

# CUADERNOS

## Mente & Cerebro

# La ciencia de la enseñanza

Neuroeducación  
y estrategias  
didácticas



**Técnicas de estudio**  
La competencia  
de aprender a aprender

**Lenguaje**  
Cómo mejorar  
la lectura

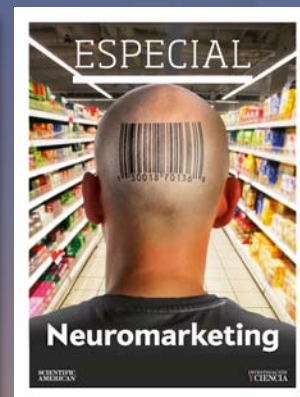
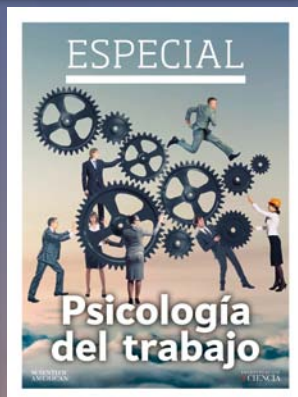
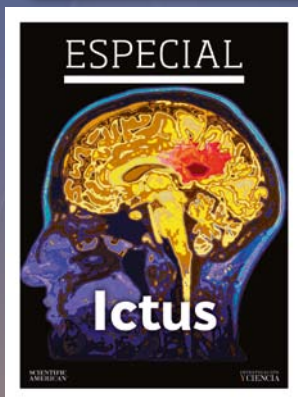
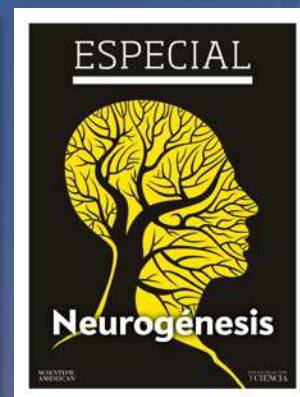
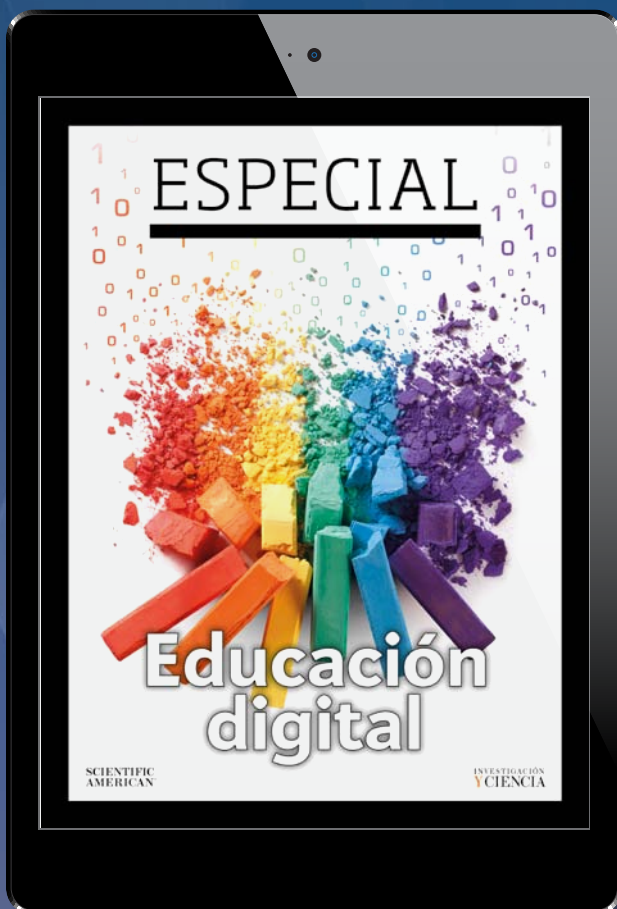
**Neurodidáctica**  
Bases cerebrales  
del aprendizaje



# ESPECIAL

## MONOGRÁFICOS DIGITALES

Descubre los monográficos digitales que reúnen nuestros mejores artículos (en pdf) sobre temas de actualidad



[www.investigacionyciencia.es/revistas/especial](http://www.investigacionyciencia.es/revistas/especial)





# ¿Una neuroescuela?

En esta época del año, las aulas de los colegios se quedan vacías de alumnos y profesores. Los escolares emprenden las vacaciones de verano con nuevos conocimientos y saberes; los docentes, orgullosos de un trabajo bien hecho, y los padres, contentos con las notas de sus hijos. ¿Retrata esta escena la vida real o surge de una película de ficción?

Desde hace unos años, se habla de la neuroeducación o neurodidáctica, un enfoque de la enseñanza en el que convergen pedagogos, psicólogos y neurocientíficos en el afán de optimizar el aprendizaje de los alumnos. Como explica el filósofo, experto en ciencias cognitivas y escritor José Antonio Marina en su artículo «La inteligencia en el siglo XXI» (pág. 4), en el actual milenio se está configurando una visión integrada de la inteligencia, la cual plantea nuevos retos para la educación.

Al aprender, además de adquirir nueva información, los circuitos del cerebro se modifican. Pero también las emociones, así como las estrategias de aprendizaje y pedagógicas intervienen en los procesos cognitivos. ¿Qué método es el más adecuado para que un niño se desenvuelva sin problemas con las matemáticas? ¿Y para enseñarle a leer y a escribir? ¿Se debe impartir hoy la misma ciencia y de la misma forma que hace 20 años? ¿Resulta beneficioso empezar con una educación multilingüe en la edad preescolar?

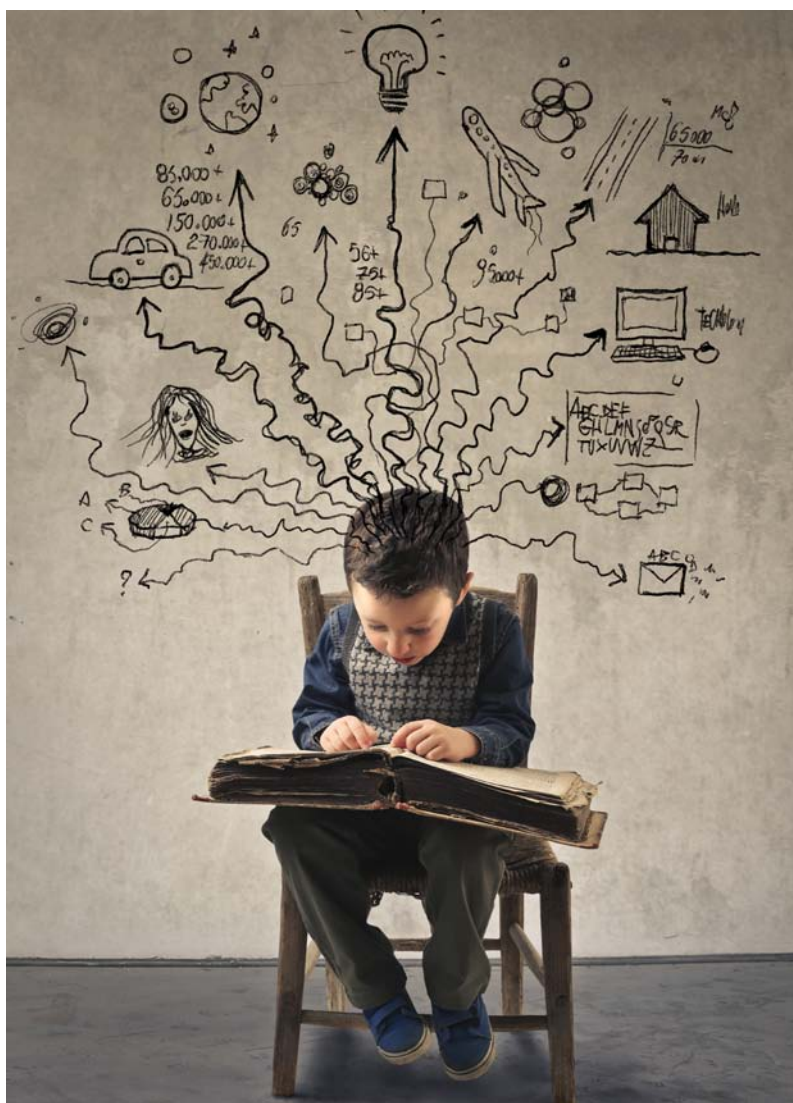
Los autores de los trece artículos que reúne esta nueva entrega de *Cuadernos de Mente y Cerebro* se plantean estas y otras preguntas en busca de respuestas. Un objetivo no tan sencillo de alcanzar en un terreno en el que se mezclan dife-

rentes opiniones y posturas. Mientras que los neurocientíficos destacan la importancia del cerebro en el aprendizaje, los más escépticos de una enseñanza «cerebralmente correcta» argumentan que el cerebro, aunque imprescindible, es solo un componente más pero no suficiente para abarcar todos los aspectos del aprendizaje (véase «Neurodidáctica», por Gerhard Friedrich y Gerhard Preiss; pág. 12).

Con todo, la neurociencia continúa aportando datos sobre cómo el

cerebro procesa los conocimientos y el modo de optimizar el aprendizaje. Y los pedagogos conocen las estrategias didácticas. En definitiva, la neurociencia y las ciencias educativas deben trabajar en estrecha colaboración para que, a la vuelta de las vacaciones, los niños adquieran la mejor educación posible en las escuelas. «Yo no suspendo, suspenden los alumnos», afirmaba hace poco un profesor. ¿Realidad o ficción?

—La redacción



ISTOCK / BOWIE15

# EN ESTE NÚMERO

## 1 Presentación

¿Una neuroescuela? Por la redacción

## Neuroeducación

### Cognición

#### 4 La inteligencia en el siglo XXI

La inteligencia humana ha sido objeto de numerosas definiciones científicas a lo largo de los años. Ninguna definitiva. En el actual milenio se está configurando una visión integrada del intelecto que plantea nuevos retos para la educación.

Por José Antonio Marina

### Pedagogía

#### 12 Neurodidáctica

Al aprender cambian los circuitos del cerebro. De su estudio se ocupa una nueva disciplina, la «neurodidáctica». Postula que los neurólogos pueden ayudar a profesores y pedagogos a desarrollar mejores estrategias didácticas.

Por Gerhard Friedrich y Gerhard Preiss

### Enseñanza

#### 20 Bases cerebrales del aprendizaje

Para mejorar la enseñanza escolar, neurocientíficos y pedagogos deben converger en el nuevo dominio de la neurodidáctica.

Por Ulrich Herrmann

### Sistema educativo

#### 26 La neurodidáctica a examen

Desde hace algunos años, los neurocientíficos se vienen introduciendo en el mundo de la pedagogía con la crítica manifiesta de muchos profesionales de las ciencias de la educación. ¿Qué puede y qué no puede aportar la neurociencia al aprendizaje?

Por Nikolas Westerhoff

### Neurociencia

#### 34 Técnicas para la estimulación del aprendizaje

Las últimas investigaciones sobre el cerebro dejan entrever nuevos métodos para mejorar la lectura, la escritura, la aritmética e incluso las destrezas sociales.

Por Gary Stix

## Didáctica

### Educación

#### 44 La educación científica del siglo XXI: retos y propuestas

¿Se ha de enseñar hoy la misma ciencia y de la misma forma en que nos la enseñaron a nosotros?

Por Neus Sanmartí e Iván Marchán Carvajal

#### 48 El nuevo rumbo de PISA

Por Peg Tyre



ISTOCK / ASISEIT

## Primera infancia

### 54 La trascendencia del aprendizaje temprano

Muchos padres están encantados con que sus hijos aprendan idiomas, música u otros contenidos ya en la guardería. Pero ¿es realmente efectiva una enseñanza estructurada tan precoz? *Por Nele Langosch*

## Métodos de aprendizaje

### 60 Ventajas de los yerros

Realizar un examen preliminar antes de entrar en materia de estudio constituye una buena estrategia para el aprendizaje, sobre todo cuando se fallan las respuestas. *Por Henry L. Roediger III y Bridgid Finn*

## Técnicas de estudio

### 64 Aprendiendo a aprender

Existe un acuerdo creciente sobre la necesidad de que el alumno regule su propio aprendizaje. ¿Cuáles serían los componentes principales del proceso? *Por Silvia Jiménez Torres y Luis Raimundo Guerra Cid*

## Aprender a leer

### 68 La enseñanza de la lectura

La búsqueda del mejor método para enseñar a leer sigue preocupando a muchos educadores. La investigación científica permite actualmente encontrar respuesta a numerosos de los dilemas que se plantean. *Por Jesús Alegría, Marisol Carrillo y Emilio Sánchez*

## Lenguaje

### 78 Cómo mejorar la lectura

A pesar de que leer parece una actividad sobre todo visual, se halla principalmente asociada con habilidades lingüísticas. La complejidad de la capacidad lectora requiere que los programas para su aprendizaje sean multidimensionales y se ajusten a las necesidades de cada niño. *Por Sylvia Defior*

## Psicopatología

### 86 Fobia a las matemáticas

Rara vez, el miedo a los números y a la aritmética se debe a una deficiente habilidad para el cálculo. Algunas personas con aritmofobia poseen incluso una capacidad especial para esta asignatura «de talentosos». *Por Patricia Thivissen*

## Entrevista

### 92 Didáctica de la matemática

Conviene que los escolares comprendan pronto el sentido profundo de los números y de las operaciones aritméticas, propone Inge Schwank, experta en la enseñanza de las matemáticas. *Por Annette Lessmöllmann*

## Colaboradores de este número

### Asesoramiento y traducción:

I. Nadal: *Neurodidáctica, Didáctica de la matemática*; Francesc Asensi: *Bases cerebrales del aprendizaje, La neurodidáctica a examen*; Luis Bou: *Técnicas para la estimulación del aprendizaje, El nuevo rumbo de PISA, Ventajas de los yerros*; Núria Comas: *La trascendencia del aprendizaje temprano*; Noelia de la Torre: *Fobia a las matemáticas*

Portada: iStock / RapidEye

## Mente y Cerebro

**Directora general:** Pilar Bronchal Garfella

**Directora editorial:** Laia Torres Casas

**Ediciones:** Yvonne Buchholz, Anna Ferran Cabeza,

Ernesto Lozano Tellechea, Bruna Espar Gasset

**Producción:** M.ª Cruz Iglesias Capón, Albert Marín Garau

**Secretaría:** Purificación Mayoral Martínez

**Administración:** Victoria Andrés Laiglesia

**Suscripciones:** Concepción Orenes Delgado, Olga Blanco Romero

### EDITA

Prensa Científica, S.A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª

08021 Barcelona (España)

Teléfono 934 143 344 Fax 934 145 413

e-mail [precisa@investigacionciencia.es](mailto:precisa@investigacionciencia.es)

[www.investigacionciencia.es](http://www.investigacionciencia.es)

## Gehirn und Geist

**Chefredakteur:** Carsten Könneker (verantwortlich)

**Artdirector:** Karsten Kramarczik

**Redaktionsleitung:** Hartwig Hanser

**Redaktion:** Steve Ayan, Katja Gaschler, Anna von Hopffgarten,

Andreas Jahn, Liesa Klotzbücher, Daniela Zeibig

**Freie Mitarbeit:** Joachim Retzbach

**Schlussredaktion:** Christina Meyberg, Sigrid Spies,

Patrick Trappendreher; Katharina Werle

**Bildredaktion:** Alice Krüßmann, Anke Lingg, Gabriela Rabe

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck

### DISTRIBUCIÓN

para España:

LOGISTA, S. A.

Pol. Ind. Polvoranca - Trigo, 39, edificio B

28914 Leganés (Madrid)

Teléfono 916 657 158

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª - 08021 Barcelona

### PUBLICIDAD

Prensa Científica S. A.

Tel. 934 143 344

[publicidad@investigacionciencia.es](mailto:publicidad@investigacionciencia.es)

### SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª

08021 Barcelona (España)

Teléfono 934 143 344

Fax 934 145 413

[www.investigacionciencia.es](http://www.investigacionciencia.es)

Copyright © 2018 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,

D-69126 Heidelberg

Copyright © 2018 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 edición impresa: 2253-959X ISSN edición digital: 2385-569X  
Dep. legal: B. 3021 - 2012

Imprime Rotocayfo (Impresia Ibérica)

Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)  
Printed in Spain - Impreso en España



**COGNICIÓN** La inteligencia humana ha sido objeto de numerosas definiciones científicas a lo largo de los años. Ninguna definitiva. En el actual milenio se está configurando una visión integrada del intelecto que plantea nuevos retos para la educación

## La inteligencia en el siglo XXI

JOSÉ ANTONIO MARINA



**E**n un mundo tecnológicamente avanzado, la inteligencia despierta gran interés, incluso desde el punto de vista económico. La revista *Forbes* anuncia que el «cociente intelectual» va a ser el próximo negocio del billón de dólares; las empresas farmacéuticas trabajan para producir «potenciadores cerebrales», y se contempla la posibilidad de mejorar genéticamente la inteligencia.

Algunas voces incluso apuntan que en un futuro próximo se producirá una suerte de simbiosis entre inteligencia individual y artificial, porque las conexiones entre cerebro y ordenador serán más fáciles. Ray Kurzweil, director de ingeniería de Google, habla del advenimiento de la era de las máquinas «espirituales». Según esta corriente de pensamiento, pronto hablaremos de una «inteligencia aumentada», correlato subjetivo de la «realidad aumentada» que actualmente manejamos. La tecno-

logía de los macrodatos (*big data*) aspira a un conocimiento de la realidad sin necesidad de teorías, mediante la utilización de poderosos algoritmos capaces de encontrar patrones en información masiva y heterogénea.

En definitiva, la innovación continua produce un cambio acelerado al que la población tiene que adaptarse. Ello lleva a que se configure una nueva visión del intelecto, según la cual la función primordial de la inteligencia humana consiste en dirigir la acción para conseguir la homeostasis interna, la satisfacción de las necesidades y la adaptación al entorno. Así, pues, la capacidad de aprender con rapidez, de elaborar información, de resolver problemas y gestionar emociones son competencias que colaboran a la función principal.

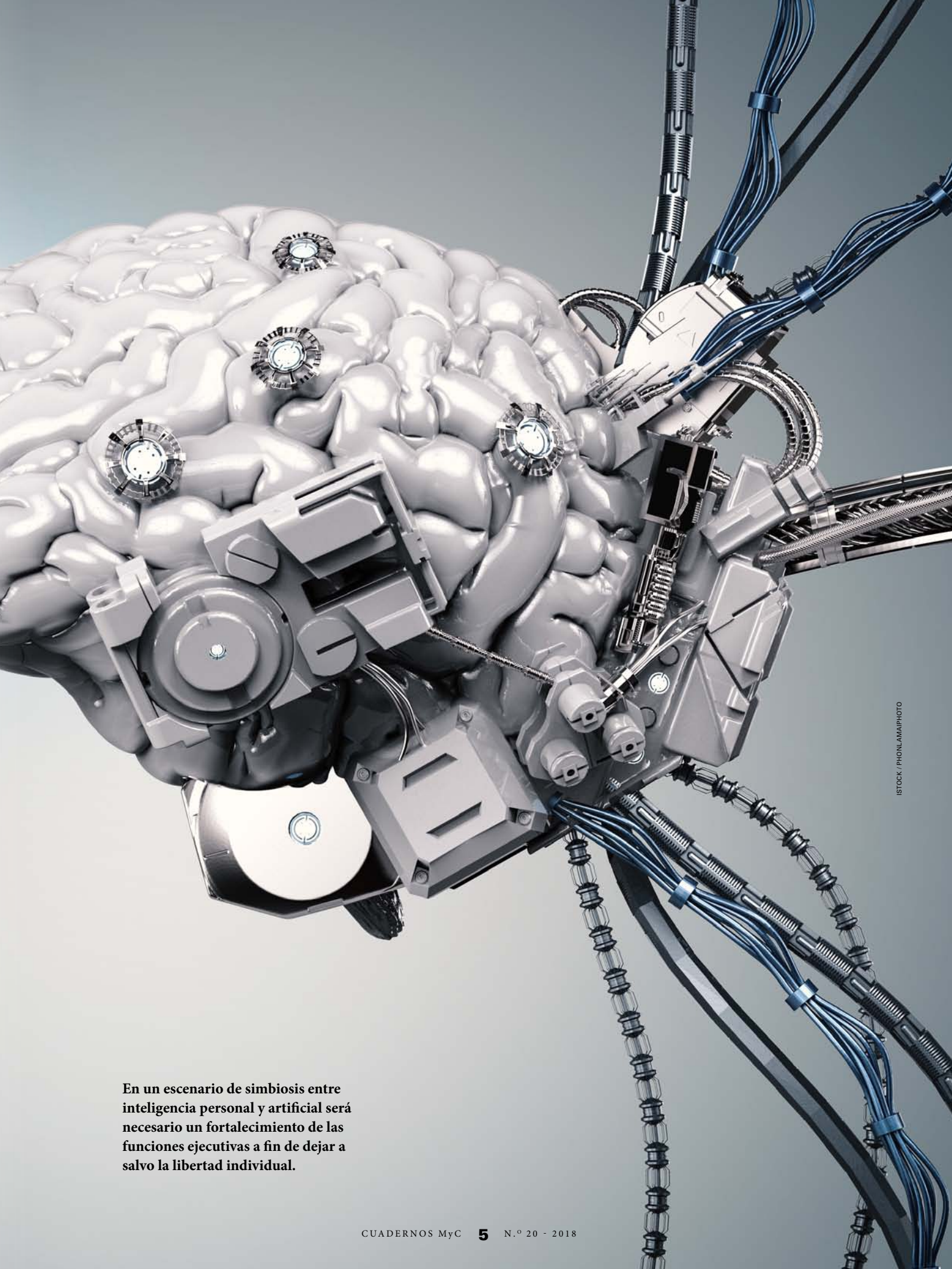
En este nuevo modelo que se está configurando, la inteligencia humana se organiza en dos niveles, que corresponden a los dos ámbitos funcionales que la neurología, la psicología cognitiva y las ciencias de la compu-

### En síntesis: A dos bandas

**1** Los conocimientos psicológicos y neurocientíficos apuntan a una inteligencia que integra dos niveles operativos.

**2** En concreto se compone de una inteligencia computacional (inconsciente) y otra ejecutiva (consciente).

**3** La educación debe favorecer el desarrollo de ambos niveles de inteligencia, con especial atención en el ejecutivo, y favorecer la colaboración mutua.



ISTOCK / PHONLAMAIPHO

**En un escenario de simbiosis entre inteligencia personal y artificial será necesario un fortalecimiento de las funciones ejecutivas a fin de dejar a salvo la libertad individual.**



tación identifican: por un lado, las operaciones mentales que nuestro cerebro realiza sin que seamos conscientes de ellas; por otro, las funciones ejecutivas que controlan, hasta cierto punto, esas operaciones.

### El componente inconsciente

La inteligencia computacional constituye el «nuevo inconsciente» estudiado por la neurología. Engloba el conjunto de operaciones mentales que el sujeto lleva a cabo sin tener consciencia de cómo las realiza, pero que el cerebro es capaz de ejecutarlas en paralelo, lo que proporciona gran eficiencia. De esa manera se genera información: ideas, imágenes, recuerdos, emociones, deseos, etcétera.

Muchos autores han reconocido la existencia de un «generador de ideas»: el psicólogo Jerome Bruner habla de un generador de hipótesis; el lingüista y filósofo Noam Chomsky, de estructuras generativas en el lenguaje, y el psicólogo clínico Paul Salkovskis, de la Universidad de Bath, considera que las intrusiones cognitivas reflejan

## Habilidades de la inteligencia ejecutiva

Las funciones ejecutivas del cerebro representan uno de los temas más investigados por la neurociencia en los últimos años. Se las relaciona con los lóbulos frontales, que trabajan como un director de orquesta del resto de la actividad cerebral. En torno a la inteligencia ejecutiva se han identificado nueve funciones principales: activación cerebral intencionada, inhibición del impulso, control de la atención, selección de metas, mantenimiento del flujo de energía dirigido a una meta, memoria operativa, flexibilidad, regulación emocional y metacognición.



## Desde un punto de vista estructural, la inteligencia humana es lingüística

las actuales preocupaciones de una persona que brotan desde un generador de ideas en el cerebro. Basta intentar mantener la mente en blanco para comprobar el trabajo incesante de esa máquina de ocurrencias.

La capacidad de la inteligencia computacional para llevar a cabo complejas operaciones de forma no consciente es uno de los más asombrosos hallazgos de la neurociencia actual. Sin embargo, el fenómeno se conoce desde hace tiempo. Numerosos matemáticos han apelado a un «pensamiento no consciente» para explicar sus descubrimientos. Carl Friedrich Gauss (1777-1855) contó en una carta su descubrimiento de un complejo teorema de la teoría de números: «Hace dos días, lo logré, no por mis penosos esfuerzos, sino por la gracia de Dios. Como tras un repentino resplandor de relámpago, el enigma apareció resuelto. Yo mismo no puedo decir cuál fue el hilo conductor que conectó lo que yo sabía previamente con lo que hizo mi éxito posible». La misma sensación experimentó William Rowan Hamilton (1805-1865) cuando descubrió los cuaternios: «Vinieron a la vida completamente maduros, el 16 de octubre de 1843, cuando paseaba con la señora Hamilton hacia Dublín, al llegar al puente de Brougham. Allí saltaron en mi interior, como chispas, las ecuaciones que buscaba». El científico polifacético Henri Poincaré (1854-1912) recuerda que la solución al complicado problema de las funciones fuchsianas apareció de repente en su cabeza en el momento de subir a un autobús para iniciar una excursión. Sacó la conclusión obvia: él no estaba pensando en esas funciones, pero su cerebro, sí. La creación matemática, concluyó, es inconsciente. El caso del matemático Srivanasa Ramanujan es paradigmático. Afirmaba que sus teoremas le eran inspirados directamente por la diosa Namagiri, durante sus sueños. Wolfgang Amadeus Mozart (1756-1791), por su lado, afirmaba que las composiciones se le aparecían de una vez.

Una parte de los resultados de esa «inspiración» (imágenes, ideas, emociones, recuerdos, melodías) pasa al estado consciente. Esta es otra de las características fundamentales del nuevo modelo de inteligencia ejecutiva: la importancia que concede a la consciencia y a la información en estado consciente. Pero no siempre ha sido así.

Investigadores como Ray Jackendorff o Marvin Minsky, uno de los padres de la inteligencia artificial, han negado la relevancia de la consciencia en el comportamiento humano. En opinión de Minsky, la consciencia va siempre un poco retrasada respecto de los acontecimientos neuronales que la producen y, por tanto, es inútil. Los experimentos del neurólogo Benjamin Libet