otras nuevas. El marcado de c-fos permite rastrear estos procesos.

Otro requisito de los experimentos para elaborar un modelo de esta enfermedad fantasma consiste en inducir acúfenos a los animales de experimentación. Durante los años ochenta, Pawel Jastreboff, de la Universidad de Emory de Atlanta, descubrió que el salicilato sódico causaba acúfenos a las ratas. Se trata de una sustancia emparentada con el ácido acetilsalicílico, más conocido como aspirina. Es probable que los salicilatos lesionen las células ciliadas externas.

Ahora bien, ¿cómo puede un animal de experimentación expresar que padece acúfenos? Jastreboff y su grupo resolvieron el problema con un elegante truco: acondicionaron a los roedores a mostrar aversión frente al silencio absoluto; sin el ruido de fondo, los animales se agitaban y manifes-

taban agresividad. Después de administrar el salicilato sódico, parecían encontrarse mucho mejor, pese a continuar alojados en un entorno silencioso. Por consiguiente, algo debían de oír y sólo podía tratarse de un ruido fantasma.

El segundo método para desencadenar los acúfenos en el experimento se basa en el traumatismo acústico producido por una pistola de juguete. Si bien la audición puede protegerse frente a tonos altos y constantes, reduciendo la sensibilidad, semejante adaptación no sirve para un estímulo acústico repentino. Este último provoca una pérdida acústica, en parte, reversible pero, a menudo, induce acúfenos permanentes.



REPRESENTACION DE LOS ACUFENOS. Los campos rojos y amarillos denotan una gran actividad metabólica y, en consecuencia, una experiencia auditiva. Estas imágenes se han representado con el método de 2-DG. Cada capa de las columnas corresponde a un corte horizontal dado de la corteza auditiva. La visión de la región cerebral es, en consecuencia, lateral. El control procede de un animal sano, instalado en un ambiente normal; la última columna es el registro después de emitir un sonido sinusoidal. Los cortes del tronco del encéfalo revelan la activación simultánea de una estación de relevo de la vía auditiva, el tubérculo cuadrigémino inferior.

ruidos patológicos: el sistema límbico gira el regulador del volumen.

La importancia que tiene oír susurros sospechosos en el monte puede resultar fatal, incluso para el hombre moderno: se ha demostrado en diversos estudios que el estrés contribuye de forma capital a la génesis de los acúfenos. Muchos pacientes empiezan con

los zumbidos de oídos en las épocas de estrés. El silbido o zumbido inacabable supone una presión más y, en consecuencia, el sistema límbico acentúa la retroalimentación entre el tálamo y la corteza auditiva, con lo que se cierra el círculo vicioso.

Al principio, los acúfenos representan una especie de sobreinterpretación

cerebral. Las señales originadas a partir de la lesión auditiva y de su compensación se perciben como un aviso muy importante y desencadenan los mecanismos de amplificación emocional. Luego, cuando se ha recuperado toda la capacidad auditiva, estos zumbidos subjetivos debieran desaparecer, pero no suele suceder así. Al parecer, la percep-



6. RUIDOS, PRESION, BARULLO.

La vida cotidiana puede estresar hasta tal punto a las personas que induzca acúfenos.

tica supone un giro de 180 grados, pues los médicos sospechaban desde hace tiempo que la fuente emisora anómala se situaba en el oído interno, incluso después de recuperar la función auditiva y, por esta razón, trataban de suprimir de forma yatrógena la actividad de las células ciliadas. Desde el punto de vista neurológico, es como si se llamara a Belcebú para exorcizar al diablo, pues cuantas menos señales emiten las neuronas del oído interno, tanto más los mecanismos de retroalimentación activan el regulador, es decir, acentúan los acúfenos, según nuestro modelo.

El estado de alerta extrema excita todavía más los circuitos de retroalimentación. Preocuparse en exceso de los acúfenos puede acentuarlos; sería preferible ignorar ese ruido molesto para alejarlo o incluso para mantenerlo por debajo del umbral sensorial. No obstante, el control se halla en manos del sistema límbico, y estas regiones encefálicas, filogenéticamente antiquísimas, escapan a la regulación consciente; de ello podría dar fe cualquiera que haya sufrido penas de amor. Así pues, es imposible reprimir, sólo con la voluntad, los poderosos bucles neuronales de retroalimentación que perpetúan los acúfenos.

No obstante, se puede influir por otras vías en el sistema límbico, aunque se requiera un proceso laborioso de aprendizaje y cambios de hábitos. Son cada vez más los tratamientos que persiguen desacoplar de las sensaciones negativas los zumbidos de oídos y dirigir la atención hacia sonidos reales. Los responsables de la terapia conductual transmiten, durante meses, estrategias que ayudan al paciente a afrontar mejor esa alteración constante del silencio y sus secuelas: angustia, trastornos del sueño y depresiones. Los pacientes portan, durante algunas de estas terapias, un enmascarador. Por su aspecto externo recuerda a un audífono; el dispositivo emite un sonido análogo al rumor lejano del mar. Este sonido permanente oculta o "enmascara" el ruido fantasma. No obstante, el propósito final del tratamiento de los acúfenos es percibir la audición como algo hermoso. Si la atención acústica se desvía hacia estímulos que inducen emociones positivas, bien una música armoniosa o el sonido relajante de la naturaleza, se logra alejar

ción del ruido se acaba independizando cuando perdura el tiempo suficiente.

Aprendizaje lleno de dificultades

De la misma manera que la repetición ayuda a fijar los conceptos en la memoria, los ruidos fantasma requieren, al menos, un "aprendizaje" parcial. Así se desprende de la síntesis intensiva de la proteína c-fos que apareció en nuestros animales de experimentación; esta proteína delata la conversión y nueva formación de contactos neuronales permanentes. Las técnicas de imagen señalan que la corteza auditiva humana también puede sufrir una transformación duradera. Según parece, las regiones corticales responsables de la frecuencia de los ruidos fantasma se amplían.

¿Qué repercusión tiene todo esto para el tratamiento de los zumbidos de oídos? Por desgracia, las tentativas terapéuticas apenas se han visto coronadas por el éxito. Nuestro modelo neuronal podría resultar útil. Sin duda, los acúfenos obedecen, al principio, a una lesión del oído interno, por pequeña que parezca. Cuanto antes se trate la lesión, más difícil resulta que el ruido fantasma se asiente en el cerebro a través de los mecanismos de aprendizaje. Muchas veces, los acúfenos son consecuencia de una sordera repentina, cuyo origen reside en una lesión del oído interno. Para estos casos se han utilizado medicamentos que propician la perfusión y el metabolismo de las células ciliadas, al propio tiempo que combaten los acúfenos. Esta aplicación terapéu-

Cómo combatir los acúfenos con sonidos

A la neuropsicóloga Herta Flor le interesaba, en realidad, el dolor fantasma, propio de las personas que han sufrido la amputación de un miembro. Descubrió que el fenómeno se debía a una nueva organización de la corteza cerebral. Se preguntó entonces: ¿Podría explicarse la sensación fantasma de los acúfenos por un cambio análogo en la estructuración cerebral?

Para verificar esta hipótesis, el grupo de investigación de Flor, de la Universidad de Heidelberg, comenzó por examinar las frecuencias de los acúfenos de 10 pacientes. Todos sufrían los denominados acúfenos zonales, un ruido de banda estrecha análogo a un silbido. A continuación, Flor y sus colaboradores presentaron a los pacientes, a través de unos auriculares, el sonido de los acúfenos y otras tres frecuencias más; como referencia, repitieron este experimento con 15 personas sanas. Entre tanto, los investigadores se valieron de la resonancia magnética funcional, método que visualiza la actividad de las regiones encefálicas, para conocer en qué lugar de la corteza cerebral se procesaban estas señales.

Resultado: las zonas excitadas de los probandos sanos se ordenaban sobre una línea según la frecuencia, a la manera de las cuentas de un rosario. Los pacientes con zumbidos de oídos mostraban un cuadro completamente diferente. La región responsable de la elaboración de la frecuencia de los acúfenos no sólo se había ensanchado a expensas de las frecuencias vecinas, sino que ocupaba incluso territorios situados fuera de la corteza auditiva. La región de los acúfenos abarcaba un espacio mayor cuanto más insoportable era el ruido fantasma para el paciente. Se sabe por los pianistas que esta enorme fuerza expansiva de la corteza no es inusitada, ni necesariamente patológica. Cuando un pianista se ejercita asiduamente, al cabo de los años se agrandan las regiones de la corteza motora responsables del movimiento de las manos. De esta manera mejora la movilidad digital. En el caso de los acúfenos y también en el del dolor fantasma, tal “fortalecimiento neuronal” tiene una clara repercusión negativa.

¿Por qué no dar la vuelta a estos argumentos? Los investigadores de Heidelberg se preguntaron: ¿Si se reduce una frecuencia, tendrán las otras que retroceder? El nuevo tratamiento de los acúfenos en Heidelberg consiste en exponer a los pacientes durante dos horas diarias a tonos situados en la vecindad inmediata del ruido fantasma, que son procesados por las regiones cerebrales vecinas. Si la hipótesis es correcta, estas regiones vuelven a detectar las frecuencias originales y la reorganización cortical patológica remite, con lo que debería desaparecer la alteración enervante del silencio. Los primeros resultados de estos experimentos se muestran sumamente alentadores: después de cuatro semanas de tratamiento han remitido los acúfenos de un tercio de los probandos.

ULRICH KRAFT

cada vez más el zumbido. Según nuestro modelo, debírase con ello mitigar los circuitos de retroalimentación controlados por la atención y las emociones y reducir la percepción de los acúfenos. Estos métodos, relativamente nuevos, requieren aún tiempo, pero dan mejores resultados que los tratamientos farmacológicos. Muchos pacientes logran una mejoría de su calidad de vida o incluso la desaparición completa de los zumbidos después de estas terapias.

La respuesta terapéutica no significa en absoluto que las alteraciones plásticas del sistema auditivo secundarias a los acúfenos desaparezcan por completo; un paciente que se haya curado corre siempre el peligro de sufrir una recaída,

sobre todo si no se controla definitivamente la lesión auditiva, es decir, la causa primaria del trastorno. Hoy como ayer, el campanilleo de los oídos es una señal de aviso del sistema auditivo. Esta señal advierte del peligro del estrés y de la necesidad de descanso. No hay mal que por bien no venga, incluso en los acúfenos.

GERALD LANGNER enseña zoología e investiga en la Universidad Técnica de Darmstadt. ELISABETH WALLHÄUSSER-FRANKE se ha ocupado del apartado metodológico de la investigación sobre acúfenos aquí descrita.

Las cicatrices de la infancia

Vivencias traumáticas y falta de cariño en los primeros años de vida pueden alterar las conexiones en el cerebro.

¿Reside ahí una de las causas de los trastornos psíquicos?

Katharina Braun y Jörg Bock

Hiperactividad, falta de atención, autismo, trastornos en los hábitos alimentarios, esquizofrenia, ansiedad y depresiones forman un rosario de alteraciones que solían silenciarse en público. Hoy ocupan un lugar destacado en los medios de comunicación. Se han venido atribuyendo a la pérdida de los padres, a su separación y otras vivencias traumáticas en la primera infancia. Tal afirmación carecía de apoyatura científica suficiente.

Pero ahora se están dando pasos firmes, aunque lentos, en la identificación de las causas: las experiencias traumáticas influyen, de forma determinante, en las conexiones neuronales del cerebro infantil y en el equilibrio de los neurotransmisores. Estos cambios profundos deberían incrementar, en grado notable, la predisposición a trastornos psíquicos ulteriores.

Tiempo atrás, se suponía que el desarrollo y funcionamiento del cerebro se hallaban genéticamente fijados. Sin embargo, los estudios de los últimos años apuntan en otra dirección: la variedad de los influjos del entorno determina la formación de redes nerviosas en el cerebro. En los primeros meses y años de vida, estos influjos proceden, en los humanos y en muchos animales, preferentemente de los padres.

Hace ya algunos decenios que las observaciones del comportamiento inducían a sospechar que los procesos de aprendizaje de la primera infancia, rebo-

santes de sentimientos (por ejemplo, el vínculo emocional entre el recién nacido y sus padres), dirigen el desarrollo espiritual y mental del retoño. René Spitz (1887-1974), del Instituto psicoanalítico de Nueva York, investigó en los años cuarenta del siglo pasado con cientos de lactantes que habían nacido en un orfanato. Comprobó que alrededor de un diez por ciento de estos bebés se retraían, después, de su entorno: no prestaban atención a las otras personas, a menudo se estiraban pasivos en sus camas y mostraban un retraso en su desarrollo psíquico general.

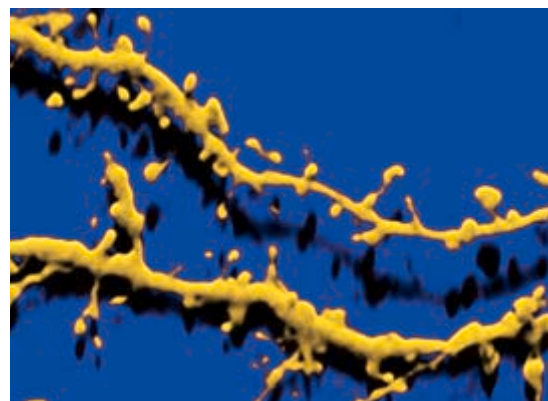
Para determinar qué produce estos trastornos, proyectó Spitz un estudio a largo plazo con los niños de la inclusa. Descubrió que les faltaba, además de apetencias intelectuales, sobre todo cariño emocional. Estas primeras investigaciones ofrecieron indicios de que los niños adaptan su comportamiento al entorno, al tiempo que experimentan sus primeras emociones después del nacimiento.

En los decenios siguientes, de 1950 y 1960, el matrimonio Harlow investigó con animales, en el laboratorio de pri-

mates de la Universidad de Wisconsin, qué ocurría cuando las crías perdían a sus padres a temprana edad. El resultado confirmó las observaciones de los estudios con los niños del orfanato: crías de simios que crecieron sin madre estaban trastornadas en períodos posteriores de su vida y apenas si jugaban. Además, los

1. FILIGRANA. Micrografía láserica confocal de una neurona de un polluelo, sometida a un proceso previo de tinción (*arriba*). En la imagen de un corte de dendrita, tomada con gran aumento, se distinguen con nitidez las sinapsis espinosas (*abajo*).

KATHARINA BRAUN





2. ACOGEDOR. Los degús (*Octodon degus*) constituyen un modelo animal idóneo para investigar la influencia del contacto con los padres en el desarrollo cerebral de las crías.

monos sin madre eran mucho más pusilánimes y menos exploradores que sus congéneres criados en circunstancias normales. Muy pocas de estas hembras tuvieron hijos y, si parieron, no sabían qué hacer con ellos: los ignoraban o incluso los maltrataban.

¿Qué fallaba? ¿Cómo pueden unas experiencias emocionales o su ausencia acarrear estas alteraciones drásticas del comportamiento? Para encontrar una respuesta, los expertos en neurobiología animal han empezado, en los últimos años, a investigar cómo afectan al cerebro los tempranos procesos emocionales y de aprendizaje. Era ya conocido que las neuronas de algunas zonas de la corteza cerebral (por ejemplo, del córtex visual) pueden establecer conexiones distintas, si, durante determinadas fases del desarrollo, faltan los estímulos adecuados del entorno. Ahora se invoca la intervención de otro sistema cerebral: el “sistema límbico”, que desempeña una función destacada, a través de los sentimientos, en el control del comportamiento, en el aprendizaje y en la configuración de la memoria.

El equipo encabezado por Henning Scheich, de la Politécnica de Darmstadt, y nuestro grupo del Instituto Leibniz de Neurobiología y de la Universidad Otto von Guericke de Magdeburg, estudiamos la formación de la relación emocional entre un recién nacido y sus padres. A ese fenómeno los psicólogos y etólogos lo denominan “impronta filial”.

En nuestro experimento, les presentamos a polluelos recién nacidos los ruidos, artificialmente producidos, de una

gallina clueca y les dejamos una gallina disecada para que se acurrucaran (los primeros estímulos agradables con los que se encuentran los polluelos en su vida). Terminaron por asociar el estímulo acústico, hasta ese momento irrelevante (la voz artificial de la “madre”), con la situación emocional y quedaban marcados por la impronta del ruido: los polluelos distinguían de otros estímulos acústicos los sonidos de la clueca y salían corriendo hacia ella, tan pronto como los oían.

¿Qué pasa en el cerebro de los animales cuando se configura la impronta? Hallamos que las propiedades de las células nerviosas de algunas partes del prosencéfalo cambiaban mucho. Estas áreas cerebrales se ocupan de reconocer el estímulo de la impronta y, probablemente, de valorarlo también emocionalmente. Corresponden a las llamadas zonas asociativas de la corteza cerebral de los mamíferos. En estas áreas convergen señales procedentes de diversas partes del cerebro. El sonido aprendido activa mucho más esas zonas del cerebro en los polluelos que han configurado la impronta que en los animales de control sin la madre artificial sustituta; el metabolismo y el consumo de energía de las células nerviosas son en aquéllos más altos que en polluelos que oyen por primera vez en su vida el estímulo acústico y que no tiene, por tanto, para ellos ninguna referencia emocional.

Además, en los animales con impronta estas células nerviosas reaccionan

mediante impulsos eléctricos más intensos —más sensibles— ante el estímulo de la impronta. ¿Cómo se opera tal cambio? Posiblemente se reorganizan las sinapsis, es decir, los contactos transmisores de información entre las neuronas. En los primeros noventa minutos después del inicio de la impronta filial se incrementan los contactos sinápticos en un área del cerebro del polluelo que, en los mamíferos, corresponde a la parte frontal del córtex cingular, un sector del sistema límbico que está detrás de la frente. El incipiente cerebro produce la impresión de querer captar y retener en el máximo posible de canales los nuevos impulsos que encierran interés para su supervivencia.

Escardar en el cerebro del pollo

En el curso de este proceso van desapareciendo algunas sinapsis; se asiste a una “selección de sinapsis”. Los polluelos de una semana dotados de impronta presentan, en las zonas asociativas del prosencéfalo, menos sinapsis “espinosas” que los animales sin impronta. Por espinosas hemos de entender cierto tipo de sinapsis, en su mayoría muy excitadoras; en ellas las protrusiones de otras células nerviosas, en forma de tapones espinosos, se acoplan a las terminaciones nerviosas que reciben las señales (véase la figura 1). En el transcurso de esta selección, de entre un exceso de ofertas de conexiones sinápticas inespecíficas, permanecerán al final activas

Fijación sólida

Los fenómenos de la impronta se distinguen de otros procesos de aprendizaje en varios aspectos característicos. Tienen lugar dentro de determinadas “fases sensibles” de la vida; basta un breve contacto con el estímulo u objeto a conectar o con la situación, para que quede fijado permanentemente en la memoria. El fenómeno de la impronta se presenta tanto en los mamíferos como en los humanos. Las crías, a los pocos días de nacer, reconocen la voz de su madre de entre un gran número de otras voces. Por otra parte, las crías de madres depresivas parecen estar emocionalmente desamparadas por la falta de manifestaciones afectivas en el registro plano de su madre. Los retoños pueden, además, distinguir el olor del pecho de su madre de otros olores y del olor de otras mujeres; los niños criados con biberón no muestran ninguna preferencia por el olor de su propia madre.



ZETA

sólo las procesadoras del impulso emocional importante. Tales conexiones quedan fijadas en la red neuronal; con el tiempo se consolidan incluso más. Pero el cerebro eliminará las conexiones, innúmeras, que no se requieren para el impulso. Gracias a ese proceder, podrá reaccionar de un modo más encauzado, ante los impulsos significativos.

Ahora bien, la selección de sinapsis referida no se da en los polluelos que crecen sin ningún contacto social; en consecuencia, tampoco pueden optimizar sus circuitos límbicos. Lo mismo el incremento de las conexiones que su subsiguiente desmantelamiento sólo tienen lugar cuando el animal puede relacionar el estímulo acústico de la impronta con la situación emocional positiva. Un estímulo emocionalmente neutro no produce nada; si al sonido de la clueca no le acompaña la presencia de la gallina

artificial, no se dan esos cambios sinápticos en los polluelos. Por otro lado, bastan unos treinta minutos de reclamo acústico y la presencia de la madre artificial para que se ponga en marcha la selección. Las vivencias emocionales tempranas codeterminan, pues, los patrones básicos de las conexiones neuronales en el sistema límbico, durante los primerísimos estadios del desarrollo. Lazos que persisten sean cuales sean los logros en conducta y aprendizaje posteriores.

En la impronta filial se altera también la bioquímica de las células nerviosas. Afecta en particular a los neurotransmisores, el glutamato por ejemplo. En los animales que han fijado la impronta del reclamo de gallina, el estímulo acústico implicado en aquélla insta la síntesis de más neurotransmisores en el prosencéfalo que cuando se trata de polluelos sin la impronta; para éstos el sonido carece de sentido.

A su vez, el neurotransmisor activa los receptores NMDA, un tipo de anclaje en las células nerviosas. Al parecer, el cerebro traba la relación emocional entre el recién nacido y sus padres con ayuda del glutamato y de los receptores NMDA. Si, durante el proceso de aprendizaje, el glutamato no puede acoplarse con los receptores NMDA (supongamos que los hemos bloqueado adrede), ni, por tanto, activar las células nerviosas, los polluelos no asociarán el sonido de la impronta y la situación emocional. En ese caso los animalitos no podrán fijar impronta alguna.

Progenitores solícitos

También en los humanos los procesos de percepción y aprendizaje deberían diri-

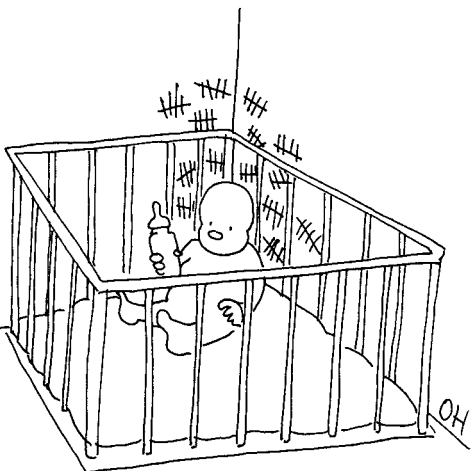
gir la selección de sinapsis, pues los mamíferos conforman, asimismo, sinapsis en el cerebro para adaptarse a su entorno. Desde su nacimiento, los primates establecen nuevas conexiones en diversas áreas cerebrales (nosotros hemos estudiado las formadas en el sistema límbico); y, a su vez, desmantelan sinapsis.

Mas esta capacidad de adaptación del cerebro de las crías de los primates tiene su lado oscuro: se amolda con idéntica eficacia a las condiciones desfavorables del medio (por ejemplo, a la falta de cariño) o graba en la memoria vivencias traumáticas. De ello podrían resultar conexiones indebidas en el sistema límbico, que podrían producir trastornos del comportamiento en humanos y animales y quizá también determinadas enfermedades psíquicas.

Para verificar estas conjeturas, estudiamos en nuestro laboratorio a crías de degú (*Octodon degus*), un roedor que constituye el modelo animal idóneo para investigar el influjo de la interacción cría-padres en el desarrollo del cerebro de los mamíferos:

- A diferencia de las ratas o ratones, habituales en los trabajos de laboratorio, estas crías perciben con todos los sentidos desde el nacimiento.
- Los degús “hablan” entre ellos de una forma bastante compleja. Su comunicación por sonidos cumple una función importante en el comportamiento social, dentro de la familia y de la colonia.
- El padre participa activamente en el cuidado de las crías.

Separamos a crías degú de sus padres y hermanos, durante distintas fases del



desarrollo; unas veces por corto tiempo y otras por tiempo más largo. La segregación constituye para ellas una vivencia emocional muy negativa, a menudo ligada a estrés y miedo. Al medir el consumo energético en el cerebro de las crías separadas, observamos que el sistema límbico, en particular, operaba a medio gas (véase la figura 3).

Por razones éticas obvias no pueden repetirse esos experimentos en humanos. Pero, tras la caída del telón de acero, pudo estudiarse la situación de huérfanos rumanos que habían vivido en condiciones de abandono. Se corroboró en ellos una similar falta de actividad en el sistema límbico frontal. Muestran también un déficit equivalente pacientes que sufren trastornos de atención, esquizofrenia y violencia enfermiza.

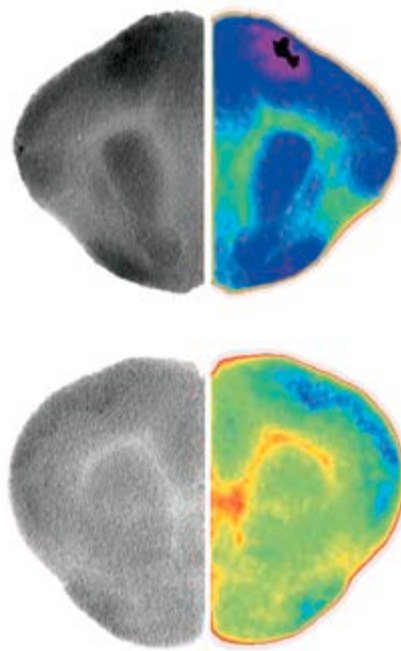
Igual que habíamos hecho con los polluelos, abordamos en los degús los cambios operados en las sinapsis en el curso del tiempo. Si las crías se desarrollan en el seno familiar, junto a sus padres y hermanos, al principio se incrementan en el córtex cingular frontal las sinapsis espinosas, cuyo número va luego disminuyendo paulatinamente. Si, por el contrario, a las crías se las separa unas pocas horas de sus padres en la primera semana, tienen después en esa región del cerebro casi una vez y media más de tales sinapsis. La situación recuerda la de los polluelos sin posibilidad de impronta filial. También en este caso parece, pues, que la experiencia desagradable ha bloqueado la escarada de sinapsis o, al menos, la ha retrasado en el tiempo.

Pero la privación emocional no sólo acarrea una sobreabundancia de sinapsis. El córtex cingular frontal de los animales con carencias emocionales presenta muchas menos sinapsis de caña. Se trata de un tipo de conexiones sinápticas que se fijan directamente en las prolongaciones nerviosas que reciben la señal y que, a diferencia de las espinosas (casi exclusivamente excitadoras), pueden ejercer también un efecto inhibitorio. Así pues, por la separación de los padres se aplaza el equilibrio entre los tipos de sinapsis y las conexiones excitadoras.

Otras partes del sistema límbico cambian también en función de la experiencia emocional. Mencionemos:

- el *nucleus accumbens*, que interviene en la génesis de las pasiones;
- la amígdala, que es el centro del miedo y la agresión;
- el hipocampo, o puerta de entrada de informaciones en la memoria.

JÖRG BOCK



Tales alternativas sinápticas pueden tener resultados muy distintos según la región del cerebro. A largo plazo, el equilibrio entre las regiones límbicas del cerebro puede alterarse radicalmente con consecuencias imprevisibles para la estabilidad psíquica posterior.

Además, se desnivela la concentración de neurotransmisores, en especial dopamina y serotonina. Estas dos sustancias regulan el procesamiento cerebral de las emociones. En muchos trastornos psíquicos de humanos se encuentran desestabilizados tales neurotransmisores. De acuerdo con nuestros resultados entre los degús con carencias emocionales, se alteran tanto la cantidad de fibras nerviosas que producen dopamina o serotonina como también la densidad de las moléculas receptoras pertinentes. A los tres días sólo después de unas pocas y cortas separaciones aumentan, en partes del sistema límbico, los receptores de dopamina y serotonina.

Todos estos cambios biológicos en el cerebro deberían repercutir de un modo directo en la conducta social y en el aprendizaje posteriores y originar, tal vez, trastornos psíquicos. A tenor de los primeros resultados obtenidos en investigaciones que se están llevando a cabo sobre el comportamiento de los degús y ratas de laboratorio privados del contacto paterno, se confirmaría dicha hipótesis. Cuando los animalitos aterrizan en un entorno extraño, empiezan a explorarlo con una actividad corporal febril. Su reacción al reclamo materno es, además, mucho menor.

3. EFECTO FAMILIAR. El metabolismo en el cerebro frontal de una cría de degú es más activo cuando está con la familia (arriba) que cuando se le ha separado de ella (abajo). La parte izquierda de ambas imágenes ofrece el diagrama original; la derecha, las coloraciones respectivas en las que se puede apreciar la actividad metabólica (en una escala creciente desde el rojo, pasando por el amarillo, verde y azul, hasta el violeta).

A primera vista estas alteraciones del comportamiento se asemejan asombrosamente a los síntomas de los niños que padecen hiperactividad y falta de atención. ¿Podría este comportamiento excéntrico en los humanos tener también la misma causa, es decir, la segregación del núcleo familiar? Sería posible. Al fin y al cabo, las vivencias emocionales deberían influir en el desarrollo del cerebro de los neonatos humanos igual que lo hace en los animales. También en ellos los cambios sinápticos en los circuitos emocionales límbicos perturban las cargas psíquicas.

Consecuencia dramática de estas conexiones erróneas en el cerebro: una red neuronal conectada en falso que puede provocar desde trastornos comportamentales y de aprendizaje hasta enfermedades psíquicas. Ahora bien, en la medida en que estas relaciones se vayan aclarando, podrán quizá los científicos valerse de la capacidad de adaptación del cerebro para corregir los desarrollos erróneos. Llegado ese momento, los medios de comunicación no sólo informarían de los trastornos psíquicos, sino también de nuevos métodos de ayudar a los afectados.

KATHARINA BRAUN y JÖRG BOCK investigan en el instituto de Neurobiología de la facultad de ciencias de la Universidad Otto von Guericke de Magdeburg.

Bibliografía complementaria

VOM SÄUGLING ZUM KLEINKIND. NATURGESCHICHTE DER MUTTER-KIND-BEZIEHUNGEN IM ERSTEN LEBENSJAHR. R. A. Spitz. Klett-Cotta; Stuttgart, 1996.

KLINISCHE BILDUNGSFORSCHUNG -THEORIEN -METHODEN -ERGEBNISSE. Dirigido por B. Strauss, A. Buchheim, H. Kächele. Schattauer; Stuttgart, 2002.

Ver a ciegas

Aunque un ataque de apoplejía pueda cegar, en la mayoría de los casos siguen llegando informaciones, si bien inconscientemente, de los ojos al cerebro. Y un día las imágenes quizá logran encontrar el camino de la conciencia

Petra Stoerig

De repente, Juanito ha desaparecido del bar. Estaba ahí, sentado en el taburete de al lado. Tampoco aparecen ni el taburete, ni la lámpara que colgaba sobre el mismo. Pero no es cierto. Juanito sigue ahí, sentado en su taburete. ¿Qué ha ocurrido? Simplemente que ha cambiado el campo de visión del observador; de pronto, ha perdido la mitad del campo de visión.

De estos síntomas suele ser responsable un ataque de apoplejía, una interrupción del riego sanguíneo hacia una zona del cerebro. Si el ataque afecta al córtex visual primario, los pacientes lo experimentan exactamente igual que una ceguera por pérdida o lesión de los ojos. Aquí, sin embargo, los ojos siguen funcionando. Puesto que la mitad izquierda y la mitad derecha del campo visual se tratan, una independiente de la otra, en el hemisferio cerebral opuesto, respectivamente, en un ataque de apoplejía que afecte a un solo lado desaparece una mitad del campo visual: se origina lo que llamamos ceguera lateral (*véase el recuadro* “¿Por qué es “ciega” la visión a ciegas”).

Por sorprendente que parezca, tales pacientes pueden recibir estímulos en el campo visual ciego, aunque de foma inconsciente. El progreso de la investigación reciente abre la esperanza a que

los afectados, encauzados, ejerciten esa capacidad. Más aún: tras un entrenamiento oportuno, podría incluso restablecerse, en parte, la capacidad de ver conscientemente.

Los logros visuales en las zonas “ciegas corticales” del campo visual se descubrieron a través de experimentos con monos y otros animales. Los simios, incluso tras la extirpación quirúrgica del córtex visual, pueden aprender a volver a agarrar objetos. Parece, pues, que las informaciones ópticas siguen llegando al sistema visual; al fin y al cabo, los ojos y los nervios ópticos no dejan de funcionar pese a la ceguera del córtex. El nervio óptico lleva las señales desde el ojo hasta una decena de grupos distintos de células nerviosas de regiones cerebrales profundas, el llamado sistema óptico subcortical. Desde ahí las señales llegan no sólo al córtex visual, sino también a otras zonas de destino, del interior de la corteza y por debajo de la misma.

Hace unos treinta años Ernst Pöppel, hoy en la Universidad de Múnich, y Lawrence Weiskrantz, de Oxford, iniciaron la investigación en humanos. ¿Podían éstos emplear tales caminos suplementarios de información? Rogaron a los pacientes con ceguera lateral que reaccionaran en su campo ciego ante estímulos luminosos. Debían señalar con la mano dónde sospechaban que estaba la señal o dirigir la mirada hacia ella.

Aunque no tenían conciencia de ver la señal, y sólo podían barruntar algo de su visión, muchos resolvieron correctamente la tarea. No perdían la capacidad de percepción visual, sino la vivencia consciente de la misma. Weiskrantz y sus colaboradores bautizaron este fenómeno como “ver a ciegas”.

Los monos no cazan ratones

En cualquier ensayo, adivinar es algo que a los voluntarios suele incomodar. Andando el tiempo, se han ideado otros procedimientos indirectos que, en parte, han resultado incluso más sutiles. Con uno de estos sistemas, Silke Jörgens ha hallado, en nuestro laboratorio de la Universidad de Düsseldorf, que los ciegos laterales pueden establecer una conexión de contenidos de los objetos presentados en el campo ciego con los vistos conscientemente.

Jörgens se valió del efecto impronta: reconocemos con mayor rapidez las cosas si poco antes nos hemos encontrado con objetos similares. A los voluntarios, la psicóloga les presentaba, en el campo de visión sano, dibujos de animales y de alimentos, para que los clasificaran en categorías coherentes. Con breve antelación les había ofrecido, en el campo dañado, otro estímulo; a saber, o bien el mismo dibujo (otro objeto de una de las dos categorías) o un garabato no figurativo.

Algunos pacientes categorizaron con más rapidez los objetos visibles para



1. UNA MIRADA CINEMASCOPICA AMENAZADA. Por un ataque de apoplejía en el hemisferio izquierdo se pierde la visión consciente de los objetos situados en el campo de visión derecho; por ejemplo, no veríamos al hombre con el anorak amarillo.

ellos, si antes se les había mostrado, en el campo ciego, el mismo objeto u otro que guardaba una estrecha relación de contenido con él. Por ejemplo, si al sujeto se le presentaba en el campo ciego un ratón, elegía rápidamente como animal al gato que se le había presentado en el campo sano; pues todos sabemos que los gatos cazan ratones. Por el contrario, el modelo abstracto o una imagen sin relación de contenido con el objeto a clasificar no suscitaban el efecto impronta. Así, un ratón presentado en el campo ciego no influía en la velocidad de reacción al categorizar un mono.

Tony Marcel, de la Universidad de Cambridge, obtuvo resultados similares. Halló que se interpretaba de distinta manera una palabra ambigua presentada en el hemisferio sano —por ejemplo, “banco”— según apareciera en el hemis-

ferio ciego “dinero” o “parque”. Por tanto, el cerebro no sólo puede hospedar inconscientemente informaciones, sino que las puede procesar con sentido.

Con todo, este “ver a ciegas” no surge automáticamente tan pronto como la lesión cerebral ha destruido la visión consciente. Si fuera así, todos los pacientes investigados deberían poseer tal capacidad. Pero no ocurre así. La visión inconsciente se ha de aprender. Y hay un experimento que muestra la curva de aprendizaje. El paciente había de decir si en su campo de visión ciego se le acababa de mostrar una espiral azulgrana o no. Después de más cien pasadas mejo-

raba los aciertos: subía de un cincuenta por ciento (que es el porcentaje de acierto aleatorio) al ochenta por ciento.

Parece, además, que las competencias aprendidas en este ejercicio pueden trasladarse a otras tareas similares. Los sujetos distinguían mejor, en una prueba siguiente, entre una espiral parada y otra que giraba sobre su eje. Por regla general, rige que el coeficiente de aciertos crece tanto más lentamente cuanto más difícil es la nueva tarea. Aunque se ignora si se da, en principio, un límite de dificultad a partir del cual ya no es posible resolver las tareas sin la participación de la visión consciente.

Las observaciones de la conducta de monos ciegos corticales demuestran hasta qué punto puede aprenderse la “visión a ciegas”. Sirvan de prueba las investigaciones que viene realizando desde los años setenta Nicholas Humphrey, en la Universidad de Cambridge. A diferencia de otros etólogos, Humphrey observó durante muchos años a Helen, una mona; no sólo en las situaciones típicas de los laboratorios, sino también en un ambiente natural. Esta ampliación de su mundo permitió a Helen desarrollar una buena

“visión a ciegas” espacial. Pese a la ceguera cortical en ambos hemisferios, era capaz de rodear los obstáculos y recoger la comida. Se requería, sin embargo que los objetos fueran opacos (véase la figura 3); por ello, Helen no pudo evitar una pared de plexiglás. Al parecer se orientaba visualmente, a pesar de su ceguera.

¿Qué pasa en el cerebro con la “visión a ciegas”? Para tratar de aclarar esta cuestión, se recurre cada vez más a las técnicas de formación de imágenes. Estas

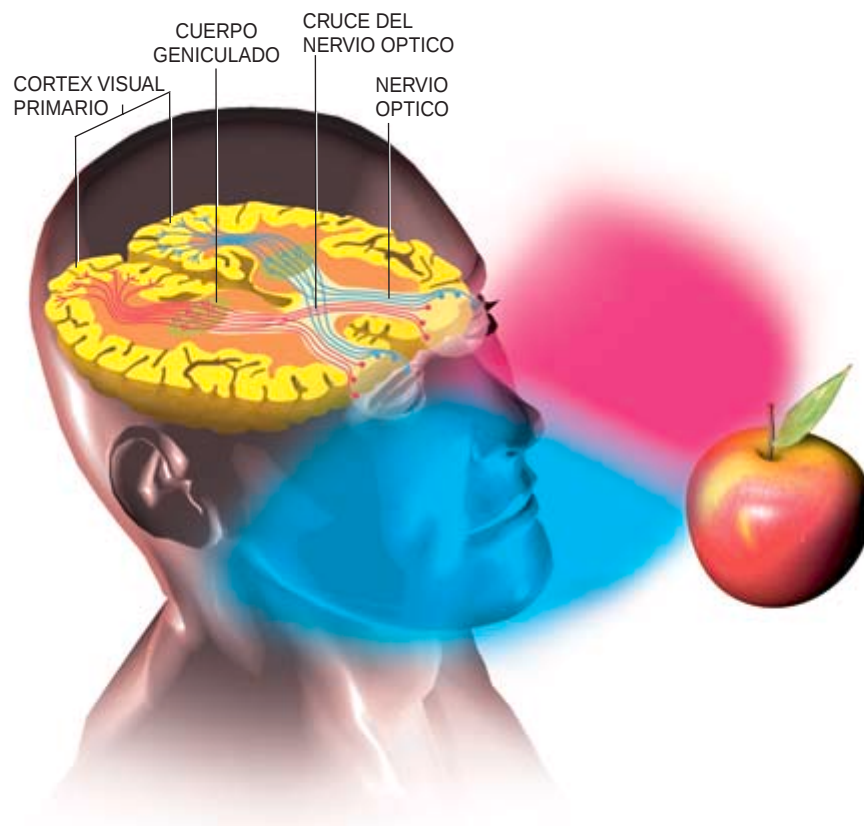
hacen visible la actividad cerebral durante la resolución de tareas mentales y perceptivas. Así, la tomografía de resonancia magnética funcional (TRMF) aprovecha la circunstancia de que el contenido de oxígeno en la sangre aumenta allí donde las células cerebrales están más activas.

Por las mediciones se aprecia que el paciente con ceguera lateral recibe estímulos visuales tanto en el campo visual normal como en el ciego, mientras se fija en un punto intermedio. En las tomo-

Por el cruce al córtex visual

En condiciones normales, el campo de visión del ser humano suele alcanzar, en horizontal, al menos 180 grados. A partir del cruce de los nervios ópticos, el hemisferio cerebral izquierdo procesa la luz que incide en el campo de visión derecho de ambos ojos y, a la inversa, el hemisferio cerebral derecho procesa todo lo que se encuentra a la izquierda del eje de fijación. La mayoría de las fibras nerviosas se dirigen al cuerpo geniculado y, desde aquí, al córtex visual primario en el lóbulo occipital. Si un ataque de apoplejía desconecta la parte que está tras el cruce de nervios ópticos de la vía óptica, el afectado pierde de repente la visión en la mitad de su campo de visión del lado opuesto y, por

cierto, en ambos ojos. Su imagen normal de gran angular se ve reducida a la mitad, y la mitad que falta desaparece. Además, las fibras nerviosas cursan desde el ojo hasta determinadas zonas por debajo de la corteza cerebral que, por su parte, directamente o a través de otros puntos de control, envían señales de entrada desde la retina a las áreas superiores del córtex visual. Pero en el caso de los ciegos corticales, estas regiones cerebrales no sólo reciben después informaciones, si los segmentos anteriores de las vías ópticas aún siguen intactos, es decir, si el ataque de apoplejía ha excluido directamente el propio córtex visual primario o una zona cerebral.



THOMAS BRAUN

¿Por qué es “ciega” la visión a ciegas?

A la pregunta de por qué la visión a ciegas es, después de todo, ciega, es decir, inconsciente, los investigadores tienden a responder con dos posibles razones que presumiblemente son complementarias: la carencia de señales aferentes y la falta de proyecciones de retorno.

La última consideración tiene su origen en el hecho de que las zonas superiores del córtex visual deben devolver, tras procesarlas, las informaciones que reciben del córtex visual primario, otra vez al córtex visual primario para posibilitar una reproducción consciente. En el sistema óptico se han encontrado muchas conexiones nerviosas que vuelven hacia atrás. Con todo, todavía está poco claro para qué sirven estos retornos de las conexiones nerviosas. Su tarea esencial podría consistir en hacer conscientes las impresiones visuales, siendo el córtex visual primario la “pantalla” donde se proyectan. Pero, según nuestros experimentos, puede volver a ser posible una visión consciente sin el córtex visual primario. Mas, dado que en estos casos las retroproyecciones ya no pueden llegar al dañado córtex visual primario, la hipótesis no puede explicar todos los diagnósticos.

Cabe otra explicación: para formar una imagen consciente

las zonas cerebrales superiores necesitan señales aferentes desde el córtex visual primario. Una posible razón sería que debe preprocesar estas informaciones procedentes de la retina. Bien es verdad que las zonas superiores del córtex visual reciben señales marginales de áreas cerebrales profundas subcorticales. Pero según la segunda hipótesis, éstas no pueden reemplazar del todo a las informaciones procedentes del área primaria, en particular porque, tras el ataque del córtex visual primario, llegan muchas menos señales de entrada a las zonas corticales superiores. En el caso de que la visión consciente dependa del número e intensidad de las señales que entran en las zonas superiores del córtex visual, una excitación suficientemente fuerte de estas zonas debería poder reestablecerla. Que inmediatamente después de un ataque de apoplejía pueden presentarse alucinaciones en los campos de visión de una ceguera cortical indica que es posible una visión consciente, si bien irreal, incluso sin córtex visual primario. Todo ello, como también nuestro primer éxito en la recuperación del campo de visión en casos de ceguera cortical, habla en favor de esta consideración.

grafías se distinguen, con bastante claridad, los patrones de activación desarrollados por el hemisferio sano y los del hemisferio dañado. El estímulo, por ejemplo, activa, en la mitad normal del campo de visión, el córtex visual primario (abreviado, V1) del hemisferio cerebral sano; esa zona deja de reaccionar en la parte dañada.

Con la ayuda de la TRMf, los investigadores pueden acercarse más a las capas superiores del córtex visual, las zonas que elaboran las informaciones que parten del córtex visual primario. Estas áreas de distribución, que rodean en la región occipital al V1 por todas partes y desde allí se extienden hacia adelante, se ocupan de diversos aspectos relacionados con la visión: movimientos, profundidad, color o forma.

Hace ya unos diez años Hilary Rodman y Charles Gross, de Princeton, descubrieron en monos — y poco después Se-

mir Zeki (University College de Londres) también en los humanos — un fenómeno sorprendente: en contraposición al córtex visual primario, las zonas superiores reaccionan en el hemisferio cerebral dañado (si bien la mayoría de las veces, poco) ante un estímulo en el campo visual defectuoso. Se descubrió en el área cerebral hMT+, que analiza los movimientos. Al parecer, las informaciones visuales no sólo cursan por el córtex visual primario dañado, sino que pueden rodearlo y alcanzar las regiones cerebrales superiores. Según el tipo de estímulo, reaccionan también las otras zonas del córtex visual conectadas; por ejemplo, las que elaboran colores y formas.

Estación de destino: rehabilitación

Cuán activas sean estas áreas depende del tiempo durante el cual han ejercitado los pacientes la “visión a ciegas” y

del éxito alcanzado en ello. Así, en videotest a ciegos experimentados apenas si se diferencia la actividad de su hMT+ en la mitad cerebral dañada de la parte opuesta (véase el recuadro “Efecto acunado de aprendizaje”). Si un paciente aprende a “ver a ciegas”, cambia el modelo de activación en el hemisferio dañado: las señales aferentes, que rodean el córtex visual primario, se vuelven más vigorosas.

Les interesa a los propios afectados conocer las posibilidades de recuperación de la visión consciente. La mejor oportunidad la tiene el paciente que ingrese en la clínica en cuanto advierta una merma del campo de visión. Si se le atiende con rapidez adecuadamente, puede recuperar el tejido dañado. Con ello retorna también la visión consciente.

Sin embargo, los pacientes no suelen reaccionar con la rapidez requerida, por-

2. LENTA RECUPERACION. A lo largo de unos veinte años la ceguera cortical absoluta del campo de visión derecho (*negro*) de este paciente ha ido disminuyendo de forma paulatina. Los distintos tonos de grises indican cómo mejora la competencia visual desde una zona relativamente ciega (*en la parte superior y en la inferior*) hasta casi alcanzar una visión normal.



1983



2001

THOMAS IRRAUN

que desconocen la causa de la pérdida de visión de un lado y la atribuyen al repentino deterioro de un ojo. Si el ictus se descubre demasiado tarde, el tejido cerebral ya está muerto. A estos pacientes sólo les queda la rehabilitación. En ella aprenden, en la mayoría de los casos, a compensar la limitación del campo de visión con movimientos de cabeza o de ojos hacia la parte ciega. De esta manera reducen al menos el peligro de chocar. Pero el campo de visión afectado sigue ciego; así al menos lo sostiene la ortodoxia actual.

En los últimos años, nuevos enfoques terapéuticos han dado un primer paso en otra dirección. Erich Kasten y sus colaboradores, de Magdeburg, se proponen reducir el área ciega con una estimulación dirigida en las zonas limítrofes del campo de visión afectado. Por este medio consiguen, al menos en algunos pacientes, que la parte del campo de visión capaz de ver se amplíe angularmente en varios grados. Parece que el entrenamiento alienta a las células nerviosas que se hallan en la zona gris entre los tejidos que son capaces de funcionar y los destruidos y, por tanto, afectados, pero que aún no están muertos. Con todo, la máxima mejora posible depende de cuán amplia sea esta zona de transición. Si la necrosis del córtex visual primario es total, la terapia no da resultado.

Con nuestro enfoque, intentamos entrenar, de una forma sistemática, en la “visión ciega” a los pacientes ciegos corticales. En el programa de ejercicios aprenden a reaccionar en el campo de visión ciego ante diversos estímulos, a descubrirlos, a distinguirlos y a dar con ellos con la mano. Después de algunas sesiones de entrenamiento, la vida cotidiana de los afectados se beneficia también de los progresos en el aprendizaje: la mayoría de los pacientes se mueve con una creciente seguridad y hay incluso quien se arriesga a volver a montar en bicicleta.

Vuelta a la visión consciente

Pero lo más sorprendente es que en algunos de nuestros pacientes, que se han entrenado con intensidad desde hace años en la “visión ciega”, retorna paulatinamente la percepción consciente. Como primer indicio pueden, la mayoría de las veces, volver a reconocer en muchos lugares del campo ciego estímulos luminosos llamativos; si bien a menudo mucho menores y más oscuros que en el campo normal. Posiblemente se encuentre, en la base de este fenómeno, una reorganización ardua del sistema óptico. Sólo porque pudimos estudiar durante muchos años a los mismos pacientes, estábamos en condiciones de descubrir la mejoría de la visión.



NICHOLAS HUMPHREY

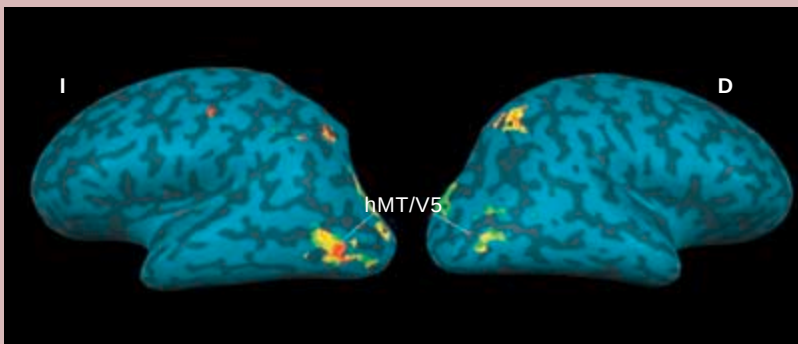
3. BIEN ORIENTADA. La mona Helen, ciega cortical total, era capaz de moverse sin problemas en el campo de pruebas, después de que había recopilado las experiencias de la visión a ciegas en el mundo tridimensional. La foto procede de una histórica grabación en vídeo.

Esta ceguera cortical “relativa” puede reducirse más adelante. Uno de nuestros pacientes sufrió en 1980, en un accidente de bicicleta, un traumatismo craneoencefálico grave, que le provocó una ceguera lateral. Desde entonces ha entrenado incansable su capacidad visual y, hoy, de la merma absoluta de su campo de visión de entonces sólo queda una franja horizontal comparativamente menor. Por encima y debajo de ella tiene una visión casi normal y puede distinguir colores y formas (véase figura 2).

Con mucha paciencia y práctica los ciegos corticales pueden, pues, volver a aprender la visión consciente. Si se logra hallar en la rehabilitación nuevos caminos de fomentar esta reorganización y de sacar un provecho óptico de la capacidad de adaptación del cerebro, quizá podrían un día todas las personas con ese tipo de ceguera volver a ver el mundo en cinemascopé.

Efecto acuñado de aprendizaje

En el sistema visual de un paciente ejercitado en la visión a ciegas, una espiral azulgrana que gira provoca un modelo característico de activación. Mientras el córtex visual primario sólo reacciona en el hemisferio derecho sano, el área hMT+, competente en los movimientos, reacciona también en el hemisferio izquierdo dañado. Zonas que están activas, por estimulación, en el campo de visión izquierdo sano, aparecen coloreadas de verde; de rojo, las del campo derecho de ceguera cortical; y de amarillo, las que reaccionan ante estímulos de ambos hemisferios del campo de visión. La imagen cerebral TRMf se ha “hinchado” para que se aprecien mejor las zonas de la corteza cerebral que están en los surcos.



RAINER GOEDEL

PETRA STOERIG enseña psicobiología experimental en la Universidad Heinrich-Heine de Düsseldorf.

Bibliografía complementaria

BLINDSIGHT: A CASE STUDY AND IMPLICATIONS. L. Weiskrantz. Clarendon Press; Oxford; 1986.

BLINDSEHEN. P. Stoerig en *Klinische Neuroophthalmologie*, dirigido por A. Huber y D. Kömpf. Thieme; Stuttgart; 1998.

Neurobiología del trance

¿Funciona la hipnosis? ¿Tiene efectos curativos el estado de trance? Esos fenómenos, acerbamente criticados, comienzan a atraer la atención de la neurobiología

Rüdiger Braun

A sí describe una participante de una de las tantas ceremonias de vudú haitianas: “El compás, que hasta entonces había requerido una atención insoportable, se había ralentizado en un grado más, con un ritmo de movimiento como de cámara lenta, de manera que mi conciencia tenía ahora tiempo de vagar de un sitio para otro. Qué maravilloso redoblar de tambores, dirigirse hacia ellos y, todo eso, sin esfuerzo alguno.” Lo que había experimentado era un momento de trance, una situación entre la vigilia y el sueño, entre la actividad y la relajación; una condición en la que se desdibuja la percepción corporal y parece dilatarse el tiempo.

Llámense curanderos, chamanes, brujos o gurús, no hay apenas sociedad humana que no cuente con algunos expertos capaces de sumergirse en esos campos misteriosos del extramundo. Se sirven de los trances para deslizarse en un presunto universo de una dimensión desconocida. Estos expertos del arrebato

esperan encontrar en ese lugar consuelo, sanación o la fusión con una fuerza superior.

Erika Bourguignon, de la Universidad estatal de Ohio, analizó, en los años sesenta del pasado siglo, la bibliografía especializada sobre 488 culturas diferentes. En más del noventa por ciento de los casos encontró rituales ampliamente extendidos, cuya finalidad consistía en alcanzar estados de conciencia similares al trance. El espectro, muy variado, va desde diferentes prácticas de meditación, pasando por la hipnosis y el arrebato, hasta los cultos con ayuda de la droga o el trance de la posesión, situación ésta en la que aparentemente un espíritu extraño se apodera de un danzante.

Espíritus, danzas salvajes, tambores atronadores, drogas alucinógenas, ¿cómo pueden originar una acción sanadora? No extraña que durante mucho tiempo la ciencia valorase estas ceremonias de trance como un vulgar engaño bobos. Se trataba de algo carente de racionalidad, inaccesible a una criba analítica, esotérico o en el mejor de los casos exótico.

Unos decenios atrás, ningún científico riguroso se hubiera jugado su prestigio en esas cuestiones. Pero el criterio ha ido cambiando con el paso de los años. Un estudio de la Organización Mundial de la Salud acreditaba a las técnicas de trance etnomédicas aplicadas a enfermedades psicosomáticas tanto éxito curativo como a la moderna medicina académica. Wielant Machleidt, catedrático de psiquiatría social en Hannover, ve incluso el origen de la psicoterapia en los ritos de trance de los chamanes.

De la hipnosis, una técnica de trance muy difundida, se valen numerosos psicoterapeutas. Liberado del cariz de lo oculto y de la imagen de atracción de feria, el tratamiento con hipnosis consigue a menudo progresos más rápidos que los métodos del psicoanálisis clásico. Incluso hay dentistas que se sirven de la hipnosis para tratar sin anestesia a pacientes alérgicos o proclives a la ansiedad. En un estado de trance profundo se pueden soportar imperturbablemente incluso dolores muy fuertes.

A través de una red internacional, se pretende ahora aplicar los métodos de la



1. DESINHIBICION ABSOLUTA.

Participante de una ceremonia de vudú en Haití.

psicología, la fisiología y la neurobiología modernas para descubrir el trasfondo enigmático del trance. Dieter Vaitl, director del instituto de psicobiología y de medicina de la conducta de la Universidad de Giessen, quien coordina, además, ese proyecto internacional, cree que la capacidad de llegar al estado de trance es una manera de reaccionar en el hombre tan normal como pudiera serlo el sueño, ya que la conciencia no es algo físicamente delimitado, sino un proceso dinámico. Entre la atención concentrada y el sueño profundo hay toda una serie de situaciones de conciencia en cuyo campo de acción oscila la persona muchas veces a lo largo de un mismo día.

Casi todo el mundo ha experimentado en alguna ocasión esos estados cam-

biantes: cuando una música rítmica nos abstrae y nos hace olvidar el tiempo; cuando ejecutamos mecánicamente actividades rutinarias (conducir el automóvil) o cuando nos hallamos sumergidos en la lectura de una novela fascinante aislados por completo del entorno. Las alucinaciones antes de dormirse no son nada tan extraño: uno cree que tropieza aunque esté dormitando en el sofá, y reacciona sacudiendo involuntariamente las piernas. O bien cree oír voces y se despierta, pero no encuentra a nadie en la habitación.

Muchas culturas aprovechan tales estados especiales de conciencia y los transforman en un verdadero arte. El hombre ha desarrollado estimulantes físicos, psicológicos o farmacológicos para salir del

habitual mundo cotidiano y ver las cosas con otros ojos. Los indios mexicanos utilizan con este fin mezcalina, un alucinógeno que se obtiene del peyote. En África se provoca el trance con música y danzas rítmicas. Los monjes tibetanos, por el contrario, se sumergen en el silencio y en la inmovilidad: se concentran en repetir monótonamente unas palabras y practican técnicas de respiración que disminuyen el contenido de dióxido de carbono en la sangre, lo que puede llevar desde estados similares a la ebriedad hasta el desvanecimiento. Nuestra sociedad occidental, marcada por la racionalidad, prefiere la hipnosis terapéuticamente controlada como instrumento del trance.

Aunque se trate de métodos muy distintos pueden producir percepciones y efectos similares en el cuerpo, efectos y percepciones que pueden tener caracte-

2. EN EL COLUMPIO. Con este balancín controlado por un mecanismo electrónico, Dieter Vaitl y Ulrich Ott se proponen descubrir el modo en que los movimientos rítmicos corporales actúan sobre el cerebro. Y para ello miden no sólo la actividad eléctrica cerebral de los voluntarios, sino también la dilatación de sus pupilas, el ritmo cardíaco y la frecuencia respiratoria.

DIETER VAITL



rísticas muy diferentes según la hondura del ensimismamiento. La experiencia del trance va casi siempre unida a una profunda relajación, a un sentimiento del dejarse llevar. El pensamiento se transforma; se acentúan los sentimientos. Casi siempre predomina un determinado aspecto de la percepción, mientras que los demás quedan desconectados. Vaitl explica que, con las técnicas de autorrelajación, la mera concentración en una mano, por ejemplo, puede provocar la sensación de que la extremidad crece en relación con el cuerpo o se separa de él.

Trance en el balancín

También es muy característica la sensación de perder el control sobre sí mismo. Cambia la imagen que uno tiene de su propia persona. A mayor profundidad del trance se difuminan los límites entre el sujeto y el objeto, entre lo interior y lo exterior, entre el yo y el mundo circundante. Sujetos experimentados en situaciones de trance informan de esa sensación de extenderse y de fundirse con el medio. Ocasionalmente percibían también en ese estado colores y sonidos intensos o escenas complejas

Vaitl y Ulrich Ott se centran en los efectos de las técnicas de trance rítmicas, es decir, los efectos en el cuerpo de las danzas de trance y del sonido de los tambores. De entrada, hay que obtener datos de laboratorio comparables, pues cada uno baila de manera individual y muy diferente. (Un problema nada fácil.) Para estimular rítmicamente los cuerpos de diferentes probandos en la medida más semejante posible, Vaitl y Ott desarrollaron una tumbona basculante, controlada por un mecanismo electrónico. En ella

los voluntarios se balanceaban con determinadas frecuencias.

Se trataba de conocer el efecto ejercido en el cerebro por un movimiento corporal rítmico, muy sencillo. Se instruyó a los voluntarios que se relajasen, aunque despiertos y con los ojos abiertos. Mientras los participantes se columpiaban en el balancín, se registraba su actividad cerebral en electroencefalogramas (EEG), se medía con una cámara de vídeo el diámetro de sus pupilas y se controlaba su ritmo cardíaco y frecuencia respiratoria.

Ya al cabo de pocos minutos, cambiaba de manera llamativa la actividad cerebral de la mayoría de los participantes. Mientras que en las personas des-

piertas con los ojos abiertos predomina la actividad eléctrica a una frecuencia de entre 14 y 32 hertz —las llamadas ondas beta— en los probandos subidos al balancín las oscilaciones eléctricas caían a una frecuencia de 3 a 7 hertz. Estas ondas theta se hacen presentes generalmente en el momento de conciliar el sueño y revelan la disminución de la atención. Muchos voluntarios informaban que les resultaba bastante difícil quedarse despiertos: se deslizaban a situaciones agradables y casi olvidaban dónde se encontraban.

John Gruzelier, del Colegio Imperial de Medicina, cosechó resultados semejantes con mediciones de EEG en voluntarios hipnotizados. Además, observó

3. MEDICINAS ALTERNATIVAS.

En muchos ámbitos culturales, como por ejemplo aquí en Nepal, se tratan las enfermedades con rituales de chamanes.



AG. FOCUS / PASCAL MATHIE

una disminución drástica de la actividad cerebral en el lóbulo frontal izquierdo, es decir, en el área responsable de la planificación de la acción y del control lingüístico. Muchos psicólogos y neurobiólogos consideran esta área la sede de la conciencia del yo.

Por el contrario, el hemisferio cerebral derecho, encargado de la imaginación y de los procesos creativos, estaba más activado que en los momentos precedentes. Lo que explica, según Gruzelier, que las personas hipnotizadas tengan dificultades en la fluidez de la expresión verbal, a la hora de tomar decisiones o de manifestar sus críticas.

En las series experimentales de Giessen se desplazó en los probandos el modelo de ondas cerebrales, sobre todo con una frecuencia de oscilación de 0,1 hertz: seis ciclos de balanceo por minuto. Los movimientos de balanceo más rápidos o más lentos producían efectos más débiles. Lo que quiere decir que determinados ritmos están especialmente indicados para desencadenar cambios de conciencia. Por lo que no sorprende que, en el caso de los ritos de danza y de tambores, existan en todo el mundo especiales ritmos de trance muy similares.

Melinda Maxfiel, de la Fundación Arrien en Los Angeles, descubrió que un sonido de tambor monótono, uniforme, de cuatro golpes y medio por segundo, promueve el tránsito del cerebro desde las ondas beta hacia las theta. Estos datos no sólo corresponden exactamente al ritmo con el que muchos chamanes inician sus viajes de trance, sino que son las ondas cerebrales las que se desplazan también en el estado theta con esa frecuencia. Parece que en este caso hay

una perfecta sincronización entre el cerebro y los golpes de tambor.

El cerebro entre dos luces

Pero, ¿cómo puede influir un movimiento rítmico como el balanceo o la danza en el estado de actividad del cerebro? Para Vaitl y Ott, la clave se escondería en lo siguiente: los movimientos oscilatorios desplazan la sangre en el cuerpo de sus probandos, fenómeno que a su vez activa los receptores barométricos, encargados de regular, a través del pulso, el abastecimiento sanguíneo del cerebro. En la posición con la cabeza hacia abajo disminuye el ritmo cardíaco; en la postura contraria, aumenta. Eso significa que existe una sincronización del ritmo cardíaco con el ritmo del balanceo. Después, la respiración se acompasa al tacto y se hace más profunda y regular. En último término, esa sincronización del organismo a través de los receptores barométricos sumergiría al cerebro en una especie de estado crepuscular.

Pudiera ser que con la danza el mecanismo funcionase de manera similar, con la salvedad de que el danzante puede influir con sus movimientos en la estimulación de sus receptores barométricos. Para corroborar su hipótesis, el equipo de Giessen estudia actualmente a danzantes de la escena tecno con ayuda de un sistema de medición portátil y con mando a distancia, que les permite recoger datos sobre frecuencia respiratoria, presión sanguínea y actividad cerebral. Algunos resultados provisionales inducen a pensar que los bailarines, ya desde el principio de un festival de música y baile tecno, se encuentran, sin tomar drogas, en un estado parecido al trance, que



4. HIPNOTIZADO. En las culturas occidentales el trance les ayuda a los niños a quitarles el miedo de la temida visita al dentista.

se corresponde más o menos con el de los probandos del balancín o los del golpear hipnótico del tambor. Y en medio del baile se profundiza todavía más en ese estado de trance.

Se busca respaldo también en modernos sistemas de formación de imágenes para investigar los procesos cerebrales durante el estado de trance provocado rítmicamente. Abrieron esa senda David Spiegel y su grupo, de la Universidad de Harvard. Hace cuatro años estudiaron a pacientes hipnotizados con ayuda del tomógrafo de emisión de positrones (TEP). Con esta técnica se puede detectar casi al milímetro un aumento de la circulación sanguínea en determinadas áreas y establecer así qué regiones del cerebro muestran particular actividad durante la hipnosis.

El equipo de Harvard se sirvió de un refinado experimento para esclarecer si las personas hipnotizadas se encontraban realmente en otro estado de conciencia o si quizá sólo simulaban esta vivencia. Al fin y al cabo, no todo el mundo es hipnotizable. Las personas dotadas para fantasear y que pueden desplegar sin esfuerzo imágenes en su interior llegan con más facilidad al estado de trance que las que se relajan con dificultad por miedo a perder el autocontrol. A los probandos se les dio la instrucción, durante la hipnosis, de percibir imágenes de colores solamente en tonos grises. Donde se había conseguido la hipnosis total, las regiones cerebrales responsables de percibir los colores aparecían menos irrigadas. Pero si no cambiaba la actividad cerebral allí, esa persona fingía ver tonos grises aunque en realidad los percibía de colores.

Catherine Bushnell y Pierre Rainville, de la Universidad McGill de Montreal,



5. PASO ACOMPASADO EN LA MUSICA BEAT. En las fiestas tecno, la forma hasta hora más moderna del rito del trance, bailan generalmente los jóvenes, con ayuda de drogas o sin ellas, hasta caer en trance.

avanzaron un paso más. Se propusieron averiguar cómo se puede influir en la sensación de dolor de alguien en estado de hipnosis. Mientras controlaban las mediciones con el TEP ordenaban a los probandos hipnotizados sumergir la mano en una palangana con agua hirviendo, y les sugerían después que el líquido tenía una temperatura agradable. Los probandos, impasibles, dejaban su mano dentro del agua, pese a que, despiertos, la hubiesen retirado enseguida. Únicamente cuando les dijeron que el líquido estaba a una temperatura insoportablemente caliente reaccionaban en consecuencia.

Los datos de las mediciones arrojaban los mismos resultados en todos los participantes. La transformación sugestiva influía decisivamente en la actividad de la parte anterior del giro cingular, zona del cerebro que enlaza las percepciones con las sensaciones y controla la intensidad de los sentimientos. Cuanto, debido a la sugestión del hipnotizador, más alta se sentía la temperatura y, por ende, era más intenso el dolor, tanto más activa era esa región cerebral.

Algunos neuroteólogos creen haber dado con las causas de las vivencias religiosas asociadas a un estado de trance profundo. Pretenden, en efecto, explicar hasta el último detalle las bases neuronales de la religiosidad con métodos propios de las ciencias experimentales. Andrew Newberg, de la Universidad de Pennsylvania, investigó, con ayuda de la tomografía computarizada de emisión de un solo fotón (TCEF), a monjas clarisas y a budistas, que contaban con una experiencia meditativa de decenios.

A las voluntarias, conectadas con el tomógrafo por ordenador, se les había indicado que tirasen de una pequeña cuerda en cuanto notasen que llegaban al trance o que se alteraban sus sensaciones de tiempo y espacio. Después de poner en marcha las mediciones con TCEF llegaron al siguiente resultado: durante las vivencias de trance está más activo que en otras circunstancias el lóbulo frontal, zona cerebral que tiene entre otras la función de dirigir la concentración y la planificación de la acción. Por el contrario, la actividad de las neuronas quedaba fuertemente reducida en el lóbulo parietal



AG. FOCUS

derecho, responsable de la percepción del movimiento así como de la orientación en el tiempo y en el espacio. Según Newberg, el lóbulo parietal es también la región cerebral en la que el hombre proyecta la imagen de sí mismo.

Espíritu puro, incorpóreo

Con ello el investigador había retratado con fidelidad las experiencias de las que le informaban sus voluntarias: estar totalmente despiertas y concentradas y sentir al mismo tiempo que el cuerpo se dilata y se hace uno con el cosmos. Newberg especula que si la actividad del lóbulo parietal disminuye durante el estado de trance, se pierde el acceso a la percepción del cuerpo, con lo que el meditante tiene la vivencia de ser un puro espíritu incorpóreo. Además, la meditación desplaza también la actividad en el sistema límbico, área cerebral que enlaza percepciones y pensamientos con sensaciones. Y Newberg concluye que ésa puede ser la explicación de las fuertes emociones vividas durante los arrobamientos extáticos y representa quizá también el estímulo para buscar tales situaciones.

Michael Persinger, de la Universidad Laurentina de Sudbury, supone que algunas transformaciones en los lóbulos temporales del cerebro pueden ser el origen de vivencias extáticas. En sus experimentos reclama la intervención exterior de intensos campos magnéticos sobre las correspondientes zonas craneales de los probandos para así desencadenar en ellos vivencias de trance. Algunos tienen la sensación de estar flotando, otros

se sienten asaltados por multitud de imágenes y visiones o experimentan la presencia de un poder invisible. El hecho de que el lóbulo temporal esté implicado en estados de transformación de la conciencia avala y completa los resultados de investigadores del trance como Gruzelier. Pues esta zona cerebral no sólo cumple la misión de entender el lenguaje; también reconoce objetos, figuras y rostros y relaciona todo ello en escenas plásticas. Podrían surgir visiones a partir de la conjunción errónea de elementos visuales.

Es posible que se tengan que activar simultáneamente varias regiones cerebrales para que se produzca el trance. Ya se han identificado algunas de las regiones implicadas. Pero ahora la investigación se enfrenta a un gran reto: saber cómo encajan las piezas del mosaico. Cuando se logre, entenderemos qué es lo que pasa realmente en una ceremonia de vudú o una sesión de hipnosis.

Bibliografía complementaria

ZEN AND THE BRAIN. TOWARD AN UNDERSTANDING OF MEDITATION AND CONSCIOUSNESS. J. H. Austin. MIT Press; Cambridge, 1999.

TRÄUME, TRANCE UND KREATIVITÄT. G. Schütz. Junfermann; Paderborn, 1999.

TRANCE, SCHARLATANE UND SCHAMANEN. DIE PSYCHOLOGIE AUSSERGEWÖHNLICHER BEWUSSTSEINSZUSTÄNDE. J. Büttner. BoD GmbH.; Norderstedt, 2001.

SYLLABUS

Sincronización y aprendizaje

Donald Hebb, famoso psicólogo canadiense, describió, hace más de medio siglo, la autoorganización de las células nerviosas. Dio así los primeros pasos hacia el descubrimiento de las bases cerebrales del aprendizaje

Christian W. Eurich

En la noche cerrada del bosque se oye un murmullo de hojas. Presto, un corto batir de alas y un grito de muerte. La lechuza ha descubierto a un ratón. Tras un raudal vuelo en picado le ha dado caza. El lance se ha desarrollado en la más absoluta oscuridad. La rapaz se ha valido sólo de su oído. A lo largo de la evolución, estas aves han llevado su capacidad de orientación acústica a una perfección refinadísima.

Tal capacidad de identificación ha despertado el interés de los neurólogos. ¿Qué procesos se desarrollan en el cere-

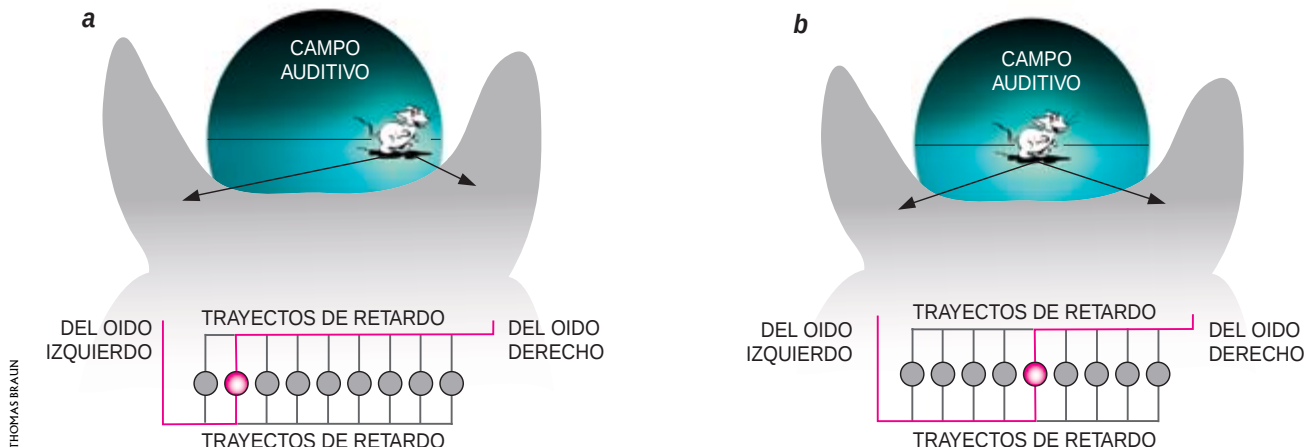
bro de la lechuza durante la caza nocturna de ratones? ¿Por qué le permiten localizar la presa de forma tan precisa sin recurrir a la vista? Pero no sólo les atrae lo que ocurre, en ese momento, en los circuitos de conmutación nerviosos. Puesto que las estructuras cerebrales que participan en este proceso son demasiado complejas, resulta inverosímil que se hereden por entero. Tales estructuras deben responder, en parte al menos, a un proceso de aprendizaje. Surge, inmediata, una cuestión apasionante: de qué modo en este tipo de procesos de aprendizaje las neuronas involucradas se vinculan en redes especializadas y eficien-

tes. Expuesto con mayor generalidad: ¿en qué consiste el proceso cerebral del aprendizaje?

Ya en 1949, Donald O. Hebb, psicólogo canadiense, ofreció una respuesta pionera al proponer que, cuando una neurona activa, de un modo reiterado, a otra, se refuerza la influencia de la primera sobre la segunda; se establecen, por ejemplo, nuevos puntos de contacto entre ambas, de suerte que, en la siguiente ocasión, la primera neurona excitará a la segunda con mayor intensidad. De esta forma, las células nerviosas podrían modificar su sensibilidad de una manera flexible y con ello contribuir a que un sistema nervioso adquiriera capacidad de adaptación y de aprendizaje. En el aprendizaje de Hebb, los cambios operados en el tejido nervioso sólo dependen de las actividades de las células participantes; se trata, por ende, de un aprendizaje auto-organizado.

Cierto es que la propuesta de Hebb no iba más allá de una de una interesante reflexión teórica. Pero en los años setenta quedó demostrado que por lo menos el

1. COMPENSACION. Señales provenientes del oído izquierdo y derecho recorren trayectos de retardo de diferente longitud y excitan determinadas neuronas del mesencéfalo (*representado por un círculo en el dibujo*). Si un ruido proviene de la derecha, llega antes al oído derecho que al izquierdo (*a*). Este lapso viene compensado por dos trayectos de retardo neuronales distintos, de modo que sólo en la célula nerviosa marcada en rojo se encuentran las señales de izquierda y derecha al mismo tiempo. Se activa así la neurona que indica el lugar del origen de la onda. Un ruido que se produzca en el medio, excitará la otra célula nerviosa (*b*).



hipocampo —región del cerebro a la que llegan las informaciones para la memoria de largo plazo— funcionaba de acuerdo con ese principio. A grandes rasgos, el experimento consistió en lo siguiente: dos células nerviosas de esa zona, enlazadas entre sí, recibieron al mismo tiempo una descarga eléctrica mediante electrodos que emitían un pulso eléctrico, un potencial de acción.

La primera célula se hallaba acoplada o asociada de antemano a la segunda; por tanto, ésta recibió el potencial de acción de la primera de forma adicional, mediante un estímulo externo. La segunda dobló, en consecuencia, su excitación. En lo sucesivo, la primera podía activar a la segunda célula mucho más fácilmente: la ligazón entre ambas se reforzó. Se trataba del fenómeno conocido por “potenciación a largo plazo” (PLP). A veces, no obstante, la descarga sobre dos neuronas asociadas relaja el nexo vinculante. Se habla entonces de “depresión a largo plazo” (DLP).

Durante bastante tiempo no quedó claro si la activación simultánea de las neuronas comportaba una PLP o producía una DLP. Hace escasos años, sin embargo, se descubrió que el resultado dependía de la prioridad temporal de la excitación. Porque, aun cuando parezca que dos células se activen a la vez, el impulso recibido por una precede en milisegundos al recibido por la otra. Si la descarga llega antes a la primera célula, la asociación se refuerza: se produce potenciación a largo plazo. Si la secuencia sigue el camino inverso (la segunda neurona se excita independientemente del pulso sobre la primera), nos encontraremos ante una depresión a largo plazo. Con otras palabras, la excitación tiene que ver con el momento temporal. A ese lapso entre impulsos se le denomina “ventana de aprendizaje”.

Ventana temporal en el cerebro de la lechuza

Pero, ¿qué relación guarda esto con la caza de ratones por la lechuza? De entrada, la temporización precisa desempeña un papel primordial. Para ubicar con exactitud a su presa, la rapaz parte del ruido del ratón, que llega a su oído más cercano a dicha fuente sonora. Si, desde la situación del ave, el roedor hace ruido más a la derecha, la onda llega antes al oído derecho de la lechuza que al izquierdo.

Tales diferencias mínimas de tiempo son detectadas por determinadas neuronas del mesencéfalo de la rapaz. En efecto, cada una de estas “células localizadoras” recibe dos señales nerviosas,

2. DEPREDADOR NOCTURNO. La lechuza caza al ratón en la obscuridad más absoluta. Lo consigue merced a un oído extraordinario y a un refinado procesamiento de la señal en el cerebro.

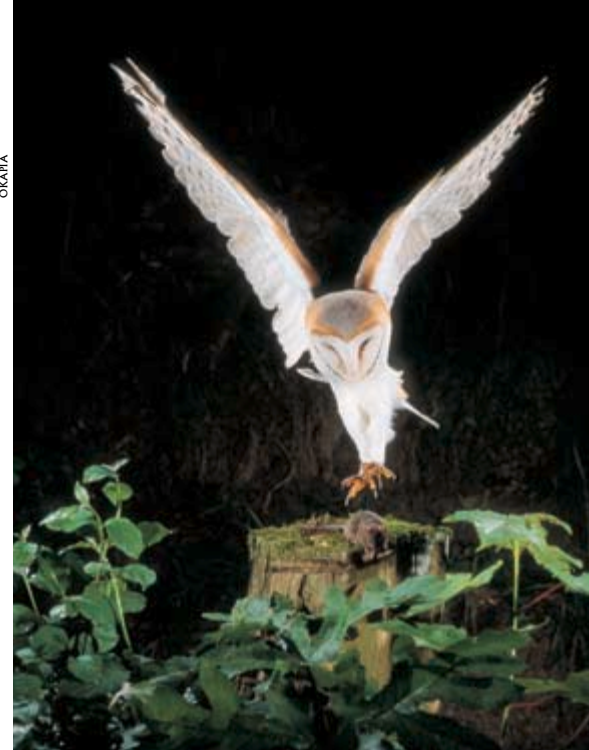
una de cada oído. Sin embargo, en el camino hacia ellas, el impulso proveniente de un oído se demora determinado lapso de tiempo, diferente para cada una de las células, con respecto a la señal que llega del otro oído. En ello intervienen las conexiones nerviosas, que retienen durante un intervalo breve la señal de uno de los lados. Se las denomina trayectos de retardo.

Los impulsos nerviosos de ambos oídos llegan exactamente al mismo tiempo a la célula localizadora; ésta compensa el retardo unilateral implicado en la diferente arribada de las ondas a los oídos de la rapaz. De esta forma, la célula se excita y señala de dónde viene el ruido. Las demás células permanecen mudas.

¿Cómo se originan en el cerebro de la lechuza estas complejas conexiones nerviosas con los trayectos de retardo afinados en su temporización? Wulfram Gerstner lo atribuye a un aprendizaje de Hebb, con sus ventanas de aprendizaje temporales. Para demostrarlo, simuló con sus colaboradores, en 1995 y mediante una red neuronal artificial, cómo se producía la conexión de las células localizadoras en el sistema auditivo de la lechuza en los trayectos de retardo. Por modelo de neuronas reales se sirvieron del sistema “neurona de integración y disparo”, un esquema idóneo para representar el aprendizaje de Hebb.

Al principio de cada simulación, una misma “neurona de integración y disparo” se halla conectada con muchas neuronas preconectadas a lo largo de diferentes trayectos de retardo paralelos. Si estas neuronas reciben, todas al mismo tiempo, una señal exterior, el potencial de acción llega en instantes distintos a la “neurona de integración y disparo”, debido a los diferentes retardos.

Entra ahora en juego la regla de aprendizaje de Hebb. La segunda neurona de un dúo asociado reúne los impulsos y emite un tren de descargas secuenciales a un determinado valor de onda. Entonces sólo se refuerzan los trayectos de retardo cuyos potenciales de acción llegan poco antes de ese instante; todos los demás se debilitan. Después de algunas iteraciones, la simulación se ha autoorganizado. Sólo permanecen los conductores con tiempos similares de retardo; las neuro-



nas segundas siempre fueron alcanzadas por los estímulos externos que tenían esa temporización exacta, como en el caso de las células localizadoras de la lechuza.

En mi instituto de la Universidad de Bremen, en colaboración con investigadores de Chicago, logramos crear la regla de aprendizaje de Hebb en el modelo de simulación; reconocimos series específicas de potenciales de acción. En esto se mostró el sistema muy flexible: cuando se modificaron los plazos de tiempo de la señal en los trayectos de retardo, la simulación produjo una red artificial de neuronas conectadas correcta. Mediante esta variación, la conexión que retrasa una señal unos milisegundos demás, no se elimina, sino que su tiempo de retardo se reduce lo necesario para coincidir con la duración apropiada.

No sabemos si las lechuzas utilizan exactamente este principio de organización para estructurar su cerebro. Pero contamos al menos con una imagen de la forma en que las lechuzas pueden aprender a ubicar su presa en la oscuridad y cazarla.

CHRISTIAN W. EURICH, doctor en física, trabaja en el instituto de neurofísica teórica adscrito a la Universidad de Bremen.

Bibliografía complementaria

DONALD O. HEBB TEÓRICO DE LA MENTE. Peter M. Milner en *Investigación y Ciencia*, págs. 62-67; marzo 1993.

LIBROS

Neurofilosofía

BRAIN-WISE. STUDIES IN NEUROPHILOSOPHY, por Patricia Smith Churchland. The MIT Press; Cambridge, 2002. **MODERN PHYSICS AND ANCIENT FAITH**, por Stephen M. Barr. University of Notre Dame Press; Notre Dame, 2003.

Al socaire de la neurología han florecido numerosos neologismos. El de *neurofilosofía* va asociado a Patricia Smith Churchland, docente de esa nueva disciplina en la Universidad de California, que con su última obra (*Brain-Wise*) nos propone un manual escolar. Había trazado ya las principa-

les líneas de su pensamiento en *Neurophilosophy: Towards a Unified Understanding of the Mind-Brain*, aparecido en 1986. La neurofilosofía trata de los mecanismos cerebrales de las facultades superiores (inteligencia y libre albedrío, entre otras). En última instancia busca la explicación neurológica de la mente, la conciencia y el sentido de la propia individualidad.

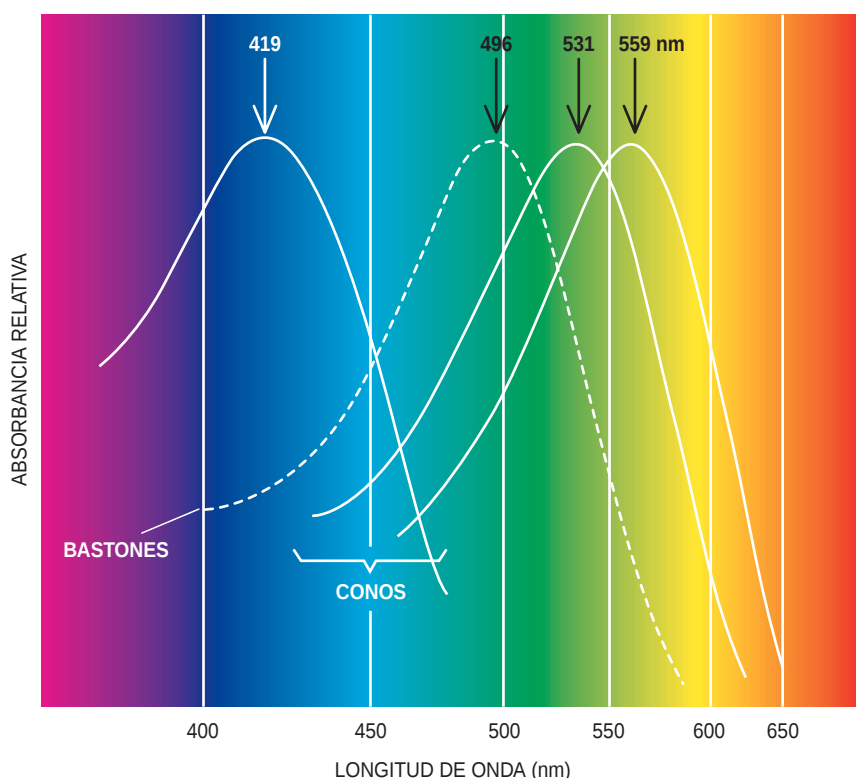
Construye el libro sobre tres hipótesis básicas. Afirma la primera que la actividad cerebral *es exclusivamente* una actividad cerebral y, en cuanto tal, sujeta a investigación mediante los métodos propios de las ciencias empíricas. De acuerdo con la segunda hipótesis la neurociencia necesita de la ciencia cognitiva para deter-

minar *qué* fenómenos deben explicarse. Ciencia cognitiva cuyos contenidos, a la postre, pertenecen sólo a la neurología. Por último, para comprender la naturaleza de la mente nos basta con entender la constitución y funcionamiento del cerebro, desde el plano neuronal hasta el nivel de su organización.

A diferencia de la genética molecular, cuyos principios fundamentales parecen ya bien asentados, reconoce que la neurofilosofía tiene todavía un largo camino por recorrer en su búsqueda de tales basamentos. Por lo que, aunque esto no lo confiesa, sus declaraciones caen en el terreno de lo especulativo. El mismo en que se mueven sus adversarios seguidores del funcionalismo, J. A. Fodor en particular, que conciben la mente como una suerte de programa de ordenador, independiente del mecanismo físico en que se ejecute. A éstos les llama, con palmaria injusticia, “brain-averse philosophers”. En general, Churchland no se muestra generosa con los discrepantes. O desfigura su pensamiento hasta el ridículo o los silencia. (En una reseña reciente aparecida en *Science*, Ned Block criticaba con dureza la obra, subrayando su omisión de la epistemología contemporánea afín a la defendida por ella y las aportaciones, en otra línea, de Saul Kripke y David Chalmers.)

Si todo proceso mental, sea el reconocimiento de nuestra propia identidad, la toma de decisiones o la resolución de una paradoja matemática, es cerebral, tendremos que dejar de lado la introspección y los métodos de estudio del comportamiento ajenos a un enfoque químico o físico. En esa concatenación de postulados declarativos de Churchland, el autocontrol que creíamos derivado de una voluntad cultivada procede, por el contrario, de determinadas redes neuronales y neuroquímicas; el yo es un constructo cerebral puro. Cualquier otro planteamiento, cuando no resulta inane,

Espectros de la absorción de cuatro fotopigmentos de la retina humana



“appears highly doubtful”, en tanto que su tesis ofrece “all probability”.

Recursos retóricos aparte, Churchland enseña al alumno de filosofía las nociones básicas que debe dominar para poder abordar con rigor los temas, más allá de lo que ofrecen los textos de historia de la epistemología, la psicología o la ética. En muchos niveles, la investigación cerebral arroja luz sobre los estados de la mente, cambios de conducta y disfunciones cognoscitivas o lingüísticas. ¿Cuáles son esos niveles del sistema nervioso que conviene que el discente conozca con rigor? De entrada, las estructuras espaciales, desde la molécula (1 nanómetro) hasta el sistema nervioso central (1 metro), pasando por la sinapsis (1µm), neurona (100µm), red (1mm), mapa (1cm) y sistema (10cm), Bueno sería que el alumno se adentrara, luego, en los niveles funcionales.

La función primaria de las neuronas reside en la emisión y recepción de señales. En ese cometido, el factor principal lo constituye el movimiento de iones, como el de sodio Na^+ , a través de la membrana celular. Conceptos estructurales fundamentales son saber que el soma de la neurona contiene el núcleo y otros orgánulos implicados en la respiración celular y en la síntesis de proteínas. La integración de las señales ocurre a lo largo de las dendritas y el soma. Si la integración de las señales resulta en una despolarización intensa, se generará una espiga, que se propagará a lo largo del axón. Cuando una espiga alcanza el terminal axónico, se libera el neurotransmisor en la hendidura sináptica. Importa enmarcar esos rudimentos en el contexto histórico reciente, que permitan percibir el avance de las bases neurológicas; por ejemplo, a propósito del aprendizaje y la memoria, seguir la senda recorrida desde el nivel de sistema, a mediados del siglo pasado, hasta los actuales estudios químicos, pasando por el descubrimiento de la plasticidad neuronal.

También, conjugar lo sabido con lo mucho que queda por conocer sobre la forma en que opera el sistema nervioso. Se ignora algo tan crucial como la relación que existe entre la actividad de cada neurona y la actividad de las redes. O la integración coherente entre redes. Se desconoce incluso qué es lo que constituye una red, habida cuenta de que cualquier neurona puede establecer conexiones con redes distintas.

Para afianzar sus conocimientos básicos, el alumno de filosofía debe estar familiarizado con las técnicas de formación de imágenes y su interpretación cartográfica; importa que sepa valorar en su justa medida las posibilidades reales de las mismas. Con dos en particular deberá desenvolverse, la resonancia magnética funcional (RMf) y la tomografía de emisión de positrones (TEP). Se apoya la primera en la variación de la concentración de oxígeno en sangre en función de la actividad neuronal (mayor actividad requiere más oxígeno y más glucosa). El adjetivo “funcional” le viene de su operación: cartografía la actividad, mientras que la resonancia magnética cartografía sólo la estructura. Por su parte, la TEP define también la actividad, si bien recurriendo a un emisor de positrones. La detección del positrón emitido permite determinar la distribución del emisor en el cerebro a lo largo de un tiempo dado, unos 40 segundos. No debe, empero, confundirse aumento de actividad en una región con especialización de ésta en una tarea concreta.

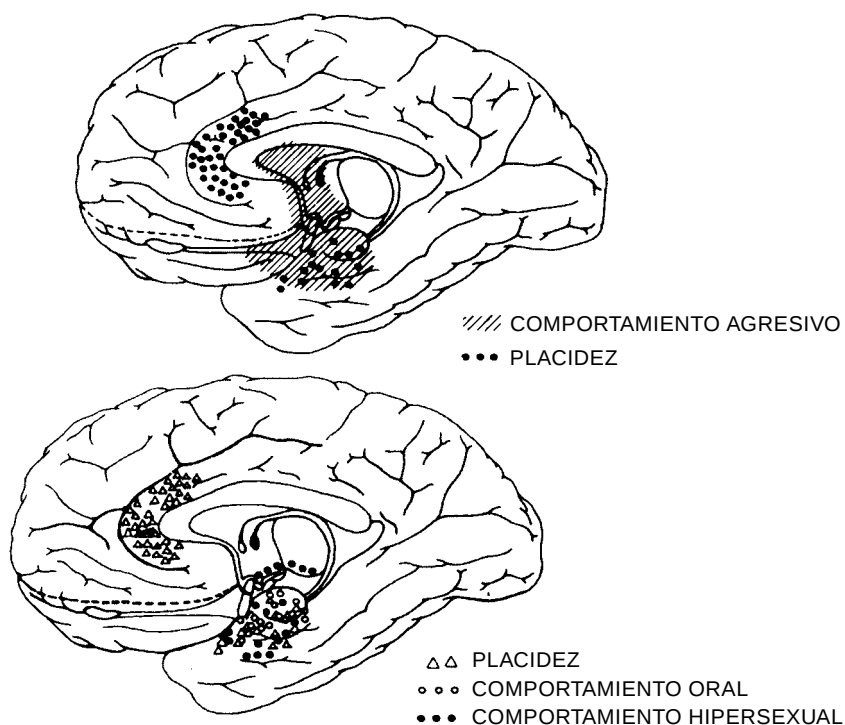
Con el funcionalismo, otra obsesión de Churchland es la religión. Aunque la alusión es permanente a lo largo de la obra, le dedica la última parte. Se trata de una toma de partido, la opción materialista, ajena a la neurofilosofía en sentido estricto. No parece que tenga mucho que ver el proceso cognoscitivo con el contenido del conocimiento. Una cosa es

nuestra facultad de entender la física cuántica y otra muy distinta la física cuántica propiamente dicha. Mezcla credulidad con creencia, superstición con adscripción religiosa, apoyada en tópicos decimonónicos que hablan de la retirada de la religión a medida que avanza la ciencia.

Los neurocientíficos que son a la par creyentes no sólo admiten sino que investigan los mecanismos cerebrales relacionados con la conciencia, el yo, el pensamiento, el lenguaje, las emociones, la razón y la voluntad. Aunque ha sido en la arena la física donde ha prendido con mayor fuerza ese debate entre ciencia y religión, que tiene a la mente por punto de encuentro o de confrontación (*Modern Physics and Ancient Faith*).

Stephen M. Barr, profesor de física en el Instituto Bartol de la Universidad de Delaware, desmonta el aparente enfrentamiento entre conocimiento científico y creencia para reducirlo a un claro antagonismo entre la visión materialista del hombre y la visión no materialista. Tras una exposición sumaria de los tipos de materialismo (del romo al llamado científico) y un breve repaso de las aportaciones al progreso científico por figuras cuya fe era pública, expone cinco descubrimientos fundamentales del siglo XX (teoría de la gran explosión, teorías unificadas de campos, coincidencias antrópicas, teorema de Gödel y teoría cuántica) para defender su tesis de la no beligerancia.

LUIS ALONSO



Conocimiento e innovación

La ciencia ha desarrollado a lo largo de su historia diversos métodos para lograr nuevos descubrimientos partiendo de un conocimiento científico previo. Algunos filósofos del siglo XX (Carnap, Popper, Hempel, etc.) hablaron incluso de una *lógica del descubrimiento científico*, que podía ser deductiva, inductiva y probabilística. La metodología es un requisito indispensable para avanzar en el conocimiento. Sin embargo, la ciencia ha cambiado mucho a lo largo de esa centuria, vinculándose con la tecnología. Ya no basta con descubrir nuevos hechos, nuevas leyes y nuevas teorías. Es preciso, además, que los descubrimientos científicos generen innovaciones técnicas. Se plantea entonces la cuestión de si existe una lógica de la innovación, es decir, un conjunto de métodos que conduzcan al logro de nuevos artefactos partiendo de técnicas pre-existentes.

Al respecto, conviene recordar las propuestas que hizo Leibniz sobre el Arte de Inventar y los métodos combinatorios para desarrollarlo. Como buen racionalista, Leibniz reflexionó a fondo sobre el *Ars Inveniendi* y propugnó un conjunto de reglas para favorecer la invención. Sus propuestas se orientaron, sobre todo, a la innovación conceptual, pero también se ocupó de las invenciones técnicas, a las que concedía una gran importancia para el progreso humano y social. Su objetivo era muy ambicioso. No sólo se trata de inventar, sino de hacerlo racionalmente, es decir, conforme a un *método inventivo*. Dicho método se basa en la teoría leibniziana del conocimiento, según la cual todos los seres humanos tenemos ideas claras y oscuras, distintas y confusas, adecuadas e inadecuadas, que son mejorables tanto por medio de la experiencia como por el análisis racional. Partiendo de nuestras propias ideas y aplicando el método leibniziano sería posible lograr que nuestras ideas fueran más claras, más distintas y más adecuadas.

¿Cómo proceder? Leibniz propuso un conjunto de reglas para mejorar la calidad de nuestras ideas, entendidas éstas como herramientas que nos permiten conocer mejor o peor el mundo, así como intervenir en él.

1. La primera consiste en delimitar los requisitos de cualquier noción que usemos, es decir, definirla, precisando sus propiedades específicas. Dada una idea cualquiera, hay que definirla mediante otros términos, contrastando las diversas definiciones que tengamos de una misma noción. Así se logra que las ideas sean distintas, al estar definidas por medio de notas.

2. A su vez, esas notas son definibles. Hay que aplicar la regla 1 a todos y cada uno de los términos que hayan aparecido en cada una de las definiciones de partida.

3. El proceso se repite para las sucesivas definiciones que van surgiendo, de modo que todas las ideas que manejemos tengan su correspondiente definición. En ese árbol de definiciones aparecen términos comunes a ideas aparentemente heterogéneas. Esos vínculos conceptuales son la clave del arte de inventar leibniziano, porque permiten proponer nuevas definiciones, que agrupan bajo notas comunes a nociones inicialmente inconexas.

4. Este proceso de análisis por medio de definiciones tiene un límite: tarde o temprano llegamos a términos que ya no podemos definir, por ser máximamente generales o inteligibles por sí mismos (tautologías). Estas ideas descubiertas a lo largo del proceso de análisis de conceptos serán los términos primitivos a partir de los cuales hay que sintetizar las ideas iniciales, procediendo de manera inversa a la fase de análisis.

5. El resultado último del análisis es la obtención de los requisitos más simples y generales o, al menos, aquellos que podemos considerar como más simples.

6. Partiendo de esta colección de requisitos cuasi-simples, el método de síntesis consiste en combinarlos unos con otros de las diversas maneras posibles, lo cual generará algunas de las nociones previamente existentes, pero también dará lugar a problemas y nociones nuevas. En la medida en que el análisis haya ido más lejos, la síntesis combinatoria podrá ser más o menos inventiva.

La marca distintiva de un buen uso del *Ars Inveniendi* radica, por una parte, en el hallazgo de buenas definicio-

nes a lo largo de la fase de análisis y, por otra, en la producción de invenciones útiles en la fase de síntesis. La síntesis ha de justificar combinatoria y deductivamente lo ya conocido; además, ha de suministrar nuevos teoremas, nuevos hechos o nuevos artefactos. Para saber si una definición es buena o mala existe un primer criterio: que sea constructiva, es decir, que muestre en la definición misma la posibilidad de lo definido.

Salvando las distancias, esta metodología para la invención de conceptos puede ser ampliada a las innovaciones. La constructibilidad de los artefactos inventables es el criterio básico para seleccionar entre todos los inventos posibles aquellos que pueden llegar a ser efectivos. En el caso de las innovaciones técnicas, la combinación de nociones se traduce en integración de componentes de diferentes artefactos y el hallazgo de las nociones más simples equivale a la determinación de las componentes elementales de un aparato. Más interesante todavía es la regla que postula recopilar las diversas definiciones disponibles de la noción investigada antes de iniciar el análisis de las mismas y la ulterior síntesis combinatoria. En el caso de la invención técnica, ello equivaldría a recopilar las tentativas previas de otros inventores, analizarlas, reducirlas a sus componentes elementales y, a continuación, combinar esas componentes de todas las maneras posibles. Muchas de esas combinaciones serán inviables técnicamente, pero otras no. Estas son las que hay que poner a prueba según su mayor o menor funcionalidad, utilidad, coste, etc. Así como las innovaciones conceptuales de Leibniz estaban orientadas a generar nuevas verdades, el método inventivo leibniziano, aplicado a otros ámbitos del saber, ha de tener como criterio de selección el incremento del grado de satisfacción de otros valores (eficiencia, utilidad, elegancia, belleza, aplicabilidad, rendimiento, coste, etc.), y no ya del valor epistémico 'verdad' (o 'verosimilitud').

JAVIER ECHEVERRÍA
Instituto de Filosofía, CSIC

