

MUY INTERESANTE

EDICIÓN
COLECCIONISTA



Maravillas del **CEREBRO**

EVOLUCIÓN

Así se modeló un
órgano prodigioso

CONSCIENCIA

Hallazgos sobre el
último gran misterio

FUTURO

A dónde nos lleva la
inteligencia artificial



Maravillas del
CEREBRO



Un universo de 1,5 kilos

Esto es lo que por término medio pesa el órgano gris rosáceo con forma de seta y aspecto gelatinoso que vive enclaustrado entre ocho paredes de hueso, suspendido en un líquido protector llamado cefalorraquídeo y aislado de cualquier peligro que le pueda llegar a través de la casi inexpugnable barrera hematoencefálica. Un órgano con el tamaño de un racimo de uvas cuya estructura y funcionamiento magníficos lo convierten en la máquina más compleja del universo conocido. Una pequeña cavidad capaz de conducir la electricidad, la forma de energía con la que se comunica con el mundo exterior a través de los sentidos, que controla el pensamiento, como ya adivinó Hipócrates hacia el 430 a. C. Kilo y medio de materia organizada en un bioordenador capaz de escribir *El Quijote*, de componer la *Heroica*, de levantar la basílica papal de San Pedro, de fisio-
nar los átomos, de explorar el universo o de meditar sobre el origen del tiempo o el entrelazamiento cuántico, de creer en dioses y fantasmas, de diseñar inteligencias artificiales. También de amar, odiar, empatizar, imaginar, soñar, memorizar y recordar... Y de fallar y enfermar. Son muchas las cosas que conocemos sobre nuestros sesos, fruto de una evolución de millones de años, y sus cien mil millones de neuronas, casi las mismas que aún la neurociencia investiga, como podrás constatar en este especial de MUY dedicado a lo que algunos denominan el cénit de la creación.

ENRIQUE COPERÍAS

DIRECTOR

Twitter: @CienciaDelCope





- LA MÁQUINA DE LOS PRODIGIOS	8
- LA EMERGENCIA DEL CEREBRO HUMANO	18
- EL GALIMATÍAS DE LA CONSCIENCIA	28
- LAS NECESARIAS ILUSIONES ÓPTICAS	38
- ¿DÓNDE ESTÁ LA INTELIGENCIA?	48
- ENTREVISTA A ANTÓNIO DAMÁSIO	56
- ¡DÉJATE HIPNOTIZAR!	62
- EL SEXO ESTÁ EN LA SESERA	72
- LA MEMORIA: ALGO PARA RECORDAR	82
- LOS ESPEJISMOS DE LA MENTE	92
- LA REALIDAD NO ES LO QUE PARECE	100
- TECNOLOGÍA CONECTADA A NUESTRAS NEURONAS	110
- EL MISTERIO DE LA SINESTESIA	120
- SÉ MÁS LISTO QUE TÚ MISMO	130
- LOS ESQUIVOS SUPERPODERES DE LA MENTE	140
- PÉRDIDA DE NEURONAS	150
- DEJA VOLAR TU CREATIVIDAD	160
- ¿ES LA IA TAN INTELIGENTE?	170
- DESMONTANDO LAS PIEZAS DE LA INTELIGENCIA	176
- HACIA UNA IA CON ÉTICA	184
- EL ARTE DEL PIONERO	190

GETTY
Los neurocientíficos
saben cómo funcionan
muchas piezas de
nuestro órgano pensante,
pero queda mucho por
saber sobre su funciona-
miento integral.



La máquina de los prodigios

Cuanto más conocemos a nuestra máquina pensante, más nos asombra y, también, más interrogantes plantea. En poco más de un kilo cabe todo lo maravilloso que nos hace humanos, aunque seguimos ignorando en gran medida cómo y por qué falla tan a menudo.

POR JOSÉ RAMÓN ALONSO

Catedrático de Biología Celular de la Universidad de Salamanca

Hipócrates decía “de él y nada más que de él, vienen las alegrías, el placer, la risa, y también la tristeza, el dolor, la pena y el miedo”. Es el cerebro humano. Una masa gelatinosa, con la consistencia de un flan; con un peso de entre 1200 y 1400 gramos; compuesta en un 75 %-80 % por agua y el resto por proteínas y grasas, a partes iguales; y con una superficie plegada que fue descrita hace más de 3500 años en un papiro egipcio “como el cobre fundiéndose en un crisol”. Es para muchos la máquina perfecta, capaz de reconstruirse en pleno vuelo, capaz de adaptarse y responder a situaciones desconocidas, responsable de la creación de las cosas más sublimes y delicadas: la música, el amor, la pintura y la poesía. Para otros es una estructura limitada, frágil, con una escasa capacidad de reparación, víctima de cientos de enfermedades, capaz de recordar menos números que el pendrive más barato y cuyas alteraciones nos dejan a menudo fuera de juego: el daño cerebral es la pérdida de uno mismo, el naufragio más absoluto.

Quizá, si buscamos un punto intermedio, podemos acordar que el encéfalo humano es una estructura que tiene una complejidad extrema, a menudo se dice que es la estructura más compleja del universo. 86 000 millones de

neuronas, cada una con entre 5000 y 15 000 conexiones, comunicadas a través de millón y medio de kilómetros de cables biológicos, en colaboración con al menos otras tantas células gliales, organizadas en una estructura capaz de aprender, capaz de recordar, capaz de crear.

LOS HUMANOS SOMOS LA ESPECIE DEL CEREBRO. TENEMOS OTRAS COSAS. Somos grandes y con manos ágiles, podemos correr durante varias horas sin detenernos, en un trote constante y letal para muchas de nuestras presas, pero lo que de verdad nos define no son los huesos o los músculos, está dentro del cráneo. Somos nuestro cerebro. Somos hábiles fabricantes de herramientas: del bifaz hemos pasado en unos pocos miles de años a poner naves fuera del Sistema Solar, y hemos inventado las azuelas, las vacunas e internet. Somos divertidos: nos encanta reír, las bromas, los chistes, los juegos. Somos sexuales: no tenemos periodos de celo, sino que estamos siempre dispuestos a hacer el amor; usamos pornografía, pero tenemos pudor y nos escondemos para realizar el acto sexual donde no nos puedan ver. Nos vuelve locos la belleza, nos encanta el arte, decoramos los objetos más insulsos y prácticos: una cesta, un recipiente para llevar agua, el mango de un cuchillo: Y también decoramos



Gracias a su neuroplasticidad, los niños consolidan sus funciones cognitivas a través de las experiencias y la educación.

GETTY

nuestra piel: nos gustan los collares, las pulseras, los tatuajes... Somos sociales, nos apasiona estar en grupo, nos abrazamos, nos besamos, nos juntamos muchos adultos en espacios reducidos para oír una sinfonía o para ver jugar a Messi, y castigamos a los malos con el aislamiento, la cárcel, el exilio. Somos imaginativos: constantemente estamos pensando escenarios posibles, anticipando futuros, pensando cómo reaccionaríamos si sucediera esto u lo otro, si me tocara la lotería, si aquel hombre me sacara una navaja, si ella mujer me dijera que sí, si tuviera el dinero que tiene Amancio Ortega. Quizá ese soñar despiertos nos prepara para lo inesperado, nos hace que además de lo esperable hayamos pensado muchas cosas imaginables, futuros improbables pero quizá posibles, tal vez aquella mujer me dio un sí u Ortega me pidió que le ayudara a dejar huella en el planeta.

También somos grandes profesores: educa-

mos a nuestras crías durante años, les transmitimos conocimientos, usos y costumbres, les enseñamos nuestros valores; algo que va mucho más allá de la supervivencia. Queremos que nos superen, que sean mejores que nosotros, que nos hagan sentirnos orgullosos. Nadie lo ha explicado mejor que Natalia Ginzburg, la escritora italiana. Ella dice que a nuestros hijos debemos enseñarles las grandes virtudes, no las pequeñas: “No el ahorro, sino la generosidad y la indiferencia ante el dinero; no la prudencia, sino el coraje y el desprecio por el peligro; no la astucia, sino la franqueza y el amor por la verdad; no la diplomacia, sino el amor al prójimo y la abnegación; no el deseo de éxito, sino el deseo de ser y de saber”. Eso es nuestro cerebro: el órgano de ser y de saber.

Somos también lenguaraces, parlanchines, verborreicos. No callamos, nos encanta preguntar, “¿por qué?”, “¿por qué?”, hablamos hasta

con nosotros mismos, nos fascinan las historias. Contar historias es quizá la forma más antigua de enseñar; sumamos nuestra experiencia con la de los demás, ponemos ideas en el mundo y algunas de esas historias aparecen por todas las culturas: un ser creador que de la nada hizo estrellas y aves, árboles y océanos, y también el arcoíris y los seres humanos. Otra de nuestras historias favoritas, presente por todas las culturas, es lo que se ha llamado el *monomito*, un héroe que pasa dificultades en un largo viaje, problemas que supera con inteligencia, con honestidad, con astucia, con lealtad, con suerte. Un héroe que se aleja de los suyos que reta a la muerte, que es tentado por el placer, que se reconcilia consigo mismo. Es Ulises, pero también Simbad y Moisés y Osiris y Eneas y Buda y Viracocha y Luke Skywalker.

Somos curiosos, queremos saber cómo funcionan las cosas, queremos saber qué hay detrás de aquella montaña en el horizonte. Nos encanta la música; en todas las culturas cantamos y bailamos. Y también tenemos dioses. Nuestro cerebro construye, pero no solo la realidad, sino también sueños. Nuestras neuronas nos llevan a descubrir bacterias y virus, pero además crea unicornios y árboles que avanzan, los ents de la Tierra Media, de J. R. R. Tolkien, y el bosque de Birnam, en *Macbeth*. Es también parte de esa obra cerebral que construimos en los cuentos de hadas y que asimismo forma parte de esa gran herramienta que hemos construido basada en la plasticidad neuronal: la educación. Como dijo el escritor y periodista británico G. K. Chesterton, “no hablamos a nuestros hijos de dragones porque existan, sino para que sepan que se los puede vencer”. La verdad es que el cerebro crea mundos. Nos hace creer que el cielo es azul y la hierba es verde, pero ni los fotones tienen color, ni las ondas sonoras tienen sonido ni lo odorante huele. Es un gran ilusionista.

EL CEREBRO ES UN ÓRGANO MUY PARECIDO A LOS DEMÁS. Tiene en sus células los mismos genes con el mismo código genético, utiliza rutas metabólicas similares y está sujeto a las mismas posibilidades y limitaciones que permite la evolución. El encéfalo de cualquier mamífero es enormemente parecido, y para entender el nuestro han sido fundamentales los *gusanos*

elegantes (*Caenorhabditis elegans*), las moscas de la fruta, los calamares y un molusco enorme llamado liebre de mar. Aun así también tiene peculiaridades. Sus células difieren de las del hígado, el corazón o prácticamente cualquier otro órgano. Mientras que un hepatocito o un cardiomiocito es enormemente parecido a otro hepatocito u otro cardiomiocito, las neuronas son enormemente diversas entre sí. Como ya vio Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), difieren en su tamaño, en su forma, en su localización; en la disposición y ramificación de sus dendritas; en la longitud, terminales y colaterales de su axón; o en las células con las que contactan.

En las décadas siguientes fuimos viendo que también diferían en su actividad eléctrica, en el neurotransmisor que utilizan, en su fecha de nacimiento, etcétera. En prácticamente cualquier factor que podamos definir, las neuronas no son una población única, esto es, estamos ante una comunidad enormemente diversa. Uno de los retos de nuestra comprensión del ser humano es cómo con solo 46 831 genes codificantes de ARN, de los que menos de la mitad terminan dando una proteína, podemos generar la inmensa complejidad del cerebro humano y dar carta de naturaleza, propiedades distintivas, a miles de millones de neuronas. Y aun así, somos genética y experiencia, un programa de construcción cerebral modelado por el día a día.

ADEMÁS, CADA NEURONA ES MÁS COMPLEJA QUE NUESTROS ORDENADORES más potentes, codifica cientos de rutas metabólicas y miles de proteínas para hacer en teoría algo muy sencillo: generar y transportar pequeñas corrientes eléctricas. Los cables biológicos son los citados axones, y transmiten información en forma de pulsos electroquímicos llamados potenciales de acción. Duran menos de un milisegundo, pero ahí tiene que estar codificada tu personalidad, tus recuerdos de la infancia, tus proyectos de futuro, tus deseos... Algunas neuronas emiten potenciales de acción de forma continua, normalmente variando su frecuencia, mientras que otras neuronas están en reposo la mayor parte del tiempo, y solo en ocasiones se ponen a soltar trenes de descargas. Es su momento. Creemos que una neurona so-

Estudiar las conexiones cerebrales permitirá comprender cómo soñamos o tenemos conciencia

la no hace nada, sino que funciona como parte de circuitos, pequeñas redes que están conectadas por sinapsis, esto es, puntos de comunicación entre dos células nerviosas donde existe proximidad, pero no continuidad. Los circuitos codifican palabras, imágenes u olores, pero apenas conocemos cómo lo hacen. Sí sabemos que una misma neurona puede formar parte de varios circuitos, y por eso recordamos y aprendemos por asociación, porque un recuerdo estimula otros recuerdos, un dato arrastra otros datos, un circuito activa otros circuitos.

EL ESTUDIO DE LAS CONEXIONES DEL CEREBRO ES LO QUE SE CONOCE como conectoma. Hoy hay en marcha varios proyectos del conectoma humano, una tarea más compleja que la operación Genoma Humano. Su objetivo es cartografiar las conexiones que tienen que ser la base de la función cerebral. Entender esos patrones de cableado, tanto los que son comunes a todas las personas como los que son específicos de cada individuo, nos puede ayudar a dar ese salto –que hasta ahora hemos sido incapaces de conseguir– para pasar de señales eléctricas a pensamientos, sentimientos y comportamientos.

Los primeros estudios del conectoma han divergido. Al principio se estudiaba el cerebro de voluntarios de entre 22 y 35 años. El Lifespan

Connectome ha ampliado a nuevos grupos de cerebro a cinco años, de cinco a veintiuno, y de treinta a más de noventa. Es necesario porque nuestros sesos no para de cambiar. Nuevos mapas intentan ver los cambios en personas con la enfermedad de Alzheimer, con pérdida de visión, con epilepsia, con ansiedad y depresión, con psicosis temprana, con demencia, con degeneración frontotemporal. Otra vez creemos que para entender estas enfermedades necesitamos saber qué ha pasado con las neuronas, qué ha pasado sobre todo con las conexiones cerebrales. Ahí también estudiamos la conciencia, el sueño, la inteligencia o la percepción; intentamos entender cómo el cerebro realiza sus funciones y construye sus productos, cómo nos ayuda, como decía Hipócrates, a interpretar el mundo.

PERO UNA DE LAS DIFICULTADES ES QUE ESAS CONEXIONES no son estables, no son fijas. Nuestro cerebro genera nuevas células todos los días de nuestra vida, y esas células se conectan con otras preexistentes. Cajal vio que la transmisión de la información neuronal no discurría en todas direcciones, sino que era unidireccional. Las dendritas actuaban como antenas que recibían los contactos de otras neuronas, y el cuerpo celular procesaba toda esa información y emitía una respuesta única que discurría a lo largo del axón. La electricidad viajaba a una velocidad relativamente rápida, de entre diez y cien metros por segundo, dependiendo del diámetro del axón, pero al llegar al extremo, el salto se producía por la liberación de sustancias químicas, algo mucho más lento. Y esas conexiones están en cambio continuo, modeladas por la experiencia, por el aprendizaje, por las hormonas, en definitiva, por la vida. En la corteza cerebral del ratón se calcula que el recambio de conexiones es del 7% cada semana; es decir, cientos de miles de sinapsis desaparecen y otras nuevas se crean cada día. Un proceso sometido a las hormonas, y, por lo tanto, cambiante a lo largo del ciclo menstrual. Es ahí, en nuestro cerebro, donde están nuestras creencias religiosas, nuestras preferencias sexuales, nuestras opiniones políticas, todo aquello que nos define e identifica. Sí, tú eres tu cerebro.

Muchas de las cosas que hace este órgano nos parecen un derroche absoluto. Generar miles de



Manifestación en Portland (EE. UU.) en 2018 a favor de que el Gobierno siguiera apoyando la Iniciativa Brain, que consiste en estudiar la actividad de cada neurona humana.



Distribución de las conexiones neuronales de la materia gris. La imagen fue confeccionada mediante una técnica 3D llamada imágenes de espectro de difusión (DSI) por científicos del proyecto Conectoma Humano.

millones de neuronas para luego ordenar que la mayoría se destruyan por apoptosis. Fabricar un millón de conexiones por segundo y luego dejar que la microglía devore aquellas que sean poco activas, una tarea que también se hace por millones. El cerebro es energéticamente caro. Pesa aproximadamente el 2 % de nuestro cuerpo, pero gasta el 20 % de nuestra energía, aunque su calcula que su potencia total apenas alcanza los veinte vatios. Eso en los adultos, porque en un niño de dos o tres años, el 60% de las calorías que ha ingerido se van a formar cerebro. Por eso duermen tanto, porque los tiene exhaustos y por eso nos asombran los avances de cada semana que logra el cerebro infantil: agarrar cosas, reconocer gente, ampliar su vocabulario, juzgar situaciones,

buscar explicaciones, expresar sentimientos, sumar, imaginar que una caja es un camión y un plátano una pistola. De nuevo el cerebro creando mundos, yendo de la realidad a la imaginación y vuelta, previendo constantemente cómo va a ser el mundo que vendrá. Y eso lo hace un sistema nervioso que no para de cambiar.

EL CEREBRO ES TAMBIÉN CONTRADICTORIO. ES NUESTRO VIGÍA DEL MUNDO que nos rodea y, sin embargo, vive encerrado en un mundo oscuro y estable, envuelto en sucesivas capas de protección: cuero cabelludo, cráneo, meninges, líquido cefalorraquídeo. Nos habla de las plumas de las aves, del olor de los perfumes, del tacto de una piel. Y lo único que ha recibido

→

ACE Tomada con microscopio electrónico, en esta imagen se puede ver cómo las neuronas –esferas verdes– se comunican entre sí mediante filamentos llamados axones. Las estructuras naranjas son células gliales, que dan soporte y protección a las neuronas.





Un milímetro cúbico de la corteza podría guardar todas las películas hechas en la historia del cine

realmente son pequeñas descargas eléctricas procedentes de otras células. Controla una sensación poderosa como el dolor, pero no lo siente, no tiene receptores para esta sensación. Es el cuartel general de la defensa, pero también la única zona donde no hay rechazo; podrían trasladarnos neuronas de otra especie y el cerebro las asumiría, probablemente porque las inmunoglobulinas no atraviesan la barrera hematoencefálica. Es el lugar de lo diminuto y lo enorme. Un milímetro cúbico de corteza cerebral puede almacenar 2000 terabytes de información, suficiente para guardar todas las películas hechas en la historia del cine. Todo el cerebro, pero un único cerebro, podría almacenar unos doscientos exabytes de información, comparable a todo el contenido digital del mundo actual.

Trabaja veinticuatro horas al día, pero durante un tercio de la vida nos deja *tirados*, tumbados en una cama o en el suelo, indefensos, mientras ejecuta labores de mantenimiento, limpia los restos de la actividad cotidiana, clasifica las experiencias y se prepara para el día siguiente. Dormir es más necesario para nuestro cuerpo que beber o comer, porque el cerebro es exigente. Es quien nos informa de peligros y oportunidades y, al mismo tiempo, nos engaña continuamente. Incorpora memorias que nunca sucedieron; lo usamos para obtener información pero nos priva de la mayor parte. Es necesario: los ojos le mandan cien mil millones de imágenes por segundo y el oído, el olfato, los receptores de la piel... Ninguna máquina soportaría tal avalancha de datos ni la sabría filtrar con tanta calidad, tanta rapidez y tanta eficacia.

OTRA COSA SORPRENDENTE DEL CEREBRO HUMANO ES SU CAPACIDAD PLÁSTICA. Durante mucho tiempo pensamos que sumar neuronas solo podía suceder en la infancia, pero ahora sabemos que ocurre también en la vida adulta; de hecho, hasta el último día de nuestra existencia. Al principio los cambios son explosivos: un niño de dos años tiene 200 000 millones de neuronas, casi el triple que un adulto, pero muchas de ellas serán destruidas por no haber formado conexiones apropiadas. Se cree que no podemos recordar nada de nuestros primeros años porque el cerebro está en constante reorganización. Brote y poda continua de células, de

prolongaciones y de conexiones. A lo largo de la vida las experiencias cambian nuestra estructura cerebral. Un estudio realizado por científicos alemanes en la India vio que al enseñar a leer y a escribir a personas de entre cuarenta y sesenta años las conexiones encefálicas de estas cambiaban llamativamente. Por tanto, incluso el cerebro adulto es capaz de una potente reorganización tras un nuevo aprendizaje, con algo tan maravilloso como es salir del analfabetismo. Y esos cambios, más graduales, nos afectan en nuestra cotidianidad. Todos nosotros somos conscientes de que hemos cambiado mucho a lo largo de la vida, aunque nuestro error más común es pensar que la versión actual, ese yo que ahora lee estas líneas, es la definitiva. Para bien y para mal, no es así, y seguiremos cambiando, modificando nuestro cerebro, convirtiéndonos en otros, que también seremos nosotros.

NOS QUEDA MUCHO POR ESTUDIAR. HEMOS ANALIZADO MUCHO y bien los componentes cerebrales. Sabemos de sus moléculas, hemos aprendido que los transmisores eran mucho más numerosos y variados de lo que pensábamos. No solo pequeñas aminas o aminoácidos o péptidos, también vimos que gases, como el óxido nítrico y el monóxido de carbono, permitían la difusión de la información, que esta atravesase libremente las membranas y se mueva de la neurona postsináptica a la presináptica. Identificamos los receptores y vimos que una misma molécula podía generar diferentes efectos al interactuar con distintas proteínas. También entendimos cómo funcionaban las drogas al interactuar con estos receptores y generar efectos cerebrales de una intensidad inusitada. Pero dicho de una forma clara: sabemos cuáles son los componentes de la máquina, pero no cómo funciona.

Una parte del esfuerzo para entender el cerebro tendrá que ser desterrar los errores, algunos de los cuáles están tan instalados entre nosotros que parecen verdades demostradas. Parte de estos neuromitos son de todos conocidos: decir que solo usamos el 10 % del cerebro, que un mayor desarrollo del hemisferio derecho se corresponde con personas más creativas, que el embarazo produce una especie de daño cerebral o que los niños encajan en diferentes

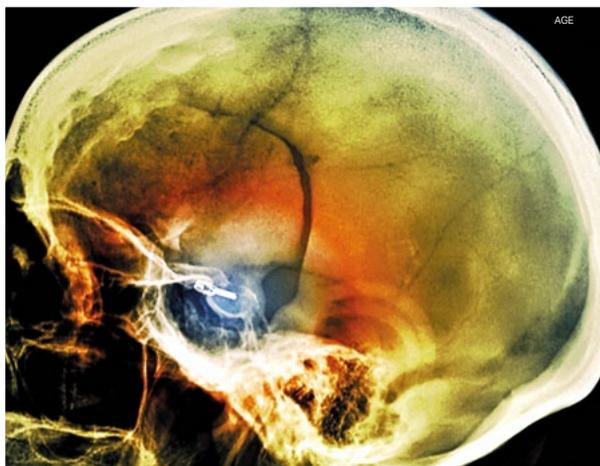


Hoy, lo ‘neuro’ se ha convertido en moda: hay cursos de neuroeducación, neuropolítica, neurofútbol...

estilos de aprendizaje. Otros neuromitos comunes sugieren que tenemos una neurona que dispara cuando pensamos en alguien famoso –Jennifer Anniston fue el primer ejemplo–, que los zurdos son más creativos o más introvertidos, que tenemos cinco sentidos o que percibimos el mundo como realmente es. El estudio de estas ideas falsas constituyen, por un lado, una cura de humildad, porque todos creemos en unas cuantas y, por otro, nos hacen sentir que la neurociencia real es mucho más fascinante. ¿No es más sugerente que repetir los cinco sen-

tidos propuestos por Aristóteles que la ciencia moderna nos diga que más probablemente sean entre quince y treinta, incluidas modalidades sensoriales específicas para el equilibrio, el calor, el dolor o el paso del tiempo?

Al mismo tiempo, lo *neuro* se ha puesto de moda. Hay centros, revistas y másteres especializados en neuroeducación, neuroeconomía, neurojusticia, neuropolítica o neurohistoria. No solo eso: hay cursos también sobre neurosexo o neurofútbol, dos temas que generan pasión y dinero. Algunos piensan que el



El tomógrafo axial computerizado (TAC) explora los órganos desde distintos ángulos mediante rayos X, y se emplean habitualmente para diagnosticar enfermedades o lesiones cerebrales. Arriba, TAC coloreado donde se puede observar el clip que se ha insertado a un paciente con aneurisma. Su finalidad es evitar que se rompa el vaso sanguíneo y produzca una hemorragia con consecuencias fatales.

prefijo *neuro* es solo una herramienta de marketing, una estrategia comercial como fueron los productos *eco* o *bio*. Otros, por el contrario, creen que el estudio del cerebro nos permitirá un salto hacia adelante en nuestra comprensión del mundo, en cómo aprender mejor, en entender por qué compramos un automóvil y de una marca determinada o votamos a un candidato, en por qué algunas personas tienen una tendencia hacia el crimen y otros hacia la fe. ¡Y si llega a haber profesionales del neurofútbol, lo que es seguro es que estarán bien pagados!

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, LAS MODERNAS TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN nos han permitido tener una ventana no invasiva al cerebro en funcionamiento. Sabemos qué zonas se activan en una tarea determinada, pero es mucho más lo que ignoramos. ¿Qué es esa voz interior que nos guía o nos atormenta? ¿Por qué tomamos una decisión y no otra? ¿Existe el libre albedrío? ¿Conoceremos la base de la conciencia? Las técnicas de resonancia magnética nos permitieron un detalle anatómico bastante decente y la tomografía por emisión de positrones (PET) y la resonancia magnética funcional nos permitieron distinguir qué zonas se activaban en una tarea determinada. Y sin embargo, este procedimiento no ha dado los frutos esperados. Nuestro conocimiento detallado sobre sinapsis y transmisores no explica gran cosa sobre cómo surgen los sentimientos, los pensamientos y las conductas. Hemos pensado

que la memoria sería la piedra Rosetta. El científico estadounidense Eric Kandel supo desentrañar cómo un molusco aprende y recuerda, pero nos sigue faltando ese puente, algo que nos acerque a conectar los componentes del cerebro con entender cómo funciona ese órgano. Hay quien piensa que estamos equivocados, que es como si para comprender cómo funciona un ordenador lo cortáramos en lonchas con una motosierra y pretendiésemos entender cómo integran los datos la CPU viendo sus fragmentos.

OTRO PROBLEMA SON LAS ENFERMEDADES QUE AFECTAN al cerebro, algunas de las más devastadoras y prevalentes que sufre el ser humano. El año pasado, la Agencia de Medicamentos y Alimentación norteamericana (FDA) aprobó un fármaco contra la depresión: la esketamina. Llevábamos cincuenta años sin ningún nuevo avance farmacológico contra una dolencia que afecta cada año a un 3% de la población mundial, a unos 215 millones de personas. Y apenas tenemos nada contra el alzhéimer, la esquizofrenia, el párkinson, la esclerosis múltiple o el autismo. Por poner un ejemplo, sabemos mucho sobre la acetilcolina o la β -amiloide, dos sustancias implicadas en el alzhéimer, o sobre su riesgo, pero no sabemos por qué en algunos casos el mal se pone en marcha y otras no. Durante milenios consideramos a la epilepsia una enfermedad sagrada, porque en un ataque la persona afectada parecía ser poseída, pero no sabemos cuál es su causa, por qué un 30% de los casos no responden a la medicación o cómo prevenirla. La mayoría de los neurofármacos se descubrieron por casualidad, y tenemos una carencia estructural, temible, de tratamientos eficaces.

Todo el mundo científico piensa que el siglo XXI será el siglo del cerebro. Las grandes estructuras y los países más potentes han puesto en marcha grandes proyectos. La Iniciativa Brain de Estados Unidos, diseñada para registrar la actividad de cada neurona; y el Blue Brain Project, dirigido a la creación de un modelo del cerebro humano a nivel molecular que permita hacer ingeniería inversa a partir del comportamiento, son dos buenos ejemplos.

No sabemos a dónde llegaremos. Las representaciones gráficas de nuestra evolución siempre muestran un grupo de seres, cada vez más erguidos, avanzando. Cuando veamos esos exploradores recordemos lo que dijo Thomas A. Edison: “La principal función del cuerpo humano es llevar el cerebro de un lado a otro”. Ese es el verdadero explorador. ■

La emergencia del cerebro humano

Es el órgano que nos diferencia del resto de los animales, una masa de neuronas y redes nerviosas que se cobra un alto precio –consume una enorme cantidad de energía–, pero que nos brinda un potencial único. ¿Cómo ha evolucionado hasta ser lo que es?

POR XURXO MARIÑO
Biólogo especializado en neurofisiología,
divulgador científico y escritor.



Tu encéfalo es enorme y caro. Comparada con el resto del cuerpo, la masa de células que proteges dentro del cráneo ocupa un volumen de unos 1200 centímetros cúbicos y pesa alrededor de 1300 gramos, que es aproximadamente un 2% de tu peso total. Puede parecer poco, pero, sin embargo, ningún otro animal tiene un encéfalo similar. Para que te hagas una idea de lo que esto significa, un chimpancé, que es nuestro pariente vivo más cercano desde el punto de vista evolutivo, dispone de una masa encefálica que supone un 0,6% de su peso corporal, y en una ballena azul el valor es de 0,007%. Los *Homo sapiens* somos animales cabezones o, mejor dicho, muy encefalizados.

Y, COMO DECÍA, EL ENCÉFALO TAMBIÉN ES CARO. Las neuronas, que son las células que mueven esa máquina, consumen mucha energía, nada menos que el 20% de todo lo que comes. Tienen que existir razones evolutivas poderosas para que se haya desarrollado un cerebro, que es la región más voluminosa y reciente del encéfalo, tan costoso como el de los humanos modernos. Cada especie animal está adaptada a unas circunstancias particulares y posee un sistema nervioso con el que gestiona de manera más o menos eficaz su comportamiento. El caso de los seres humanos es especial, ya que el devenir evolutivo ha dado lugar a organismos que invierten mucho esfuerzo en alimentar una cantidad enorme de voraces neuronas. Nuestra supervivencia no tiene su base en la fuerza física o en un metabolismo de bajo consumo, sino en las capacidades mentales. En los últimos 300 000 años, los humanos

GETTY

modernos hemos conquistado el planeta a una velocidad de vértigo, ya que, para adaptarnos a las circunstancias cambiantes de cada época o región, no hemos tenido que esperar a que se produjeran ajustes genéticos debidos a la selección natural, sino que lo que ha ocurrido es una adaptación mental que llamamos cultura. ¿Cómo hemos llegado hasta aquí?, ¿cuáles han sido las circunstancias evolutivas que han generado nuestro cerebro grande, caro y tan particular?

Los animales tienen sistema nervioso porque necesitan mover músculos y así generar un comportamiento que les permita sobrevivir un tiempo y reproducirse. Esta es la razón esencial de la existencia de todos los cerebros. Con los órganos sensoriales se capta información del mundo circundante, que es entonces utilizada por las redes neuronales para decidir qué músculos conviene contraer en cada momento.

Los animales funcionan de maravilla con este sistema, no hay más que mirar alrededor y maravillarse con la enorme cantidad de especies distintas. El tamaño del sistema nervioso y, en concreto, de su centro principal de control, el encéfalo, está directamente relacionado con el del organismo: cuanto mayor sea el cuerpo, mayor va a ser también el encéfalo, ya que se necesitan más neuronas para gestionar todas las fibras musculares.

LOS CIENTÍFICOS TIENEN UNA FORMA SENCILLA DE HACERSE UNA IDEA del tamaño que tiene un encéfalo con relación al cuerpo: se llama cociente de encefalización (CE). En un animal, digamos, estándar, el CE es 1. Muchos carnívoros, como por ejemplo los gatos, poseen un CE de alrededor de 1, lo cual quiere decir que

Unos 160 000 kilómetros de fibras (cuatro veces la circunferencia de la Tierra) unen las distintas áreas del cerebro humano. Es un dato que ilustra la complejidad de este órgano, producto de una evolución de decenas de millones de años.



⇒

el tamaño de su encéfalo se corresponde con lo que se espera para su tamaño corporal. Si, por ejemplo, observamos un CE menor que 1, como ocurre en las ratas, que tienen un CE en torno al 0,4, lo que nos indica este valor es que esos animales poseen un encéfalo de menor tamaño de lo esperado (esto no ha de interpretarse como una desventaja, ni mucho menos, ya que esos seres sobreviven bien gastando menos energía de la esperada). Si, por el contrario, el valor del CE es superior a 1, estamos ante una criatura que, por alguna razón, tiene un encéfalo más grande de lo que en principio sería necesario para mover sus músculos. Dentro de nuestra gran familia de primates antropoides, todas las especies estudiadas presentan coeficientes de encefalización superiores a 1. Los gorilas, por ejemplo, llegan a un CE de 1,3, y los chimpancés alcanzan valores de 2,5. ¿Para qué sirve entonces ese supuesto exceso de neuronas?

Debe de haber una razón importante, ya que, como hemos visto, las neuronas son energéticamente muy caras y hay que alimentarlas. En los antropoides, la razón principal parece ser una

conducta social compleja y flexible, acompañada de una buena memoria procedimental –motora– y un control preciso de algunos músculos. Pues bien, los humanos modernos tenemos un CE de, agárrate, al menos 6, que es con diferencia el valor más alto de entre todos los animales. ¿Disponemos de un cerebro por encima de nuestras posibilidades? No, lo que tenemos es un cerebro repleto de potencialidades.

NUESTROS ANTEPASADOS PRIMATES AN-TROPOIDES DE HACE 40 MILLONES DE AÑOS

ya apuntaban maneras y lucían CE superiores a 2. Tenían cerebros con un neocórtex inusualmente grande. Recordemos que el neocórtex es la capa superficial y con multitud de pliegues que tapiza los dos hemisferios cerebrales, y constituye la región evolutivamente más joven del cerebro. La razón de este incremento de neuronas en los antropoides ancestrales puede explicarse si atendemos a su forma de vida: eran arborícolas, como muchos primates actuales, y se movían entre las ramas en busca de frutas, hojas e insectos. Poseían manos –y

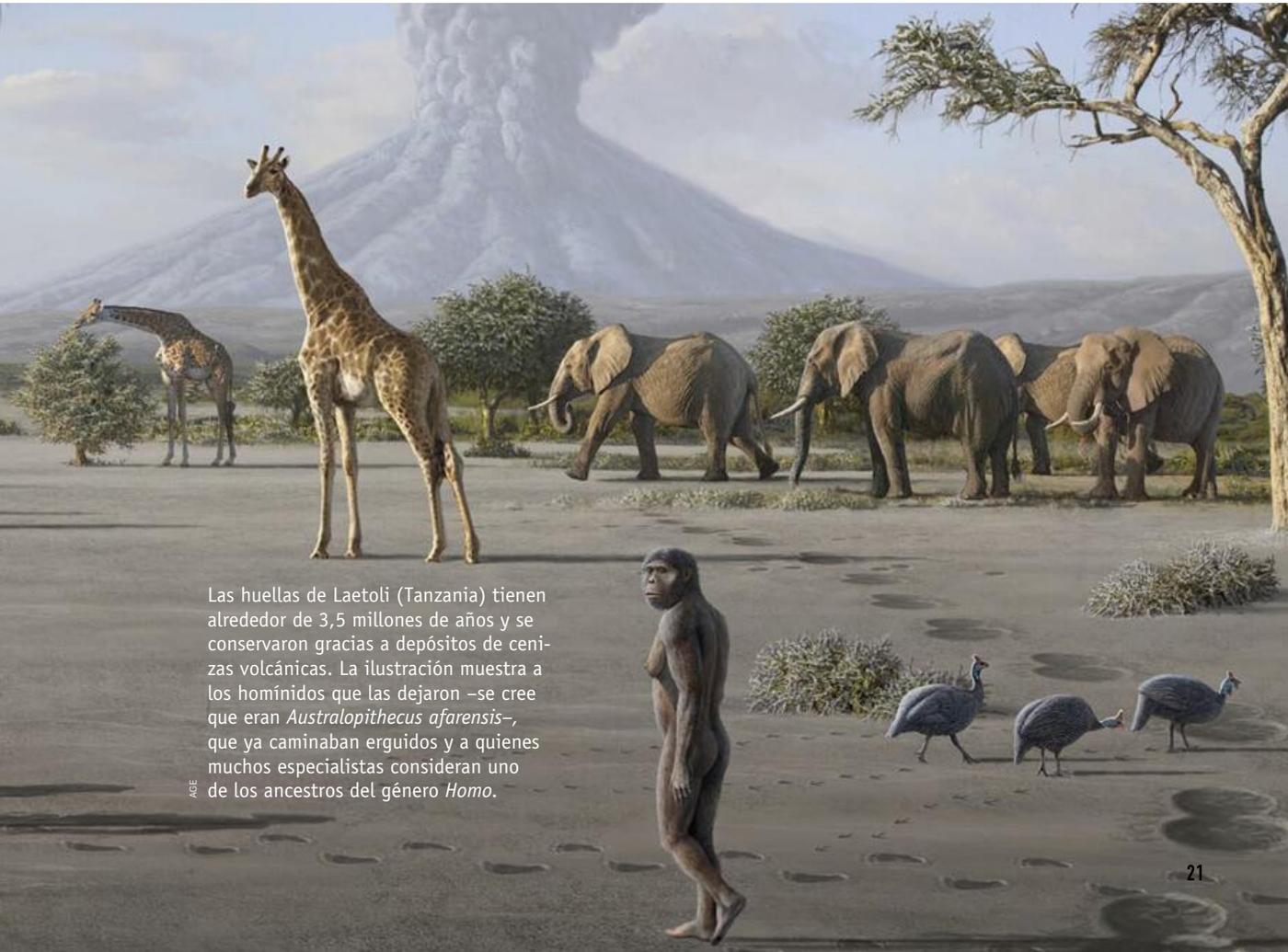




ARCHIVE COLLECTION

Xurxo Mariño (Lugo, 1969), autor de este texto, publicará a finales de año *La conquista del lenguaje*, un libro en el que indaga en el surgimiento y evolución de la mente simbólica, que define a la naturaleza humana y constituye quizá nuestra mayor diferencia con los animales.

Al bajar de los árboles y empezar a caminar erguidos, nuestros ancestros ganaron nuevas habilidades cognitivas



Las huellas de Laetoli (Tanzania) tienen alrededor de 3,5 millones de años y se conservaron gracias a depósitos de cenizas volcánicas. La ilustración muestra a los homínidos que las dejaron –se cree que eran *Australopithecus afarensis*–, que ya caminaban erguidos y a quienes muchos especialistas consideran uno de los ancestros del género *Homo*.

AGE

Los humanos somos muy buenos reconociendo rostros y expresiones, porque lo necesitamos para vivir en grupos complejos

pies- con la capacidad de agarrar, algo que resulta extremadamente útil tanto para moverse por los árboles como para manipular el alimento; y tenían, además, visión estereoscópica, es decir, visión en 3D, debido a sus ojos frontales con campos visuales que se superponen. A estas innovaciones evolutivas se les unió una muy importante: la formación de grupos sociales cada vez más complejos, lo cual explica que se volvieron especialmente diestros en el reconocimiento de caras y sus expresiones, una importante característica de nuestro linaje, ya que permite refinar y aumentar la capacidad de comunicación y el comportamiento social.

LAS ADAPTACIONES EVOLUTIVAS REQUIEREN, POR SUPUESTO, de la maquinaria cerebral adecuada, y en este caso todo indica que las modificaciones más importantes para la vida de los primates ancestrales se debieron al neocórtex. Esta región se halla implicada en muchas de esas innovaciones; por ejemplo, en el control fino y voluntario de las extremidades -sobre todo de las manos-, en la especial sensibilidad táctil de los dedos, en el control de los músculos de la cara y, de manera especial, en la toma consciente de decisiones para producir un comportamiento flexible y adecuado a cada situación. Esto último está gestionado en gran medida por una sección del neocórtex exclusiva de los primates: la corteza prefrontal lateral. Para algunos investigadores, en la evolución humana se ha producido un crecimiento desproporcionado de esta región.

HACE UNOS SIETE MILLONES DE AÑOS LA HISTORIA EVOLUTIVA de los primates dio un giro sorprendente y que para nosotros resultó trascendental, y es que algunos de nuestros ancestros incluyeron una extraña costumbre dentro de su catálogo de habilidades: bajar de los árboles, al menos durante un tiempo, y desplazarse erguidos caminando sobre dos patas. Las especies que continuaron con esta op-



ción evolutiva forman el grupo de los homínidos, al cual pertenecen también *Homo sapiens* y todos nuestros ancestros del género *Homo*. Entre los homínidos ancestrales hay especies, como *Sahelanthropus tchadensis* y *Ardipithecus ramidus*, que tenían un volumen cerebral de unos 350 cm³ y un CE de 2,5. Aunque puede parecer poca cosa, la adopción del bipedismo abrió unas puertas inmensas tanto a la diversidad de comportamientos como al desarrollo de nuevas habilidades cognitivas. Por una parte, la dieta se amplió con la inclusión de semillas y raíces en el menú, lo cual siempre viene bien.



El cráneo de la izquierda corresponde a un *Homo neanderthalensis* que vivió hace unos 70 000 años en lo que hoy es el sur de Francia. El de la derecha, a un *Homo sapiens* que se buscó la vida en el mismo lugar 40 milenios después. Antes se tenía a los neandertales por primitivos, pero hoy sabemos que poseían habilidades cognitivas muy desarrolladas.

Además, la postura erguida que va asociada al bipedismo permite elevarse por encima de la hierba para otear el horizonte y detectar tanto fuentes de alimento como enemigos; o atravesar caminando –si no sabes nadar– un pantano o un río poco profundo. Pero, con diferencia, la ventaja que probablemente trajo las consecuencias evolutivas más importantes estaba en las manos, porque el bipedismo deja las manos libres para hacer multitud de cosas.

Un animal bípedo que además posee manos prensiles puede transportar cómodamente todo tipo de cosas de un lado para otro: alimentos, ramas, los propios hijos o un congénere que no puede valerse por sí mismo. Antes, todo esto se hacía casi siempre con los dientes, pero ahora las posibilidades eran enormes. Las manos libres sirven también para comunicarse mediante gestos y, desde luego, para utilizar ramas u otros objetos como herramientas y así

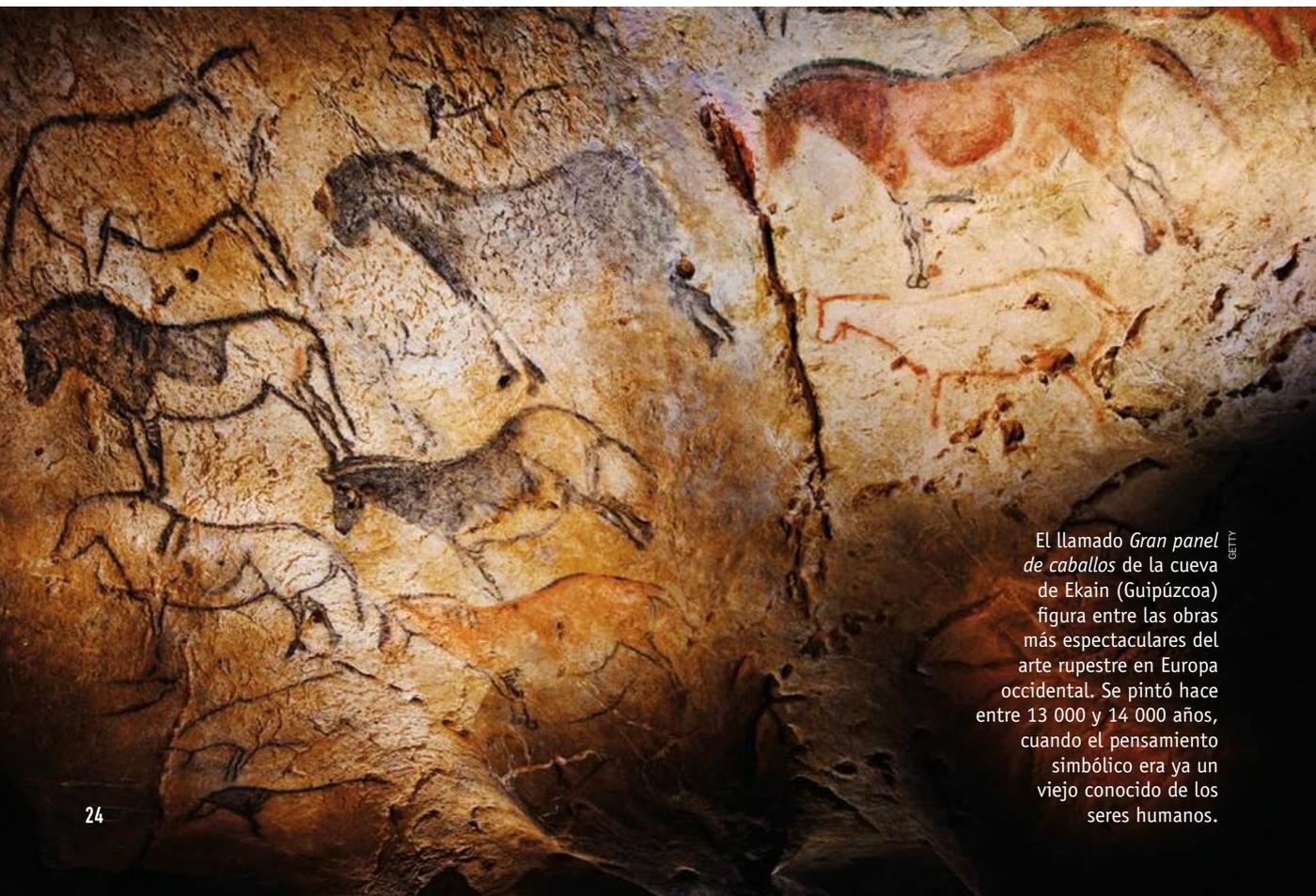
obtener miel o termitas para alimentarse. Los homínidos ancestrales que dispusieran en su neocórtex de neuronas suficientes para refinar el control motor de sus extremidades anteriores contarían con una clara ventaja evolutiva. Además, la vida en sociedad, que se hacía cada vez más patente en nuestros ancestros, también se vería beneficiada por un neocórtex con neuronas especializadas en el control voluntario de los músculos de la cara. Los gestos faciales y las miradas se hicieron cada vez más importantes y muchos de ellos pasaron de ser respuestas automáticas a estar controladas por la mente consciente.

ESTAS NOVEDADES EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS HOMÍNIDOS ANCESTRALES echaron mano de las neuronas de un neocórtex que ya mostraba síntomas de hipertrofia, pero que durante un tiempo tampoco fue mucho más allá. Durante un largo período, desde hace unos 7 millones de años hasta hace unos 2,5 millones de años, no se produjeron en la evolución del cerebro episodios destacados de encefalización. El tamaño encefálico de los individuos de géneros como *Australopithecus* y *Paranthropus* se mantuvo entre los 350 cm³ y los 500 cm³. La ausen-

cia de modificaciones sustanciales en el cerebro durante ese largo período pudo deberse al factor limitante que ejercía la dieta, esencialmente herbívora y bastante pobre desde el punto de vista energético. Esa alimentación, además, obligaba a tener tractos digestivos largos para su procesamiento, que consumen a su vez muchos recursos.

PERO TODO CAMBIÓ HACE UNOS TRES MILLONES DE AÑOS, cuando las manos y el cerebro encontraron una útil y succulenta función nueva: romper piedras para, de ese modo, obtener herramientas con un filo cortante. Este en apariencia sencillo descubrimiento permitió el acceso a un nuevo tipo de alimento, mucho más rico energéticamente: la carne. Hay que pensar que a un primate que no tenga más herramientas que las de su cuerpo –principalmente uñas y dientes–, le resulta casi imposible o muy complicado romper el cuero duro de la piel de los herbívoros. Pero con una simple piedra que corta, de repente todo se simplifica.

La dieta pasó de este modo a tener un aporte de carne que, según parece, no procedía de la caza, sino del carroñeo. Las herramientas de piedra más antiguas que se han encontrado hasta el momento tienen 3,3 millones de años



El llamado *Gran panel de caballos* de la cueva de Ekain (Guipúzcoa) figura entre las obras más espectaculares del arte rupestre en Europa occidental. Se pintó hace entre 13 000 y 14 000 años, cuando el pensamiento simbólico era ya un viejo conocido de los seres humanos.

y se desconoce qué especie las hizo, aunque pudo ser obra de *Australopithecus afarensis*. Con todo, aún tuvimos que esperar un millón de años más para que, con la aparición de la llamada industria lítica olduvayense, las piedras con filo pasaran a formar parte habitual del utillaje. Se trataba todavía de útiles muy sencillos, sin mayor elaboración que la de conseguir un borde afilado tras extraer una lasca.

CON EL USO DE HERRAMIENTAS Y EL ACCESO A LA CARNE nuestros ancestros de aquella época entraron en una espiral de realimentación que afectó de forma directa a la estructura cerebral. Aunque no se sabe qué fue primero, si los cambios en el cerebro o las nuevas habilidades manuales, lo que parece claro es que el uso de una dieta más energética, junto con el acortamiento que se produjo en la longitud del tracto digestivo, levantó el pie del freno que impedía un aumento en el número de neuronas y sus conexiones. Hace 2,4 millones de años aparece en el registro fósil un homínido dotado de un volumen encefálico de 600 cm³. Un cambio notable que, junto a la existencia de herramientas olduvayenses, llevó a los científicos a proponer que esa especie debería de considerarse humana: por ello la bautizaron como *Homo habilis*.

SI INTRODUCIMOS EN LA OLLA EVOLUTIVA UN ENCÉFALO DE BUEN TAMAÑO, un desplazamiento bípedo, una dieta rica en proteínas y grasa animal, un tracto digestivo corto, unas manos hábiles y precisas, una vida social compleja y un entorno exigente, y agitamos durante medio millón de años, el resultado es una criatura con un encéfalo de 800 cm³ o incluso más y con la capacidad de conquistar medio planeta. Su nombre es *Homo erectus* (o, también, *Homo ergaster*, en su versión exclusivamente africana) y sus fósiles más antiguos tienen 1,8 millones de años. Por lo que parece, todas esas innovaciones fisiológicas y de comportamiento permitieron –o fomentaron– la explosión de un encéfalo ya claramente humano que, a su vez, permitiría darle más vueltas a la espiral de innovación.

Homo erectus/ergaster es la especie artífice de la creación tecnológica con más éxito en

toda la historia humana: el hacha de mano con simetría bifacial, que forma parte de la llamada industria lítica achelense. En este caso no se trata de una simple piedra quebrada, sino que sobre ella se ha empleado un proceso de talla que requiere una especial destreza manual y mental. Nuestros antecesores humanos de distintas especies se dedicaron a elaborar bifaces achelenses durante nada menos que un millón de años, desde hace aproximadamente 1,75 millones de años hasta hace tan solo 250 000 años. Nunca ningún otro objeto elaborado por los humanos ha gozado de tanto éxito.

EL VOLUMEN ENCEFÁLICO DE *HOMO ERECTUS* ERA MÁS DEL DOBLE que el de los primeros homínidos, un aumento de tamaño que refleja tanto un incremento en el número de neuronas como la creación de conexiones y redes neuronales nuevas. ¿De qué neuronas estamos hablando y para qué se utilizaban? Una parte sustancial de ese aumento

de tejido nervioso se debió simplemente a un mayor tamaño corporal, pero hubo también redes neuronales, sobre todo en el neocórtex, que se desarrollaron como consecuencia de las nuevas tareas cognitivas

y destrezas manuales. Estos circuitos y habilidades forman parte hoy de nuestro repertorio habitual. En las cortezas motora y premotora del lóbulo frontal, que gestionan los movimientos voluntarios, muchas de sus neuronas se encargaron del control preciso de las manos que se requiere para elaborar herramientas achelenses. Esas tareas manuales no se aprendían *de novo* todos los días, sino que se producía un aprendizaje que quedaba almacenado en la llamada memoria procedimental, una memoria que también vio incrementado el trabajo que se le asignaba y de la cual se encargan tanto el cerebelo como los ganglios basales.

Otra región cerebral clave que mostró un incremento de tamaño es la corteza prefrontal. Sus circuitos son esenciales para generar una mente flexible y *racional* que no funciona de manera mecánica, sino que es capaz de tomar decisiones adecuadas a las distintas circunstancias. Para que esta toma consciente de decisiones funcione es necesario poseer una cierta memoria autobiográfica, que permita contrastar el conocimiento pasado con la información

Sin el incremento de tamaño de la corteza prefrontal no habría surgido una mente flexible

→

que se adquiere a cada instante. Esta memoria autobiográfica requiere también de neuronas, que en este caso se encuentran distribuidas por todo el neocórtex. Y todavía hay un elemento más, muy importante, que para algunos investigadores tuvo una importancia crucial en el desarrollo de los primeros *Homo*: la memoria de trabajo. Se trata de la memoria que utilizamos para traer a la mente ideas o hechos tanto pasados como actuales y, con ellos, elaborar planes de acción. Todos usamos continuamente la memoria de trabajo, y podemos exprimirla a fondo si tenemos que reflexionar sobre un movimiento de ajedrez o realizar una traducción simultánea. En este último ejemplo deben permanecer activos en la mente al menos tres elementos complejos: la frase que se acaba de escuchar en un idioma, la traducción de esa frase a otro idioma y la memoria de la frase que se está escuchando mientras se procesa lo anterior.

La memoria de trabajo no tiene una localización precisa y única en el encéfalo, pero los científicos tienen claro que para su gestión es imprescindible la corteza prefrontal. Los individuos de *Homo erectus* no jugaban al ajedrez, pero tallaban bifaces, y para ello es necesario poseer una idea mental de la forma que se le quiere dar al trozo de piedra y ejecutar con destreza los movimientos aprendidos, tareas en las que participan, entre otras regiones, las cortezas prefrontal y motora.

EN EL PENÚLTIMO CAPÍTULO DE NUESTRA HISTORIA ENTRA EN ESCENA *Homo heidelbergensis*. Esta especie continuó elaborando bifaces, pero no se quedó ahí. A sus habilidades añadió una importante novedad: la caza. En el yacimiento alemán de Schöningen se han encontrado lanzas de madera de hace unos 400 000 años, que se utilizarían a modo de picas para dar caza a grandes herbívoros. Los humanos pasaron de ser buscadores-recolectores carroñeros a ser cazadores-recolectores, y ello no solo requiere grupos numerosos de individuos, sino una buena coordinación entre ellos.

La emergencia de mentes capaces de gestionar una vida en sociedad cada vez más compleja, en donde la corteza prefrontal juega un importante papel, es una de las señas de identidad de nuestros antecesores más recientes. Los encéfalos de *Homo heidelbergensis* tenían una capacidad craneal media de unos 1200 cm³, ya dentro del rango de *Homo sapiens*. Según una de las propuestas más aceptadas de la paleoantropología actual, *Homo heidelbergensis* sería



el ancestro directo tanto de *Homo neanderthalensis*, en la actual Europa, como de nuestra propia especie, *Homo sapiens*, que se habría originado en África hace unos 300 000 años.

Nuestra especie no solo mantiene una prominente corteza prefrontal, sino que también luce unos abultados lóbulos parietales, que ocupan la parte cenital del cerebro y se encargan, entre otras funciones, del procesamiento somatosensorial (tacto, posición del cuerpo, etc.) y de la coordinación visuo-espacial. En los humanos modernos este crecimiento de los lóbulos parietales explica la forma globosa del cráneo.

LAS INNOVACIONES MÁS TRASCENDENTES Y DIFÍCILES DE EXPLICAR de la última etapa de la humanidad –y que nos diferencian hoy de todos los demás animales– fueron el pensamiento simbólico y el lenguaje. No está claro si otras especies próximas como los neandertales poseían estas capacidades, pero de lo que no hay duda es de que estas habilidades han sido la clave de nuestro impresionante desarrollo cultural

Nos hemos convertido en paradojas andantes: la imprescindible relación con nuestros congéneres se lleva a cabo cada vez más mediante dispositivos tecnológicos que nos aíslan a la par que nos conectan con cualquier punto del mundo.



El desarrollo del pensamiento simbólico y el lenguaje explican la especie hipersocial que somos

y tecnológico. Los elementos que dieron lugar a esa aleación se fueron forjando a lo largo de los dos últimos millones de años: un control motor voluntario de alta precisión –que, entre otras muchas cosas, permite exteriorizar el lenguaje mediante el habla–, redes neuronales que mantienen una gran capacidad de memoria –tanto de trabajo como procedimental y autobiográfica– y redes sociales que fomentan la innovación y la transmisión cultural.

AUNQUE, CON TODA PROBABILIDAD, NO TE CONOZCA E IGNORE los detalles de tu vida, tu aspecto o tus intereses, tengo sin embargo la certeza absoluta de que eres un individuo de la especie *Homo sapiens*. La razón es sencilla: no sabemos de ninguna otra criatura en el universo que posea la extraordinaria habilidad de la que estás haciendo uso ahora mismo para leer –o escuchar– y comprender un texto. Es más, tu

singularidad dentro del mundo animal incluye también una capacidad sin igual para almacenar dentro de tu memoria autobiográfica parte de las ideas o conceptos que estás asimilando mientras lees esto y, por si no fuera suficiente, posees además una habilidad única entre todas las especies para recuperar parte de esa memoria, reflexionar sobre el pasado y establecer planes de acción para el futuro.

Perteneces a una especie hipersocial que está formada en la actualidad por casi 8 000 millones de individuos y, con todo, eres una persona única e irrepetible. Incluso aunque tengas una hermana o hermano gemelo con tus mismos genes, tu encéfalo, la estructura que genera la mente y que es responsable de todas las características que acabo de comentar, es único, ya que la arquitectura fina de las neuronas y sus conexiones es distinta en todos los seres humanos que existen y han existido. ■



SHUTTERSTOCK El desarrollo de la neurociencia ha provocado que un gran número de investigadores busquen en el cerebro una nueva forma de entender la mente del ser humano. De momento hay muchas más preguntas que respuestas.

LA EXPLORACIÓN DE LOS MISTERIOS DEL YO

El galimatías de la consciencia

Hasta hace unas décadas, el estudio de la consciencia estaba reservado a los filósofos. Los avances en las técnicas de imagen médica han despertado el gusanillo de los neurocientíficos, que se están adentrando en un terreno tan fascinante como desconocido.

POR LAURA CHAPARRO

Periodista especializada en información científica

Durante siglos, la filosofía ha intentado responder a una de las preguntas más complejas que puede hacerse el ser humano: qué es la consciencia. El filósofo francés René Descartes (1596-1650) y otros muchos pensadores investigaron sobre ella, cada uno partidario de una teoría diferente. Han tenido que pasar cientos de años para que otra disciplina, la neurociencia, trate de resolver el rompecabezas. Gracias a las técnicas de imagen cerebral, hoy los científicos conocen un poco mejor cómo funciona este estado de la mente.

Como recuerda Mavi Sánchez-Vives, directora del grupo de Neurociencia de Sistemas en el Instituto de Investigaciones Biomédicas August Pi i Sunyer (IDIBAPS), en Barcelona, “el estudio de la consciencia fue casi un tabú hasta la década de 1990 en el área de las neurociencias, pues era considerado un tema limítrofe con la filosofía, el misticismo y el esoterismo”. Desde entonces, la búsqueda de sus bases cerebrales y el número de publicaciones científicas han aumentado de forma exponencial, y hoy despierta un gran interés.

“El término *consciencia* se ha usado de diferentes maneras, pero la investigación actual lo enfoca en su sentido más básico: tener cons-

ciencia es lo mismo que tener cualquier tipo de experiencia, como estar vivo y despierto, ver árboles y un cielo azul, oler el café, tocar la mesa, sentir calma o soñar”, afirma Johan Frederik Storm, profesor del Instituto de Ciencias Médicas Básicas de la Universidad de Oslo (Noruega).

EN CASTELLANO, LA SITUACIÓN SE COMPLICA PORQUE TENEMOS UNA PALABRA muy parecida, conciencia, que tendemos a intercambiar con la otra. Ambos significados son distintos: la conciencia tiene que ver con la moralidad y la capacidad de distinguir entre buenas y malas acciones, incluidas las de uno mismo; mientras que la consciencia se centra en tener experiencias.

Sin embargo, el *Diccionario de la lengua española* contribuye a esta confusión, y admite consciencia como sinónimo de conciencia en su quinta acepción: “capacidad de reconocer la realidad circundante”. El galimatías radica en su origen, puesto que ambas provienen de la palabra latina *conscientia*, que significa ‘conocimiento compartido’.

Dejando a un lado las cuestiones etimológicas, los científicos se centran en las raíces neurológicas de la consciencia, y ahí diferencian

Se estima que el 40 % de los pacientes en estado vegetativo podrían estar en realidad conscientes

entre el estado y el contenido. “La consciencia es lo que desaparece por la noche y vuelve por la mañana, y que se conoce como estados o niveles de consciencia. Pero también es lo que estás experimentando en cualquier momento, que es el contenido”, aclara Srivas Chennu, investigador en el Departamento de Neurociencias Clínicas de la Universidad de Cambridge (Reino Unido).

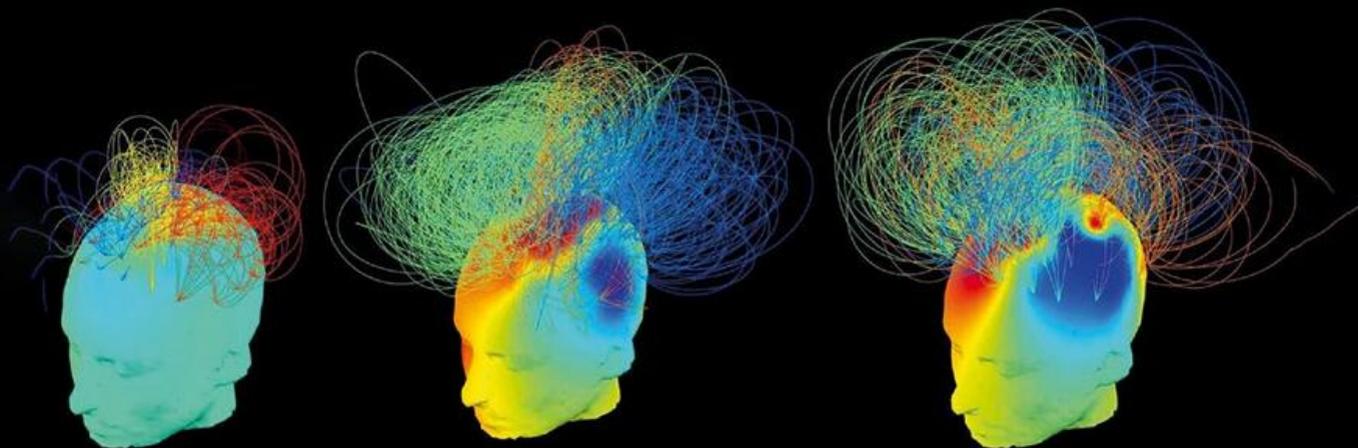
¿QUÉ OCURRE DURANTE EL SUEÑO? PARECE QUE ESTAMOS INCONSCIENTES, aunque el asunto no es tan simple. Como apunta Sadie Witkowski, investigadora en el Departamento de Psicología de la Universidad del Noroeste (EE. UU.), en los sueños surgen experiencias semiinconscientes, los llamados *sueños lúcidos*, en los que la persona es capaz de reconocer el sueño mientras está ocurriendo e incluso puede influir en su evolución. “Los diversos niveles de consciencia, tanto del yo como de la forma en que interactuamos con el mundo, determinan qué nivel de experiencia consciente estamos teniendo”, añade.

Para averiguar qué áreas cerebrales están involucradas en su funcionamiento, los científicos



Brian L. Edlow apuesta por escáneres cerebrales sofisticados para saber si un paciente en coma está consciente o no.

SRIVAS CHENNU / UNIVERSIDAD DE CAMBRIDGE



En la imagen, que pertenece a una investigación en la que participó Srivas Chennu en 2014, pueden observarse las redes cerebrales en dos pacientes que estaban, aparentemente, en el mismo estado vegetativo –a la izquierda y en el centro–. Se puede apreciar que, cuando a ambos se les pidió que se imaginaran jugando al tenis, la actividad neuronal del individuo del centro es muy similar a la de un adulto sano –a la derecha–. Estos resultados sugieren que personas que parecen no estar conscientes podrían desarrollar una actividad cerebral capaz de sustentar un pensamiento activo.

cos estudian imágenes cerebrales de personas sanas y las comparan con resonancias de pacientes con daño cerebral grave, que podrían tener esta capacidad mermada o anulada.

EL NEURÓLOGO BRIAN L. EDLOW TRATA A ESTOS PACIENTES. Tras su experiencia en hospitales, el médico alega que el examen neurológico presencial estándar que realiza un especialista cuando una persona ingresa con una lesión cerebral grave puede considerar a esta inconsciente cuando en realidad no lo está. “Estudios previos sugieren que estas limitaciones llevan a una tasa de clasificación del 40 % de pacientes inconscientes que realmente están conscien-

tes”, alerta Edlow, que dirige el Laboratorio de Neuroimagen de Coma y Consciencia del Hospital General de Massachusetts (EE. UU.).

Que el paciente no sea capaz de expresarse al hablar o escribir; que tenga debilidad en brazos y piernas y no pueda moverse en respuesta a una orden; que reciba medicamentos que lo sedan; o que el neurólogo interprete mal sus movimientos puede provocar que se le clasifique incorrectamente, con las repercusiones que tendrá ese error.

En una investigación publicada en la revista *Brain*, Edlow y su equipo utilizaron resonancias magnéticas funcionales (IRMf) y detectaron huellas de consciencia en pacientes con lesiones

‘Colocados’ de consciencia

Entre los efectos que tiene el consumo de drogas está el de incrementar la consciencia. Una investigación dirigida por la Universidad de Sussex (Reino Unido) analizó imágenes cerebrales de voluntarios que habían recibido una de las tres drogas utilizadas para inducir un estado psicodélico: psilocibina, ketamina y LSD.

Al medir los campos magnéticos producidos en el cerebro descubrieron que quienes consumieron las drogas tenían un nivel consciente mayor respecto a quienes no las tomaron. Este nivel se corresponde con unas determina-

das señales cerebrales, que son más variadas cuando alguien está despierto que cuando está dormido. La diversidad en los cerebros de las personas que habían ingerido drogas era muy superior al nivel de despierto.

Los científicos, cuyo trabajo recoge la revista *Scientific Reports*, recuerdan que una mayor consciencia no es mejor ni más deseable y enfatizan las aplicaciones biomédicas del hallazgo. Estas tres sustancias, si se aplican bajo supervisión médica, podrían ser beneficiosas para tratar enfermedades como la depresión grave.



Uno de los componentes activos más importantes del hongo *Psilocybe semilanceata* es la psilocibina.

El estado de la mente involucra a una compleja orquesta de regiones encefálicas que se comunican entre sí

cerebrales traumáticas graves ingresados en la UCI del hospital que parecían inconscientes con el examen presencial estándar. Con la ayuda de electroencefalogramas, que miden la actividad bioeléctrica cerebral, también registraron respuestas cerebrales al lenguaje en ingresados que no respondían con la prueba estándar.

“La detección temprana de la consciencia y la función cerebral en las unidades de cuidados intensivos podría permitir a las familias tomar decisiones más informadas sobre si continuar con terapias para mantener la vida”, sostiene este especialista en neurología. Según Edlow, como la recuperación temprana de la consciencia se asocia con mejores resultados a largo plazo, tanto la resonancia magnética como el electroencefalograma podrían ayudar a los pacientes a acceder a terapias de rehabilitación una vez son dados de alta de la UCI.

LAS IMÁGENES CEREBRALES OBTENIDAS DE ESTAS PERSONAS Y DE LAS SANAS revelan que el estado de la mente involucra a varias áreas cerebrales. “No hay un único lugar en el cerebro que la contenga la consciencia, como hipotetizó Descartes”, alega Witkowski. Se trata más bien de una compleja orquesta de regiones neurológicas que se comunican entre sí.

Hoy sabemos que existen redes subcorticales y corticales –de la corteza cerebral– que contribuyen a su activación. También el tálamo, ubicado en el centro del cerebro, es importante en su funcionamiento.

“Parece que partes relevantes de la corteza cerebral deben de tener un tipo de actividad compleja, refinada, rápida, rica en información y desincronizada para apoyar la consciencia –mantiene Storm–, en lugar de la actividad más simple, más lenta y más primitiva típica del sueño profundo, el coma, la anestesia, los ataques epilépticos y otros estados inconscientes”.

Desde que en el siglo XVI el médico y astrólogo suizo Paracelso (1493-1541) descubriera que

SHUTTERSTOCK
Mientras dormimos pueden surgir experiencias semiinconscientes. En ellas, la persona es capaz de reconocer el sueño mientras está sucediendo e incluso influir en su desarrollo.





Muchos procesos cerebrales relacionados con la memoria y el aprendizaje están activos mientras dormimos

unos pollos que habían inhalado vitriolo dulce –éter– se dormían y perdían cualquier sensibilidad al dolor, los médicos fueron cambiando las sustancias y experimentando, incluso con ellos mismos, hasta conseguir la anestesia actual. Con estos fármacos se entra en un estado inconsciente que también estudian los científicos.

“LOS ANESTÉSICOS ACTÚAN SOBRE LA CONSCIENCIA DE FORMAS COMPLEJAS, esto es, depende del agente específico que se use, y aún se debate sobre sus efectos”, afirma Chennu. Según este, hay consenso en que estas sustancias reducen en gran medida la comunicación y la interacción entre las regiones cerebrales.

En un estudio publicado en la revista *PLOS Computational Biology*, el investigador y su equipo comprobaron que si se realizaban electroencefalogramas a los pacientes antes de someterlos a una anestesia, podían conocer el estado de su actividad neurológica y así prever

cómo iban a responder a la sedación. Cuanto mayor era la actividad de la red cerebral, más anestésicos hacían falta.

Con los sueños sucede algo diferente. La prueba está en que si alguien te pellizca en un brazo mientras duermes, acabarás despertándote cuando la sesera te avise del dolor, y eso no sucede con la anestesia. Además, como apunta Chennu, hay muchos procesos cerebrales relacionados con la memoria que están activos mientras dormimos y que se consideran importantes para el aprendizaje, pero que no suelen ocurrir cuando estamos sedados. “La anestesia puede parecer un sueño profundo, sin sueños”, compara el especialista.

Harry Scheinin, director del grupo de investigación de Mecanismos de Anestesia en la Universidad de Turku (Finlandia), pide más investigación en este campo para poder diferenciar bien tres aspectos: la capacidad de respuesta, la consciencia y la conectividad cerebral.



Una investigación británica llevada a cabo por la Asociación de Anestelistas de Gran Bretaña e Irlanda, entre otras instituciones, señala que una de cada 19 000 personas se despiertan durante una cirugía quirúrgica.

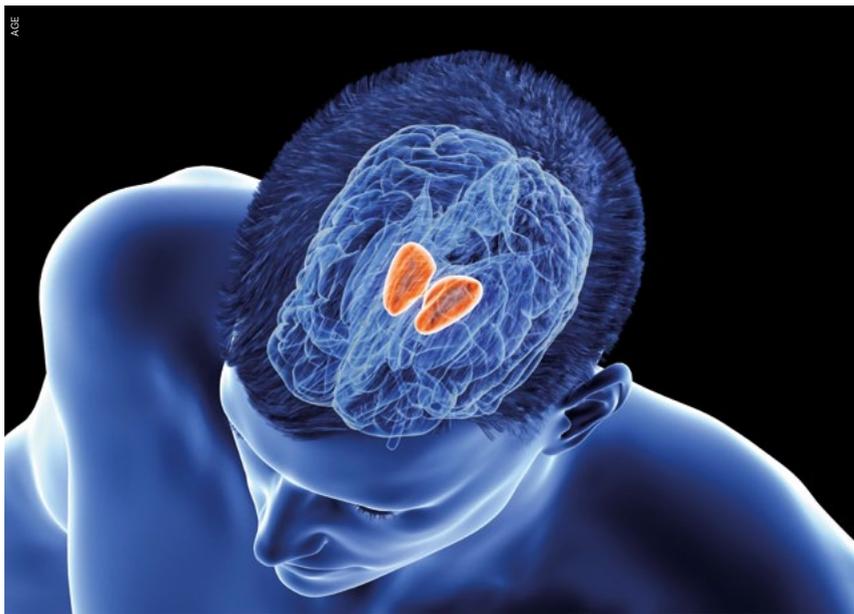
En un estudio realizado a veinte personas que se despertaban de la anestesia, Scheinin y el resto de científicos comprobaron cómo la consciencia más primitiva —ubicada en el tálamo y en parte del sistema límbico— se activaba primero, antes que áreas más evolucionadas, localizadas en la corteza cerebral. El anestésista confía en que en los próximos años se desarrollen mejores métodos que midan la intensidad de la anestesia y eviten la consciencia involuntaria durante la sedación general.

En este escurridizo escenario de percepciones, investigadores suizos y alemanes se propusieron analizar cómo procesa el cerebro la información inconsciente. Por ejemplo, si vas conduciendo y el coche de delante de repente pega un frenazo, de manera automática tú también pisarás el freno de tu vehículo. La pregunta es: ¿se trata de un acto reflejo involuntario o más bien de algo que has hecho de forma inconsciente?

UN MODELO PROPUESTO EN LA REVISTA CIENTÍFICA PLOS BIOLOGY PLANTEA que la consciencia surge en intervalos de tiempo, no es continua, y tiene lapsos de inconsciencia entre medias. “Existen períodos sustanciales en los que no hay consciencia, es decir, brechas”, puntualiza Michael Herzog, uno de los autores del estudio y director del Laboratorio de Psicofísica de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza).

Los investigadores proponen un modelo de procesamiento de la información en dos etapas. En la primera fase, la inconsciente, el cerebro procesa las características específicas de los objetos y las analiza. En la segunda etapa, la consciente, el cerebro completa ese procesamiento y lo hace aflorar a la consciencia en una imagen final. Todo el proceso puede durar hasta 400 milisegundos.

Otro equipo de científicos lleva más de una década tratando de desentrañar el papel de la consciencia. En un estudio publicado en la revista *Behavioral and Brain Sciences* apuntan a que es más pasiva de lo que se pensaba. El libre albedrío que la gente suele atribuir a una mente



El tálamo —en la imagen— es la estructura más voluminosa del diencefalo y está involucrado en el nivel de consciencia, la atención y la percepción.

consciente, que nos guía hacia una determinada acción, no existe según esta teoría.

“La generación de contenidos conscientes y sus respuestas están mediados por sistemas inconscientes”, indica Ezequiel Morsella, autor principal del trabajo y profesor de Neurociencia en la Universidad Estatal de San Francisco (EE. UU.).

LA CONSCIENCIA SERÍA UNA ESPECIE DE INTERMEDIARIA en la transmisión de la información. Morsella pone como ejemplo internet, que permite que dos personas de diferentes lugares sean capaces de hablar entre sí pero que no puede resolver los conflictos que surjan entre ellas. Lo mismo ocurre con un intérprete, que expone una información sin influir en su contenido. La consciencia sería algo básico y estático, y solo transmitiría información para controlar la acción voluntaria que involucra al sistema musculoesquelético. El investigador es consciente —valga la redundancia— de que esta teoría es contraintuitiva y difícil de aceptar, al menos al principio.

Junto a estos científicos, varios premios Nobel se han interesado por este enigmático estado de la mente. Es el caso de Francis Crick, galardonado en 1962 por descubrir la estructura molecular del ADN; Leon Cooper, premiado en 1972 por sus trabajos sobre la superconductividad; Gerald M. Edelman, nobel también en 1972

Optogenética: controlando el cerebro con luz

Numerosos experimentos han demostrado cómo algunos primates y otros mamíferos se reconocen en los espejos, sienten empatía o incluso compasión. ¿Eso significa que son conscientes de sí mismos? “Creo que existen múltiples niveles de consciencia, que van desde el que tiene un organismo simple hasta el de los seres humanos”, opina la investigadora Sadie Witkowski, de la Universidad del Noroeste (EE. UU.).

En el caso de las ratas, un equipo de científicos ha conseguido alterar su actividad cerebral y despertarlas o sumirlas en un estado inconsciente al cambiar las tasas de activación de las neuronas en el tálamo central, una región que regula la excitación y es clave en la consciencia. Para lograrlo utilizaron la optogenética, pulsos de luz dirigidos a estas neuronas.

Cuando las ratas estaban dormidas, la luz de alta frecuencia conseguía despertarlas. Por el contrario, si la estimulación era de baja frecuencia, los animales se paralizaban y se volvían a dormir. Las imágenes de resonancia magnética confirmaron que esta estimulación sumía a las ratas en estados de actividad cerebral comple-



CORTESÍA DE INBAL GOBHEN Y KARL DESEBOTH/PAAS

Resulta prometedora la utilización de esta técnica, nacida de la óptica y la genómica, en enfermedades neurodegenerativas como el alzhéimer.

tamente diferentes. Los investigadores esperan que los resultados sirvan para desarrollar mejores tratamientos en lesiones cerebrales y otros trastornos neurológicos.

“Aún estamos muy lejos de comprender las bases biológicas de la consciencia”, apunta Brian L. Edlow

por sus trabajos sobre el sistema inmunitario; Eric Kandel, galardonado en el año 2000 por averiguar cómo se comunican las neuronas; y Charles Sherrington, médico neurofisiólogo premiado en 1932 por estudiar las funciones de la corteza cerebral.

DE HECHO, UN ESTUDIO DE FRANCIS CRICK Y CHRISTOF KOCH titulado *Consciencia y Neurociencia* que publicaron en 1998 en la revista científica *Cerebral Cortex* se considera el acicate de toda esta nueva área de investigación.

En el arranque del artículo, los investigadores describen la consciencia como un misterio para la neurociencia debido a que los científ-

cos no se habían propuesto analizarla. Desde su punto de vista, esta apatía podía deberse a dos motivos: a que la consideraban un problema filosófico o a que, siendo un problema científico, los investigadores veían prematuro estudiarla. En su opinión, había llegado el momento de dejar a un lado los aspectos filosóficos y empezar a estudiar el fenómeno desde un punto de vista científico. Y así sucedió.

Veinte años después, Koch, que hoy es director científico y presidente del Instituto Allen para la Ciencia del Cerebro (EE. UU.), resume lo que se ha conseguido en este tiempo: “Hemos identificado circuitos específicos en el cerebro cuya actividad da lugar a una experiencia cons-

GETTY

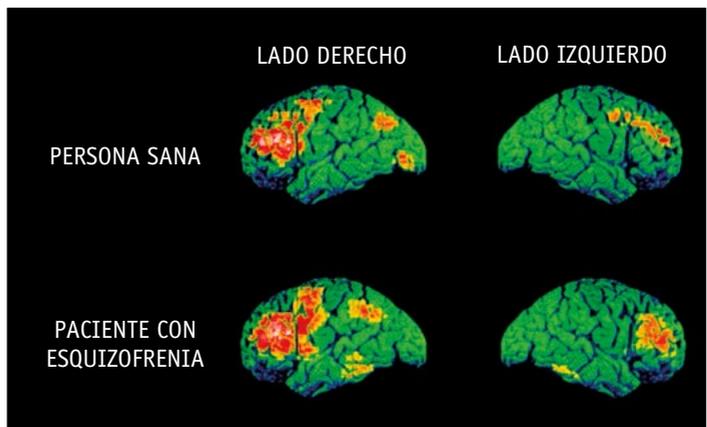
El estadounidense Eric Kandel, uno de los tres investigadores especializados en neurociencia galardonados con el Nobel de Medicina en el año 2000, cree que solo conocemos el 15% de lo que sucede en nuestra mente.



cienta. Eso significa que podemos empezar a comprender cuándo van mal las cosas con la consciencia, como en la esquizofrenia y otras enfermedades mentales”, destaca.

A pesar de los avances, la mayoría de los expertos consultados en este reportaje sostienen que falta mucho por saber. “Aún estamos muy lejos de comprender verdaderamente las bases biológicas de la consciencia”, aduce Edlow.

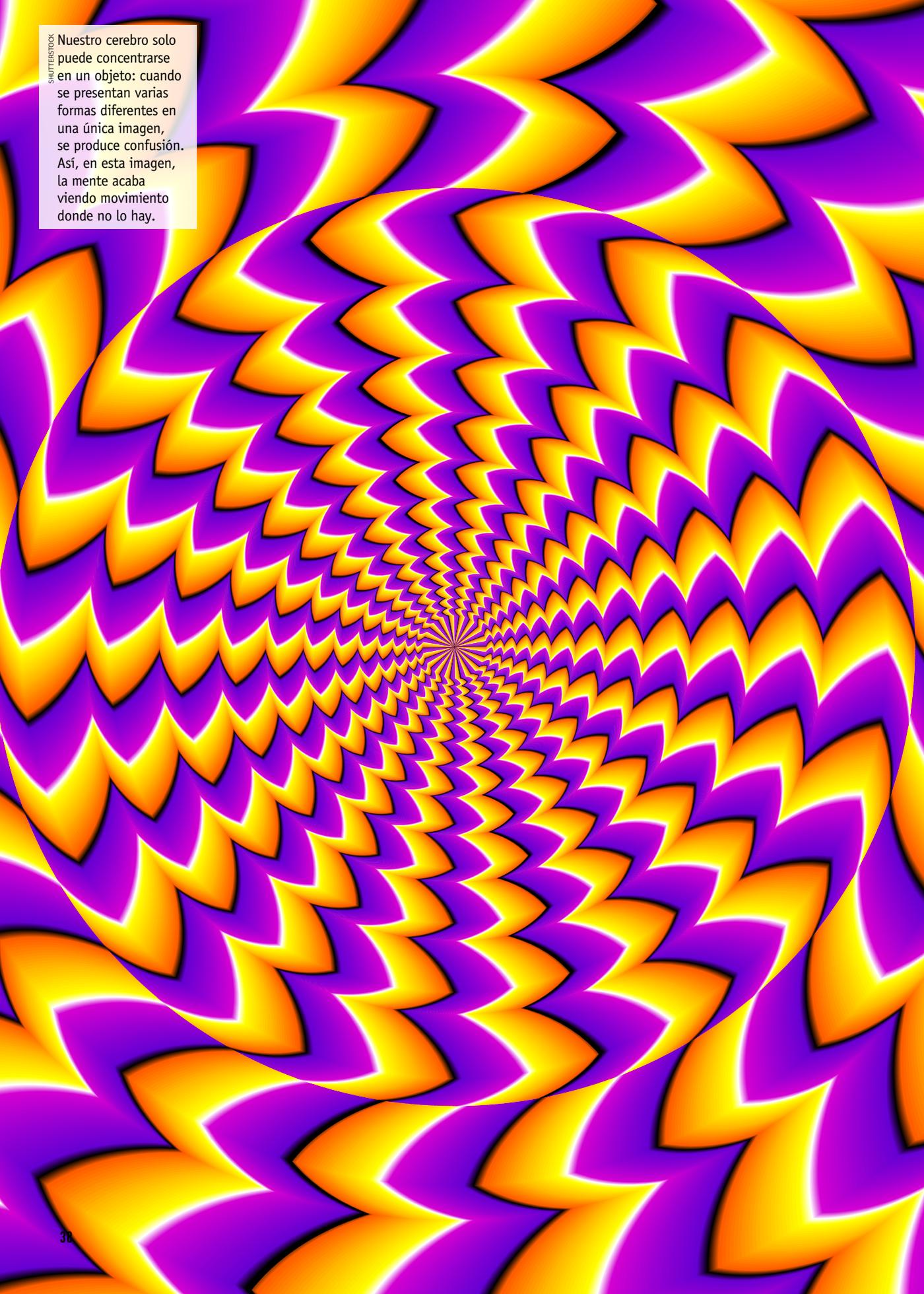
En un estudio publicado en *The Journal of Neuroscience*, sus autores revisaron diferentes trabajos sobre la consciencia y las áreas corticales. Desde su punto de vista, la investigación neurocientífica en esta área tiene que ser cada vez más robusta y aceptada, puesto que ahora existe un gran progreso científico y clínico. Según Storm, que es el autor principal del artículo, todavía falta una teoría generalmente aceptada que explique por qué existe la consciencia.



La esquizofrenia, que se caracteriza por una alteración de la percepción de la realidad –causa alucinaciones y delirios de persecución o grandeza, entre otras distorsiones–, afecta a los circuitos neuronales del cerebro.

“Es fundamental investigar sus bases cerebrales, no solo por las implicaciones médicas que tiene, sino porque constituye la investigación sobre el aspecto más esencial de nosotros mismos. Nuestra consciencia nos permite estar hablando ahora mismo sobre sí misma”, concluye Sánchez-Vives. ■

Nuestro cerebro solo puede concentrarse en un objeto: cuando se presentan varias formas diferentes en una única imagen, se produce confusión. Así, en esta imagen, la mente acaba viendo movimiento donde no lo hay.



Las necesarias ilusiones ópticas

Los engaños visuales nos llevan a percibir la realidad con una precisión dudosa. Pero no solo se trata de una limitación: también tiene un importante papel adaptativo, pues nos permite reconocer un mismo objeto en distintas condiciones ambientales.

POR SUSANA MARTINEZ-CONDE Y STEPHEN MACKNIK
Neurocientíficos en la Universidad Estatal de Nueva York

En febrero de 2015, una orgullosa madre hizo una foto al vestido que pensaba llevar a la boda de su hija. La imagen en cuestión casi rompió internet. Su hija y su futuro yerno no se ponían de acuerdo sobre el color del traje: ella lo veía blanco y dorado, pero él insistía en que era negro y azul. Un amigo de la novia colgó la foto en Tumblr. En media hora, ya había llegado a Twitter, donde la imagen se volvió viral. El *Vestido* atrajo millones de puntos de vista en las redes sociales. La sociedad se dividió entre el bando blanco y dorado frente al bando azul y negro.

El furor mediático por fin se extinguió justo cuando el asunto empezaba a interesar en los círculos neurocientíficos. Los investigadores ya sabían que la fuente de iluminación afecta a la percepción del color, pero no entendían por qué cada persona veía el mismo vestido de manera diferente bajo las mismas condiciones de visualización. La comunidad científica fi-

nalmente concluyó que el Vestido era un nuevo tipo de fenómeno perceptual, previamente desconocido.

HACE TIEMPO, SE ASUMÍA QUE TODAS LAS PERSONAS CON VISIÓN NORMAL experimentaban el color de manera similar. Se pensaba que las ilusiones ambiguas se limitaban a la percepción de la forma, como cuando alguien ve un jarrón en vez de dos caras enfrentadas o una mujer joven en vez de una anciana. Tales engaños formales difieren del Vestido en un aspecto fundamental: mientras que la mayoría podemos invertir nuestra percepción del jarrón a la de los rostros sin demasiada dificultad, no es así con el color del vestido. Quienes lo ven blanco y dorado suelen ser incapaces de verlo negro y azul, y a la inversa. Es como si, además de las dicotomías habituales del vaso medio lleno o medio vacío, o preferir perros a gatos, el Vestido nos presentara una nueva división del género humano.

→

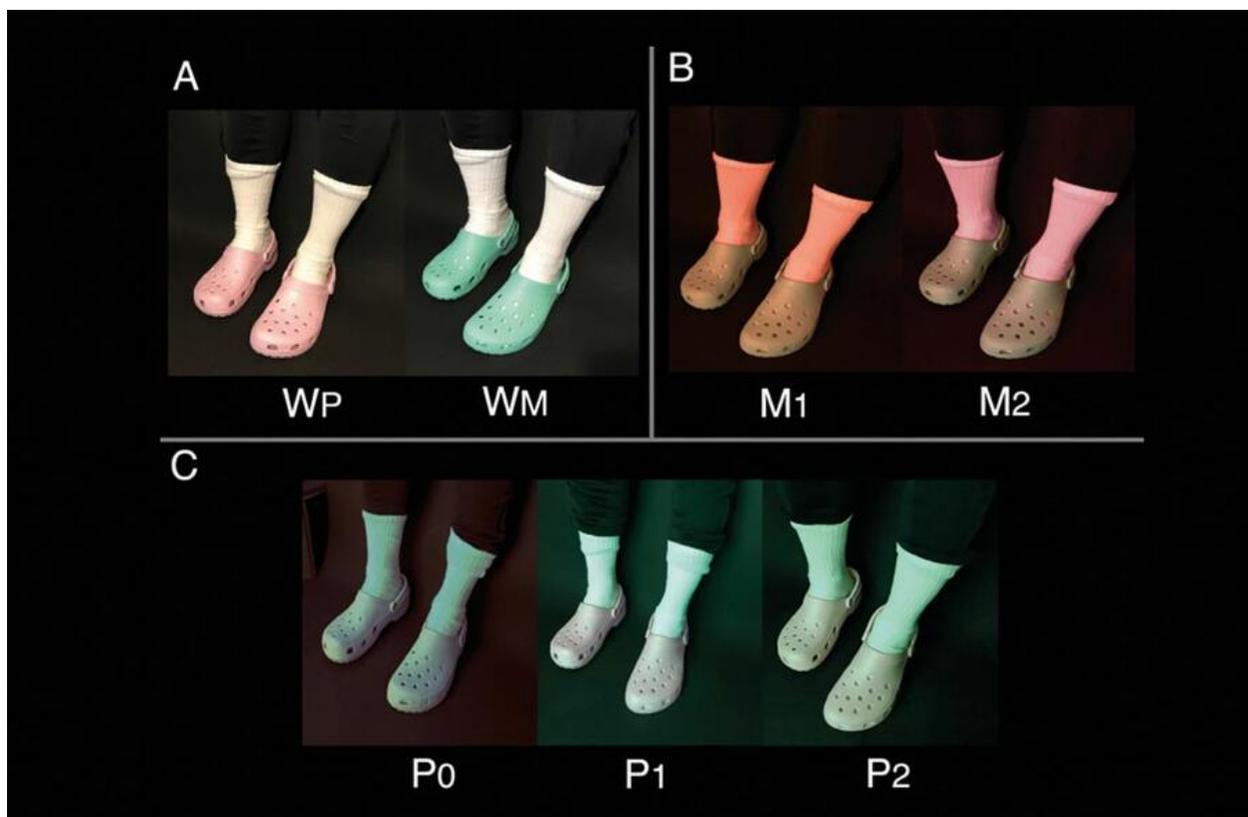
Varios equipos de investigación en neurociencia trataron de estudiar el rompecabezas. Recientemente, Pascal Wallisch, de la Universidad de Nueva York, consiguió crear nuevas imágenes poseedoras de ambigüedad en el color. Se basó en la teoría de que este tipo de ilusión se debe a la acumulación de nuestras experiencias vitales con los objetos retratados en las fotografías.



La foto de este sencillo vestido de boda se hizo viral en Twitter porque, para unos, era blanco y dorado, para otros, era claramente negro y azul.

EL PAPEL DE LA EXPERIENCIA FUE LA CLAVE DEL NUEVO EXPERIMENTO, que Wallisch y su equipo pusieron a prueba con el tipo de zuecos conocido como *crocs*, que se pueden encontrar en muchos colores –28 para ser exactos–, con los que estarían familiarizados la mayoría de los participantes en el estudio. Los científicos pusieron *crocs* de diferentes tonos uno al lado del otro, para que parecieran casi idénticos bajo condiciones de iluminación opuestas. En

el panel A de la figura inferior se ven dos pares bajo luz blanca, de colores rosa y menta. El panel B muestra solo los *crocs* de menta bajo dos tonos de luz rosada, y el C muestra los *crocs* rosados bajo tres tonos de luz verde. Observarás que todos los *crocs* aparecen grisáceos bajo las luces de colores, pero es posible inferir el color de cada fuente de luz a partir del color aparente de los calcetines. Sin embargo, y esto es crucial,



Aunque sepas que algo es un truco óptico, te costará verlo de otra manera

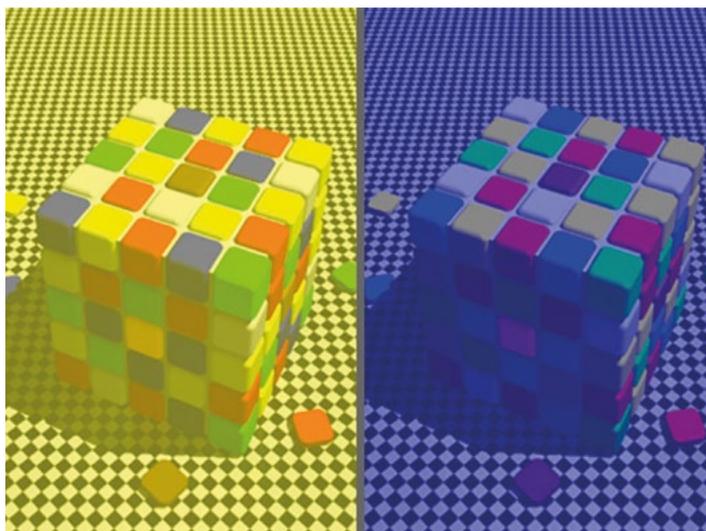
tal inferencia solo es factible si sabes que esta clase de calcetines suelen ser blancos, por tu experiencia pasada con dichas prendas. Esta es la base del estudio. Las personas que daban por hecho que los calcetines eran blancos, en base a su experiencia, tendían a ver

la fuente de luz como de color e interpretaban que los zuecos eran asimismo de colores, específicamente verdes o rosas. En cambio, quienes creían que los calcetines eran de colores –por falta de familiaridad con ellos– tendían a ver la fuente de luz como blanca y concluían que los zuecos eran grises.

De esto se deduce que nuestra experiencia visual influye en nuestra interpretación del color en condiciones de iluminación ambiguas. Entonces, ¿cómo es que nuestras creencias previas afectan a la percepción de objetos que no habíamos encontrado anteriormente, como ocurría con el Vestido? La respuesta podría residir en cómo evolucionaron nuestros sistemas visuales para distinguir objetos azules de amarillos en nuestro entorno.

ECHA UN VISTAZO AHORA A LA IMAGEN DE ESTA PÁGINA: las fichas azules en la parte superior del cubo izquierdo y las fichas amarillas en la parte superior del derecho. Son todas grises idénticas, lo que resulta aparente si se eliminan los colores circundantes. Este fenómeno, llamado contraste de color, hace que las manzanas rojas aparezcan de un carmesí más intenso sobre un fondo de hojas verdes. Y consigue que colores iguales se vean diferentes en función del contexto.

Los dos cubos también demuestran el fenómeno de la constancia del color, detalle que juega un papel crítico en el Vestido. Fíjate en las fichas rojas de ambos cubos. Separadas de sus



La ilusión de contraste hace que percibamos un objeto de determinado color en función de los tonos que lo rodean. En estos cubos, las fichas azules en la cara superior (izquierda) y amarillas (derecha) son, en realidad, del mismo color gris.

vecinas, son de color naranja en el cubo de la izquierda y moradas en el de la derecha. En el contexto de nuestra imagen, parecen de un rojo similar, ya que el cerebro las interpreta como fichas rojas iluminadas por luz amarilla o azul.

ILUSIONES COMO ESTAS DEMUESTRAN LA CONSTANCIA PERCEPTUAL, el mecanismo por el que podemos reconocer un mismo objeto en diferentes ambientes y bajo condiciones de iluminación diversas. Las ilusiones de constancia gobiernan tu percepción en todo momento, incluso, mientras lees esta revista. Si estás en casa, apaga la luz y cierra las cortinas, o métete en una habitación sin ventanas. A continuación, ilumina las páginas de la revista con el teléfono, apenas lo suficiente para poder leer las palabras. Verás letras negras sobre un fondo blanco, sin mayor sorpresa. Después, todavía siendo la revista, sal al balcón o a la calle, a ser posible en un día soleado y despejado. Abre la revista y verás... ¡letras negras sobre fondo blanco! Quizá no te sorprenda pero te aseguramos que para nuestro sistema visual es una hazaña increíble.

El hecho es que las páginas de la revista son muy diferentes físicamente en las dos situaciones. El texto negro refleja 100 000 veces más fotones bajo la luz solar directa que la página blanca bajo iluminación artificial. Sin embargo, siempre vemos palabras negras sobre fondo blanco, no importa dónde estemos. ¿Cómo es posible? La respuesta es que, para el cerebro, no existen el negro ni el blanco absolutos. Todo depende del

Nuestra experiencia visual influye en la interpretación del color en condiciones ambiguas de iluminación

contexto. Las letras nos parecen negras porque siempre son más oscuras que el resto de la página, tanto en interiores como en exteriores.

Las ilusiones de constancia perceptual tienen un valor adaptativo intrínseco. Considera lo que habría sucedido si tus antepasados hubieran confundido a un amigo con un enemigo cada vez que se nublaba el cielo, o si hubieran perdido la pista de sus pertenencias o de su progenie cada vez que salían de la cueva a la luz del día. ¡Se podrían haber comido a sus hijos! Si te encuentras aquí, es gracias a que los sistemas perceptuales de tus antepasados fueron resistentes a estos cambios molestos en la realidad física, del mismo modo que lo es tu propia percepción.

HAY MUCHOS INDICIOS DE QUE LAS ILUSIONES, INCLUIDOS los efectos de constancia, nos deben haber ayudado a sobrevivir y que siguen haciéndolo. Si no fuera así y, especialmente, si hubieran hecho la vida más difícil, lo más lógico es que hubieran desaparecido de nuestros genes. Las mutaciones que entorpecen la supervivencia o el éxito reproductivo son autolimitantes.

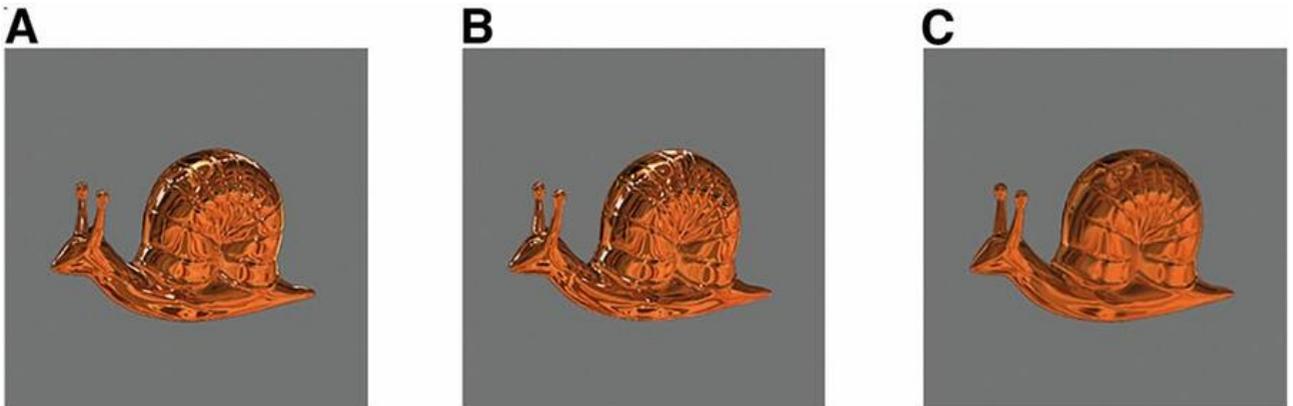
Otra indicación del valor adaptativo de estas ilusiones es que no nacemos con constancia perceptual, sino que la desarrollamos muchos meses después del nacimiento. Al principio de nuestra vida, somos capaces de discriminar incontables diferencias. Más tarde, aprendemos a ignorar ciertas distinciones, lo que nos permite reconocer el mismo objeto en muchas situaciones distintas. Con la llegada de la constancia perceptual, perdemos la capacidad de detectar una serie de diferencias que, en cambio, son altamente detectables para los bebés.

Para hacerte una idea, observa los tres cara-

coles en la imagen inferior y elige los dos que te parezcan más similares. Los dos brillantes –izquierda y medio– son prácticamente idénticos, ¿verdad? ¡Incorrecto! Si un bebé de cuatro meses pudiera hablar, te diría que has perdido la razón. ¡Claramente, el del medio y el de la derecha son los más parecidos! Aunque los caracoles izquierdo y medio parecen casi idénticos a un observador adulto, en realidad son muy diferentes con respecto a la intensidad de sus píxeles. Por el contrario, no tenemos problemas para ver que los caracoles medio y derecho son diferentes, a pesar de que su discrepancia física es mucho menor que la de los caracoles medio e izquierdo.

Un equipo de psicólogos dirigido por Jiale Yang, de la Universidad de Chuo, en Japón, encontró exactamente lo contrario para los bebés de hasta tres y cuatro meses de edad. Los científicos estudiaron cómo los niños de tres a ocho meses observaban pares de imágenes construidas a partir de objetos reales en 3D. Dado que los pequeños no pueden describir lo que ven, el equipo midió el tiempo que dedicaban a mirar cada imagen.

LAS INVESTIGACIONES ANTERIORES HABÍAN DEMOSTRADO QUE LOS BEBÉS pasan más tiempo explorando visualmente objetos novedosos que otros con los que están familiarizados. Así, basándose en cuánto tiempo pasaban con cada imagen, los científicos pudieron intuir si los participantes consideraban que dos objetos eran similares o no. Es decir, si un bebé dedicaba menos tiempo a mirar la segunda imagen que la primera, indicaba que pensaba que ya la había visto antes –estaba aburrido de ella, por lo que no necesitaba explorarla tanto–. Pero si miraba la segunda imagen durante un tiempo



equivalente al transcurrido con la primera, es que ambas le parecían igualmente interesantes y sorprendentes.

Los resultados revelaron que antes de desarrollar una constancia perceptual, los bebés de tres a cuatro meses tienen una capacidad extraordinaria para captar diferencias entre imágenes por cambios en la iluminación. Algo que pierden alrededor de los cinco meses. Poco después, a los siete y ocho meses de edad, desarrollan la habilidad de distinguir propiedades de las superficies, como el brillo o el mate, pero este talento no se pierde. Por eso, de adultos, percibimos las cosas brillantes como muy diferentes de las mates, incluso, si otras propiedades físicas se mantienen constantes.

EN GENERAL, DURANTE EL PRIMER AÑO DE VIDA, LOS SERES HUMANOS perdemos un sinnúmero de poderes discriminatorios, como la capacidad de reconocer diferencias en los rostros de los monos y la habilidad de distinguir los sonidos del habla en idiomas distintos de los hablados por nuestras familias. Las diferencias objetivas se convierten en similitudes subjetivas.

Así, la pérdida de sensibilidad a estas variaciones, que todos experimentamos al crecer, crea una brecha insalvable entre nuestra mente y el mundo que nos rodea. Al mismo tiempo, sirve para ajustar nuestra percepción al entorno y nos permite navegar eficientemente y con éxito, aunque dejemos fuera de nuestro alcance una porción de la realidad.

Un buen ejemplo es el caso de los colores ilusorios. La retina tiene una capa de fotorreceptores sensibles a tres distribuciones diferentes de luz: rojiza, verdosa y azulada. Toda la gama de tonalidades cromáticas que percibimos resulta de las magnitudes relativas de estos tres colores. Por otra parte, dichos fotorreceptores no se reparten uniformemente sobre la retina sino que se agrupan en puñados verdes o rojos, con los azules escasamente intercalados entre ellos. Entonces, ¿cómo podemos ver todos los colores en todo el espacio visual? La respuesta es que no lo hacemos. Nunca en nuestra vida hemos visto un campo completo de color, sino que estimamos sus matices a partir de pequeños parches cromáticos. La percepción humana del color es primordialmente ilusoria.

Para ilustrarlo, en las imágenes de la derecha, hemos extraído el color de una fotografía y reemplazado una mínima parte de la foto en blanco y negro con los colores originales. El resultado es una foto en blanco y negro en la que

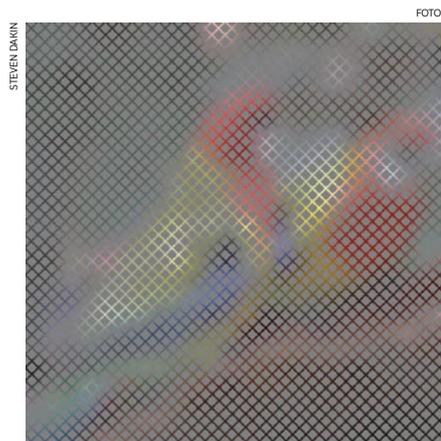


Foto 1: Cuadrícula de color (sin información sobre la forma). Foto 2: Imagen en blanco y negro con una cuadrícula gris (sin información sobre el color). Foto 3: La superposición de las imágenes 1 y 2 produce la percepción de una sola imagen en color. Observa que la cuadrícula de color y la imagen de las aves en blanco y negro no se solapan en el espacio visual, sino que el cerebro infiere las formas de los colores en la imagen final. (Imagen original de una pareja de rosellas orientales de www.animal.photos).

⇒

hay superpuesta una finísima retícula de líneas de color. El cerebro mezcla ambos tipos de información en una sola imagen, que percibimos a todo color.

VOLVIENDO A LOS CUBOS DE RUBIK, NO ES CASUALIDAD QUE UNA DE LAS IMÁGENES aparezca bañada en luz azul y la otra en amarilla. Nuestra visión del color evolucionó a lo largo de eones bajo estas dos precisas fuentes lumínicas, por lo que el cerebro asume automáticamente que la mayor parte de la iluminación ha de ser de uno de estos colores, incluyendo la del Vestido. Antes de la invención de la electricidad en el siglo XIX, las principales

fuentes de luz con la que nos encontrábamos a diario eran la iluminación directa y dorada del disco solar, y la indirecta del cielo azul. La famosa foto del Vestido fue tomada en las condiciones perfectas de iluminación ambigua para nuestro cerebro: la mezcla de una luz difusa fría –azul– y una luz directa cálida –oro–. Los observadores que deciden, aunque sea inconscientemente, que la fuente de iluminación del Vestido es el cielo, restan el azul de la imagen y perciben la prenda como blanca y dorada. Por el contrario, los observadores que asumen que la fuente de iluminación es la luz directa del sol, restan oro a la imagen y perciben la prenda como azul y negra.



Dos imágenes idénticas de este vestido se ven distintas en la sombra y al sol. Los colores reales de la prenda, azul y negro, se perciben con más nitidez bajo una brillante luz exterior.



Al crecer, perdemos la capacidad de distinguir objetos en favor de una constancia perceptual más adaptativa

Aunque la razón de las dos interpretaciones diferentes del Vestido sigue siendo un misterio científico, la discrepancia demuestra que podemos ver el mundo de maneras sorprendentemente diferentes, dependiendo de nuestras experiencias y creencias previas. El Vestido también enfatiza el hecho de que no experimentamos el mundo directamente, sino que cada percepción y pensamiento está mediado por nuestro hardware y software neuronales.

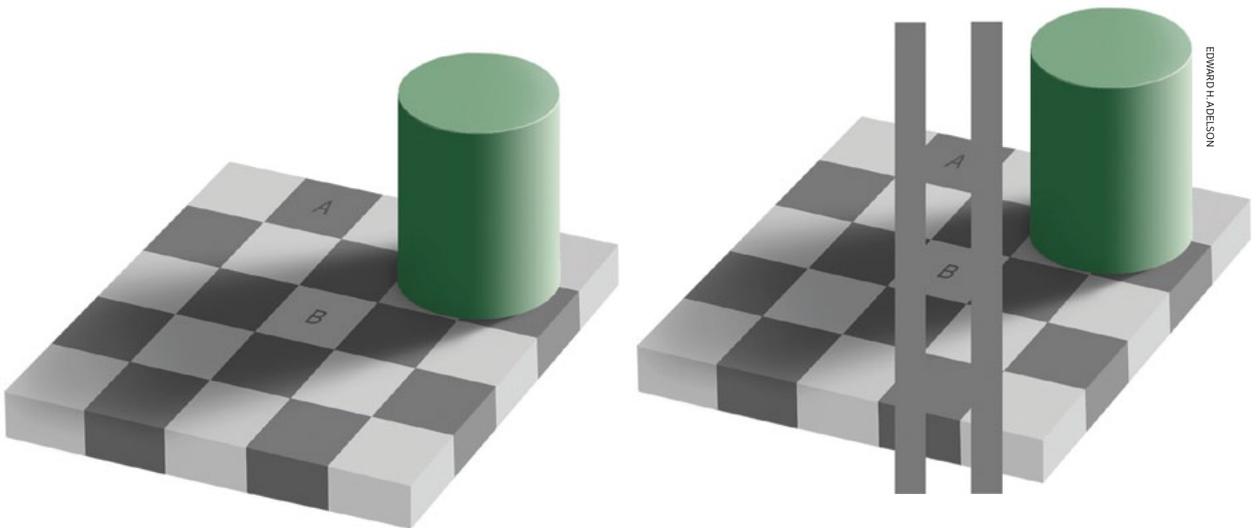
ESTE 'ATAJO' CEREBRAL NOS OFRECE MUCHAS VENTAJAS ADAPTATIVAS, pero también limita lo que podemos esperar de nuestras mentes. Muchas ilusiones, tal vez la mayoría de ellas, son imposibles de contrarrestar a fuerza de voluntad. Incluso, si sabemos, intelectualmente, que un objeto tiene un brillo o color diferente al que percibimos, nos cuesta verlo de otra manera. La ilusión está conectada a nuestra arquitectura neural.

La ilusión ilustrada en la imagen bajo estas líneas, creada por Ted Adelson, del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), consiste en un tablero de ajedrez con casillas claras y oscuras, parcialmente sombreadas por un cilindro situado en una esquina del tablero.

Las casillas marcadas como A y B se ven muy diferentes. Uno diría que A pertenece a las casillas negras y B a las blancas. Pero ya te estarás imaginando que debe de haber trampa. En realidad, ambas casillas son iguales, y solo te parecen diferentes gracias a tus mecanismos cerebrales de constancia perceptual. La casilla A parece recibir iluminación directa, mientras que la casilla B da la sensación de encontrarse en la sombra. Como resultado, tu cerebro ajusta automáticamente tu percepción, teniendo en cuenta la aparente diferencia de iluminación entre las dos casillas.

LA CONCLUSIÓN PERCEPTUAL DE ESTE PROCESO ES QUE la casilla ensombrecida ha de ser mucho más clara que la que se encuentra bajo la luz. ¡Error! Si conectamos ambas casillas con una franja gris uniforme, podemos ver que las dos son poseedoras del mismo tono grisáceo. Si aún te quedan dudas, puedes recortarlas con unas tijeras para cerciorarte –o imprime una de las muchas versiones en internet de esta ilusión para no destrozar tu revista, eso también vale–.

Una vez que te sientas convencido al cien por cien de que ambas casillas son idénticas, observa



EDWARD H. ADELSON

¿De qué color son las casillas A y B? Aunque creas que A es oscura y B es clara, en realidad, resulta que son del mismo tono gris, tal y como demuestra la barra vertical de un gris uniforme que se ve en la imagen de la derecha.

→

Las ilusiones existen porque nos hacen más rápidos y eficientes. Incrementan nuestra concentración

de nuevo la imagen original, donde se encuentran desconectadas. Ya sabes que son dos copias idénticas del mismo cuadrado gris, pero ese conocimiento no modifica notoriamente tu percepción. Hasta si pudieras jurar ante un tribunal de justicia que ambas casillas son exactamente iguales, no serías capaz de verlas como equivalentes. La ilusión es parte intrínseca de tu arquitectura neural, al igual que muchas otras percepciones erróneas que experimentas a diario. La lógica y el conocimiento no te harán cambiar tu percepción de la ilusión, igual que no hay manera de que te entrenes para ver la imagen de otra manera.

Entonces, ¿cómo podemos distinguir la realidad de la ilusión? En resumidas cuentas, no nos resulta posible. Al menos, no de una manera fundamental. Podrías estar soñando, o viviendo como un cerebro desencarnado en una caja, experimentando una simulación por ordenador creada por malvados robots. Ni accedemos a la realidad directamente, ni somos capaces de ello. Por el contrario, filtramos todas y cada una de nuestras experiencias a través de nuestra maquinaria neural. Como consecuencia, la correspondencia exacta entre nuestra percepción y el mundo real es rara, si no imposible. Llamamos *ilusiones* a aquellos casos en los que la discrepancia es más extrema. Sin embargo, el hecho es que la mayor parte de nuestra experiencia es, al menos en cierta medida, ilusoria.

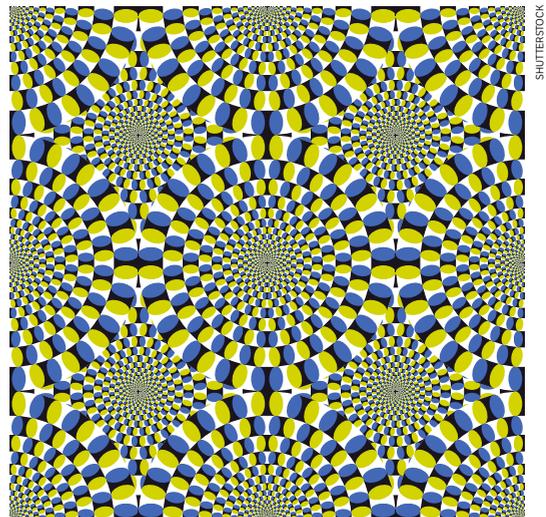
PERO LAS ILUSIONES NO SON NECESARIAMENTE ALGO QUE DEBIÉSEMOS EVITAR. Imagina que estás tranquilamente recolectando raíces en la sabana cuando un rugiente borrón bronceado se precipita hacia ti. Por la cuenta que te trae, deberás asumir que un león está a punto de abalanzarse sobre tu cuerpo, y buscar refugio, si es que puedes. Si sobrevives, podrías darte cuenta de que lo que pensaste que era un león resultó ser un guepardo. Esta percepción errónea te costó mucho menos que si te hubieses quedado a considerar las posibilidades hasta estar absolutamente seguro. Las ilusiones existen porque nos hacen más rápidos y eficientes. Incrementan nuestra concentración.

Si nos dieran a elegir, la mayoría de nosotros querríamos que nuestros estados mentales estuviesen acoplados a la realidad, según apunta el filósofo y neurocientífico Sam Harris. Ciertamen-

te, pocas personas escogerían vivir una experiencia tan disociada del mundo físico que nos imposibilitase el cruzar una habitación sin chocar con los muebles. Aun así, una cierta medida de autoengaño puede ser aconsejable en determinadas circunstancias, y hasta poseer valor adaptativo.

LAS ARAÑAS LES PARECEN MÁS GRANDES A LOS ARACNÓFOBOS que a aquellas personas que no las temen. Los hombres que empuñan armas se nos hacen más altos y fuertes que los que sostienen herramientas. Imaginamos que las distancias son mayores cuando llevamos una mochila cargada a la espalda que cuando caminamos libres de peso adicional. La investigación sugiere que las ilusiones juegan un papel significativo en todos los aspectos de la vida. También en las relaciones románticas. El amor idealizado podría haber evolucionado para aumentar la inversión de los enamorados en sus parejas, y en la descendencia de ambos, durante largos periodos de tiempo. Tales fantasías podrían mejorar nuestro éxito reproductivo y alargarnos la vida. En general, las ilusiones nos ayudan a conseguir claridad en nuestras decisiones a partir de un muestreo muy pobre de la información en nuestro entorno. Son parte integral de nuestra percepción y nuestros procesos de pensamiento. Dicho de forma breve, somos nuestras ilusiones. ■

¿De veras se está moviendo esta imagen? La combinación de formas y colores es culpable de que lo percibas así.



Animales ilusionistas

Los seres humanos no somos la única especie en la que resultan ventajosos los trucos visuales. En los bosques de Australia y Nueva Guinea, vive una criatura del tamaño de una paloma que no solo es un maestro constructor, sino también un gran ilusionista. El pergolero grande –*Chlamydera nuchalis*–, primo de cuervos y arrendajos, tiene un elaborado ritual de apareamiento que se basa en la capacidad del macho para provocar la perspectiva forzada.

A lo largo del año, construye y mantiene minuciosamente un corredor de unos 60 centímetros de longitud, formado por ramas entrelazadas, que conduce a un patio decorado con guijarros grises y blancos, conchas y huesos. Algunas especies también añaden flores, frutas, plumas, chapas de botellas, bellotas, juguetes abandonados y otras chucherías coloridas que se encuentran. El macho organiza

estos objetos con gran cuidado, de modo que las piezas más pequeñas se encuentran más cerca de la entrada del arco y los artículos más grandes más lejos. Esta elaborada estructura no es un nido, sino que su único propósito es atraer a una hembra para el apareamiento. Una vez finalizada la construcción, el macho da una actuación en el patio para la hembra visitante, mientras ella evalúa el numerito desde el centro del pasillo. El pretendiente canta, baila y desfila, paseándose alrededor de algunas selectas baratijas para impresionar a su potencial compañera.

El punto de vista de la hembra es muy estrecho, por lo que percibe los objetos que pavimentan el patio como del mismo tamaño. Esta perspectiva forzada hace que las ofertas del pájaro que la corteja parezcan más grandes y, por tanto, aún más deseables.



El pergolero grande de Australia y Nueva Guinea decora su casa, colocando los objetos con esmero para que, a la hora del cortejo, la hembra se haga la ilusión óptica de que su ajuar es más grande –y más atractivo–.

SHUTTERSTOCK
Lingüística, lógico-matemática, espacial, corporal y cinestésica, musical, intrapersonal, emocional, existencial, naturalista... Los científicos reconocen al menos un docena de inteligencias diferentes.

Abc $E=mc^2$





¿Dónde está la inteligencia?

¿Quién es más listo? ¿El que resuelve problemas complejos? ¿El genio musical o artístico? ¿Quien disfruta a tope de la vida? ¿De dónde salen esas capacidades? ¿De los genes? ¿De la educación? La neurociencia nos da pistas sobre las claves de este viejo enigma humano.

POR LAURA GONZÁLEZ DE RIVERA
Periodista

Imaginemos un clan en el que cada uno de sus componentes trabaja y desarrolla su profesión en una empresa diferente, pero de forma que los logros e ingresos individuales repercuten en el beneficio del conjunto. "También las habilidades cognitivas se representan mediante redes cerebrales activas y distribuidas, como si fueran los miembros de una familia", explica Jon Andoni Duñabeitia, director del Centro de Ciencia Cognitiva C3 y catedrático de la Universidad Nebrija, en Madrid. Quizá por eso, aunque la inteligencia se suele asociar a la capacidad de solventar de forma rápida y eficaz tareas cognitivas, sigue siendo un tema escurridizo para la ciencia.

Una definición global sería poco precisa, porque incorpora distintas habilidades que cada persona puede desarrollar de forma diferente: la capacidad de abstracción, de memorizar, de aprender, de adaptarse, de sintetizar ideas... Son varios los dominios cognitivos que la componen.

POR ESO, SE DAN MUCHOS PERFILES DE GENTE INTELIGENTE, cuenta Mara Dierssen, neurobióloga e investigadora del Centro de Regulación Genómica de Barcelona, Y añade: "la inteligencia no se puede explicar analizando propiedades de los elementos individuales

que forman parte del sistema. Igual que una ola perfecta de espectadores levantando los brazos en un partido de fútbol no se puede definir analizando el número de personas, el color de su jersey o su altura. Una buena ola depende de lo bien coordinados que estén todos esos factores”. Siguiendo con el símil familiar, tratar de determinar dónde se localiza en el cerebro “tiene las mismas opciones de éxito que intentar descubrir desde un avión en pleno vuelo dónde están y qué hacen en ese momento todas las personas de una familia”, indica Duñabeitia.

PERO LA CIENCIA INVESTIGA Y EN LOS ÚLTIMOS AÑOS LAS TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN han ayudado a comprobar qué regiones se activan al realizar distintas tareas cognitivas. Sabemos que la memoria de trabajo —retener información y procesarla para resolver problemas— pone a trabajar a la corteza prefrontal, la parte más evolucionada del cerebro humano. O que el hipocampo se enciende cuando recordamos algo que ya sabíamos. Pero en cada zona se produce solo un proceso local, que debe conectarse con otras regiones para poder aprender, almacenar datos, recordar. Es un trabajo de conjunto. Asimismo, la teoría de la integración parietofrontal defiende que a mayor actividad cerebral en las áreas parietales y frontales del encéfalo, más alto es el coeficiente intelectual de la persona.

Para Dierssen, las aportaciones más novedosas provienen del mapeo celular de nuestro órgano pensante, pues hay neuronas concretas que se encargan de procesar o de almacenar información concreta. Esta idea saltó a la palestra con el descubrimiento de la *neurona Jennifer Aniston* por Rodrigo Quiroga, director del Centro de Neurociencias de Sistemas y Jefe de Bioingeniería de la Universidad de Leicester (Inglaterra). Su estudio pionero, publicado en *Nature* hace ya más de diez años, demostró que cuando se enseñaba a los voluntarios una imagen de esta actriz se encendía siempre la misma neurona. Lo mismo ocurría con otros personajes o con lugares famosos: cada uno tenía su correspondiente neurona superespecializada.

Hoy, nuevos hallazgos indican que existen distintos tipos de neuronas que se encargan de activar o inhibir el recuerdo de experiencias pasadas en respuesta a estímulos del ambiente. “Son algo así como el acelerador y el freno del cerebro. Por ejemplo, sin las células piramidales —un tipo de neurona excitatoria— no podemos recordar. Se encargan de engranar o encadenar un recuerdo con otro”, explica Dierssen. Un experimento del Instituto de Bioingeniería de Cataluña, en Barcelona, sugiere que lo que sabemos se almacena mediante circuitos neuronales, conocidos como engramas, que pueden comunicar distintas regiones del encéfalo.

La memoria para retener información, procesarla y resolver problemas se activa en la corteza prefrontal

BE En cierta forma, la inteligencia se puede comparar a los espectadores haciendo la ola en un estadio: la clave de su éxito reside en que los factores que la componen están bien coordinados.



“Recordar un episodio requiere el restablecimiento de un estado dinámico en el cerebro, un engrama”, señala Daniel Pacheco, uno de los autores de este estudio publicado en 2019 en *Nature Communications*.

“Los engramas son huellas, patrones en la actividad del encéfalo que se originan cuando creamos un nuevo recuerdo”, explica Pacheco. Después de medir la actividad cerebral de pacientes epilépticos que tenían electrodos implantados en el cráneo, los investigadores comprobaron que, al recordar un suceso, se iniciaba un engrama en el hipocampo al que se sumaba el neocórtex 500 milisegundos después. En otro estudio anterior publicado en *Science*, un equipo del Instituto del Aprendizaje y la Memoria del MIT había demostrado con roedores que es posible rescatar recuerdos concretos al activar determinadas redes neuronales o engramas que se enlazan entre sí en distintas regiones cerebrales.

TODO APUNTA A QUE SON LAS SINAPSIS O CONEXIONES ENTRE NEURONAS

—tenemos más de 100 billones— y no las neuronas mismas —apenas 86 000 millones— las que guardan nuestros conocimientos. En palabras de Dierssen, “en el cerebro, como en la vida, lo importante es la comunicación. No lo que haces, sino cómo, cuándo y dónde lo haces. La materia gris de Einstein no tenía más neuronas que la de cualquier mortal, sino más conexiones”.

Según Dierssen, otra de las claves de la inteligencia reside en los astrocitos, unas células gliales del cerebro con forma de estrella. Destacan en este campo las investigaciones de la neurocientífica Inbal Goshen, investigadora principal del Centro Edmond y Luly Safra de Ciencias del Cerebro (ELSC), en la Universidad Hebrea de Jerusalén (Israel). En un experimento publicado en 2018 en la revista *Cell*, Goshen demostraba que es la activación de los astrocitos —y no de las neuronas— lo que promueve la adquisición de recuerdos o de nueva información en la memoria. Al menos, así sucedía en los ratones de su experimento, a los que estimularon células específicas del hipocampo mediante técnicas de optogenética.

Lo novedoso de estas investigaciones está en que antes se pensaba que los astrocitos eran meros personajes secundarios con un papel pasivo, limitado a proveer nutrientes a las neuronas que las rodean, pero ahora se ha descubierto que hacen mucho más y que son esenciales para tener una función cognitiva saludable. En un segundo plano, monitorizan y modulan la actividad sináptica de comunicación interneuronal. Si se

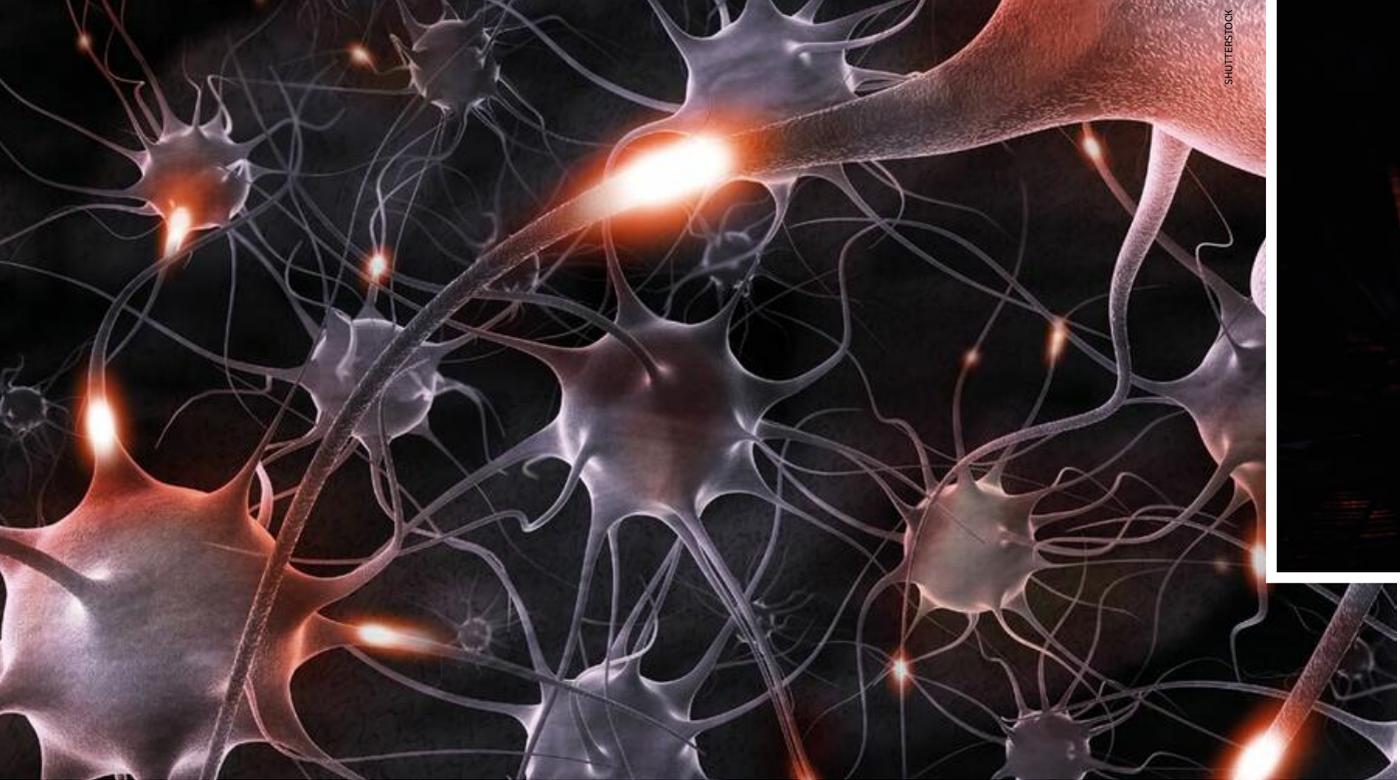


Un estudio científico de la Universidad de Leicester descubrió que cuando se mostraba a los participantes una foto de esta actriz, se activaba siempre la misma neurona. Esta bautizada como *neurona Jennifer Aniston*.

desactivan estas células, no podemos guardar la información. La inteligencia depende, pues, de que las conexiones neuronales sean óptimas. Esta puede ser una de las claves para entender el mecanismo mental de los *savants* o sabedores, genios de talento sobresaliente. “Lo que diferencia a nivel neurológico a estas personas con habilidades especiales de otras que no las tienen es el patrón de conectividad entre las distintas áreas cerebrales”, dice Dierssen.

EL NEURÓLOGO BRITÁNICO OLIVER SACKS CUENTA UN CASO CURIOSO

que apoyaría esta teoría en su libro *Musicofilia*: Tony Cicoria era un hombre de mediana edad al que le cayó un rayo. A partir de ahí, empezó a apasionarse por la música, a tocar el piano, que no había practicado nunca, y a componer. Hoy es concertista. Tal vez experimentó una remodelación de su patrón de conectividad cerebral. No es el único *savant* tachado de genio musical. El pianista británico Derek Paravicini, de cuarenta años, nació ciego por falta de oxígeno en un parto prematuro, lesión que afectó a su cerebro y capacidad de aprendizaje. Además, es autista. Sin embargo, tiene oído absoluto y puede reproducir una pieza musical



SHUTTERSTOCK

Más que las células nerviosas, son las sinapsis o redes de conexiones neuronales las que determinan la inteligencia y la capacidad para gestionar la información que nuestra sesera va reteniendo y almacenando, según los neurocientíficos.

después de escucharla una sola vez. En su caso empezó a tocar a los dos años cuando su niñera le regaló un viejo teclado. Desde entonces, experimentó igualmente una transformación en sus conexiones cerebrales que le ha permitido ser concertista y relacionarse con los demás.

DESDE OTRO PUNTO DE VISTA, “UN 35 %-40 % DE LAS CAPACIDADES COGNITIVAS vienen determinadas por los genes. El resto depende de los maestros, la familia, la experiencia, la alimentación o el barrio donde has vivido”, explica Ignacio Morgado, catedrático de Psicobiología del Instituto de Neurociencia en la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Barcelona. Así, el cóctel mágico para hacer un genio necesita dos ingredientes indispensables: “heredar unos genes con esa predisposición y crecer en un ambiente propicio que estimule el desarrollo de ese talento extraordinario”, añade. Lo más probable es que, si Mozart no hubiera nacido en una familia de músicos, rodeado de instrumentos musicales, nunca habría sido un compositor famoso y genial.

Como escribe en un artículo en la revista *Nautilus* Stephen Hsu, profesor de Física Teórica de la Universidad Estatal de Michigan (EE: UU.) y fundador del Laboratorio de Genómica Cognitiva del Instituto Genómico de Pekín, “características como la altura o las capacidades cognitivas están controladas por miles de

genes. Cada uno tiene sus variantes genéticas o alelos cuyo alcance puede deducirse por su efecto positivo o negativo medido en centímetros o en puntos de coeficiente intelectual (CI). El Consorcio de la Asociación de Genética y Ciencias Sociales (SSGAC), formado por centros de investigación de todo el mundo, ha identificado en una muestra de 100 000 individuos un puñado de regiones del ADN humano relacionadas con la inteligencia. A partir de ahí, según Hsu, hay miles de alelos de cada uno de estos genes, que son los que determinarían las diferencias individuales en el CI de la población.

SIN EMBARGO TODAVÍA NO SE HA LOGRADO IDENTIFICAR EL EFECTO que produce cada variante ni estamos cerca de tener un modelo predictivo de inteligencia basado en el ADN. Si algún día se consiguiera, en el futuro “se podría reconstruir un genoma humano para que tuviera la versión positiva de cada variante genética, de forma que su CI llegara a mil puntos. Así, las diferentes capacidades atribuidas a los genios —memoria fotográfica, pensamiento superrápido, oído musical absoluto, capacidad de ejecutar múltiples análisis en paralelo al mismo tiempo, poderosa visualización geométrica...— estarían todas presentes en el mismo individuo”, aventura Hsu. Quizá algún día será posible con técnicas similares a la edición genética y con la selección de los embriones que



El pianista británico Derek Paravicini es astuta y ciego de nacimiento, pero tiene oído absoluto y ha logrado convertirse en un concertista muy reconocido.

tuvieran mejor pronóstico de alto cociente intelectual. Llegado el caso, las implicaciones éticas merecerían una seria consideración aparte. Para empezar, si solo los más ricos pudieran pagar y beneficiarse de la ingeniería genética de mejora intelectual, se producirían “las mayores cotas de desigualdad que se hayan experimentado jamás en la historia de la humanidad”, advierte Hsu.

CABE PREGUNTARSE AHORA QUÉ SIGNIFICA EN REALIDAD SER LISTO. “Una persona es inteligente en tanto que la gente de su entorno así lo piense, en función de los criterios concretos que haya determinado su sociedad de referencia”, sugiere Duñabeitia. ¿Lo será quien mejor aproveche la tecnología? ¿El que exhiba mayor flexibilidad de pensamiento? ¿El sujeto más empático? ¿El más calculador? Hacer una lista de estas condiciones y elaborar test para valorarlas es el objetivo de una investigación en marcha en el Centro de Ciencia Cognitiva de la Universidad Nebrija. “Esta tratará de definir el peso de este tipo de habilidades en la inteligencia general de las personas y su relación con el desempeño académico y el estatus socioeconómico”, apunta su director.

Y es que no estamos ante una variable o una capacidad objetiva como la estatura o el color de los ojos. “Es una cualidad subjetiva que depende del criterio del observador”, dice Morgado. Si partimos de una visión muy general, que se puede aplicar también a los animales, la inteli-

Genios de laboratorio

En 2017, Delilah Zabaneh, del Centro de Genética y Psiquiatría del Desarrollo del King's College de Londres, secuenció el genoma de 1200 personas con un CI muy por encima de la media –más de 170–. Todas ellas compartían ciertas variantes en el gen ADAM12, que se encarga de codificar una proteína probablemente implicada en los procesos de formación de nuevas neuronas y en las interacciones entre ellas, y que se relacionan con capacidades cognitivas sobresalientes, según se publicó en *Molecular Psychiatry* en 2018. Esto hace pensar si se podrán diseñar genios en el laboratorio.

Para la neurobióloga Mara Dierssen, esto es una entelequia ahora mismo: “No estamos preparados para usar la estimulación cerebral con este fin. Hay que ir con cautela”. Más lejos aún vislumbra la posibilidad de seleccionar los genes de la inteligencia a la carta. Y aunque llegaran a descifrarse los fragmentos del genoma implicados en distintas habilidades cognitivas, ¿cómo los modificamos?, se pregunta: “Si tocas un gen, no sabes cómo va a afectar al resto, porque todo está conectado. Desconocemos los efectos secundarios, y si el cambio va a funcionar igual en todas las personas”. Hay muy pocas capacidades mentales que dependan de un solo gen; implican la interacción de muchos entre sí y con el ambiente.

Lo que sí hay son formas de entrenar la inteligencia. La citada neurobióloga cree que la mejor manera de mejorar el cerebro es usarlo: relacionarnos, aprender, pensar, disfrutar. Pero también reivindica la importancia de no hacer nada: cuando estamos ensimismados o en reposo es cuando hay más neuronas activas, porque el cerebro no se ve forzado a hacer nada concreto y aprovecha para regenerarse y consolidar lo que ha aprendido. En esta sociedad hiperactiva, hace falta pararse y aburrirse de vez en cuando, según los expertos.

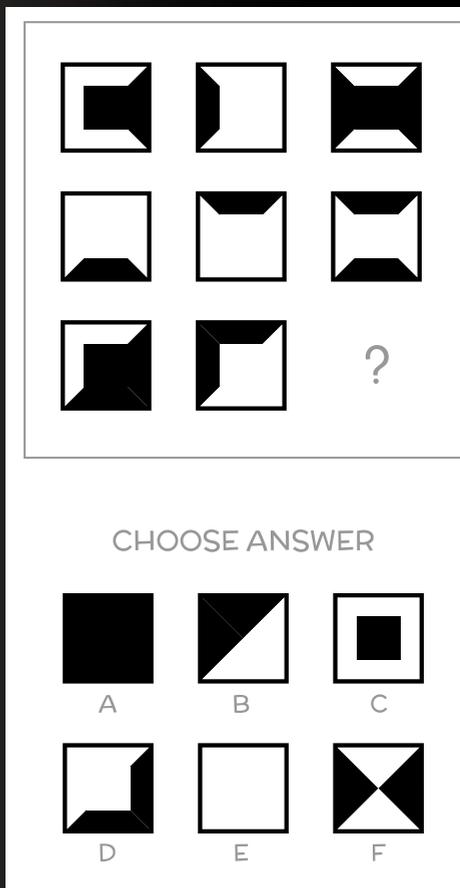
¿Habría sido Mozart un compositor tan grande si no hubiera nacido en una familia de músicos?

→

El cociente intelectual no lo es todo

El CI a veces engaña, porque mide una sola propiedad, pero a pesar de sus limitaciones, los test de cociente intelectual –en la foto, un ejemplo– son la única forma de valorar el factor g o factor de inteligencia “como un paraguas que cubre una buena parte de las funciones cognitivas generales”, según el director del Centro de Ciencia Cognitiva C3 de Madrid Jon Andoni Duñabeitia. Si hacemos una prueba de inteligencia y el resultado nos da 100 puntos, estaremos en la media. En realidad, es la cifra en torno a la cual baila la mayoría: dos tercios de la gente tienen un CI de entre 85 y 115 puntos. Los más listos –más de 130– y los más tontos –menos de 70– son la minoría: solo el 2 % de la población en cada extremo.

Como cuenta este profesor de ciencia cognitiva, los primeros test de inteligencia fueron diseñados por Alfred Binet a principios del siglo XX, por encargo del Ministerio de Educación francés para predecir el éxito escolar de los estudiantes. En la Primera Guerra Mundial, el ejército estadounidense los aplicó para clasificar a sus reclutas, aunque los resultados sirvieron solo para fomentar el racismo, pues las pruebas estaban fuertemente sesgadas hacia la cultura norteamericana, un problema que prometen haber solucionado los test de inteligencia que empleamos hoy día, estandarizados de acuerdo con grupos normativos de edades y entornos culturales similares. Eso sí, según advierte Duñabeitia, no evalúan “la creatividad, el desempeño social, la gestión emocional y otros aspectos que contribuyen también al éxito académico y al desarrollo de las personas”.



El éxito en la vida probablemente dependa más de la inteligencia emocional y social que de la analítica

gencia podría entenderse como “la capacidad de un ser vivo de adaptarse a los cambios que hay en el ambiente”, añade. Entonces, ¿quién es más listo, el brillante científico que descubre secretos del cáncer en su laboratorio o el mejor cazador de una tribu amazónica? Según Duñabeitia, un mismo aspecto de la cognición humana nunca es igual para todas las sociedades. Pero las conclusiones a las que llegan los estudios sobre inteligencia suelen estar sesgadas hacia las sociedades WEIRD –*western, educated, industrialized, rich, democratic*–, es decir, occidentales, educadas, industrializadas, ricas y

democráticas. “Sucede así porque nacen de experimentos llevados a cabo en ellas. El desajuste no es trivial: pese a que este tipo de sociedades suponen menos del 20 % del mundo, dan lugar a más del 95 % de los datos en estudios. Es más, cerca del 65 % de estos provienen de muestras norteamericanas”, recalca Duñabeitia.

OTRA CUESTIÓN A DILUCIDAR ES SI SER SESUDO REALMENTE SIRVE para ser feliz. Todos conocemos a algún *cerebritito*, excelente en matemáticas, por ejemplo, pero un fracaso en otras áreas de la vida: sin amigos, carente de

solidez económica... “Quizá sea porque la inteligencia está vinculada más con la capacidad de conseguir propósitos, aunque a veces estos no te lleven a la dicha”, observa Morgado. Este profesor estima que tener un alto coeficiente intelectual —que mide la inteligencia analítica— no siempre está vinculado al éxito. En su opinión, este depende más de la inteligencia emocional —usar la razón para gestionar tus emociones o las de los demás— y social —establecer relaciones que tienden al apego y la colaboración y evitan conflictos—.



¿Quién sabe más, la brillante bióloga que investiga el cáncer o el cazador más avezado de una tribu amazónica? Si entendemos la inteligencia como la capacidad de adaptarse a los cambios, ambos lo son, cada uno en su ambiente.

CUANDO LA ENDEMOS COMO UNA COMBINACIÓN DE TODAS ESTAS habilidades analíticas, emocionales y sociales, la inteligencia es un ingrediente básico en el menú de la satisfacción personal. Diversos estudios la han relacionado con un mayor bienestar físico y mental, un mayor estatus socioeconómico y educativo y mejores relaciones sociales. En resumen, salud, dinero y amor. Si tenemos un CI alto, es más probable que estudiemos una carrera, encontremos un buen trabajo e incluso vivamos más tiempo. Esto fue probado hace poco por la Universidad de Edimburgo, en un estudio con 300 000 participantes de edades entre 16 y 102 años. Todo apunta a que son factores que suelen ir en el mismo paquete, pero no está tan clara la dirección de la relación causa-efecto. ¿Tenemos dinero porque hemos sido listos para conseguirlo o como tenemos dinero podemos desarrollar mejor el CI?

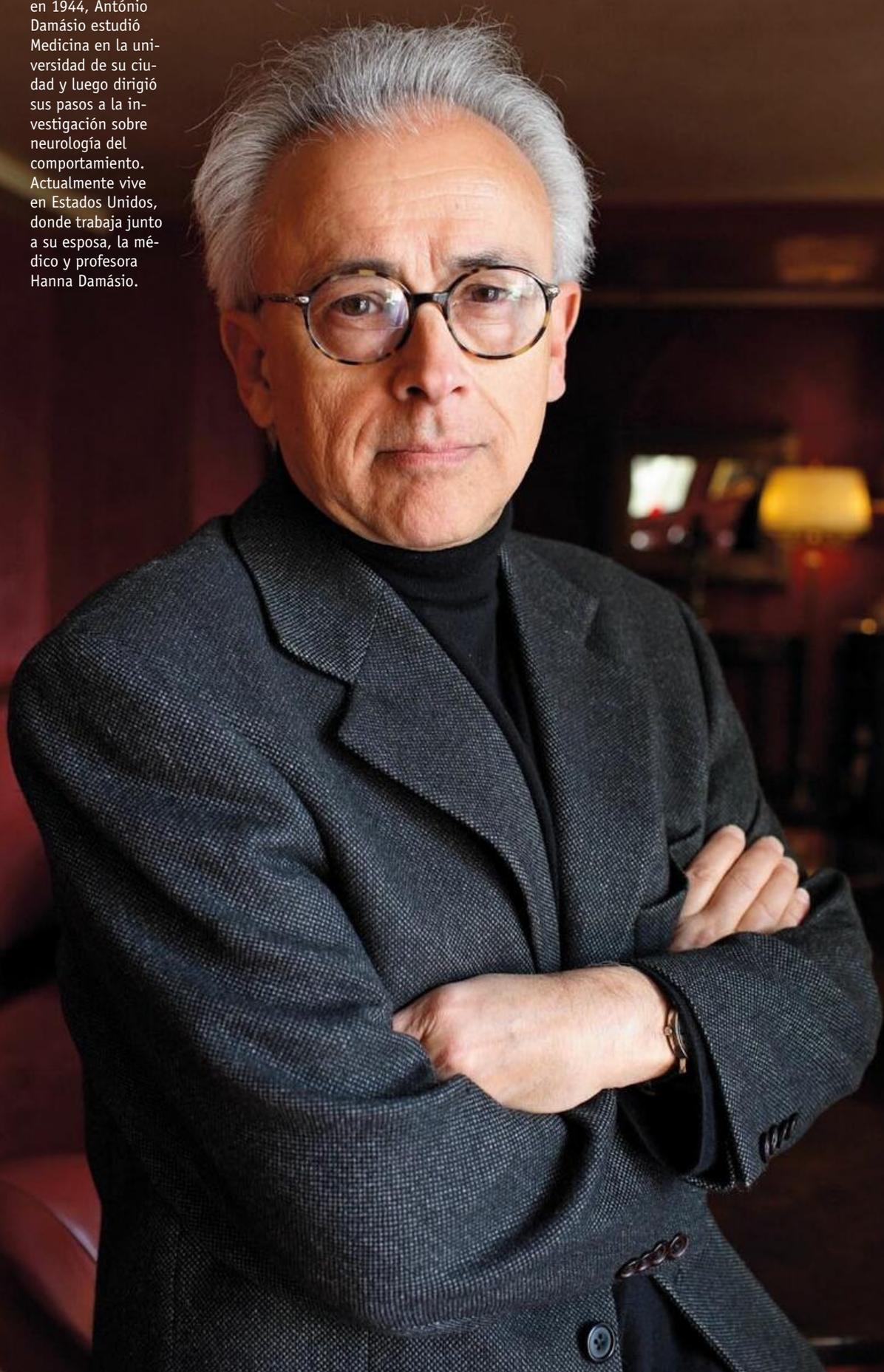
Dierssen apunta que llevamos un siglo haciendo neuromejoras: “se educa mejor a una parte de la población —la que tiene mayor poder adquisitivo—, que no tenía que levantarse tan temprano para ir a trabajar y podía dedicarse a estudiar”. De la misma manera, “los países que consistentemente muestran índices mayores de cociente intelectual tienden a tener niveles educativos más altos y con más alcance social. Además, suelen presentar índices bajos de malnutrición y hábitos de alimentación saludables”, señala Duñabeitia. Son cuestiones que han influido en el llamado *efecto Flynn positivo*, que se refiere al aumento manifiesto del

CI de la población observado en la segunda mitad del siglo XX, alrededor de tres puntos por década. Es decir, los adelantos que traen una mejora general en la calidad de vida de la población se relacionan con un aumento del CI promedio. “En cambio, cuando las condiciones ambientales no son favorables —guerras, hambrunas, violencia familiar, etcétera— la predisposición intelectual heredada en los genes no se desarrolla en todo su potencial”, puntualiza Hsu.

ENTONCES ¿ACABAMOS LOS ESTUDIOS SUPERIORES PORQUE somos inteligentes o al revés? Un estudio de Stuart J. Ritchie y Elliot M. Tucker-Drob, publicado en 2018 en *Psychological Science*, ha demostrado que ambas cosas son ciertas. No solo llegas al final de una carrera porque tienes coco y fuerza de voluntad para estudiar, sino que “el número de años que una persona pasa en el sistema educativo impacta de manera incontestable en su nivel intelectual. Cada año adicional de educación supone ganar entre uno y cinco puntos de CI”, dice Duñabeitia al hilo del citado metaanálisis, con datos de más de medio millón de participantes.

Una información valiosa que da pistas de cómo los Gobiernos pueden favorecer a sus ciudadanos. ¿Queremos aumentar la inteligencia? La mejor manera es apostar por la educación, según Duñabeitia. En la misma línea, cada vez más neurocientíficos advierten sobre la necesidad de cambiar el paradigma educativo para crear ciudadanos con capacidad crítica. ■

ACE Nacido en Lisboa en 1944, António Damásio estudió Medicina en la universidad de su ciudad y luego dirigió sus pasos a la investigación sobre neurología del comportamiento. Actualmente vive en Estados Unidos, donde trabaja junto a su esposa, la médica y profesora Hanna Damásio.



ENTREVISTA ANTÓNIO DAMÁSIO

“Los ordenadores carecen de las características básicas de la vida”

António Damásio dirige el Instituto del Cerebro y la Creatividad en la Universidad del Sur de California (EE. UU.). Aquí nos explica su visión sobre los procesos cerebrales y la relación de nuestro encéfalo con las emociones, los sentimientos y la conciencia.

POR LUIS MIGUEL ARIZA

Periodista científico y escritor

Una mujer de 54 años cuyas iniciales son SM exhibe una característica extremadamente rara para el resto de los mortales: no tiene miedo. Vive en un lugar no identificado de Estados Unidos y oculta su nombre y dirección por una buena razón. Como es incapaz de asustarse, cualquier ladrón o delincuente podría aprovecharse fácilmente de su condición, porque el miedo es lo que nos hace reaccionar ante el peligro. Pero ella no sabe lo que es. Cuando tenía treinta años, mientras caminaba por un parque considerado peligroso, alguien le puso un cuchillo en el cuello, la insultó y amenazó con matarla. Ella reaccionó con calma. Eran las diez de la noche. Escuchó la letanía de un coro de una iglesia cercana y respondió tranquilamente al asaltante que antes tendría que enfrentarse “al ángel de mi Dios”. La mujer se desembarazó de su agresor y se alejó sin alterarse.

Cualquiera habría evitado volver a pasar por allí, pero ella lo hizo al día siguiente. Vive en un barrio conflictivo, ha sido amenazada varias veces a punta de pistola y se ha visto envuelta en peleas. Incluso en una ocasión recibió una paliza que casi le cuesta la vida, pero nunca reaccionó con temor, sino exhibiendo una in-

creíble sangre fría. No obstante, SM sufría colapsos nerviosos, y en los años noventa acudió a ver a António Damásio, el neurocientífico nacido en Lisboa y afincado en Estados Unidos que se ha ganado fama mundial por sus investigaciones sobre las emociones humanas.

TRAS ESTUDIAR DETENIDAMENTE EL CASO, DAMÁSIO CONCLUYÓ QUE SM padecía la enfermedad de Urbach-Wiethe, un raro síndrome que solo afecta a unas cuatrocientas personas en todo el mundo. Consiste en una progresiva calcificación de las amígdalas cerebrales, unas estructuras en forma de almendra situadas en las profundidades de la corteza cerebral. Las amígdalas procesan las emociones y en especial el miedo. SM no recuerda apenas lo que es este sentimiento, ya que el trastorno se manifestó cuando estaba en su veintena. Lo más que puede expresar sobre la última vez que sintió temor se remonta a cuando de niña iba a pescar con su padre y le daba miedo coger los peces enganchados al anzuelo por si le mordían. Damásio y su equipo intentaron que SM les dibujara el rostro de alguien con miedo, pero la mujer fue incapaz.

¿Se puede vivir sin miedo? ¿O sin sentir emociones? Ser miedoso es muy útil. Si alguien nos

pusiera delante una mamba negra (*Dendroaspis polylepis*), la serpiente más mortífera de África, nuestro pulso se aceleraría inevitablemente. Se vertería cortisol al torrente sanguíneo, para proporcionarnos energía extra en milisegundos. Damásio define la serpiente como un objeto competentemente emocional, es decir, algo que produce una emoción instantánea y una respuesta automática. Uno no se pregunta sobre la agresividad de la mamba o la potencia de su veneno en relación con el de otras serpientes, ni si el reptil se asustará o nos atacará. En esos momentos, la consciencia no existe. Actuamos sin pensar. O nos quedamos paralizados o echamos a correr.

El miedo es una emoción, y no podemos vivir sin emociones. Estas están más relacionadas con la acción, la respuesta automática diseñada para que el sistema nervioso nos ponga a salvo del peligro, de acuerdo con Damásio. Cuando uno percibe una emoción y la examina, se encuentra con un sentimiento asociado. Ambas cosas —emociones y sentimientos— no son exactamente lo mismo. Es algo que hay que aprender a dominar en el vocabulario básico cuando se habla con este neurocientífico.

EN UN PROGRAMA DE RADIO AL QUE DAMÁSIO FUE INVITADO, se escuchó el testimonio grabado de SM por el neurólogo Daniel Tranel, de la Universidad de Iowa (EE. UU.), que lleva estudiando su caso durante años. Damásio ha comprobado que SM no se asusta ni de las arañas ni de las serpientes, pero eso no significa que no sepa localizar los peligros. SM no es estúpida, y se apartaría de un coche que viniera hacia ella sin control, aunque su pulso no se pondría a mil. Sus amígdalas calcificadas son la prueba científica que de las emociones, al igual que los sentimientos, no son etéreas, se procesan y tienen un sustrato físico. ¿Acaso no estamos hechos de emociones? Su reino es el cerebro. Se habla de inteligencia emocional o de usar las emociones de manera eficaz en la toma de decisiones.

Si hay alguien preparado para hablar de las emociones y sentimientos en el cerebro con perspectiva científica es Antonio Damásio. Pero no hay que confundirse. Los sentimientos y las emociones no pueden reducirse a un mero aunque com-

plejísimo intercambio de moléculas. El reduccionismo no funciona a la hora de explicar al cerebro. MUY habló con Damásio, que estaba en su casa de Los Ángeles el pasado mes de marzo cuando en España se decretó el estado de alerta por la pandemia de la COVID-19.

Usted es célebre por sus estudios sobre las emociones en el cerebro. ¿Sigue siendo el órgano más misterioso o quizá ya lo es un poco menos?

Mantiene su misterio. Pero es que el cerebro es mucho más que un órgano. Es un sistema complejo que nos ayuda a gobernar la vida. Junto al sistema nervioso en general, nos hace posible vivir y adaptarnos a las condiciones extremadamente complejas de la existencia. Su belleza reside en que nos permite administrarla mucho mejor. La hace llevadera para organismos complejos que viven en mundos complicados. Sabemos bastante sobre el cerebro, pero hay muchísimas cosas que quedan por descubrir antes de que podamos comprenderlo en su totalidad.

¿Cuáles son los mitos frecuentes que se han vertido sobre el encéfalo? Se nos dice que es como un ordenador o que memoriza todo lo que percibe.

Podría añadir otros aún más ridículos, como cuando la gente dice que solo entendemos el uno por ciento del cerebro. Desde luego comprendemos mucho más, aunque eso no significa que lo sepamos todo. Pero quizá el mito más falso de todos es el que considera que el órgano pensante trabaja en solitario y que es como una computadora.

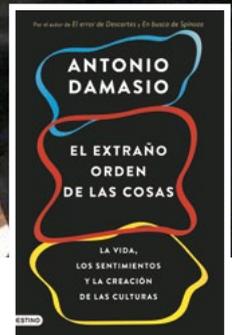
¿Por qué?

Bueno, en cierto sentido sí funciona como un ordenador o un sistema informático si atendemos a que hace cálculos constantes. Pero la característica más importante es que el cerebro no funciona solo. Lo hace en colaboración con todos los órganos del cuerpo. Si me preguntas cuál es el componente más importante de nuestra vida, te diría que sería todo aquello que está relacionado con el metabolismo, con el control y el manejo de la energía y el mantenimiento de la salud. Pero los tejidos del cuerpo se bastan por sí solos para administrar todo esto.

**"Más que un órgano,
el cerebro es un sistema complejo que nos ayuda a gobernar nuestra existencia"**



Damasío recibió el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica en 2005. Además, es autor de varios libros; el más reciente, *El extraño orden de las cosas* (Planeta, 2018).



Entonces, ¿cómo interviene nuestra masa gris?

Ayuda al organismo a encontrar la mejor situación para obtener o transformar fuentes de energía y disponer de la que necesitamos. Es decir, el cerebro no trabaja solo. Y nosotros no somos solo cerebro. Eso destruye el mito de la inteligencia artificial y los robots, la idea de que son similares a nosotros. Desde luego que no lo son. Admito que los programas informáticos resultan muy útiles en ciertas condiciones, pero no están vivos. Y desde luego carecen de las características fundamentales de la vida. Considerar al cerebro como una computadora o cómo el único creador de nuestras mentes es una idea equivocada.

En el film de ciencia ficción *Lucy* (2014) se afirma que usamos solo el 10 % de la capacidad cerebral. ¿Por qué la gente acepta eso sin rechistar?

Bueno la gente cree en muchas cosas absurdas, y no voy a detenerme aquí a buscar explicaciones. Quizá muchas personas se den cuenta de que no saben mucho sobre el cerebro y perciban que los misterios que encierra no han sido aún revelados. Pero este tipo de cosas no tienen ningún fundamento ni conexión con la realidad.

Se dice que el cerebro construye su propia realidad —por ejemplo, los colores no existen, son

una invención suya—, y que esa realidad construida no tiene por qué coincidir con la de fuera.

Eso se puede debatir. Creo en la idea de que cuando el cerebro construye colores y formas en el espacio está usando la realidad, moviliza mecanismos, imparte instrucciones, activa redes y neuronas que procesan trocitos de realidad. Mientras hablo con usted estoy mirando por el ventanal que hay en mi despacho y veo árboles y un cielo hermoso. Desde luego eso es real. Claro que no hay garantía de que el mundo de fuera sea exactamente tal como lo vemos o como lo escuchamos. Pero sería absurdo pensar que es diferente de lo que percibimos. El sistema nervioso capta estos fundamentos de la realidad que se expresan de manera realista en nuestra mente.

Sin embargo en algunas enfermedades como la esquizofrenia los pacientes creen que están hablando con alguien que realmente no existe.

Sí, es una ilusión. Su cerebro no funciona con normalidad. Lo mismo sucede cuando se toman drogas psicodélicas, que cambian los mecanismos de percepción. Los drogadictos ven el mundo de forma distinta que usted o yo. La gente que padece enfermedades, como la psicosis o la depresión profunda, tiene una visión alterada de la realidad, que precisamente es muy diferente por lo distintas que son las emociones que sienten.



Cary Grant es perseguido por una avioneta en *Con la muerte en los talones*. En esta y otras películas de Hitchcock hay una percepción alterada de la temporalidad.

¿Por qué no recordamos todo lo que nos pasa en la vida? ¿Puede que el encéfalo lo capte todo pero que no sepamos recuperar las memorias?

Es una mezcla de las dos cosas. No hay forma de que el cerebro registre y mantenga las grabaciones de todo lo que experimentamos. En su interior se produce una competencia entre las diferentes experiencias que pueden ser retenidas. Por lo común, se decide por las que son más importantes para nosotros, aunque no siempre. A veces retenemos recuerdos de pequeños acontecimientos que apenas tienen consecuencias. Simplemente están ahí. A medida que envejecemos, siempre hablando en términos de personas sanas que han almacenado una buena cantidad de recuerdos, la competición por el espacio disponible y para la recuperación de esas memorias se acrecienta. Es un sistema que aloja procesos que compiten entre sí. Cuando surgen enfermedades como el Alzheimer, el sistema se rompe y el enfermo no puede memorizar más ni acceder a los recuerdos.

¿Cómo percibe el cerebro el tiempo? A veces da la sensación de que transcurre más lento de lo normal, pero a medida que pasan los años las cosas parecen ir más deprisa...

Es algo que cambia constantemente y se altera por la cantidad de detalles que adverti-

"La consciencia es la forma de decirle a la mente que nos pertenece. Es una referencia de la identidad"

mos en nuestras observaciones. Cuantos más detalles fijemos, más lento nos parecerá que discurre el tiempo. Nuestras condiciones emocionales también influyen de forma notable en la percepción temporal. Lo vemos continuamente en las películas. Una de las habilidades de un director de cine es la manipulación del tiempo. Las escenas que están bien dirigidas producen esa sensación. Una secuencia que en la vida real duraría media hora apenas supone unos minutos o incluso segundos en la pantalla. El gran cineasta británico Alfred Hitchcock hacía que situaciones que necesitarían casi una eternidad en la vida real cobren vida en cuestión de pocos minutos.

¿Cree que existe alguna estructura cerebral encargada de percibir el tiempo?

No creo que vayamos a descubrirla. El tiempo es el resultado del ritmo en el que suceden nuestras experiencias. En nuestra mente consciente las cosas ocurren a un ritmo. Así que la maquinaria que nos permite percibir los eventos que suceden en la mente —y la que permite que asociemos los sentimientos a estos sucesos— son las que construyen los ladrillos de nuestra consciencia. Todo eso es lo que nos permite tener una percepción del tiempo.

¿Cómo definiría la consciencia?

En mi libro *El extraño orden de las cosas* (Planeta, 2018) dedico capítulos a los sentimientos y la consciencia, y ahora estoy escribiendo artículos y también un libro centrado en esta cuestión. La forma más sencilla de definir la consciencia para sus lectores sería: se trata de una forma de decirle a nuestra mente que nos pertenece. En otras palabras, supone una manera de proporcionar a los procesos mentales una referencia de nosotros mismos, una referencia de que son una posesión nuestra, de nuestra identidad. No es algo tan misterioso como se cree. Significa una reducción del conocimiento en los procesos mentales para llegar a una conclusión simple: "esta mente es mía, me pertenece", está sucediendo en mi cuerpo, es individual.

A menudo se suele pensar que si tomamos una decisión en base a nuestras emociones nos vamos a equivocar.

No tiene por qué ser así. Depende. Los sentimientos ayudan a tomar la mayoría de las decisiones. No trabajamos mentalmente como los robots. Sopesamos muchas cosas y les adjudicamos valoraciones. Los sentimientos son muy relevantes para nuestras emociones. Y el sistema de los sentimientos es en sí mismo la base de todo nuestro razonamiento. Muchas de las decisiones que guían la vida se basan en sentimientos como la ira, la sed, el dolor, el bienestar o el deseo. Sobre estos sentimientos hemos construido otra capa basada en hechos, en razonamientos, que tiene que ver con la realidad objetiva, con un mecanismo dedicado a la toma de decisiones. Ahora bien, no todas las decisiones tienen que ser emocionales, des-

de luego. Cuando tenemos una emoción de la que se deriva un sentimiento negativo, como el miedo, la ira y el odio, estos suelen funcionar como pésimos consejeros del razonamiento. Las decisiones que tomas en estos casos suelen ser las peores si se basan en estas emociones.

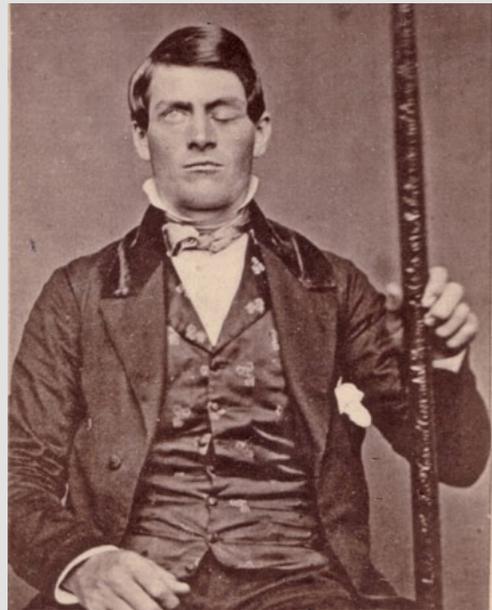
¿Hay razones para ser optimistas y pensar que se podrán vencer finalmente enfermedades como el alzhéimer?

Desde luego. No va a suceder mañana. Pero habrá remedios. Con respecto al alzhéimer, es más complejo. Desde luego es una enfermedad, pero está relacionada con el envejecimiento. Suele golpear a los más ancianos, así que aparece con la edad. Es una dolencia pero también aparece al envejecer. En el primer caso creo que se encontrarán soluciones, pero tratar el envejecimiento llevará más tiempo. ■

La mente indecisa y desconcertada

António Damásio ha escudriñado los sentimientos con las últimas técnicas de imagen cerebral, como la resonancia magnética funcional (IRMf), que permiten iluminar la mente en plena acción. Junto con su mujer Hannah Damásio, observa el encéfalo de pacientes con lesiones neurológicas y lo compara con los de personas sanas. En su búsqueda física de la realidad cerebral de las dolencias extrañas, Damásio comprendió que las emociones resultaban esenciales en la toma de las decisiones. Recuerda el caso de un enfermo que había sufrido una lesión en la corteza prefrontal ventral. Su inteligencia y capacidad de lenguaje no quedaron afectadas, pero se metía en problemas a la hora de tomar decisiones cotidianas, como elegir un restaurante en función de si estaba cerca o lejos de casa, o del número de clientes, y así entraba en una espiral obsesiva que le impedía decidir.

Damásio estudió también el caso del obrero estadounidense de ferrocarriles Phineas Cage, que sobrevivió a un accidente en 1848 en el que una barra de hierro le atravesó la cabeza. A Cage, que era un tipo consecuente y responsable, le cambió la personalidad, se volvió caprichoso e irreverente y acabó sus días como atracción de



Phineas Cage posa con la barra de hierro que le atravesó el cerebro y le cambió la personalidad.

circo. Damásio explicó en un artículo en *Science* que la transformación de Cage se debió a la ruta que siguió la barra al atravesar el cerebro, pues dañó zonas prefrontales de la corteza responsables de las emociones y la toma de decisiones.



A menudo se relaciona la hipnosis con el mundo del espectáculo o misteriosas prácticas esotéricas, pero cada vez son más los ensayos que destacan su utilidad en el tratamiento del dolor.

¡Déjate hipnotizar!

La capacidad de influir en otros a través de la hipnosis puede resultar fascinante, pero ¿es posible hacerlo en contra de la voluntad del afectado? ¿De verdad nos convertimos así en sumisas marionetas? ¿Cómo funciona nuestro cerebro en ese estado?

POR HELEN THOMSON

Periodista especializada en neurociencia. Texto original de la revista *New Scientist*

“**D**e verdad, me preguntaba si realmente estaba de parto, porque se suponía que tenía que ser más doloroso”. Shona describe así el reciente nacimiento de su hija. ¿Su secreto? La hipnosis. Durante el embarazo aprendió a hipnotizarse a sí misma y, de ese modo, alcanzar un estado mental que le permitió reducir al mínimo los dolores del alumbramiento y, según sus propias palabras, “disfrutar de la experiencia”.

Es posible que la palabra *hipnosis* haga pensar en el movimiento pendular de un reloj o en un ilusionista haciéndole creer a alguien que está desnudo sobre el escenario, para regocijo del público. Detrás hay una historia de brujería y magia, de cuentos esotéricos y charlatanes aprovechados. Los que la llevan a cabo rara vez son médicos o psicólogos, es difícil conseguir fondos para ensayos clínicos y no hay una autoridad reguladora que vigile la práctica.

Sin embargo, a pesar de todos estos problemas, la gente recurre a esta técnica en busca de ayuda para todo tipo de cosas, desde sofocos menopáusicos y ansiedad hasta dolores crónicos, y cada vez son más las investigaciones que parecen confirmar sus beneficios. También se

empieza a entender cómo funciona y qué ocurre realmente en el cerebro durante la hipnosis.

El resultado es que nuestra forma de definir este fenómeno está cambiando y que su uso crece en la medicina convencional. Hoy distintas instituciones, como la organización británica de comadronas, ofrecen cursos en hipn parto y aportan fondos para la formación en esta técnica. Algunos anestesistas incluyen la hipnosis entre sus herramientas e incluso hay quienes la ponen de ejemplo como solución a los problemas de adicción a los opioides. Está claro que no lo cura todo, pero aprender qué es lo que funciona, cómo y por qué, y, además, cómo utilizarla nosotros mismos, puede ayudarnos a aprovechar el poder de la mente para lidiar con algunas duras batallas vitales.

LA HIPNOSIS TIENE UNA LARGA HISTORIA EN MEDICINA. Su primer uso conocido se remonta al año 1550 a. C., pero despegó en el siglo XVIII, cuando al médico alemán Franz Mesmer se le ocurrió que la influencia física de los planetas sobre las personas podía manipularse con imanes para inducir en ellas un trance que sirviese para curar enfermedades. Mesmer fue luego acusado de fraude y tildado de embaucador,

pero la idea de modificar la conducta de los individuos a través del trance persistió y adquirió mayor credibilidad en el siglo XIX, cuando el cirujano escocés James Braid empezó a investigar qué podía encontrarse en la base de tan extraño fenómeno.

Hoy en día, la hipnosis se emplea en una gran variedad de dolencias. Pero incluso si su uso se ha vuelto más habitual, su alcance dentro de la medicina ha sido limitado. Esto se debe en parte a que pocos están de acuerdo sobre en qué consiste exactamente. Si hacemos un rápido repaso a las opiniones de distintos investigadores, podemos describir el *trance* hipnótico como un estado de concentración en el que la persona queda absorta, ensimismada, de modo que no es consciente de lo que hay a su alrededor.

Es algo que probablemente todos hayamos experimentado alguna vez, cuando nos hemos encontrado tan centrados en una actividad que no notamos nada de lo que sucede en nuestro entorno. Incluso no somos conscientes del tiempo.

TAMBIÉN SABEMOS QUE LAS HAZAÑAS DE ALGUNOS ILUSIONISTAS que consiguen que la gente haga todo tipo de cosas extrañas en el escenario tienen más que ver con la presión ambiental que con la hipnosis, como se explica más adelante, en estas mismas páginas.

Lo cierto es que no existe un método estándar con el que hipnotizar a alguien. Una forma habitual de empezar es indicar a la persona que piense en algo relajante y que luego se imagine en un lugar apacible que estimule los sentidos. A continuación, se profundiza en ese sentido, con afirmaciones que ayudan a conseguir el objetivo. Este estado puede ser inducido por otra persona, pero también por el propio sujeto.

Tal como veremos, hay buenos motivos para seguir llamando a este proceso hipnosis, pero lo borroso de su definición y su controvertida historia dificulta saber qué funciona y qué no. “La clasificación como terapia complementaria y no como principal dentro de muchos sistemas de salud tampoco ha ayudado”, indica Jane Boissière, de la Sociedad Británica de Hipnosis Clínica y Académica. Tal cosa hace que la obtención de fondos para ensayos, formación y creación de servicios clave dentro de esos sistemas sea casi imposible.

A pesar de ello, en el Reino Unido, por ejemplo, el Instituto Nacional para la Excelencia de la Salud y los Cuidados sí recomienda la hipnosis para una enfermedad concreta: el sín-

Algunos estudios apuntan que las ondas cerebrales de los sujetos hipnotizados se asemejan a las de quienes llevan a cabo técnicas de meditación profunda, como hace este monje budista en el Centro Waisman de la Universidad de Wisconsin-Madison (EE. UU.).

JEFF MILLER / UNIVERSIDAD DE WISCONSIN-MADISON





Existen técnicas de hipnoparto con las que se pretende ayudar a las embarazadas a dar a luz

drome del intestino irritable (SII), que produce dolorosos retortijones, hinchazón, diarrea y estreñimiento. El SII –más conocido como colon irritable– es una dolencia de causa desconocida y para la que no hay cura, pero cuyos síntomas se alivian con algunos medicamentos y cambios en la dieta. Cuando los tratamientos no responden, la hipnosis puede propiciar una mejora de la calidad de vida. “En ese estado, los pacientes pueden visualizar el movimiento suave y regular de las olas del mar e imaginar que sus intestinos se mecen siguiendo un ritmo parecido”, señala Carla Flik, del Centro Médico Universitario de Utrecht, en los Países Bajos.

En Estados Unidos, tanto la Asociación de Psicología de ese país como los Institutos Nacionales de Salud promueven la hipnosis como parte del tratamiento habitual para combatir el dolor. Numerosos estudios han demostrado que puede emplearse en distintos problemas crónicos, como la lumbalgia y los efectos secundarios de los tratamientos oncológicos, y que a menudo da mejores resultados que las terapias exclusivamente físicas o cognitivo-conductuales.

TAN EFECTIVA PUEDE SER LA HIPNOSIS EN ESTE SENTIDO, que desde 1992 se usa incluso en algunos procedimientos quirúrgicos –entre los que se incluyen biopsias, laparoscopias y cirugía plástica–, como alternativa a la anestesia general. “La técnica es bastante simple”, asegura Aurore Marcou, del Instituto Curie de París. “El paciente recibe un anestésico local y una sedación suave. Nos sentamos junto a él y le guiamos para que se concentre en su mundo interior y en su respiración, con el objetivo de que fije la atención en un espacio seguro. Le ayudamos a revivir experiencias del pasado. Todo su cerebro se centra en esos recuerdos”. El mayor beneficio es que, de este modo, nos encontramos con menos efectos secundarios. “No produce la somnolencia ni las náuseas de la anestesia”, dice Marcou.

Según Guy Montgomery, de la Facultad de Medicina Icahn del Hospital Monte Sinaí, en Nueva York, las mujeres que han seguido técnicas de hipnosis antes de someterse a una cirugía de cáncer de mama luego refieren menos dolor, ansiedad, náuseas y fatiga. Y los beneficios no son exclusivamente físicos. Su equi-

po ha calculado que si en el 90 % de las biopsias de mama se utilizara la llamada hipnoseda- ción, solo en Estados Unidos se ahorrarían más de 135 millones de dólares al año.

Dada la reducción de síntomas físicos y mentales, no es extraño que muchas embarazadas, como Shona, acudan a clases de hipnoparto. Oficialmente, sin embargo, todavía no existe una postura definitiva al respecto. En 2011, un análisis de trece estudios sobre esta práctica concluyó que se trata de una intervención prometedor para combatir el dolor que se sufre al dar a luz. El problema es que muchos de aquellos ensayos estaban tan mal planteados que no fue posible llegar a una conclusión. Una investigación de 2015 concluyó que el uso de la hipnosis no suponía ninguna diferencia en cuanto al número de mujeres que solicitaban anestesia en el parto, pero sí reducía sensiblemente los niveles de miedo y ansiedad que referían quienes se sometían a ella.

DONDE LA HIPNOSIS PARECE TENER MUCHAS POSIBILIDADES es en el campo de la salud mental. En Norteamérica, los trastornos de ansiedad se encuentran entre las dolencias más comunes e invalidantes. En uno de los primeros estudios llevados a cabo sobre este asunto, Keara Valentine, de la Universidad de Hartford, en Connecticut, cuantificó junto a otros colegas el efecto de la hipnosis en la reducción de la ansiedad. Para ello, analizó todos los trabajos realizados sobre este tipo de terapia. Los resultados fueron impactantes: el participante medio que había sido tratado con hipnosis mostraba una mejoría superior al 84 % en relación a las personas con las que no se había utilizado. Es más, no había diferencias entre los beneficios obtenidos por quienes habían recurrido a la autohipnosis y los pacientes tratados con hipnoterapia guiada.

Pero la hipnosis no se usa únicamente para aliviar el dolor y la ansiedad. Cada vez se utiliza más para ayudar a personas que quieren aprender nuevos comportamientos o desembarazarse de malos hábitos. Una vez más, sin embargo, los resultados no son concluyentes, debido al deficiente diseño de los ensayos. En junio de 2019, Jamie Hartmann-Boyce, de la Universidad de Oxford (Reino Unido), publicó junto a



En el Hospital Saint-Grégoire de Rennes, en Francia, un anestesista sume en un estado hipnótico a una mujer que va a dar a luz por cesárea, mientras se le aplica anestesia local. Permanecerá en esa condición durante toda la intervención.

un equipo de colaboradores un análisis de catorce trabajos sobre el uso de la hipnosis para ayudar a fumadores a dejar el tabaco. Pues bien, no encontró suficientes pruebas que permitieran recomendar esta terapia. “El problema no fue que no sirviera para tal fin, sino que los estudios eran caóticos”, asegura Hartmann-Boyce. Y añade: “Había muchos sesgos, eran imprecisos o no contaban con suficientes participantes. Es un asunto muy importante. Hay que hacer más y mejores pruebas”.

EN OTRAS ÁREAS, LOS RESULTADOS TIENEN MÁS CONSISTENCIA. Por ejemplo, a comienzos de los noventa, un metaanálisis de estudios sobre la pérdida de peso demostró que si se añadía la hipnosis a la terapia cognitivo-conductual, se perdían más del doble de kilos. Otra iniciativa

parecida, realizada en 2018, obtuvo resultados igualmente esperanzadores.

A pesar de la creciente evidencia sobre el potencial de la hipnosis, todavía subsisten muchas dudas sobre cómo funciona realmente. Pero esto también está empezando a cambiar. “No creo que nadie pueda decir ‘sé exactamente qué es la hipnosis’, pero sí tenemos una cierta idea”, apunta Laurence Sugarman, del Instituto de Tecnología de Rochester, en Nueva York. En su opinión, no deberíamos pensar en este fenómeno como algo que lleva a un estado único, sino como una disciplina que influye en la capacidad del cerebro para adaptarse y aprender. “Es una habilidad que podemos usar para ayudarnos a nosotros mismos a cambiar nuestra mente”, afirma Sugarman.

Esta adaptabilidad, conocida también co-

mo plasticidad, permite que el cerebro modifique sus conexiones neuronales para desarrollar más actividades, recordar nueva información y adaptarse a toda la variedad de experiencias que la vida nos pone por delante. Hay momentos en que el casquete pensante es más maleable; especialmente en los primeros años o cuando sentimos emociones fuertes. Es muy probable que la hipnosis ponga nuestra sesera en un estado propicio para esa remodelación, no en un sentido concreto, sino en muchas formas distintas, dependiendo de la persona y el tipo de estrategia que se emplee.

POR EJEMPLO, LOS ESTUDIOS REALIZADOS MEDIANTE TÉCNICAS DE IMAGEN MÉDICA muestran que la inducción hipnótica suprime en parte la actividad en la corteza frontal, que es el área cerebral encargada de la planificación, la toma de decisiones y la atención. Esto relaja el freno que normalmente existe en otras zonas implicadas en el filtrado e integración de la información importante, procedente tan-

to de dentro como de fuera de nuestro cuerpo, que utilizamos para generar nuevos recuerdos, ideas y comportamientos. Algo parecido ocurre cuando tomamos alcohol, lo que igualmente nos hace más sugestionables.

Da la impresión de que si nos encontramos en un estado hipnótico, nuestra mente es capaz de generar sensaciones más intensas. Marie-Elisabeth Faymonville, responsable de la Clínica del Dolor del Hospital Universitario de Lieja, en Bélgica, ha podido observar que, cuando a un paciente que ha sido hipnotizado se le dice que imagine un recuerdo agradable, su cerebro muestra una mayor actividad en las áreas relacionadas con el movimiento y las sensaciones que personas que simplemente están pensando en esa escena. “Aunque no existía un estímulo real procedente del mundo exterior, los individuos que estaban hipnotizados lo *veían* como si lo hicieran con sus propios ojos y estuvieran recibiendo información al respecto. Era muy parecido a la verdadera percepción”, asegura Faymonville.

Algunos ensayos muestran que en los sujetos hipnotizados la sensación de dolor mengua



Una especialista de la Unidad de Pediatría del Hospital Robert-Debré, en París, observa a un joven mientras este realiza una sesión de autohipnosis. La idea es dilucidar si ello podría aliviar los síntomas de las migrañas y el dolor estomacal.

El espectacular efecto del público

Ningún hipnotizador puede obligarnos a hacer algo contra nuestra voluntad, con independencia de lo que sugieran los trucos de los mentalistas televisivos. En 1939, hubo científicos que hicieron ensayos en los que parecía demostrarse que las personas hipnotizadas realizaban de forma voluntaria acciones tan arriesgadas como coger serpientes venenosas. Sin embargo, experimentos posteriores revelaron que ese tipo de cosas las haría la mayoría de la gente, tanto en estado de hipnosis como si no, simplemente por encontrarse sometida a la presión de una persona que en ese

momento encarna la autoridad. En un contexto distinto, en cambio, todos los participantes se negarían.

“Es cierto que las personas que suben al escenario para someterse a la hipnosis se sienten obligadas a comportarse de una determinada manera”, dice Michael Heap, psicólogo clínico de la Universidad de Sheffield, en el Reino Unido. “Esto ocurre sobre todo porque se ven delante de un público. Saben lo que se espera de ellos y obedecen al hipnotizador. Están cooperando, cumpliendo lo que manda quien da las órdenes”.



Las personas hipnotizadas pueden mostrarse desinhibidas e incluso hacer el ridículo en el transcurso de un espectáculo, pero no pierden su voluntad y no harán nada que no quieran hacer o que les ponga en peligro.

Cuanto más fuertes sean esas sensaciones, sean imaginadas o no, con más facilidad podrán incorporarse al comportamiento aprendido.

Pero si se trata de controlar el dolor, la hipnosis puede ayudar de forma distinta. La percepción del mismo se da en el cerebro, y sabemos que este es influenciable. Pensemos en una gimnasta que se rompe la pierna en mitad de un ejercicio y sigue adelante, o en una madre que salva a su hijo de un edificio en llamas sin per-

catarse de las quemaduras que ha sufrido. Por lo visto, la hipnosis puede ayudarnos a conseguir algo parecido.

Faymonville llevó a cabo la siguiente prueba: hipnotizó a un grupo de voluntarios y luego les aplicó mucho calor en la palma de la mano. El resultado fue que la incomodidad y la intensidad del dolor que estos percibieron fueron un 50 % menores que las de aquellos que no habían sido sometidos a hipnosis y únicamente se en-

Cómo hipnotizarte a ti mismo

Empieza pensando en algo relajante durante cinco minutos. Por ejemplo, visualiza tu color favorito y déjate inundar por él como en un oleaje. También puedes imaginar que estás flotando en una gran masa de agua. A la vez, concéntrate en tu respiración.

El siguiente paso es situarte mentalmente en un lugar que te produzca felicidad, un sitio apacible que despierte tus sentidos. Puedes oler, tocar, oír y ver distintos aspectos de lo que te rodea. Si estás imaginando un día en la playa, por ejemplo, puedes atisbar el cielo azul y sentir el calor del sol en la piel, así como el olor y el sabor de la sal en el aire. También puedes oír el ruido de las olas que rompen sobre la arena.

Ha llegado entonces el momento de pasar a un estado más profundo. Para conseguir una mayor relajación, piensa que bajas por una escalera de caracol. Luego, repite mentalmente algunas frases que te ayuden a alcanzar el objetivo deseado.



La autohipnosis busca la máxima relajación del individuo, al que a menudo se anima a imaginarse en lugares agradables.

La hipnosis parece reducir la actividad de las zonas del cerebro relacionadas con la percepción de estímulos

contraban descansado y un 40% más bajas en relación a quienes habían recibido el orden de distraerse recordando algo agradable.

En este contexto, una mirada más profunda al cerebro muestra que este fenómeno es capaz de reducir la actividad de la corteza del cíngulo anterior, una zona que recibe información sobre estímulos sensoriales y está íntimamente relacionada con aquellas áreas que organizan las respuestas emocionales y conductuales apropiadas. Una menor actividad en esta región con forma de collar alrededor del cuerpo calloso, sugiere, por lo tanto, que las señales que suscitan las sensaciones dolorosas reciben menos atención de lo normal.

Otras investigaciones muestran que la hipnosis coloca a la persona en un estado mental en el que las ondas cerebrales –los patrones de actividad neuronal– son similares a las que se observan durante la meditación profunda.

EN UN ESTUDIO CON PACIENTES DE ESCLEROSIS MÚLTIPLE que fueron sometidos a hipnosis para tratar el dolor crónico, Mark Jensen, de la Universidad de Washington, en Seattle, observó que existía una conexión entre la potenciación de las ondas cerebrales theta generadas durante el trance hipnótico y un mayor alivio del dolor. Esto puede ser porque las que se producen en ese estado mejoran la capacidad del cerebro



La doctora Marie-Elisabeth Faymonville, del Hospital Universitario de Lieja, en Bélgica, investiga si, en determinadas circunstancias, la hipnosis –arriba, una paciente sumida en ella– puede emplearse como un alternativa a la anestesia.

para aprender y adaptarse a la nueva información que está recibiendo durante la terapia.

A pesar de estos avances, aún quedan muchos desafíos por delante. Uno de los más importantes es convencer a los médicos de que mantengan la mente abierta. Según Montgomery, muchos de los que están aún en proceso de formación preguntan: “¿Tenemos que hablar de hipnosis? Esta palabra puede asustar a los pacientes”. La respuesta es que sí.

De hecho, el mismo tratamiento parece funcionar mejor si es denominado hipnosis que si para describirlo se utilizan circunloquios o términos como relajación o sugestión. La motivación para dejarse hipnotizar, así como el convencimiento de que se trata de una terapia creíble, pueden aumentar también la efectividad. Ocurre algo parecido a lo que sucede con el efecto placebo. Si se cree que el empleo de la hipnosis puede llegar a suponer una diferencia importante y, con ello, mejorar el tratamiento, quizá juegue un papel clave en su éxito.

En todo caso, apostar por esta práctica en el

marco de la medicina convencional podría reportar grandes beneficios. Los estudios muestran que gracias a ella se reduce el uso de analgésicos en los pacientes con dolor crónico.

EN ESTADOS UNIDOS, ALREDEDOR DE 130 PERSONAS MUEREN DIARIAMENTE DE sobredosis por el consumo de fármacos de este tipo que resultan adictivos, en especial opioides. En el Foro Económico Mundial de Davos de 2018, el psicólogo David Spiegel, de la Universidad de Stanford, en San Francisco, señaló que la hipnosis ni lo es ni mata a la gente, sino que, por el contrario, puede tener un notable efecto en la reducción del dolor, por lo que merece la pena tomársela en serio. Pero ¿sirve la hipnosis para todo el mundo? “Lo cierto es que no, pero uno puede probar consigo mismo, pues el riesgo es mínimo”, dice Marcou. Y concluye: “Es, de hecho, una de las mayores bondades de esta técnica. Los resultados pueden ser verdaderamente asombrosos. Solo tenemos que estar dispuestos a dar a la hipnosis una oportunidad”. ■

GETTY

El sexo en grupo es una fantasía muy común: las encuestas recientes indican que en España los tríos figuran entre los deseos sexuales preferidos tanto de hombres como de mujeres.



El sexo está en la sesera

Herencia genética, hormonas, educación, entorno, estatus socioeconómico... Lo que pasa en la cama depende de multitud de factores que van mucho más allá de los genitales y el instinto.

POR PERE ESTUPINYÀ
Periodista científico y escritor

Los mismos nervios que conducen la sensual información de una caricia desde tu nalga a tu cerebro transmiten el latigazo que produce un rasguño. Es cierto que los receptores del dolor en la piel solo se activan a partir de cierto umbral de intensidad, pero si estamos sexualmente excitados, recibir unos golpes fuertes puede resultar placentero en lugar de odioso. Lo que ocurre es que el contexto hace que el encéfalo interprete de maneras casi opuestas una misma señal física proveniente del organismo.

Esta paradoja intrigaba a la neurocientífica noruega Siri Leknes, que al estudiar la relación entre placer y dolor demostró que las expectativas de sufrimiento modulan la percepción de este último, y que debido a la homeostasis –los fenómenos de autorregulación que mantienen el equilibrio del organismo– ciertos tipos de dolor liberan endorfinas para compensar; de hecho, si son continuos, su cese puede generar un *subidón* de bienestar. Preguntada por si había pensado experimentar con sadomasoquistas dijo que sí, pero que era más difícil de financiar y que le daba miedo que sus colegas lo tacharan de frivolidad. Sexo y ciencia han tardado en congeniar, porque esta tiene los mismos tabús que la sociedad.

Al investigador estadounidense Barry Komisaruk también le interesaba la relación entre placer y dolor, pero desde una perspectiva más fisiológica y pragmática. Había demostrado tanto en ratas hembra como en mujeres que la excitación genital aumenta el umbral del dolor, y quería conocer el mecanismo de este fenómeno, ya que podría abrir así una nueva vía para obtener tratamientos analgésicos. Él mismo vivió de cerca los intensos padecimientos de su esposa, víctima del cáncer, y dirigió toda su investigación a explorar esta estrategia de atenuar el padecimiento físico.

PERO CUANDO BUSCÓ INFORMACIÓN ACERCA DE QUÉ REGIONES CEREBRALES se activaban durante la excitación sexual se llevó una sorpresa: nadie lo había estudiado. Se habían localizado en la corteza sensorial del órgano pensante puntos vinculados a todas las áreas del cuerpo, menos a los genitales. ¿Tal vez por la vergüenza que da pedir a alguien que se toque *ahí*? Al final, Komisaruk decidió pedir a voluntarias que se masturbaran de diferentes maneras mientras se las observaba con un aparato de imagen por resonancia magnética funcional (RMf). El experimento incluía a personas con lesión medular, y ocurrió algo ines-

La psicología y la cultura modulan el sexo, pero la *programación biológica* de este resulta incuestionable

perado: algunas que no habían vuelto a sentir placer sexual –porque su lesión estaba por encima de la salida de los nervios pélvicos y el nervio pudendo, que transmiten las sensaciones del clitoris y la entrada de la vagina– se excitaban –una incluso tuvo un orgasmo– cuando eran estimuladas *en profundidad*, cerca del cuello del útero, debido a la entrada en acción de los nervios hipogástrico y vago. El investigador descubrió que los orgasmos puramente vaginales existen, y describió las áreas encefálicas que se activan progresivamente desde el estímulo inicial hasta el clímax.

Completó su estudio con hombres –entre ellos quien escribe estas líneas, que fue voluntario–, y bajo la misma filosofía: conocer la respuesta normal del cerebro durante la función sexual para compararla con la de personas hipersexuales y asexuales, o con la de individuos con anorgasmia o eyaculación precoz, y así poder explorar las causas físicas de estas disfunciones. Lo cierto es que salvo en el caso de algunos estudios de género o de enfermedades como la pedofilia, hay muy pocos trabajos sobre la anatomía y la fisiología del cerebro asociados a la sexualidad, así que a día de hoy la endocrinología y la psicología saben mucho más sobre nuestro comportamiento sexual que la neurociencia.

EN 2010, LA SEXÓLOGA Y PSICÓLOGA CANADIENSE MEREDITH CHIVERS publicó un estudio muy revelador. Mostró a un grupo de mujeres imágenes eróticas variadas que incluían forcejeos, sexo lésbico e incluso cópulas entre animales mientras medía el *estado* de sus genitales, y les preguntaba si las estimulaba o no lo que veían. Los resultados mostraron que cierto número de ellas no tenían *concordancia sexual*, es decir, que algunas escenas no gustaban a su mente consciente pero sí a sus órganos sexuales, sin que ellas lo notaran. Y es que como sabe cualquiera que se haya excitado cuando no toca o que no haya podido tener una erección a pesar de *estar caliente*, lo físico y lo mental no siempre coinciden. Un ejemplo muy claro de esto son los *coregasms* u orgasmos inducidos por la práctica de ejercicio, en los que toda la zona genital se activa mientras el cerebro está a otra cosa. Y uno todavía más extremo es el síndrome de excitación sexual

permanente, que afecta a mujeres que pasan horas experimentando constantes sensaciones preorgásmicas indeseadas. La etiología de este fenómeno es desconocida, pero Komisaruk publicó un estudio en el que indicaba que muchas de ellas tenían quistes de Tarlov (sacos llenos de líquido) en la zona baja de la columna vertebral, justo en la zona de salida del nervio pudendo: podrían pinzar este, lo que se traduciría en una transmisión erógena al cerebro.

EL SISTEMA NERVIOSO Y EL ENDOCRINO TIENEN MUCHO QUE DECIR en algo tan importante para la selección natural, y, por tanto, tan codificado en nuestra biología más básica como la función sexual. Pongamos el ejemplo de las hormonas: si a un conejo le inyectas testosterona, aumentará de repente su deseo; y si a un pederasta se le suministran antiandrógenos, estos bajarán su libido y sus fantasías. Por su parte, todas las hembras de mamíferos –a excepción de las humanas y las bonobos– solo quieren copular cuando están ovulando. Y sin ser conscientes de ello; simplemente notan tal urgencia inducidas por los vaivenes hormonales que la evolución ha diseñado para perpetuar la especie. Las mujeres han aprendido a disfrutar del sexo en todo momento y a *activarse* más por los estímulos externos que por los internos, pero es biológicamente normal que su ciclo menstrual module su deseo, las preferencias por unas prácticas sexuales u otras, los tipos de fantasías, su actitud más o menos seductora...

Se ha observado que en los momentos del ciclo menstrual donde generan un pico de estrógenos, ellas coquetean más que cuando llegan al máximo de progesterona. También que cuando alguien consume antidepresivos el aumento de serotonina le dificulta la excitación y el orgasmo, y que la liberación drástica de dopamina provocada por algunas drogas puede potenciar el deseo y a la vez inhibir la excitación física. Incluso hay un controvertido fármaco llamado flibanserina que si se toma a diario aumenta la libido femenina, según sus fabricantes. La psicología y la cultura modulan el sexo, sí, pero la *programación biológica* de este es incuestionable.

En estas investigaciones también resulta importante entender cómo se relacionan con la respuesta sexual el sistema nervioso simpático,



La frontera entre el dolor y el placer es muy fina para los aficionados al sadomasoquismo, una práctica sexual que implica padecimientos físicos y juegos de dominación. ¿En qué punto se convierte en algo patológico?

que pone al organismo en un estado de alerta, y el parasimpático, que nos devuelve a un estado normal. Cuando manda este último, el ritmo cardíaco y los músculos se calman, las funciones fisiológicas como la digestión siguen su marcha y, si hay estímulo, la sangre puede fluir libremente a los genitales y generar erecciones de pene o de clítoris. Pero cuando por algún hecho estresante activa el sistema simpático, el cuerpo interpreta que no es momento para reproducirse y que el flujo sanguíneo debe ir a los músculos para poder luchar o escapar con

éxito. Por eso, cuando alguien está nervioso o tenso no logra tener una erección.

Existe un hecho fundamental para entender otros aspectos de la respuesta sexual: el orgasmo es una activación drástica del sistema nervioso simpático. Eso provoca que el pene se vacíe de sangre tras el clímax, pero también puede causar su precipitación. Muchos casos de eyaculación precoz se dan porque el nerviosismo *enciende* las fibras simpáticas, y en algunas personas a las que les cuesta llegar al orgasmo, cierta agresividad física o ver-

⇒

¿Son diferentes los orgasmos de hombres y mujeres?

En un experimento se pidió a varios voluntarios, hombres y mujeres, que describieran sus orgasmos sin utilizar términos que desvelaran su género, como pene y vulva. Debían comunicar con el mayor detalle posible sus sensaciones físicas y la duración e intensidad del clímax. Los investigadores mostraron esas descripciones de orgasmos a otro grupo de voluntarios para que intentaran adivinar si correspondían a hembras o varones: el nivel de acierto no superó significativamente al que se habría dado con respuestas emitidas al azar. La conclusión fue clara: los orgasmos masculinos y femeninos son tremendamente parecidos.

Obviamente sabemos que las mujeres pueden ser multiorgásmicas o que a veces sus sensaciones durante el clímax se centran menos en los genitales, pero por mucho que se diga que ellos son de Marte y ellas de Venus, la realidad es que son los mismos nervios los que llegan al pene y al clítoris, y que los genitales masculinos y femeninos tienen la misma estructura, salvo que el pene es exterior y el clítoris, interior, por ejemplo. De hecho, las mujeres también eyaculan, los hombres pueden ser multiorgásmicos, el clítoris entra en erección al excitarse y, como el glande, sufre momentos de hipersensibilidad tras el momento de máximo placer.



Según un estudio elaborado por la marca de preservativos Control, seis de cada diez mujeres españolas tienen dificultades para alcanzar el orgasmo, un problema que afecta a un 23 % de los varones.

La evolución ha grabado en nuestros cerebros la preferencia por los rostros simétricos, los hombres físicamente fuertes y las mujeres jóvenes y fértiles

bal controlada en medio de la relación carnal puede desencadenar la culminación del placer sexual. El cuerpo está hecho para el sexo, al que nuestra compleja mente añade una variada capa de sofisticación, colores y opciones para que lo disfrutemos al máximo.

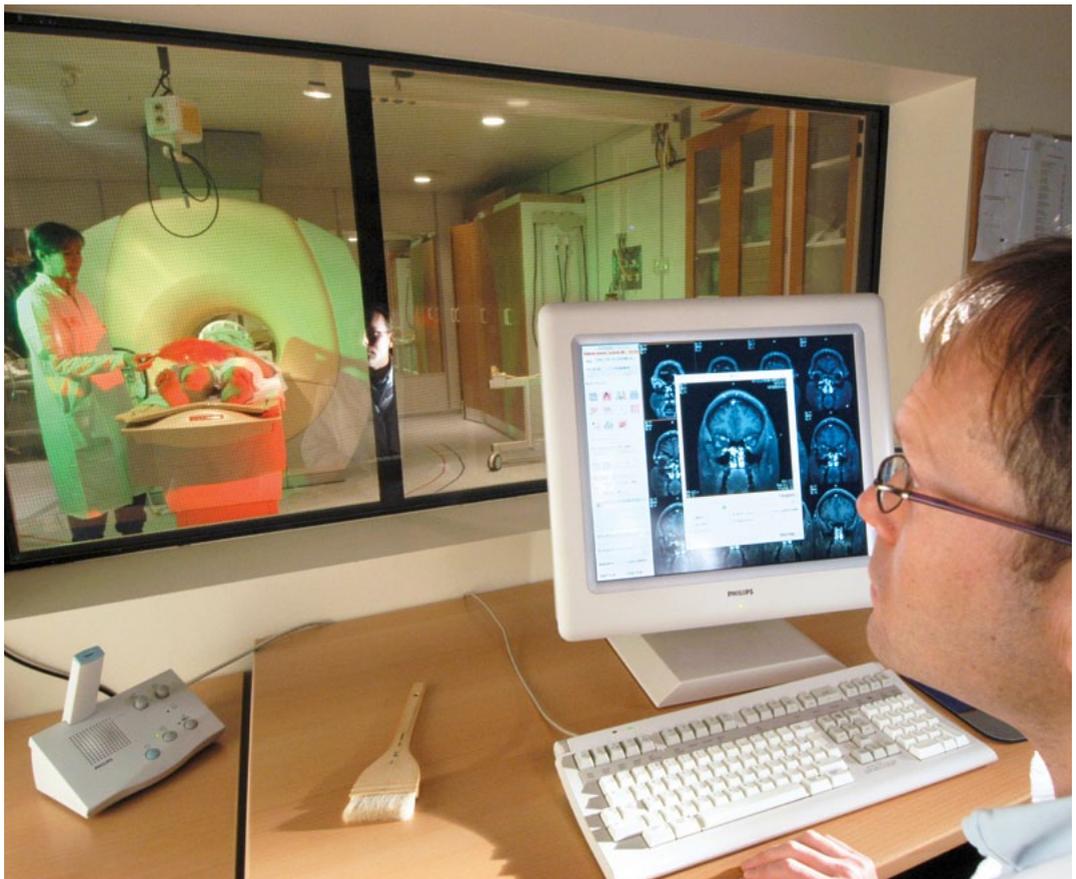
LOS LLAMADOS UNIVERSALES DE BELLEZA SON REALES.

La evolución ha impreso en nuestra sesera la preferencia por caras simétricas como una marca de calidad genética, y por la fortaleza masculina y la juventud femenina como señales de fertilidad. Pero a partir de ahí no hay determinismo que valga. La cultura e incluso nuestro estado anímico modulan mucho más hondo de lo que se suele decir la herencia evolutiva.

El psicólogo social Viren Swami hizo un estudio muy simple y curioso: modificó una silueta femenina para tener varias versiones –de más delgada a más rellenita–, y las mostró a estudiantes varones que debían elegir las que más

los atraían. Los encuestados fueron divididos: una mitad debía llegar hambrienta a la prueba, y la otra, saciada. Todos eligieron figuras *intermedias*, pero los que acudieron con el estómago lleno tendían a preferir las más esbeltas. En un trabajo similar, el psicólogo y neurocientífico David Perret enseñó a mujeres heterosexuales caras más o menos masculinas, para preguntarles cuáles les resultaban más atractivas. Justo antes de esto, la mitad de las chicas debían valorar la belleza de una serie de muchachas muy guapas y bien vestidas; y la otra mitad, la de modelos poco agraciadas. Este paso previo pretendía reducir o aumentar la seguridad de las participantes en la belleza propia. ¿Qué ocurrió?

Las chicas que vieron mujeres bellas se decantaron por hombres menos masculinos. Sin duda, las preferencias cambian en función del estado físico y emocional, la etapa del ciclo menstrual, la satisfacción sexual del momento, o incluso aspectos socioeconómicos y culturales.



Una investigadora acaricia con una pluma los pies de un hombre, mientras una máquina de resonancia magnética escruta el cerebro del sujeto del experimento para registrar la respuesta sexual en los juegos eróticos.

Fantasear con prácticas sexuales vejatorias no es raro: el problema llega cuando se intenta hacerlas reales

El citado Viren Swami dirigió un gran proyecto en el que se analizaban las preferencias sexuales entre los miembros de diez culturas diferentes, un trabajo en el que también se tuvo en cuenta el nivel socioeconómico. Se observó que los individuos de clase alta suelen preferir una delgadez que en ciertas latitudes se considera enfermiza, que la publicidad y los referentes visuales que nos venden nos influyen sobremedida y, sobre todo, que la diversidad individual de los gustos es inabarcable. Parece que las historias de la proporción perfecta entre cadera, cintura y pecho son invenciones carentes de fundamento, y que los deseos sexuales tienen mucho que ver con la habituación. Si alguien empieza a experimentar con los tríos, o con los juegos de dominación y sumisión, o con los masajes tántricos, o a ver cierto tipo de imágenes pornográficas, y eso le satisface, desarrollará una preferencia sostenida por tales prácticas. Es psicología básica. Igual que alguien con

personalidad adictiva puede engancharse al tabaco, al alcohol, a los gimnasios, a las compras o a cualquier sustancia o comportamiento que repita con asiduidad, en mayor o menor grado todos somos adictos al sexo y el tipo de prácticas que elijamos en circunstancias determinadas son las que terminan gustándonos más. Pasa igual con la comida.

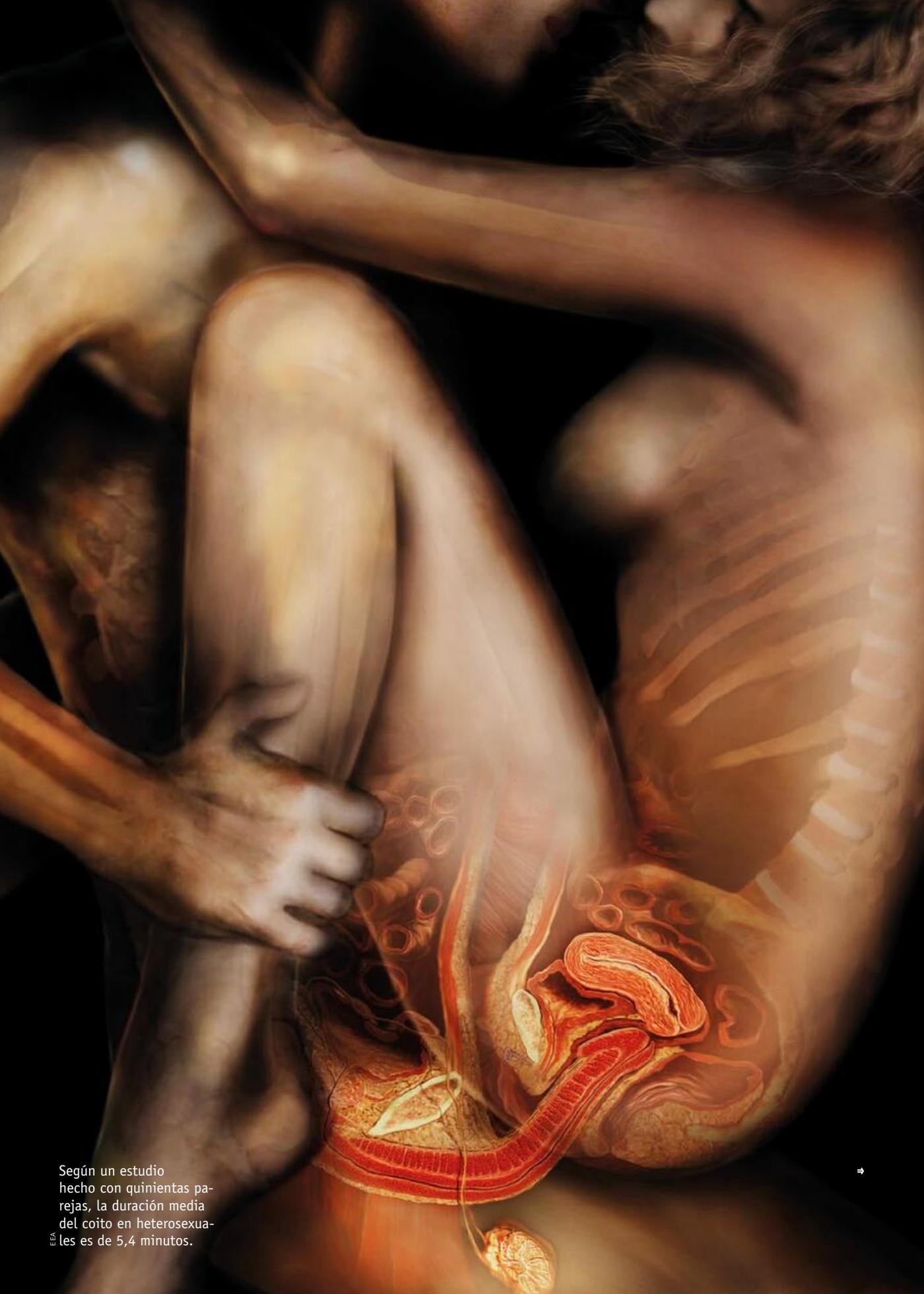
ESTOS PROCESOS PSICOLÓGICOS INCLUYEN TODAS LAS RAREZAS que los sexólogos han descrito desde finales del siglo XIX. ¿Hay fetichismos o parafilias que puedan considerarse desórdenes psiquiátricos? Sí, pero en tales casos el problema suele asociarse al autocontrol, y ahí es donde entra la neurociencia. Sentirte excitado por que te miren o por dominar sexualmente a otro no es un problema: el conflicto llega cuando alguna área del cerebro no funciona como debe y cierto individuo no puede evitar someter a otros contra su voluntad, o exhibir sus genita-

¿Está la multiorgasmia marcada en los genes?

En el Reino Unido existe una base de datos llamada TwinUK donde hay registradas más de diez mil parejas de hermanos gemelos y mellizos de entre 16 y 98 años de edad, que son analizados para estudiar la base genética y ambiental de diferentes enfermedades, rasgos de personalidad o aspectos del comportamiento. Los trabajos con estas personas se han utilizado desde hace tiempo para averiguar si, por ejemplo, la predisposición al alcoholismo, a la violencia, a la diabetes o la facilidad para la música tienen mayor o menor componente genético. Lo que se hace es comparar la correlación del rasgo a estudiar entre gemelos, cuyo ADN es idéntico; y mellizos, que comparten el 50 % del material genético.

Los investigadores Kate Dunn y Tim Spector, conscientes de que entre las mujeres existen muchas diferencias individuales en la facilidad

para alcanzar el orgasmo, se preguntaron si la multiorgasmia podría tener un componente genético. Enviaron cuestionarios a más de 3600 parejas de gemelas y mellizas para saber cuán probable era que si una era multiorgásmica la otra también lo fuera, y los resultados fueron clarísimos. Entre las gemelas había mucha más correlación que entre las mellizas: así, establecieron que los genes podían explicar entre un 35% y un 45% de las diferencias entre individuos. No se conoce en qué carácter fisiológico se manifiesta esta variabilidad genética, pero se especula que podría ser en los niveles de prolactina (una hormona), la tendencia a la ansiedad o incluso en rasgos físicos de los genitales: se sabe por ejemplo que el tamaño interno del clítoris y su cercanía respecto a la vagina pueden influir de forma notable en que haya más orgasmos con penetración, y eso tal vez tenga un componente genético.



Según un estudio
hecho con quinientas pa-
rejas, la duración media
del coito en heterosexua-
les es de 5,4 minutos.

EVA





¿Qué marca la identidad de género? ¿Las hormonas, los genes, la educación y el entorno? ¿Una mezcla de todos esos factores? El debate está muy vivo.

GETTY

¿Tiene género el cerebro?

Los sesgos cognitivos traicionan nuestra mente racional. Uno muy conocido es el de confirmación. Funciona así: cuando uno cree mucho en una hipótesis, atiende inconscientemente más a los hechos que la confirman que a los que la refutan. Con afirmaciones que no provocan emociones fuertes –por ejemplo, que los *Homo sapiens* aparecieron hace unos 300 000 años en lugar de hace 200 000–, nos resulta fácil cambiar nuestra idea inicial si datos nuevos la desmienten. En cambio, cuanto más implicados estemos en el asunto que se trate, más nos afecta el sesgo de confirmación.

En el mundo académico, los debates sobre si la biología determina más o menos que la cultura los estereotipos de género y si los cerebros de hombres y mujeres son diferentes suscitan fuertes polémicas. Por un lado existe un *biologicismo* simplista y determinista hasta el absurdo que sostiene que el género lo dictan los cromosomas XX y XY, y que a partir de ahí las hormonas y el dimorfismo sexual en el cerebro hacen el resto. Por otro lado, tenemos a los sociólogos constructivistas de los departamentos de estudios de género, convencidos dogmáticamente de que cualquier rasgo de comportamiento es una construcción social. Otros especialistas no consideran este asunto relevante, pero lo cierto es que, por ejemplo, algunas enfermedades psiquiátricas son mucho más frecuentes en hombres y otras en

mujeres. No investigar las variaciones neuroanatómicas entre sexos porque es polémico no parece una decisión acertada.

De hecho, numerosos estudios han encontrado cierto dimorfismo sexual entre cerebros de hombres y mujeres, pero hay *truco*. Estas diferencias solo se observan al comparar las medias de muchos órganos de personas con identidad sexual masculina y femenina. Existe tanta diversidad individual dentro del grupo de los hombres y del de las mujeres, que al hacer la media sí se ven rasgos distintos, pero resulta imposible observar un cerebro concreto y concluir sin dudas que es masculino o femenino. Sería algo parecido a pretender asignar el género a partir de la estatura. Los machos son en promedio más altos que las hembras, pero no se puede asegurar que un sujeto de 1,75 metros sea hombre y uno de 1,60 metros mujer.

En estudios con transexuales sí se observa que su identidad de género está muy definida desde la primera infancia, lo que sugiere que durante el desarrollo embrionario y por influencia hormonal el encéfalo sí va configurándose para hacer que alguien “se sienta hombre” o “se sienta mujer”, independientemente de la presión social que reciba. De todas maneras, cuando nos preguntamos qué es sentirse hombre o mujer, más allá de estereotipos y aspecto físico, no sabemos qué responder.

Algunos estudios indican que ser transexual no es cosa de adultos: quienes lo son lo saben desde su infancia

les ante alguien sin su consentimiento. El científico español Jorge Ponseti lleva años en Alemania analizando el cerebro de los pedófilos y comparando el de aquellos que nunca abusarían de un niño con el de los que lo han hecho, y ha hallado diferencias neuroanatómicas significativas. De todas formas, salvo en casos extremos, que una práctica sexual se acepte más o menos es una convención social. Hasta hace poco, la homose-

xualidad se consideraba una enfermedad y la religión vedaba el placer a las mujeres; hoy existen parejas *abiertas* que se acuestan con otras personas, algo que escandaliza a unos, y que para otros es lo más acorde con nuestra herencia evolutiva. Sí, el sexo pasa por nuestro cerebro, pero no está tan regulado por los genes como por fluctuaciones hormonales e influencias psicoculturales. Y es que no todos los cachetes son iguales. ■

SHUTTERSTOCK
La memoria es una herramienta adaptativa y una pieza clave en la supervivencia de nuestra especie. Su misión principal es ayudarnos a tomar las mejores decisiones posibles en cada momento en base a la experiencia.



La memoria: algo para recordar

¿Crees que consume más energía recordar que olvidar? ¿Que los recuerdos se guardan en el hipocampo? ¿O que beber alcohol te hace olvidadizo? Si es así, tus nociones sobre la memoria se han quedado obsoletas y ha llegado el momento de actualizarlas.

POR ELENA SANZ
Periodista científica

Empecemos por algunas nociones básicas. En el cerebro, la información se guarda en diversos grupos, circuitos o *asambleas* de neuronas que establecen multitud de enlaces entre ellas. No se trata de conexiones físicas, sino de reducidos espacios que quedan entre el final de una neurona (axón) y el comienzo de otra (dendrita) donde se vierten unas sustancias químicas denominadas neurotransmisores. Es lo que en la jerga científica se conoce como sinapsis.

“Estas sinapsis son plásticas, dinámicas, por eso, la fuerza o eficiencia de las conexiones puede variar, aumentar o disminuir con el paso del tiempo”, explica Santiago Canals, uno de los científicos españoles que más sabe acerca de la memoria y miembro del Instituto de Neurociencias, centro mixto de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche y el CSIC.

“Cada vez que el cerebro recibe un estímulo —un sonido, una imagen, un olor...— o vive una determinada experiencia, se activa un grupo o constelación de neuronas y sinapsis”, dice Canals. La repetición del mismo estímulo

Si olvidamos lo que no nos interesa, tendremos más capacidad de fijarnos en los detalles que nos son útiles

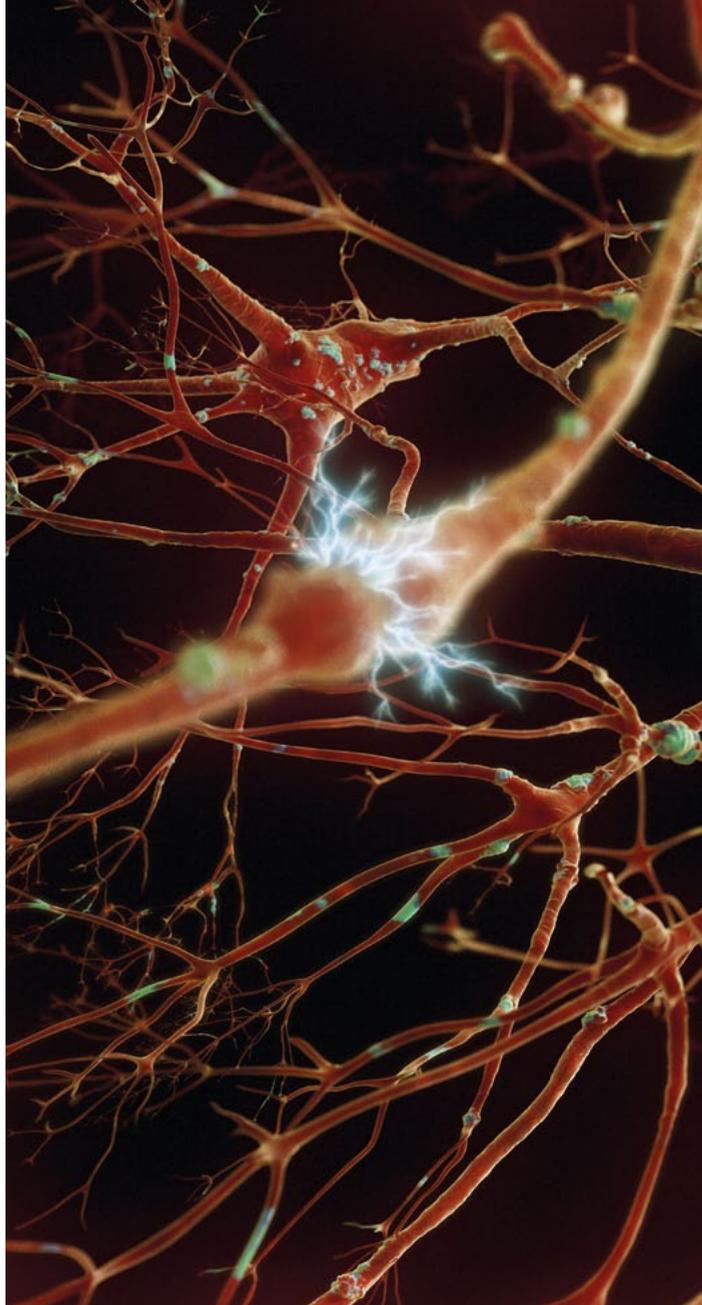
lo o experiencia hace que esas conexiones se vuelvan a activar y se refuercen. Si no hay refuerzo, pierden intensidad y eficiencia.

Por liar un poco más el asunto, resulta que los circuitos sinápticos pueden, además, asociarse entre sí de forma jerárquica, y establecer así nuevas conexiones entre neuronas de distintos circuitos. “Estas asociaciones contendrían información de orden superior, como, por ejemplo, la relación que existe entre una acción determinada y la obtención de una recompensa o un castigo”, aclara Canals.

VISTO ASÍ, PODRÍAMOS CAER EN LA TENTACIÓN DE PENSAR que la memoria funciona como una biblioteca o, en una versión más moderna, como un disco duro repleto de archivos y documentos. Es decir, que la información entra por alguna parte, el cerebro la almacena y luego, cuando nos hace falta, la consultamos.

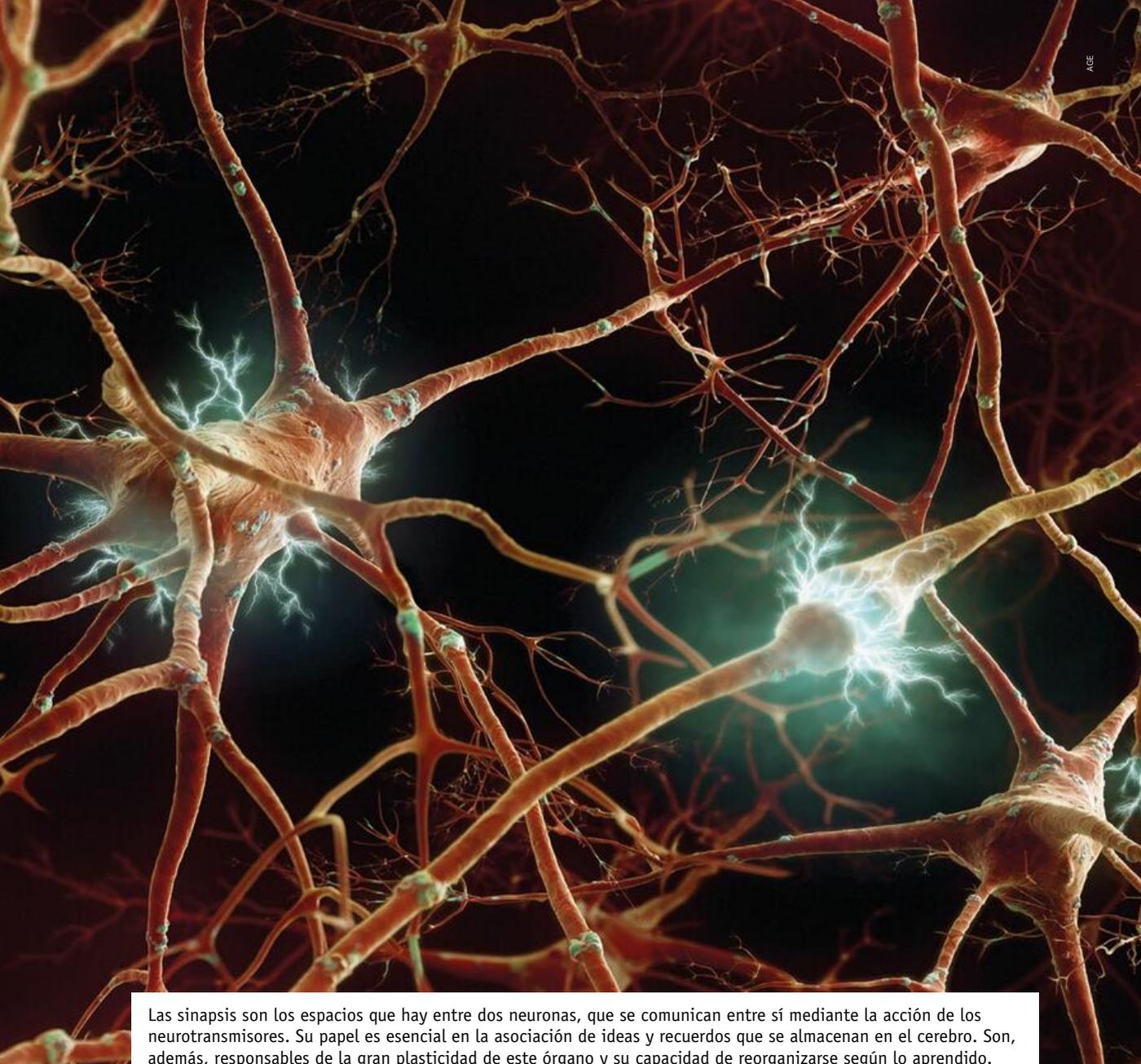
Pero nada más lejos de la realidad. “Nuestra memoria no es fija, no es comparable a una memoria USB, ni tampoco a un ordenador: es un proceso que evoluciona”, sentencia Canals. Eso no significa que estemos mal hechos, ni mucho menos. Sencillamente, es así porque su función dista bastante de brindarnos un repositorio estático de información. Si la memoria existe es para ayudarnos a entender el mundo que nos rodea y, en la medida de lo posible, predecir sus cambios, anticiparnos a los peligros y adaptarnos con flexibilidad a sus sucesivas transformaciones.

Para cumplir con este propósito, serviría de poco –incluso, sería contraproducente– hacer acopio dentro de la sesera de toda la avalancha de datos y estímulos que recibimos a diario. “Lo que debe hacer el cerebro es almacenar la información justa que nos permita generalizar para entender un mundo en continuo cambio”, señala Canals. E insiste: “La memoria no es un almacén, sino un proceso en movimiento”. De hecho, aclara que, cada vez que recordamos, exponemos la información al momento presente, y eso implica que se *reescribe*. Así, la lección más importante que nos



enseña Canals durante nuestra conversación es que nada, absolutamente nada, es inamovible en la memoria.

OTRA TENDENCIA QUE LA CIENCIA HA DESTERRADO PARA SIEMPRE es el llamado *neuronacentrismo*. Porque ni todo el monte es orégano, ni todo el encéfalo son neuronas. Hay otras células relevantes, entre ellas, los astrocitos, que hasta hace poco eran considerados meros actores secundarios o, incluso, de reparto, en la película de la memoria. En teoría, su rol se limitaba a asegurarse de que las neuronas recibían suficientes nutrientes, sostenerlas en



Las sinapsis son los espacios que hay entre dos neuronas, que se comunican entre sí mediante la acción de los neurotransmisores. Su papel es esencial en la asociación de ideas y recuerdos que se almacenan en el cerebro. Son, además, responsables de la gran plasticidad de este órgano y su capacidad de reorganizarse según lo aprendido.

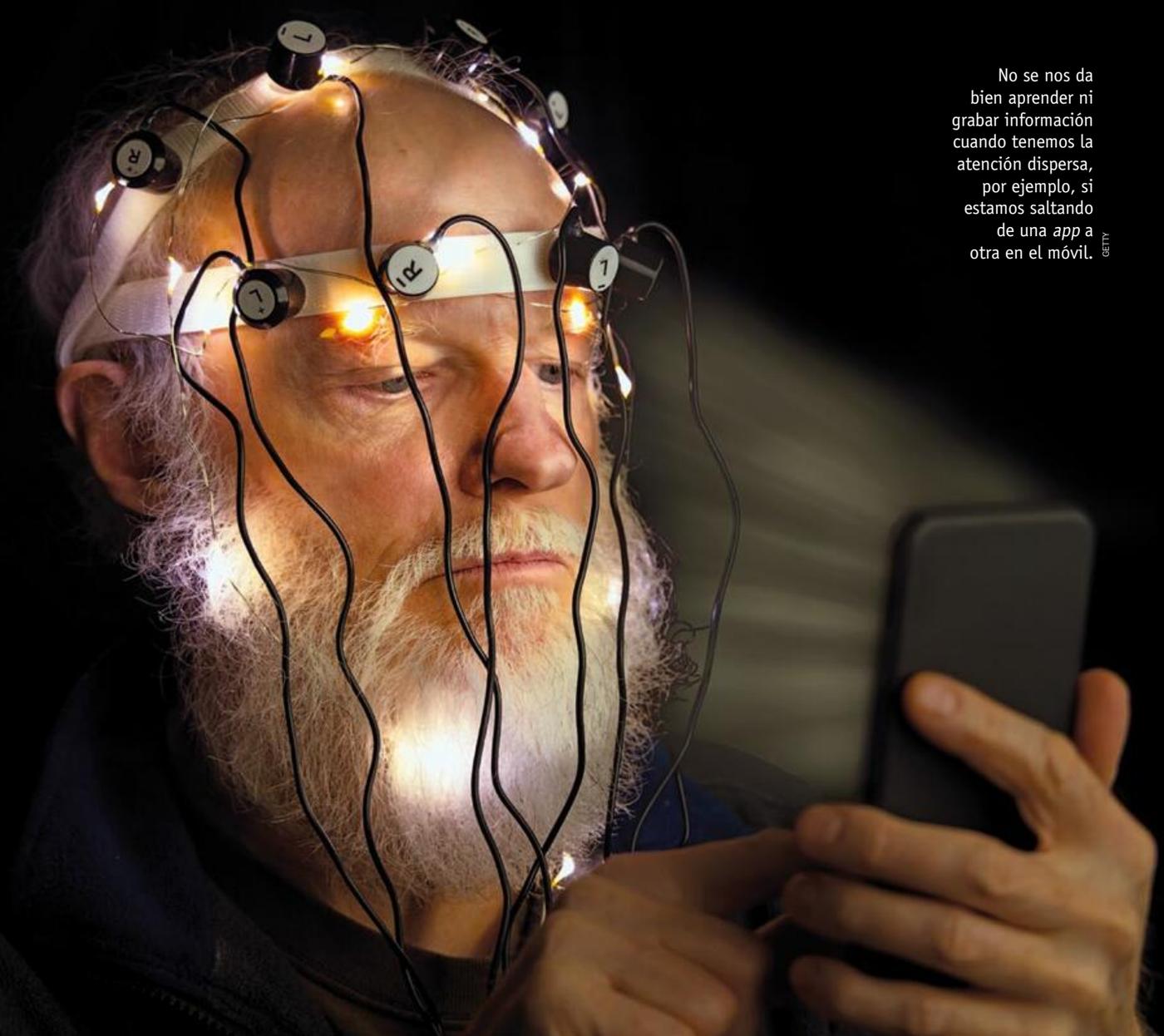
su posición y retirar la basura molecular. El año pasado, un estudio científico cambió las tornas al demostrar que estas células con forma de estrella también brillan con luz propia. Es más, parece que sin ellas no se pueden consolidar los recuerdos a largo plazo.

No acaba ahí la cosa. Una investigación de la que se hacía eco la revista *Science* a principios de año desvelaba que las células de la microglía, unos macrófagos especializados en limpiar el cerebro, también absorben y borran los recuerdos sin importancia. Según Chao Wang y sus colegas de la facultad de Medicina de Hangzhou (China), estas células se compor-

tan como jardineros especializados en *podar* las sinapsis sobrantes. Sin ellas, olvidar sería imposible.

¿Y ESO SERÍA MALO? MALO NO, MALÍSIMO. DESPUÉS DE TODO, NO HAY QUE CAER en el error de considerar el olvido como un fallo o un *patinazo* de la memoria. Para poder presumir de ser dueños de una cabeza sana, tan importante es olvidar como recordar.

Un estudio canadiense publicado hace tres años en la revista *Neuron* lo dejaba bastante claro: lo que distingue la buena memoria de la mala no es ser capaz de recordar más informa-



No se nos da bien aprender ni grabar información cuando tenemos la atención dispersa, por ejemplo, si estamos saltando de una app a otra en el móvil.

GRETT

ción durante mucho tiempo, sino optimizar lo que se recuerda.

Recordarlo absolutamente todo es innecesario, como ya apuntábamos al principio. Lo realmente inteligente es que el cerebro sea capaz de obviar los detalles irrelevantes para retener solo lo que puede ayudar a que su dueño tome buenas decisiones. Si olvidamos lo intrascendente de manera controlada, tendremos más capacidad de generalizar y predecir lo que está por llegar. En otras palabras, seremos mucho más listos.

“Hace algún tiempo que sabemos que el olvido no es solo un proceso pasivo, de desgaste, sino que existen mecanismos cerebrales específicos para borrar información”, aclara Canals. “Es evidente —continúa— que no queremos re-

cordar cada detalle de cada día que vivimos, entre otras cosas porque, como nos sugería el ensayista y poeta argentino Borges en *Funes el memorioso*, recordar un día nos llevaría veinticuatro horas”.

¿CÓMO SE MANTIENE EL EQUILIBRIO ENTRE LO QUE RECUERDAS Y LO QUE OLVIDAS?,

le preguntamos al investigador. “Yo creo que no hay equilibrio”, nos corrige. “En mi opinión, la memoria tiende a olvidarlo prácticamente todo, a no ser que resulte singular, a no ser que haya un cambio con respecto a la situación anterior. Es lo que llamamos novedad”.

La novedad resulta, de hecho, uno de los principales tamices que utiliza nuestro cerebro para

La novedad es uno de los principales tamices que usan los sesos para filtrar lo que entra en la memoria

filtrar lo que entra en la memoria, según Bryan Strange, director del Laboratorio de Neurociencia Clínica del Centro de Tecnología Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid. “Si todos los días haces el mismo trayecto de casa al trabajo, en tu memoria no queda ni rastro de lo que sucede por el camino... salvo si un día te encuentras con un elefante cruzando un semáforo en pleno centro de la ciudad”, comenta Strange.

Dice este neurocientífico que este tipo de brechas entre las expectativas y la realidad aumenta de forma considerable la probabilidad de recordar para toda la vida una experiencia. Lo extraordinario siempre se hace un hueco en la memoria, porque viola cualquier predicción. “Lo que nos asusta o tiene un contenido emocional impactante también se nos queda grabado”, relata Strange. Concretamente, lo emocional hace que se libere noradrenalina, mientras que lo nuevo o sobresaliente dispara la dopamina. Ambos neurotransmisores activan esta función.

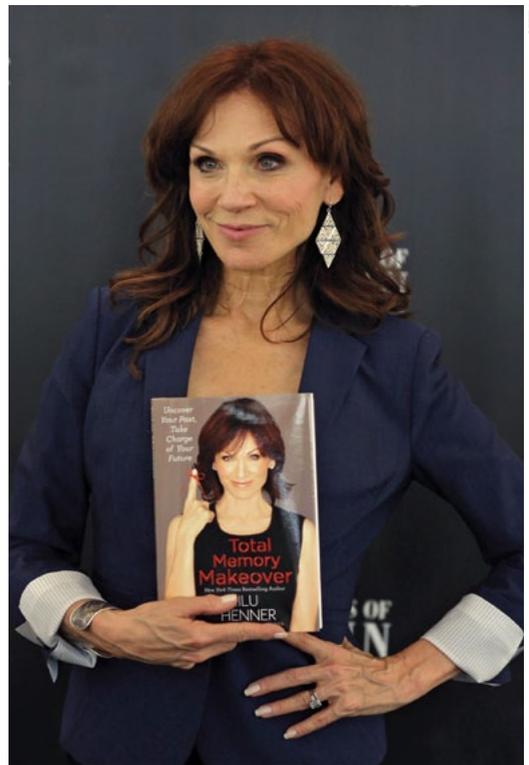
STRANGE SABE DE LO QUE HABLA. SE HA PASADO LOS ÚLTIMOS veintidós años intentando descifrar los intrínquilos de la memoria. “Y, aún así, debo confesar que los neurocientíficos no tenemos claro cómo se guardan exactamente los recuerdos a nivel molecular y neuronal, lo que en cierto modo resulta frustrante”, admite. Nos explica que, aunque nadie discute que el hipocampo es una parte imprescindible para recordar, todavía se debate si su papel es limitado en el tiempo. “Muchos investigadores creen que la memoria retenida del hipocampo tiene fecha de caducidad”, dice Strange. Nos aclara que se basan en que los enfermos de alzhéimer, que normalmente sufren daños en el hipocampo, conservan los recuerdos de la infancia, pero olvidan lo reciente.

¿Y él que opina? Se lo preguntamos. “Yo sospecho que el hipocampo guarda recuerdos más específicos, con más detalles, y otras áreas del cerebro se ocupan de una memoria más general, como la de los recuerdos infantiles”, nos responde.

Ahora Strange anda enfrascado en un proyecto del que disfruta como un niño que estrena zapatos nuevos. Se llama RememberEx y acaba de cumplir un año. Su objetivo no es otro que identificar los mecanismos electro-

fisiológicos de la memoria dentro del cerebro humano. “Queremos entender cómo y por qué ese recuerdo del elefante cruzando el paso de peatones se nos graba con tanta fuerza”, resume. O lo que es lo mismo, la capacidad selectiva de la memoria. Él y sus colegas trabajan con pacientes que tienen electrodos implantados por distintas enfermedades y que, por lo tanto, les proporcionan acceso directo al cerebro.

“LO QUE PRETENDEMOS ES HALLAR RESPUESTA A UNA CUESTIÓN QUE PARA MÍ es casi un santo grial, porque llevo años detrás de ella”, se sincera el investigador. “El hipocampo —continúa— es importante para la memoria, pero su vecino de enfrente, la amígdala, que procesa el contenido emocional del entorno, también tiene mucho que decir”. En teoría, la amígdala modula el hipocampo, pero la palabra



La actriz Marilu Henner posee memoria autobiográfica superior: recuerda cada día de su vida desde los once años.



La natación es un método excelente para mantener la memoria –y no solo el cuerpo– en buena forma. Todos los *superagers*, que llegan a viejos con las capacidades mentales en estado óptimo, practican ejercicio físico con regularidad.

modula es muy imprecisa, pues no concreta de qué mecanismo estamos hablando. “Ahora con RememberEx parece que al fin empezamos a descifrar cómo se comunican el hipocampo y la amígdala, cuál es su auténtica relación, y para mí está resultando apasionante”, nos cuenta visiblemente emocionado.

ESTO ENTRONCA CON LAS ÚLTIMAS INVESTIGACIONES llevadas a cabo en el laboratorio de Canals. Combinando imágenes cerebrales de resonancia magnética en alta resolución y herramientas de estadística física, este científico estudia el núcleo accumbens, un área del cerebro que forma parte del sistema de recompensa y que resulta ser crítica para mantener la comunicación en las redes de memoria. Tanto, que “sin una actividad normal en este área se pierde la comunicación entre el hipocampo y la corteza prefrontal, imprescindible para que se consolide la memoria a largo plazo”. “En otras palabras, los centros de recompensa, juegan un papel inesperado a la hora de seleccionar qué recuerdos se retienen de forma duradera”, dice Canals.

Lo que está claro es que, a estas alturas, no podemos seguir hablando del hipocampo como



En el proceso de guardar recuerdos, participan el centro de recompensa neuronal, la amígdala y el hipocampo

sede de la memoria. Esta función se ha descentralizado definitivamente. Atrás quedó la vieja idea de los compartimentos estancos. “No podemos reducir la memoria a procesos discretos que suceden en distintas regiones cerebrales de forma independiente —amígdala, corteza prefrontal, corteza motora, accumbens, etc.— y que, luego, de alguna manera, se combinan”, aclara Canals. La memoria podría compararse con una compleja orquesta en la que, eso sí, parece que el hipocampo lleva la batuta. “Es más, para entender la memoria como función, deberemos estudiarla en el contexto del individuo en su medioambiente —*embodiment*—, y en sociedad”, añade el neurocientífico.

“Durante siglos, uno de los dogmas en neurociencia era que los humanos nacemos con un número limitado de neuronas, que son con las que nos desenvolvemos el resto de nuestra vida”, cuenta Strange. Y añade: “En la actualidad, sabemos que no es así, que constantemen-

te se forman nuevas neuronas, especialmente, en el hipocampo”. Un proceso conocido como neurogénesis.

ES MÁS, SEGÚN UN ESTUDIO LIDERADO POR INVESTIGADORES españoles del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (Madrid), hay evidencias de que el encéfalo produce nuevas neuronas hasta la novena década de la vida. Lo interesante del asunto es que, si se encuentra el modo de incrementar el nacimiento y la maduración de nuevas células nerviosas, tal y como ya se hace ya en ratones de laboratorio, tendríamos un arma potente para ralentizar el alzhéimer y otras enfermedades neurodegenerativas.

Hay ancianos que no la necesitan. Y no solo porque en sus cerebros se produce una eficaz neurogénesis. Hace una década, investigadores de la Universidad Northwestern (EE. UU.) pusieron el foco sobre un grupo de individuos con más de ochenta años a sus espaldas que te-



Tener un hipocampo bien irrigado por los vasos sanguíneos es bueno para recordar. Con la edad, el abastecimiento de nutrientes a esta zona del cerebro puede reducirse.

No hay recuerdos falsos o verdaderos: están teñidos de nuestras creencias y expectativas individuales

nían una increíble memoria —episódica, sobre todo—, equivalente a la de cualquier adulto de cincuenta años. Es como si su cerebro hubiese encontrado la manera de pisar el freno del envejecimiento.

Los llamaron *superagers*, nos explica Strange, que asegura que es muy interesante estudiarlos para intentar averiguar qué tiene de peculiar su encéfalo, su genética, los acontecimientos que han vivido, incluso su familia.

“Los neurocientíficos estadounidenses quieren encontrar en el coco de estas personas factores protectores de la memoria. Y eso es bueno, porque nos afanamos en identificar factores de riesgo implicados en el desarrollo de la demencia, y creo que resulta más interesante aún conocer que es lo que mantiene la memoria intacta”, reflexiona Strange. De momento, se sabe que los *superagers* destacan por cómo se enfrentan al estrés. “Siempre sacan lo mejor de cualquier circunstancia, su resiliencia es envidiable. Se vienen arriba incluso en las circunstancias más adversas”, explica Emily Rogalski, una de los investigadores al frente del estudio.

ES PROBABLE QUE, SI SIGUEN AVANZANDO EN SUS PESQUISAS, se topen con que el estado de los vasos sanguíneos de estos ancianos de memoria prodigiosa es espectacular. El año pasado, investigadores de la Universidad de Umeå (Suecia) llegaron a la conclusión de que el deterioro que experimenta la sesera al envejecer tiene que ver mucho con la circulación sanguínea por su interior.

Al parecer, el cerebro recibe una mayor carga de los latidos del corazón a medida que transcurren los años, de modo que acaban endureciéndose las arterias grandes del cuerpo, como, por ejemplo, la aorta. Eso termina causando daños importantes a los vasos sanguíneos más pequeños, entre ellos, los del cerebro. En consecuencia, este estaría cada vez peor irrigado. Según el modelo de los investigadores, el hipocampo sería un área especialmente vulnerable e este deterioro progresivo.

Otra cosa que les pasa a los ancianos habitualmente —y puede que a los *superagers* no— es que tienden a distraerse. Y, con la atención dispersa, la memoria titubea. Hace un par de años, un estudio de la Universidad de California del Sur (EE. UU.) demostró que esta tendencia a la dispersión guarda relación directa con el funcionamiento del locus coeruleus, una estructura cerebral diminuta pero profusamente conectada que se encarga de mantener la atención. Además de ser una de las primeras perjudicadas cuando ataca el mal de Alzheimer.

A TODO ESTO, RESULTA QUE LA MEMORIA NO ES OBJETIVA. Otro rasgo que la diferencia de un pendrive es la subjetividad. Dice Canals que hay que quitarse de la cabeza esa idea de que es un registro objetivo de imágenes, olores y sonidos. “Las experiencias son una representación filtrada de lo sucedido —la propia retina preselecciona la información que verá el cerebro—, a la que le añadimos nuestro punto de vista”. Aclara que dicho punto de vista “no es, ni más ni menos, que el matiz que aportan las experiencias previas, que a su vez se transforman en expectativas”. Eso significa que gran parte de lo que vemos está condicionado por lo que esperamos ver. Por eso, el neurocientífico español está convencido que “hay tantos recuerdos de una misma experiencia como observadores”.

Eso implica, además, que no se puede hablar de recuerdos falsos o verdaderos. “Solo hay recuerdos, sin adjetivo”, recalca Canals. Y añade: “Si hilamos con lo anterior, son una representación de lo sucedido, pero solo aproximada, fruto de nuestra interpretación”. La neurociencia confirma que, como decía aquel famoso poema de Ramón de Campoamor, todo es según el color del cristal con que se mira.

En la información que recibimos del exterior proyectamos, por lo tanto, nuestras expectativas y creencias. Ambas se incorporan a los recuerdos sin darnos cuenta. Entre los múltiples experimentos que lo confirman, Canals subraya algunos que sugieren que “el recuerdo de un acto violento presenciado por la noche, sin visibilidad, llevará asociado en la memoria a un criminal ‘invisible’ pero con un color de piel determinado dependiendo de a quién y dónde preguntemos”, aclara el neurocientífico. Y para concluir lanza al aire una interesante pregunta para reflexionar: ¿cuántos presos no estarían ahora en la cárcel si aceptásemos las limitaciones de nuestra preciada memoria? ■

Seis magníficos aliados de la memoria que, a lo mejor, desconocías

1. El movimiento

“No sé cómo estudiabas tú, pero a mí solo me iba bien si me mantenía activo, por ejemplo, escribiendo”, dice Bryan Strange. No hace mucho, se cruzó con una investigación un tanto antigua que mostraba que, mientras hay movimiento en el cuerpo de un sujeto, aunque solo sea de las manos o de la lengua, la actividad de las neuronas del hipocampo se dispara. Pero no explicaba por qué. Así que decidió investigarlo por su cuenta.

Sus pesquisas revelaron que realizar un sencillo movimiento al mismo tiempo que miramos una imagen hace que se memorice mejor. ¿Cómo? Tal y como contaba el investigador en *Nature Medicine*, porque el movimiento dispara la actividad de las neuronas que producen noradrenalina en el cerebro, y eso estimula la formación de memoria. “Esto enlaza directamente con las tendencias educativas actuales destinadas a fomentar el aprendizaje activo”, apunta Strange.

2. El hambre

La grelina, más conocida como la hormona del hambre, manda señales al cerebro que estimulan la memoria. La hormona se sintetiza en el estómago cuando anticipamos que va a llegar comida e, inmediatamente, estimula el apetito.

Pues bien, un nuevo estudio estadounidense demuestra que la grelina también potencia los recuerdos episódicos, un tipo de memoria que implica recordar qué, cuándo y cómo ocurre cada acontecimiento.

3. La cafeína

Hace unos cuantos años, investigadores de la Universidad Johns Hopkins (EE. UU.) demostraron que este estimulante universal también aviva la nuestra capacidad de grabarnos la información. Concretamente, 200 miligramos de cafeína tienen un efecto positivo sobre la memoria a largo plazo que dura, al menos, veinticuatro horas.

4. El ejercicio físico

Según un estudio holandés que publicaba *Current Biology*, practicar deporte cuatro horas después de haber estudiado es la mejor táctica para reforzar la memoria.

5. El alcohol

Aquí debe haber un error, puede que pienses. Todo el mundo sabe que el alcohol nos ayuda a olvidar, ¿no? Pues no es tan sencillo. Mientras consumimos alcohol, se reduce la incorporación de la nueva información, pero mejora la consolidación de lo que ya había *entrado* en nuestra sesera. Además de que, en estado de embriaguez, tendemos a recordar mejor los estímulos externos, esto es, el contexto en el que bebimos.

6. La curiosidad

La expectación que nos genera un tema que nos despierta interés desencadena un estado cerebral que nos predispone a aprender y retener información a largo plazo. Tanto si esa información está relacionada con el tema como si no. En parte, se debe a que la curiosidad movilizan la dopamina.



Entre las piezas del puzzle de la memoria hay hormonas como la noradrenalina, la dopamina y la grelina.

SHUTTERSTOCK

GETTY
Nos gusta pensar que
tenemos una identidad
sólida, pero las inves-
tigaciones neurocientí-
ficas sugieren que lo
que llamamos yo es
una construcción del
cerebro para guiarnos
en medio de una reali-
dad caótica y de perfí-
les poco claros.



Los espejismos de la mente

La ciencia lo está demostrando: el cerebro es mucho más que una *máquina de cálculo*. Las emociones juegan en él un papel tan importante como el de los fríos razonamientos.

POR ROGER CORCHO

Licenciado en Filosofía y divulgador científico.

Durante siglos, la razón se ha entendido como un arco que, en lugar de flechas dirigidas al blanco, lanzaría ideas para dar con la verdad. Se trataría de un extraordinario instrumento de deliberación gracias al cual lograríamos determinar los mejores medios para alcanzar los objetivos que nos interesan. También funcionaría como una balanza en la que sopesar argumentos y decantar la verdad de un lado u otro sin que nada pudiera distorsionar el resultado. La razón sería la cualidad que mejor nos definiría como humanos y nos distinguiría del resto de seres vivos.

Sin embargo, si se presta atención a las dificultades que para la mayoría de los mortales entrañan las estadísticas o las confusiones en las que nos sumimos al operar con números grandes y los groseros errores en los que incurrimos, hay que pensar que quizá no somos tan analíticos como nos gusta creer. Nos vemos afectados, de hecho, por infinidad de sesgos que marcan nuestra visión.

Tenemos la tendencia a sobrestimar los even-

tos infrecuentes. Por ejemplo, se suele creer erróneamente que los viajes en coche son más seguros que los hechos en avión. Tras los atentados de las Torres Gemelas de Nueva York, esta tendencia se recrudeció por el pánico a volar. Los estadounidenses optaron masivamente por el automóvil para la mayoría de sus desplazamientos de media distancia, lo que provocó que se incrementaran los accidentes de tráfico. En los meses siguientes a ese suceso histórico, los muertos en carretera se incrementaron en una cifra que superó a los fallecidos en el ataque terrorista. Un saldo terrible causado por nuestro torpe manejo de las estadísticas.

DEL MISMO MODO QUE LAS MANCHAS DESCUBIERTAS POR GALILEO en el Sol derrumbaron el mito de que el astro rey fuera perfecto y sin mácula, en las últimas décadas se ha podido constatar que las decisiones dependen, en muchas ocasiones, de procesos inconscientes: no se sostienen en suelo firme, como nos gustaría suponer, sino en terreno pantanoso. Las razones no tienen por qué tener más peso que

→

Convencer a otro de que la razón está de nuestro lado choca con un muro casi impenetrable: la emoción

nuestra ansia por encajar en un grupo, o las emociones que nos embargan en un determinado momento. Por más que pretendamos estar al volante, no siempre alcanzamos el nivel de control que nos gustaría obtener.

Solemos pensar que una discusión trufada de buenos argumentos puede llegar a ser determinante para que los interlocutores cambien su opinión de partida. Esta imagen típica de la razón se ve enturbiada por las pruebas que apuntan en dirección contraria: es más bien infrecuente que en una polémica alguno de los participantes acabe por abrazar las opiniones contrarias. Las personas suelen defender determinadas creencias como si les fuera la vida en ello: no importa en absoluto quién tiene razón —y por eso las razones no juegan ningún papel—, sino quién será el ganador del combate dialéctico. Ocurre sobre todo con aquellas creencias que se comparten con un grupo —religiosas o ideológicas, pero también vinculadas a asuntos nimios como las aficiones—. Como constata el psicólogo y autor del libro *Hábitos atómicos* (Ed. Diana) James Clear, una buena amistad puede tener un peso mucho mayor para modificar una idea preconcebida que el mejor de los argumentos.

SI PENSAMOS QUE LAS CREENCIAS SON COMO MAPAS QUE NOS SIRVEN para movernos por el mundo, se deduce que cuanto mejor, más precisa y más verdadera sea esa imagen, más éxito tendremos a la hora de conseguir nuestros objetivos. ¿Por qué motivo entonces las personas quedan atrapadas por ciertas ideas y ni se cuestionan si son verdaderas o falsas? Según Clear, tenemos una “profunda necesidad de pertenencia”, y las razones, además de describir la realidad, juegan un rol social que no se puede desdeñar. Las ideas y las creencias son como un pegamento social que nos vincula a los otros. En muchas ocasiones, preferimos pertenecer al grupo antes que cuestionar sus ideas.

Es justo lo contrario de lo que decía el filósofo griego Aristóteles cuando aseguraba que Platón era su amigo, pero que prefería la verdad an-

tes que a su colega y maestro. Pero lo cierto es que la mayoría de los humanos no somos como Aristóteles, ni de lejos.

Esta misma tesis se recoge en el estudio *Las creencias como un beneficio adaptativo no epistémico*, publicado el pasado mes de abril, en el que los científicos sociales Rebekah Gelpi, William A. Cunningham y Daphna Buchsbaum, de la Universidad de Toronto (Canadá), inciden en la idea de que “las creencias cumplen distintas funciones, no solo la de representar la verdad epistémica”. Las ideas son herramientas sociales, y su adopción permite que nos reconozcamos como pertenecientes a un grupo; compartir las mismas derrumba el muro de desconfianza mutua, de forma que son como llaves que nos abren la puerta de los demás.

SI OPTAR POR LA VERDAD ARRIESGA LA PERTENENCIA AL GRUPO y tiene el coste altísimo del ostracismo, la mayoría de individuos no va a dudar qué opción escoger. En estos casos no importan en absoluto las razones que se puedan aportar en favor o en contra de una idea. Hay una explicación evolutiva de esta conducta, tal como expone Clear en su libro antes mencionado: “Los humanos somos animales de rebaño. Queremos encajar y establecer lazos con otros, y ganarnos el respeto y la aprobación de nuestros colegas. Estas inclinaciones son esenciales para nuestra supervivencia. Durante buena parte de nuestra historia evolutiva, nuestros ancestros vivieron en tribus. Separarse de la



GETTY

El cerebro encuentra atajos inconscientes que llevan a hallazgos inesperados: así surgen los *momentos eureka*, en los que aparece de repente la solución a un problema que nos había tenido atascados en el trabajo durante meses o años.



Somos *animales de rebaño*: preferimos engañarnos a nosotros mismos antes que ser rechazados por los demás

La presión del grupo

O bviar la verdad puede beneficiarnos a veces, o ser desastroso. Esto último ocurrió en el accidente del transbordador espacial Challenger (28 de enero de 1986), como demostró una comisión de investigación formada entre otros por el astronauta Neil Armstrong y el premio Nobel de Física Richard Feynman. Se concluyó que el frío había afectado a las juntas tóricas del cohete, que perdieron flexibilidad y no sellaron correctamente los tanques. Esto provocó un escape de gases en el propulsor derecho que fue el detonante de la catástrofe. El accidente fue consecuencia de un fallo técnico, pues, pero la comisión de investigación también demostró que los ingenieros de la NASA y de la empresa que había participado en la fabricación de partes del cohete sabían de la pérdida de flexibilidad de las juntas en condiciones de baja temperatura, y que también estaban al tanto de las posibles implicaciones de este defecto.

Dado que ese día hacía un frío inusual en Florida, debía haberse aplazado el lanzamiento. ¿Por qué los directivos de la NASA decidieron seguir adelante con la misión, a pesar de ser absurdo? Según el psicólogo Irving Janis, la dinámica por la que un grupo acaba tomando decisiones irracionales a pesar de disponer de la información idónea para haber tomado las correctas se denomina pensamiento de grupo o *groupthink*.

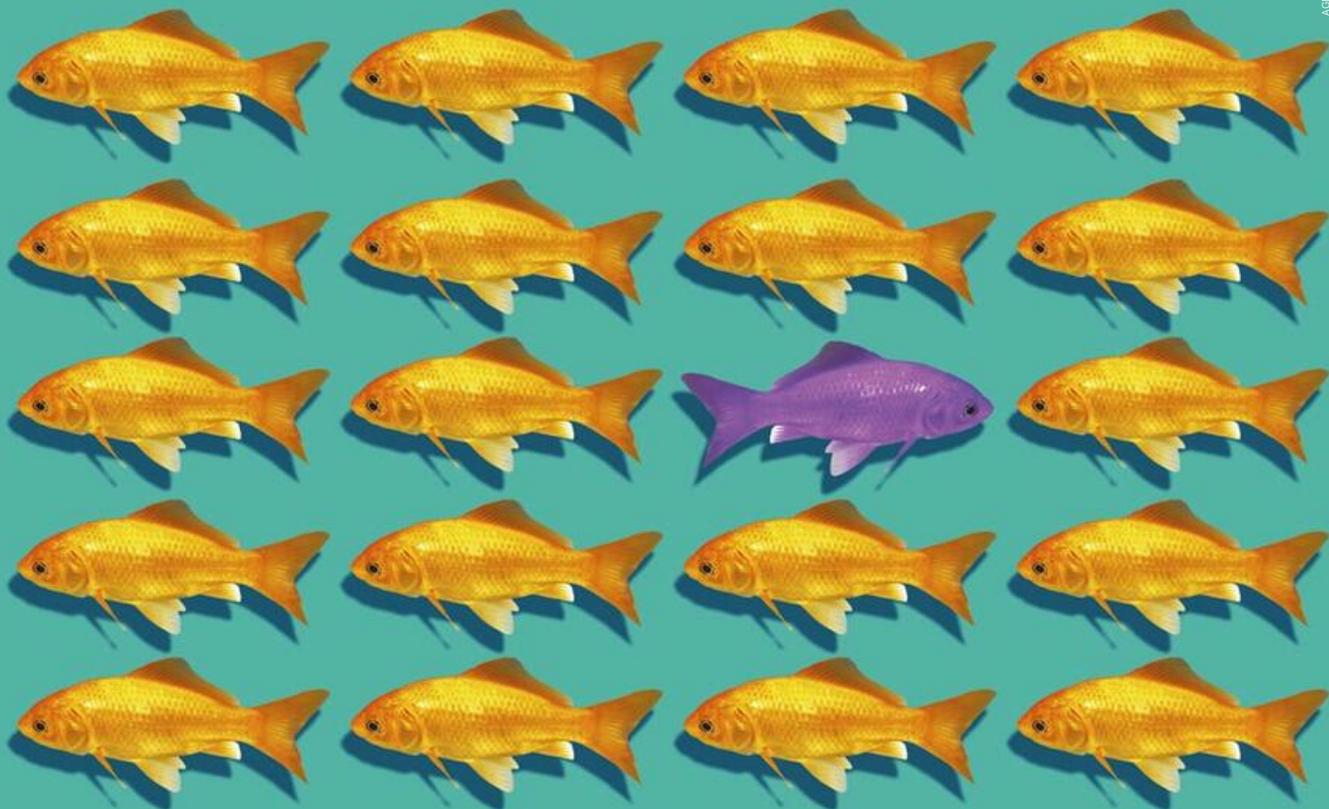
En este caso se produjo por la sensación de invulnerabilidad que rodeaba al equipo de la agencia estadounidense —habían llevado a cabo numerosas misiones exitosas—, que lo indujo a pensar que el error no entraba dentro de lo posible. Y también por la presión que sufrieron para llevar adelante el trabajo después de varios aplazamientos.

tribu —o peor, ser expulsado— era una sentencia de muerte”.

Esta obsesión por encajar tiene consecuencias curiosas, como reveló un sencillo experimento diseñado por el psicólogo social polaco-estadounidense Solomon Asch a mediados del siglo pasado. Este sentó a ocho personas alrededor de una mesa y les enseñó dos cartas blancas: en una de ellas había dibujada una línea negra que servía como referencia; en la otra, tres líneas negras paralelas de distinta longitud. Los participantes debían decir cuál de estas últimas era igual de larga que la de referencia. Todos los sujetos salvo uno, que debía responder el último, estaban aleccionados para contestar incorrectamente. Cuando le tocaba el turno a este individuo, en un tercio de las ocasiones daba la respuesta errónea, a pesar de que resultaba imposible que no se diera cuenta de que era falsa. La inclinación a agradarnos lleva a amoldar la propia opinión a la del grupo, al margen de cualquier otro criterio.

DREW WESTEN ES UN NEUROCIÉNTIFICO ESTADOUNIDENSE QUE se ha labrado una lucrativa carrera como asesor político tras publicar en 2012 el libro *El cerebro político*. Hace unos años llevó a cabo un interesante experimento en el que incidía en el pobre papel de las razones en la toma de decisiones: reclutó a voluntarios estadounidenses cuyas preferencias ideológicas podían ser tanto republicanas como demócratas. Les hizo escuchar mensajes contradictorios lanzados por los líderes de ambos partidos de ese momento (año 2004). Posteriormente les preguntó por su opinión, y pudo constatar que los partidarios de cada bloque tendían a racionalizar, justificar y minimizar las contradicciones de *su líder*, mientras que exageraban las contradicciones en las que incurría su oponente.

Westen utilizó imágenes por resonancia magnética funcional para estudiar el funcionamiento cerebral de los sujetos durante la prueba. Observó que presentaban una actividad neuronal que se correspondía con una situación de conflicto cuando escuchaban argumentos contradictorios del líder con el que se sentían identificados. Seguidamente, los centros neuronales emocionales —ajenos a los que actúan cuando valoramos razones— lograban *reclutar*



Hay que tener mucho valor para nadar a contracorriente: la aprobación de los demás y la pertenencia al grupo han sido fundamentales para la supervivencia del ser humano, y la evolución ha grabado esas necesidades en el cerebro.

creencias que actuaban como parches con los que mantener la ilusión de la coherencia y que salvaban las contradicciones. Por último, tras lograr superar la incomodidad inicial, el propio cerebro de los sujetos se autopremiaba con la activación de emociones positivas: al sortear esas incómodas incongruencias, el órgano pensante se ponía una medalla y el individuo podía recuperar la tranquilidad inicial.

Esto no significa que el sentido crítico no tenga ninguna importancia. Hay personas que logran imponer su visión analítica sobre cualquier emoción de pertenencia. Pero la tendencia a mantener la fidelidad hacia el grupo al que sentimos pertenecer existe, es muy persistente y explica muchas de las conductas que podemos observar. Y si para ello es necesario echar por la borda la verdad, nuestro cerebro no duda en hacerlo.

LA EVOLUCIÓN TAMBIÉN SE ENCUENTRA EN EL ORIGEN DE un segundo elemento que ha contribuido a que nuestras decisiones se vean influidas por aspectos inconscientes que no controlamos. El cerebro consume cantidades ingentes de energía, y cualquier proceso de deliberación racional siempre es lento, porque requiere sopesar los hechos y los argumentos,

eludir contradicciones y extraer las consecuencias pertinentes. Pero a veces no disponemos del tiempo suficiente o, más a menudo, no es posible invertir la energía que sería necesaria para llevar a cabo esta tarea como debe ser abordada. Para evitar dejarnos tirados, el cerebro ha encontrado la manera de llegar al mismo final al que conduciría un proceso racional, pero recurriendo a atajos. Se alcanzan conclusiones sin que sea necesario recorrer los lentos pasos de la deliberación. El motor que nos propulsa hacia ese fin son las emociones o las intuiciones.

Puede resultar descorazonador constatar que en los procesos electorales hay una cantidad significativa de ciudadanos a los que no les interesan ni el programa de los candidatos ni los argumentos para defenderlo. Tal y como constataron el psicólogo Alexander Todorov y su equipo de la Universidad de Princeton (EE. UU.) en 2007, a menudo escogemos a quién votar solo en función de sus rasgos faciales. Comprobaron que, para muchos de los voluntarios de su experimento, la observación durante décimas de segundo del rostro de los candidatos en unas elecciones bastaba para que predijeran el ganador con un 72% de acierto. En lugar de la fatigosa tarea de comparar, contrastar y analizar razones, nuestro cerebro nos ofrece una vía rápida y alternativa:

→

dejarnos llevar por una corriente con la que no vale para tomar una decisión. Posiblemente el proceso racional y analítico arrojaría unos resultados diferentes, pero este atajo impide que nos quedemos encallados en las dudas de no saber qué opción es la mejor, lo que nos ahorra un gran esfuerzo mental y un tiempo precioso.

LA POSIBILIDAD QUE NOS BRINDAN LAS NEURONAS DE BUSCAR las rutas más cortas suele ofrecer muchos beneficios. Numerosos científicos han relatado cómo surgía en un instante la solución al problema en el que estaban trabajando, que visualizaban con la velocidad de un rayo. Después, toda su labor consistía en ir engarzando eslabones que conducían al objetivo. Estos son los llamados *momentos eureka*, saltos directos hacia la conclusión sin que haya sido necesario que medie paso inter-

medio alguno. No se trata de magia: con seguridad, en este proceso se activan los mismos mecanismos neuronales que posteriormente van a guiar al investigador. La diferencia consiste en que esto se produce de forma inconsciente, y eso facilita que ocurra este acelerón gozoso hasta el hallazgo final.

Las emociones también son de gran ayuda para que no nos quedemos varados en elucubraciones infinitas. Son útiles principalmente en aquellos momentos en los que tenemos que escoger entre una gran variedad de alternativas. Intervienen en un momento inicial, cuando tenemos que descartar opciones, y nos obligan a centrar la atención en unos pocos elementos. Actúan como un gran foco sobre el escenario: dejan a oscuras gran parte de las tablas y arrojan luz sobre lugares específicos.

Una vez completada esta selección, la razón

Muchos ciudadanos votan *con las tripas*: eligen a su candidato en función de los rasgos faciales de este

GETTY Los sentidos pueden engañar a la mente, pero en general el cerebro cumple eficazmente su tarea de interpretar el mundo sensible con la suficiente precisión como para que sobrevivamos.



¿Es la realidad una construcción mental?

El encéfalo puede sufrir alucinaciones o ilusiones que influyan en los pensamientos. Pero no se puede concluir que la razón sea incapaz de guiarnos hacia la verdad. Con la percepción ocurre algo semejante, con la diferencia de que el fenómeno se ha estudiado mucho más en profundidad: nuestros sentidos recogen los datos del mundo sensible, pero es el cerebro el que los reordena en torno a una forma con la que el exterior adquiere sentido.

En ocasiones, esa reordenación falla el tiro, o resulta contradictoria. Cuando ocurren estos errores, se ponen momentáneamente al descubierto las complejas operaciones que realiza el cerebro para captar la realidad. Este proceso no implica que los sesos se la invente o que todo lo que percibimos sea una elaboración. Es

más bien que las neuronas cogen atajos con el fin de consumir el mínimo de energía posible y a la vez mantener la fidelidad de la representación obtenida de la realidad. Como dice la neurocientífica Susana Martínez-Conde, se necesitaría un cerebro enorme para que interpretara sin error toda la información recibida. El precio a pagar por la eficiencia de este órgano es que en casos muy específicos puede confundirse.

El equilibrio entre eficiencia energética y fidelidad a lo real ha sido un vector evolutivo que ha influido en los procesos perceptivos, pero también en los racionales: sopesar razones es un proceso lento que requiere gastar grandes cantidades de energía, y por eso tendemos a tomar numerosas decisiones que no requieran de tanta concentración y pueden automatizarse.

puede dedicarse a hacer lo que sabe: comparar, contrastar y elegir. La necesidad que tenemos de ser rápidos y resolutivos obliga a que la razón deje de disponer del control total sobre la decisión tomada. Y aunque esto nos proporciona numerosas ventajas y existe una explicación evolutiva para que suceda así, también nos puede llevar a errores lamentables.

Gracias a las emociones somos capaces de ponernos en el lugar de las otras personas y sentir lo mismo que ellas. La empatía explica que en muchas ocasiones ofrezcamos nuestra ayuda a quien lo necesita. Hemos visto que cuando uno de estos casos particulares se hace público, la solidaridad de todo un país hace posible que se recauden cifras astronómicas para ayudar a una sola persona en apuros. Sin embargo, una terrible paradoja ocurre cada vez que se busca la solidaridad y la movilización social para ayudar no a un sujeto, sino a un país devastado.

ASÍ, HA HABIDO CAMPAÑAS SOLIDARIAS DIRIGIDAS A AYUDAR A sociedades enteras que en ocasiones han recaudado menos dinero que aquellas destinadas a asistir a un único ser humano. Las emociones nos conectan con una persona hambrienta, pero nos impiden conmovernos ante una estadística del hambre. En este caso, las emociones nos tienden una trampa moral y nos confunden sobre la oportunidad de

nuestra ayuda. Este ejemplo ilustra el reducido poder del que disponen los sentimientos, y la importancia de la razón a la hora de tomar decisiones de carácter ético y moral.

ENTONCES ¿ESTÁ LA RAZÓN GOBERNADA POR FACTORES IRRACIONALES? Es evidente que estos existen y que resultan necesarios. Pero también hay que contemplar todas las *emboscadas* mentales en las que podemos caer si en las decisiones no convocamos a la razón y su cortejo de lentos y analíticos mecanismos. La mente racional no es una carcasa para aparentar que se toman decisiones objetivas y que solo sirve para esconder los procesos irracionales, los deseos, las intuiciones y las emociones inconscientes que serían las verdaderas fuentes de nuestras actuaciones.

Tampoco es un proceso impoluto que no se deja corromper o influir por los sentimientos. Nos parecemos a capitanes obligados a gobernar un navío en medio de la tempestad: en ocasiones el rumbo lo decidimos nosotros empuñando fuertemente el timón, mientras que en otras las corrientes serán tan intensas que nos acabarán imponiendo la ruta. Conocer todos estos mecanismos que se activan cada vez que tomamos una decisión es la mejor manera de evitar que caigamos en las trampas y espejismos que acechan a la mente. ■

Cuanto más a fondo investigamos la realidad física, menos real parece esta, según advierte un creciente número de científicos. Para algunos, cada vez son más los indicios que sugieren que el universo no es más que una compleja simulación.



La realidad no es lo que parece en realidad

Lo que experimentamos con nuestros limitados sentidos podría no asemejarse en nada a la auténtica realidad. Es más, esta quizá no sea más que la interpretación que hace nuestro cerebro de algo inconmensurable o incluso inexistente. ¿Es todo lo que nos rodea, desde el espacio y la materia hasta el tiempo, una simple ilusión, tal como apuntan algunos expertos?

1. ¿Podemos captar la realidad?

POR ALISON GEORGE. Bióloga y periodista especializada en divulgación científica

Textos: *New Scientist*

No sé tú, pero yo siento que tengo una percepción perfectamente correcta de la realidad. Dentro de mi cabeza hay una representación muy vívida del mundo que me rodea, llena de sonidos, olores, colores y objetos. Por eso resulta un poco perturbador descubrir que todo esto puede ser una mera invención. Algunos investigadores sostienen incluso que la película que se proyecta en vivo y en *streaming* en mi cerebro no guarda la menor semejanza con la realidad que ocurre tras los límites de mi cuerpo.

En algunos sentidos, resulta obvio que la experiencia subjetiva no lo abarca todo. Los humanos, a diferencia de las abejas, no vemos la luz ultravioleta; tampoco podemos sentir el campo magnético terrestre, una capacidad que sí tienen las tortugas, los gusanos y los lobos, entre otras criaturas; somos sordos a sonidos agudos y graves que muchos animales pueden oír y tenemos un sentido del olfato relativamente débil.

Además de esto, nuestro encéfalo solo nos ofrece una instantánea. Si nuestros sentidos recogieran todos los detalles del exterior, nos sentiríamos abrumados. ¿Has notado la última vez que pestañeaste o esa protuberancia carnosa llamada nariz que se encuentra siempre en tu visión periférica? No, porque son cosas que tu cerebro suprime. “Nuestra experiencia se simplifica para que podamos funcionar”, asegura Mazviita Chirimuuta, experta en ciencias cognitivas de la Universidad de Pittsburgh, en Pensilvania.

EN REALIDAD, LA MAYOR PARTE DE LO QUE “VEMOS” ES UNA ILUSIÓN. Nuestros ojos no lo captan todo, sino que capturan destellos huidizos del mundo exterior entre rápidos gestos llamados *sacadas*. Durante estos movimientos sacádicos, en la práctica nos quedamos ciegos porque el cerebro no procesa la información que le llega. Si lo dudas, prueba a mirarte a los ojos en un espejo y luego desplaza la vista rápidamente de un lado al otro y de vuelta otra vez. ¿Has visto como se movían?

Y esto es solo el comienzo. El cerebro, al fin y al cabo, está sellado en oscuridad y silencio dentro de la sólida cubierta del cráneo. No tiene acceso directo al mundo exterior, y por eso de-

pende de la información que recibe a través de unos pocos cables eléctricos procedentes de los órganos sensoriales. Los ojos recogen la información sobre longitudes de onda y radiación electromagnética, los oídos detectan vibraciones en las partículas de aire y la nariz y la boca detectan moléculas volátiles que percibimos como olores y sabores. A través de complejos procesos que solo entendemos parcialmente, el cerebro integra todos estos estímulos independientes en una percepción consciente unificada. La pregunta es: ¿con qué grado de fidelidad esta descripción subjetiva interna representa la realidad objetiva?

Es una cuestión peliaguda, muy debatida por filósofos y físicos. ¿Qué queremos decir, incluso, con realidad objetiva? Para Donald Hoffman, psicólogo de la Universidad de California, en Irvine (EE. UU.) y autor de *The Case Against Reality* —Las pruebas contra la realidad—, se trata de “algo que existe incluso si ninguna criatura lo percibe”, aunque algunos físicos no están de acuerdo con ello, como se cuenta más adelante.

PERO ES IMPOSIBLE SABER NADA SOBRE LA REALIDAD OBJETIVA sin incluir también la percepción y el pensamiento. Es por esto por lo que algunos expertos afirman que no hay una línea divisoria estricta entre realidad objetiva y subjetiva. “Si tienes esa idea de que la realidad es intrínsecamente distinta de la mente, entonces resulta paradójico considerar que podamos tener acceso a la realidad”, indica Chirimuuta. “Esta depende de nosotros. Depende del modo en que vemos el mundo. Pero, al mismo tiempo, lo que percibimos es un aspecto de esta realidad porque nuestra percepción ha sido modulada por los sentidos que tenemos”, advierte.

Tomemos el color azul. Los físicos lo definen en términos de longitud de onda luminosa, pero para Chirimuuta la percepción no puede ser eliminada de la ecuación. En su opinión, la *azulidad*, por así decirlo, no es una propiedad del objeto, sino de la interacción que mantenemos con él.

Es probable que otros animales experimenten sus propias versiones de la realidad, y esta lógica es igualmente aplicable a la realidad re-

La naturaleza de la realidad podría resultar incognoscible para la mente humana. La cuestión es hasta qué punto nuestras experiencias subjetivas constituyen un reflejo de la misma.



Somos incapaces de percibir la existencia tal como es. Quizá ni siquiera podamos adivinar sus facetas

presentada por la ciencia. “El mundo descrito por la física es también otra interpretación basada en mediciones hechas con instrumentos científicos que revelan propiedades y procesos a los que los sentidos humanos no tienen acceso por sí mismos”, sostiene Chirimuuta.

Otros van más lejos y argumentan que lo que percibimos no tiene la menor semejanza con la realidad y que, además, tampoco nos ayudaría mucho *ver* las cosas tal como son. “Pienso que todo el mundo reconoce que no captamos toda la realidad. Yo sostengo que no vemos nada de ella”, afirma Hoffman.

PARA ENTENDER ESTA IDEA, IMAGINA QUE ESTÁS PRACTICANDO CON UN JUEGO de realidad virtual. Puedes estar conduciendo, por ejemplo, y ves el volante en tus manos. “Todos sabemos que estos objetos no existen realmente. Son el resultado de un programa informático que los produce”, insiste Hoffman. El juego tiene una realidad, pero esta consiste en el software y los circuitos del ordenador. Sería imposible participar en el juego si funcionásemos a este nivel. En su lugar, nuestro cerebro percibe constructos tales como el mencionado volante, y así nos deja jugar.

Hoffman argumenta que este acto de ilusionismo no ocurre solo en los videojuegos, sino en todos los momentos de nuestra vida: “Lo

que digo es que nacemos con unos cascos de realidad virtual incorporados. La evolución nos los ha dado para simplificar las cosas, para proporcionarnos lo que necesitamos para jugar el juego de la vida sin saber qué es la realidad”.

Según esta teoría, el cerebro y el sistema sensorial forman juntos una interfaz de usuario que simplifica la complejidad del mundo, del mismo modo que los iconos de un teléfono móvil son las herramientas para operar con el circuito que se encuentra en el interior del dispositivo. Todo lo que vemos es, en realidad, “una estructura de datos abstractos correspondiente a algo que ni siquiera existe en el espacio y el tiempo”, mantiene Hoffman.

Esta concepción puede resultar mareante si uno ingenuamente piensa que lo que percibe realmente representa la verdadera naturaleza del mundo. Pero, en términos prácticos, no tiene importancia. Lo que sí la tiene es si aquello que percibimos nos permite transitar por este mundo con éxito, es decir, sobrevivir el tiempo suficiente para transmitir nuestros genes.

“La evolución nos ha moldeado para que veamos las cosas que tenemos que tomarnos en serio, para percibir lo que necesitamos para seguir vivos”, dice Hoffman. Y añade: “Pero, como es lógico, esto no nos permite afirmar que lo que estamos viendo sea la realidad”. Por cierto, ¿qué tal sienta esta dosis de realidad dura y fría? ■

2 ¿Es tu percepción igual que la mía?

POR LAYAL LIVERPOOL

Periodista especializada en biomedicina

Nuestra experiencia consciente de la realidad puede no tener nada que ver con la realidad auténtica, pero ¿compartimos, al menos, la misma falsa representación? Es bastante razonable pensar que sí. A grandes rasgos, todos los seres humanos tenemos, desde el punto de vista anatómico y funcional, el mismo cerebro e idéntico sistema sensorial, y cuando hablamos de nuestras experiencias conscientes parece que todos estamos de acuerdo. Pero no podemos estar seguros.

La única forma que tenemos de saber que existimos como seres conscientes es la experiencia de nuestra propia consciencia. La naturaleza —e incluso la existencia— de la de las demás personas es un enigma. Es más, si nos guiásemos por lo que

sabemos, todos los demás serían algo así como zombis. Pero dejemos el solipsismo filosófico a un lado y asumamos que otros individuos tienen experiencias conscientes. ¿Perciben todos los mismos hechos de la misma forma? Las pruebas sugieren que no.

SI ALGUNA VEZ HAS ASISTIDO A UN PARTIDO DE FÚTBOL Y REACCIONADO con incredulidad ante las decisiones del árbitro, consuélate pensando que a los hinchas del equipo contrario les ocurre lo mismo, solo que por las razones opuestas. Ambos grupos acabarán sintiendo que todas las decisiones injustas se tomaron en su contra.

Está claro que esto no es objetivamente posible, pero ¿desde cuándo la objetividad tiene algo que ver con la realidad? “Percibimos el mundo

Creemos que todos compartimos una misma experiencia de lo que nos rodea, pero nuestra perspectiva puede variar notablemente. De hecho, no podemos estar seguros ni siquiera de la existencia de los demás.



Nuestra forma de conocer el mundo está determinada por nuestras propias creencias



según las creencias que ya tenemos”, dice Tali Sharot, del University College de Londres. Esto tiene sentido desde el punto de vista evolutivo porque nos permite crear atajos mentales. “Evaluar cada información empezando de cero consumiría nuestros escasos recursos”, indica Sharot. Eso sí, tales atajos abren la puerta a muchos de los vicios del mundo moderno, desde las *fake news* hasta las teorías conspirativas.

ESTO NO ES NUEVO, PERO LA PROLIFERACIÓN DE MEDIOS DIGITALES ha pulverizado cualquier noción de una realidad básica compartida con la que todos pudiéramos estar de acuerdo. En su lugar, la gente puede aislarse en el sectarismo de sus propias burbujas o en cámaras donde solo resuene su eco y únicamente encuentre la información que se ajuste a su visión del mundo.

¿Cómo es posible que vivamos en la misma realidad y la experimentemos de formas tan distintas? Una respuesta obvia es que nos mienten. Otra, que buscamos hechos o interpretaciones de los mismos que se adecúen a nuestras creencias preexistentes debido a fenómenos tales como el denominado sesgo de confirmación. Sin duda, este tipo de cosas entran en juego, pero las investigaciones sobre el modo en que nuestro cerebro maneja la información han revelado la existencia de algo aún más extraño. No es solo una cuestión de interpretación, sino un problema que afecta a la percepción sensorial en sí misma. Vemos el mundo, literalmente, tal como queremos que sea.

Si alguien no se lo cree, que se pare a pensar en este experimento realizado por Yan Chang Leong, que trabaja en la Universidad de California, en Berkeley (EE. UU.). Leong escaneó el cerebro de un grupo de personas mientras

Dos consecuencias del desarrollo de las comunicaciones online y la aparición de la infinidad de medios que ello ha suscitado es que hoy las *fake news* se propagan más fácilmente y es mucho más difícil llegar a acuerdos sobre nociones básicas.

observaban una serie de imágenes de caras que se fundían con distintas escenas. La tarea consistía en decidir si las imágenes contenían una mayor proporción de cara o de la susodicha escena, y los participantes recibían un pago por las respuestas correctas.

De vez en cuando, Leong introducía un cambio por sorpresa y ofrecía un bonus si la imagen tenía más parte de cara, mientras imponía a la vez una penalización si contenía una proporción mayor de escena, o viceversa. Los participantes acabaron declarando haber visto lo que les habían comunicado que les sería más provechoso, y el resultado fue que no mentían de forma consciente en busca de un beneficio: el estudio de la actividad de su corteza visual indicaba que estaban viendo lo que afirmaban estar viendo.

ESTA “PERCEPCIÓN MOTIVADA” NO ES EXCLUSIVA DE LA VISTA. Otros ensayos sugieren que la misma influencia se da en el olfato, el gusto, el razonamiento y la memoria. Tal cosa parece extraña, pero, una vez más, tiene sentido desde el punto de vista de la evolución.

“El principal objetivo de nuestros sistemas de percepción es mantener vivo el cerebro, de modo que uno pueda transmitir sus genes”, indica Jay van Bavel, de la Universidad de Nueva York (EE. UU.). Podríamos asumir que esto favorece la que podríamos llamar *auténtica percepción*, y así ocurre a veces, pero no siempre. Somos, ante todo, una especie marcadamente social, y, en no pocas ocasiones la identidad de grupo, la cohesión tribal y las creencias compartidas son mucho más importantes que la verdad. Y si no, que pregunten a un hincha de fútbol. ■

3 ¿Fabricamos nosotros la realidad?

POR DANIEL COSSINS

Periodista especializado en divulgación científica

A primera vista, sugerir que nosotros creamos la realidad suena a una mezcla de arrogancia y absurdo. ¿En qué retorcida versión de la misma podría existir únicamente por nuestra causa? Y, sin embargo, si uno dedica algo de tiempo a reflexionar sobre la teoría cuántica —nuestra descripción más precisa de lo que existe en sus aspectos más fundamentales—, es difícil eludir la idea de que el mundo se vuelve real solo cuando lo observamos.

El punto de partida de esta afirmación es el hecho peculiar de que la observación parece desempeñar un papel clave en la transformación del ambiguo mundo cuántico en esa imagen definida que conocemos como realidad clásica. De un electrón, por ejemplo, se dice que se encuentra en una superposición de muchos sitios a la vez, porque, como todos los objetos cuánticos, existe en una nube de posibilidades. Estas posibilidades están codificadas en una entidad matemática llamada función de onda, y así permanecen hasta que la función de onda se mide. En ese momento, se produce el colapso de la función de onda y todas las posibilidades quedan reducidas a una. El electrón adquiere una posición o estado único y definido, algo que reconocemos como real.

TODO ESO HA QUEDADO BIEN ESTABLECIDO, PERO LA PALABRA “MEDIR” es escurridiza. “El colapso se produce por la medición, pero el término *medición* es vago y antropocéntrico, y no parece apropiado para desempeñar un papel en una descripción fundamental de la realidad”, sostiene Kelvin McQueen, filósofo dedicado a la física cuántica de la Universidad Chapman, en California.

Tomemos el experimento de la doble rendija, en el que un haz de luz se proyecta en una pantalla a través de dos hendiduras situadas una junto a otra: la clásica demostración de la dualidad onda-corpúsculo, también conocida como dualidad onda-partícula. El experimento puede hacerse para forzar el colapso de una función de onda, como muestra el patrón que deja la luz en la pantalla. Pero ¿cuándo tiene lugar en realidad la medición? ¿Sucede cuando la luz pasa por la rendija o cuando llega a la pantalla? Imaginemos

ahora que sustituimos esta última por una placa fotográfica que no se revela hasta más tarde. De nuevo, ¿cuándo se produce la medición? Este problema es, a día de hoy, uno de los mayores misterios de la física.

A menos, por supuesto, que tomemos en serio la idea de que el colapso de la función de onda no se produce por la medición, sino por la intervención de un observador consciente. John Wheeler, de la Universidad de Princeton (EE. UU.), se encuentra entre los más elocuentes defensores de este punto de vista. “Nada es más asombroso dentro de la mecánica cuántica que el hecho de que nos permita considerar seriamente que el universo no sería nada sin nuestra observación”, señala Wheeler.

ESTA IDEA SUSCITA PREGUNTAS COMPLEJAS, NINGUNA DE ELLAS FÁCIL DE RESOLVER. En primer lugar, se puede argumentar que la idea de consciencia no es menos vaga que la de medición, por más que la denominada teoría de la información integrada (TII), que ofrece una medida matemática de la consciencia, pueda arrojar el resultado contrario.

Otro problema es el de la naturaleza de la realidad antes de que existieran mentes conscientes. Sin nada que provocara el colapso, el cosmos puede haber tenido un aspecto muy extraño; quizá fuera algo parecido a la interpretación de los universos paralelos de la teoría cuántica, que sostiene que todo lo que puede suceder ocurre en un número infinito de ellos. De acuerdo con esta idea, cada vez que se toma una decisión, el universo se divide en dos, con un resultado en un universo y otro en el otro. La realidad pre-consciente puede haber consistido en un multiverso en el que todos los posibles resultados se produjeran en algún sitio.

Pero no tiene que ser necesariamente de ese modo, argumenta McQueen, porque la TII rechaza la idea de que la consciencia es exclusiva de los seres humanos y otros organismos complejos. Incluso los objetos inanimados pueden tenerla de alguna forma rudimentaria. Es más, la consciencia puede ser en sí misma una propiedad fundamental de la materia. Si esto fuera así, entonces no habría nada parecido a un universo preconsciente.

Para algunos investigadores, nuestra capacidad de observar el universo es lo que da forma a este.



Puede que nuestras experiencias no sean fruto de una realidad física, sino que esta esté compuesta por ellas

En cualquier caso, debido sobre todo a la ausencia de una alternativa mejor, ha sido imposible eliminar al observador consciente de la mecánica cuántica. Más bien al contrario, esto es, en los últimos tiempos ha empezado a reafirmarse la importancia de la subjetividad en la construcción de la realidad objetiva.

Pensemos en el bayesianismo cuántico (Qbism, según su abreviatura inglesa), una interpretación de la teoría cuántica relativamente nueva que sostiene que el colapso de la función de onda se produce porque los observadores actualizan su conocimiento. En tal caso, no existiría la realidad objetiva; solo nuestra estimación subjetiva de la realidad.

ESTO ES DEMASIADO PARA LA MAYORÍA DE LOS FÍSICOS. No obstante, para Markus Müller, de la Universidad de Viena (Austria), resulta incluso insuficiente. Müller trabaja en un modelo que intenta explicar cómo un mundo externo objetivo —incluidas las leyes de la naturaleza—, puede surgir a partir de experiencias subjetivas. “Lo que propongo es que la realidad física está relacionada fundamentalmente con el observador, pero de un modo objetivo”, señala el físico.

Está claro que esto requiere una explicación. Su idea parte de una ley probabilística utilizada por investigadores en inteligencia artificial (IA) para ayudar a que las máquinas hagan predicciones sobre el mundo mediante el descubrimiento de patrones dentro de los datos limitados con los que trabajan. En el enfoque de Müller, la proba-

bilidad algorítmica se aplica al revés: lo fundamental no es el mundo, sino la información y la ley probabilística, que dan al observador la impresión de que existe un mundo físico con unas leyes naturales coherentes.

EN LA MEDIDA EN QUE LOS PLANTEAMIENTOS DE MÜLLER PUEDEN COMPROBARSE, los números parecen salir, y sus propuestas han sido elogiadas como un intento inusualmente bien definido de formular una teoría fundamental de la realidad desde una perspectiva subjetiva.

“La hipótesis de Müller es extraordinariamente interesante”, afirma McQueen. Y continúa: “Es un efectivo intento de recuperar una vieja postura filosófica conocida como idealismo, según la cual las experiencias no tienen su origen en una realidad preexistente, sino que forman toda la realidad que hay”.

Albert Einstein no habría sido tan generoso. Cuando los fundadores de la mecánica cuántica mencionaron por primera vez la idea de que nosotros creamos la realidad, preguntó con agudeza si la Luna desaparece cuando uno se da la vuelta. No obstante, luego fue lo suficientemente humilde como para admitir que podía estar equivocado. “Uno asume que el mundo real existe independientemente de cualquier acto de percepción, pero es algo que no sabemos”, escribió Einstein en 1955. Pues bien, seguimos sin saberlo, pero la idea de que la realidad subjetiva es lo único que existe debe ser considerada como una posibilidad real. ■

→

4 ¿Podemos crear nuevas realidades?

POR DONNA LU

Periodista especializada en nuevas tecnologías

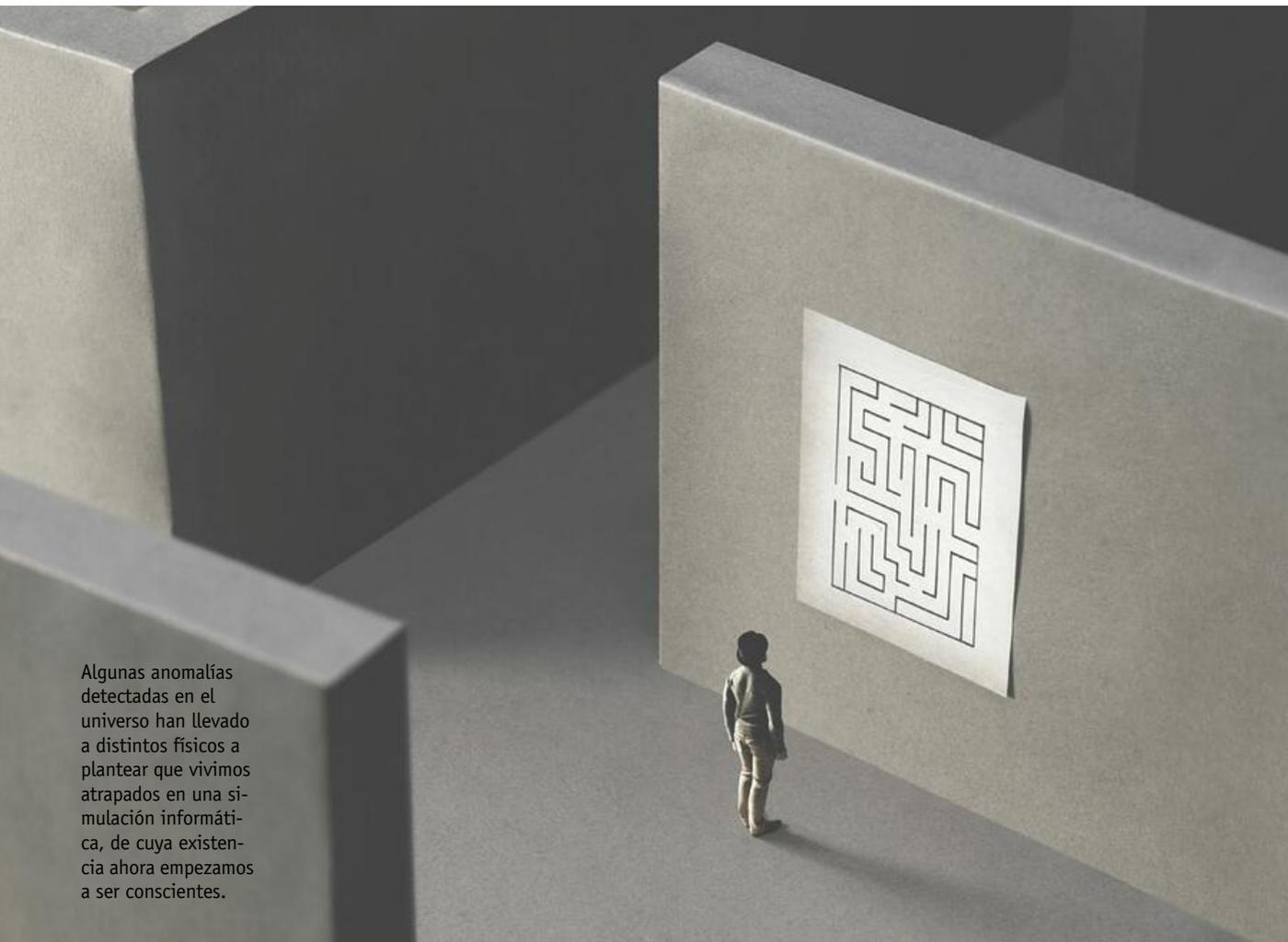
En nuestra búsqueda para entender la realidad, hay algo evidente que parece habérsenos pasado por alto: ¿cómo sabemos que la realidad en la que nos encontramos es real? La idea de que podríamos estar viviendo en una simulación informática es algo más que una historia de ciencia ficción parecida a la de la película *Matrix*. Es una hipótesis que está siendo considerada y debatida por filósofos y físicos desde que en 2002 Nick Bostrom la sugiriera en la Universidad de Oxford (Reino Unido). De ser correcta, la alarmante pero lógica conclusión que se deriva de ella dejaría obsoleto el esfuerzo intelectual realizado durante décadas. Paradójicamente, volveríamos al principio.

La hipótesis de la simulación de Bostrom sostiene que si un día fuese posible construir simulaciones del cosmos pobladas por seres conscientes, seguramente ahora mismo estamos viviendo en un universo de ese tipo, generado por ordenadores.

ESTE PLANTEAMIENTO DA POR SENTADO QUE, CON EL TIEMPO, obtendremos el poder de computación necesario para crear simulaciones de la historia humana que sean lo suficientemente detalladas como para que los individuos simulados que se encuentren dentro de ellas tengan consciencia. Si se diera ese caso, desde el punto de vista estadístico es probable que este-

Aunque nuestra vida transcurriera en el curso de una simulación, ello no la haría menos auténtica

Algunas anomalías detectadas en el universo han llevado a distintos físicos a plantear que vivimos atrapados en una simulación informática, de cuya existencia ahora empezamos a ser conscientes.



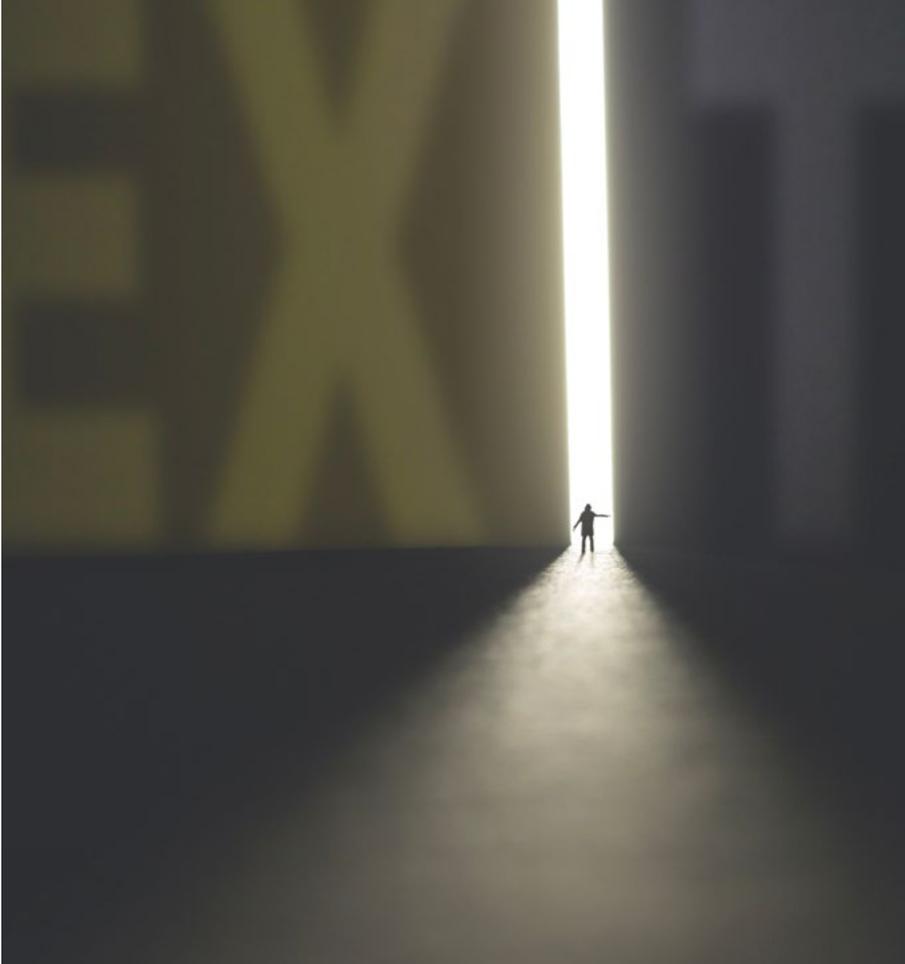
mos viviendo en una simulación, puesto que las citadas entidades simuladas serían mucho más numerosas que las no simuladas. Las posibilidades aumentarían aún más si, llegados a un punto, las primeras hicieran, a su vez, sus propias simulaciones, en realidades que se reproducirían infinitamente unas dentro de otras.

“Todo esto nos muestra algo muy importante sobre la naturaleza del mundo. La misma estructura de la realidad podría ser muy distinta de lo que pensamos”, asegura Bostrom”.

En su opinión, tales simulaciones solo serán posibles cuando las máquinas superen a los humanos en inteligencia, pero, tanto si ocurre en una década como en 10 000 años, el argumento sería válido, con independencia de la escala temporal. Es más, tal vez ya ha sucedido y nosotros formemos parte de ello.

¿PODREMOS SABERLO ALGÚN DÍA? ALGUNOS FÍSICOS HAN SUGERIDO que es posible hacer experimentos para averiguarlo. “En nuestra simulación podrían darse algunas cosas que quizá nunca sucederían en la realidad”, afirma Preston Greene, filósofo de la Universidad Tecnológica de Nanyang, en Singapur. Podemos observar ciertos comportamientos de los rayos cósmicos de energías ultraaltas que, según los físicos, no pueden simularse al cien por cien de acuerdo con las leyes de la naturaleza. Las anomalías que se han detectado en ese sentido podrían constituir una prueba de que la realidad no es lo que parece ser. Pero debemos proceder con cautela. Tal descubrimiento podría resultar catastrófico. Si los responsables de nuestra simulación se dieran cuenta de que nos hemos percatado de ello, nos podrían desconectar.

Pero incluso si fuésemos parte de una simulación, ello no haría menos auténtica la realidad que experimentamos, asegura Greene. Simple-



El hecho de percatarnos de que la realidad sea solo una ilusión generada por inteligencias mucho más avanzadas que la nuestra no resuelve el problema de fondo: seguiremos siendo incapaces de conocer su auténtica naturaleza.

mente, cambiarían algunas de las creencias metafísicas que mantenemos sobre el universo. “No se alteraría el hecho de que estoy sentado a una mesa ahora mismo. Lo que cambiaría es de qué está hecha la mesa”, afirma. En lugar de quarks, serían bits.

Ello, de hecho, no se encuentra tan alejado de algunas de las teorías que se han propuesto sobre la naturaleza fundamental de la realidad y que sostienen que, en su nivel más básico, el cosmos se compone de información. También explicaría el misterio del origen: nuestro universo fue creado por una inteligencia sobrehumana. ¿Nos recuerda a algo?

Obviamente, la hipótesis de la simulación no proporciona la respuesta definitiva a la pregunta de qué es la realidad. Incluso si las simulaciones superan ampliamente a las no simulaciones, todavía sería necesario la existencia de un nivel básico de realidad sobre el que la primera de ellas se crease en el pasado o vaya a crearse en el futuro. La naturaleza de la auténtica realidad, por así decirlo, seguirá demandando una explicación. La búsqueda, por tanto, continúa. ■

GETTY
En la estimulación cerebral profunda se implantan electrodos bajo el cráneo para que modulen la actividad eléctrica anormal en personas con trastornos como el párkinson. Deben colocarse con la máxima precisión para evitar efectos indeseados.

Tecnología conectada a las neuronas

Cuando el órgano más complejo del cuerpo humano no funciona bien, los avances tecnológicos pueden echarle una mano.

Los implantes cocleares abrieron el camino a un amplio abanico de neuroimplantes que ayudan a recuperar la visión, tratar el párkinson o mitigar algunos trastornos mentales.

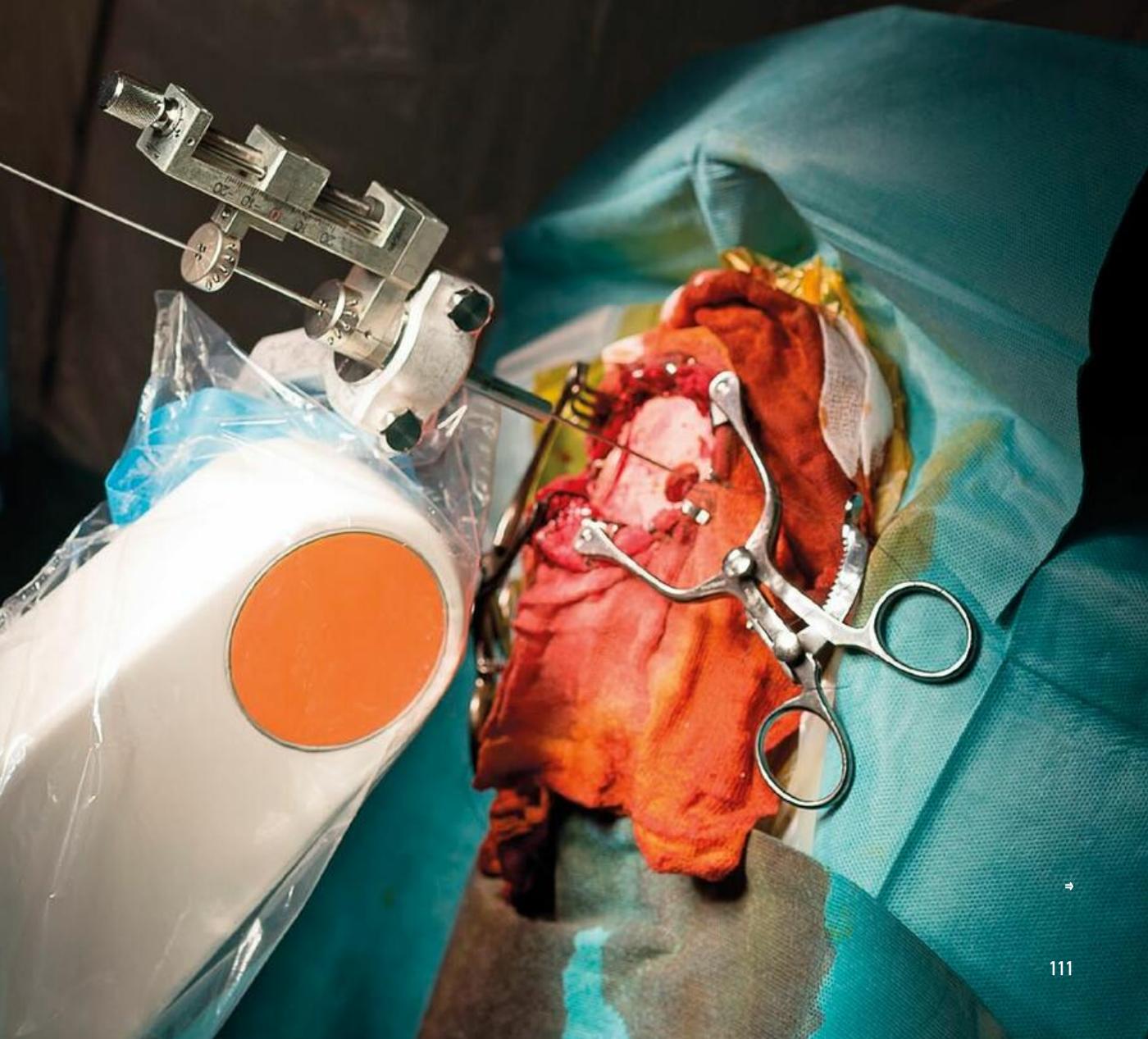
POR LAURA CHAPARRO
Periodista

Si hay un órgano que se ha beneficiado del vertiginoso avance de la tecnología en las últimas décadas, ese es el cerebro. Dejando a un lado el uso de los dispositivos tecnológicos para mejorar nuestras capacidades –lo que nos iría convirtiendo poco a poco en cibernéticos–, implantes como los cocleares o los de retina ya están ayudando a escuchar y a ver a personas con profundas limitaciones sensoriales.

Para Álvaro Sánchez Ferro, coordinador del Comité Ad-Hoc de Nuevas Tecnologías (Tecnosen) de la Sociedad Española de Neurología, la revolución de estos tratamientos se basa en que modulan la función cerebral con dispositivos o procedimientos externos. “Esto se sale del abordaje tradicional con fármacos. Ahora, me-

dante la tecnología, se puede mejorar y potenciar la función cerebral, lo que abre infinidad de nuevas oportunidades terapéuticas”, dice el doctor Sánchez.

Mientras, las interfaces cerebro-máquina, que permiten a personas con miembros amputados mover brazos robóticos y casi sentir lo que tocan, avanzan cada vez más rápido. Los expertos confían en que pronto serán prescritas por los médicos igual que lo fueron los marcapasos. Por otra parte, la estimulación cerebral profunda está siendo beneficiosa para pacientes con párkinson a quienes no les funcionaban los fármacos para paliar síntomas como el temblor y la rigidez, y está probándose en trastornos como la depresión, lo que disminuiría los efectos secundarios de la medicación.



“Ha habido avances sólidos, pero todavía queda muchísimo terreno por recorrer”, afirma Susana Martínez-Conde, catedrática de Oftalmología, Neurología, Fisiología y Farmacología y directora del Laboratorio de Neurociencia Integrativa en la Universidad Estatal de Nueva York (EE. UU.). Una idea que comparte Javier De Felipe, profesor de investigación del CSIC en el Instituto Cajal (Madrid), que recuerda que aún desconocemos datos tan importantes como el número exacto de neuronas que tenemos o cómo son sus conexiones. “Casi todo lo que sabemos del cerebro está basado en el estudio de animales de experimentación, sobre todo, de ratones”, resalta De Felipe.

SI ECHAMOS UN VISTAZO A LA ÚLTIMA DÉCADA, NEUROCIÉNTÍFICOS, ingenieros y ma-

temáticos han conseguido algo que hace solo treinta años podría considerarse ciencia ficción: que una persona con una parálisis motora sea capaz de mover los brazos o piernas simplemente con pensarlo. La responsable es una interfaz cerebro-máquina –*brain-machine interface*, en inglés–, que se basa en tres elementos: un implante neuronal diminuto que se introduce en el cerebro, en la zona de la corteza motora; un ordenador que recoge la actividad neuronal enviada por estos electrodos a un algoritmo que la descodifica en acciones motoras, y un elemento robótico, como puede ser un brazo, una pierna o, incluso, un exoesqueleto, que ejecuta estas acciones.

“Cada vez se hacen más ensayos clínicos en el mundo y empezaremos a ver cómo algunos médicos prescriben estos dispositivos a pacientes de forma más habitual”, mantiene José Carmona, catedrático de Ingeniería Electrónica y Neurociencia en la Universidad de California en Berkeley y codirector del Centro de Ingeniería Neural y Neuroprótesis, en Estados Unidos.

El avance de esta tecnología en los últimos años ha sido espectacular. Hoy, los investigadores se afanan por perfeccionarla y conseguir que los pacientes no solo sean capaces de mover sus prótesis con el pensamiento, sino que también lleguen a sentir las como si fueran naturales.

“Se trata de añadir al modelo información sensorial artificial, es decir, que al paciente,

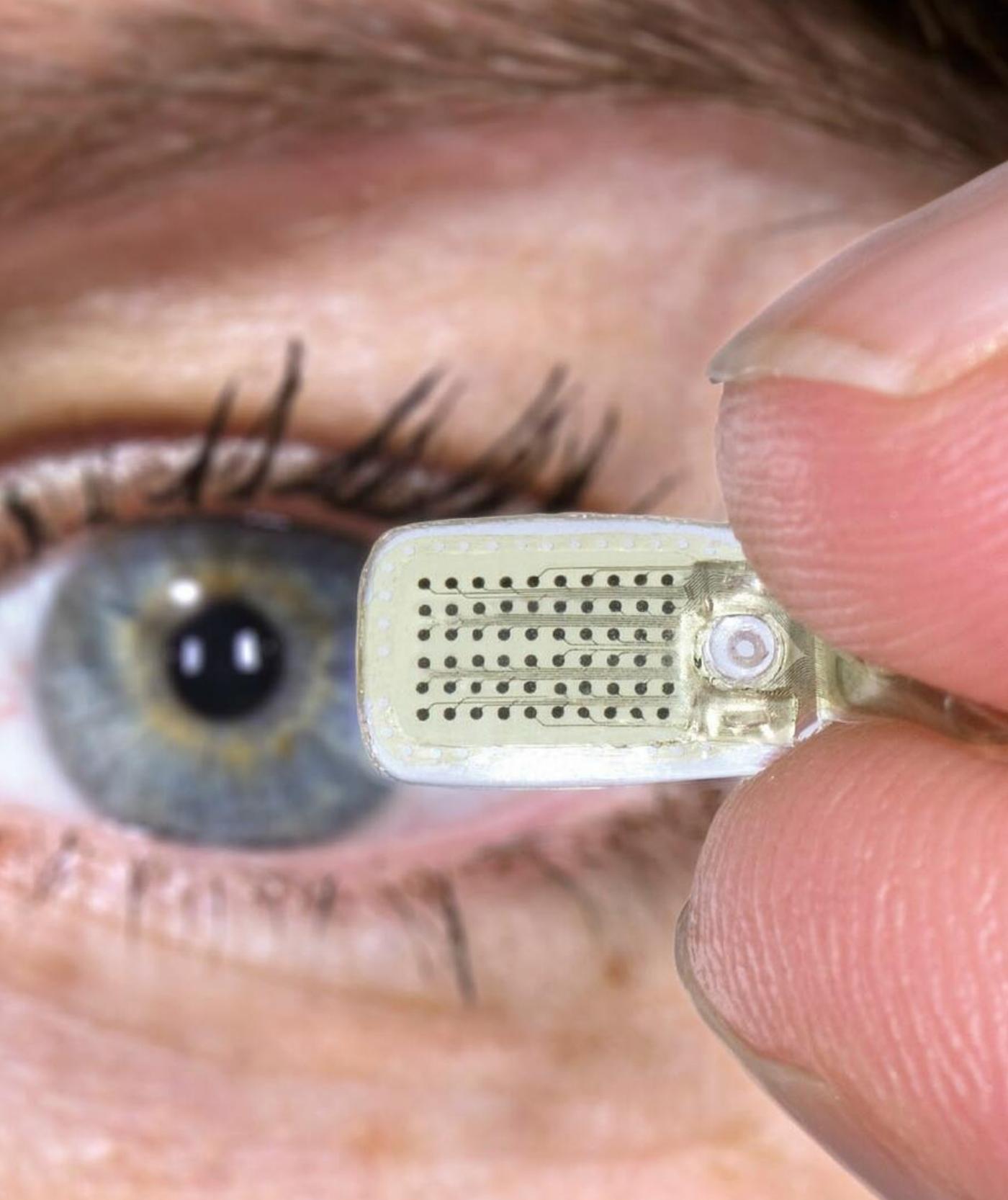
además de que se le descodifique información para controlar el robot, también se le estimule eléctricamente con señales de tacto sobre lo que está agarrando, por ejemplo, el brazo robótico. Así, no solo podría verlo, sino también sentirlo”, describe Carmona.

El polifacético y polémico emprendedor Elon Musk también se ha dejado cautivar por la tecnología cerebro-máquina. Además de revolucionar la industria automovilística y la aeroespacial, se ha propuesto que su sello, Neuralink, consiga crear estos dispositivos a gran escala y dejen de ser prototipos. Aunque todo lo relacionado con esta empresa se mueve en el más absoluto secretismo, en su lanzamiento el pasado verano Musk destacó por qué era necesaria su compañía: para comprender y tratar trastornos neurológicos y para preservar y mejorar el órgano pensante.

Es decir, aunque los dispositivos vayan destinados a recuperar la movilidad por accidentes o discapacidades congénitas, también podrían servir para mejorar capacidades que no están dañadas, complementándose con técnicas de inteligencia artificial (IA), según Musk. Respecto a cuándo podrán estar listas estas tecnologías, el también físico admitió que llevará su tiempo. Por el momento, en su página web, solo aparecen tres contenidos: el vídeo de lanzamiento, un artículo científico *preprint* –es decir, que no se ha publicado en una revista científica– firmado por él mismo y en el que describe algunos prototipos de la compañía y aporta un formulario para quien quiera unirse al equipo.

“LO QUE VAN A FABRICAR ES UNA INTERFAZ PUNTERA PARA UN TIPO DE INDICACIÓN médica, que a fecha de hoy no se sabe cuál es”, apunta Carmona. Como experto en estos dispositivos, el ingeniero confía en que a Neuralink le vaya bien, porque eso sería positivo para la investigación. En caso contrario, acabaría repercutiendo de forma negativa en la comunidad científica y tecnológica. “Si Neuralink se convirtiera en un fiasco nos afectaría a todos, y podría acabar con una década entera de investigación, tanto pública como privada”, advierte el catedrático.

Si los pacientes han visto antes, se pueden corregir ciertos tipos de ceguera con la estimulación eléctrica de algunas áreas neurológicas



La retina artificial Argus II, desarrollada por la compañía estadounidense Second Sight y comercializada en Europa desde 2011, es una prótesis que incluye sesenta electrodos y mide 3 mm x 5 mm. Tras ser implantada en la retina de una persona ciega, Argus II recibe a través de una antena las imágenes tomadas por una cámara externa y las procesa de forma que el usuario perciba contrastes entre luz y oscuridad.

Los chips con tecnología de inteligencia artificial podrían servir para mejorar nuestras capacidades intelectuales

En la misma línea, Stephen L. Macknik, catedrático de Oftalmología, Neurología, Fisiología y Farmacología y director del Laboratorio de Neurociencia Translacional en la Universidad Estatal de Nueva York (EE. UU.), opina que el rol de Neuralink y otras compañías en la misma órbita resulta positivo. “Hay otras formas de ganar dinero mucho más rápido que hacer dispositivos médicos, así que creo que es algo loable”, resalta Macknik.

De las neuroprótesis más modernas, pasamos a otras consolidadas y que los neurocientíficos siempre toman como referencia. Es el caso del implante coclear. El primero fue practicado hace 63 años a un hombre sordo de cincuenta años en Francia por los médicos André Djourno y Charles Eyriès. En España, el primer implante data de 1985, y, en la actualidad, hay unos

17.500 implantados, el 60 % adultos y el 40 % niños, según datos de la Federación de Asociaciones de Implantados Cocleares de España.

“Antes, las personas que se quedaban sordas en la etapa prelingüística, es decir, antes de aprender a hablar, se quedaban sordomudas, en general”, recuerda Francisco Javier Díez, profesor del Departamento de Inteligencia Artificial de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), en Madrid, y padre de un niño con un implante. “Tenían que ir a colegios especiales, y su vida social estaba reducida a *guetos* de personas sordas”, añade Díez.

GRACIAS A ESTA TECNOLOGÍA, HOY LOS NIÑOS QUE NACEN SORDOS RECIBEN uno o dos implantes cocleares a los pocos meses de nacer. Díez resalta que estos críos aprenden a ha-

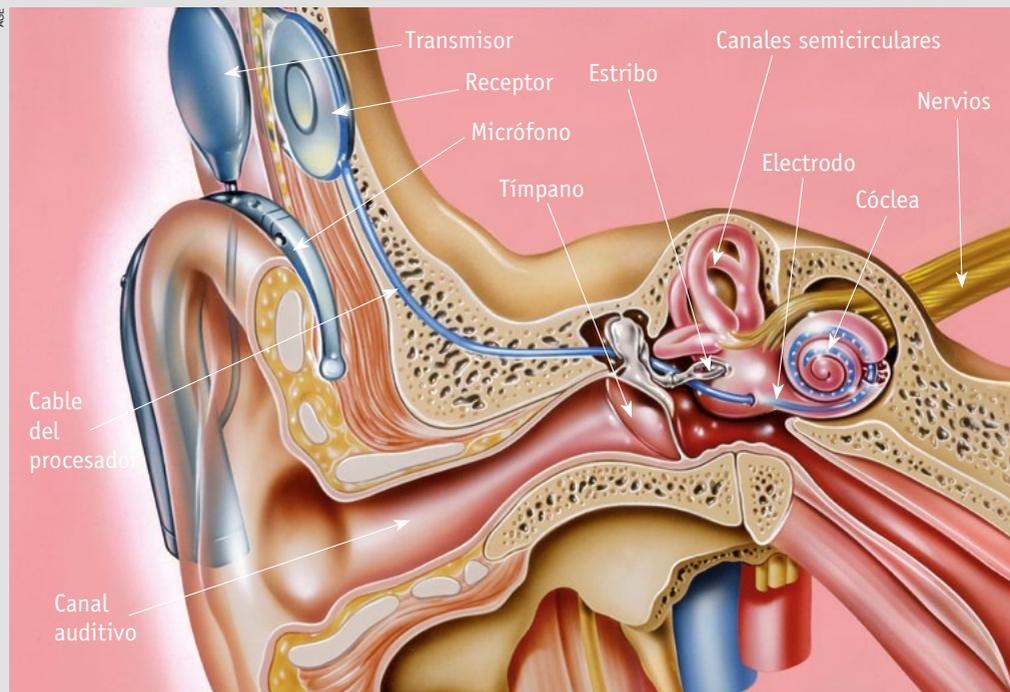


Eva Justin, de un año, es uno de los 30 millones de niños en el mundo que padecen problemas de audición. Su implante coclear le permite percibir los sonidos y, así, aprender a hablar desde pequeña. Gracias a este avance que se aplicó por primera vez con éxito hace 60 años, nacer sordo no implica tener que ser sordomudo toda la vida.

¿Cómo funciona un implante coclear?

Estas prótesis constan de un receptor-estimulador que se implanta detrás del pabellón auricular y envía las señales eléctricas a los electrodos. Estos se introducen en el interior de la cóclea, en el oído interno, y estimulan las células nerviosas que aún funcionan. Los estímulos pasan a través del nervio auditivo al cerebro, que los reconoce como sonidos, y así

la persona tiene la sensación de oír. En cuanto a los elementos externos, hay un micrófono, que recoge los sonidos; estos pasan al procesador, encargado de codificar los más útiles y enviarlos a un transmisor, que a su vez los lanza al receptor interno. La parte externa e interna se ponen en contacto por un cable y un imán. El dispositivo solo necesita pilas para funcionar.



En España, más de 15 000 personas llevan un implante coclear. De ellas, la tercera parte son niños que lo recibieron a temprana edad. Desde que esta tecnología se puso en práctica en nuestro país, en la década de 1980, no ha dejado de evolucionar. Se espera que en 2023, sean más de 20 000 las personas que la usen.

blar como los demás, y la mayoría asiste a colegios ordinarios. En el caso de las personas que se quedan sordas ya adultas, estos mecanismos les permiten seguir ejerciendo su profesión, aunque el tiempo de adaptación es mayor que para los niños debido a la menor plasticidad de su sistema nervioso.

Tales dispositivos están indicados para quienes padecen una sordera profunda neurosensorial bilateral y, en algunos casos, también sordera grave, siempre que no les sirvan de ayuda los audífonos convencionales. ¿Y cómo funcionan aquellos? Básicamente, lo que hacen es trans-

formar las señales acústicas externas en señales eléctricas que estimulan al nervio auditivo.

El ojo es otro de los beneficiados por esta clase de prótesis. La tecnología, al igual que ha ocurrido con el oído, se ha convertido en una gran aliada para quienes sufren diferentes tipos de ceguera. En el mundo, 217 millones de personas presentan una deficiencia visual de moderada a grave y 36 millones son ciegas, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La solución está en unos pequeños chips. “El implante de retina es un sistema de visión artificial que estimula eléctricamente las células

nerviosas de este tejido sensible a la luz situado en la superficie interior del ojo, y reemplaza la función de las células fotorreceptoras dañadas en algunos pacientes para, a partir de ahí, transmitir la información visual al cerebro a través del nervio óptico”, señalan desde el Instituto de Microcirugía Ocular, en Barcelona.

Aunque no pueden ver de la misma forma que una persona sin problemas de visión, mediante la percepción de señales de luz y un proceso de rehabilitación visual para aprender a ver de forma biónica, los pacientes consiguen localizar e identificar fuentes de luz, objetos y movimientos, lo que les ayuda a desenvolverse en su vida diaria.

“En teoría, uno puede corregir muchos tipos de ceguera a través de la estimulación eléctrica de áreas concretas del cerebro, siempre que los afectados hayan visto antes de perder la visión. Lamentablemente, las personas ciegas de nacimiento no pueden beneficiarse de estos dispositivos”, explica Guillaume Buc, director de Tecnología de Pixium Vision (Francia).

DESDE QUE EN LOS AÑOS 90 EMPEZARÁN A UTILIZARSE ESTE TIPO DE IMPLANTES retinianos, los últimos avances han permitido que la información visual que reciben los pacientes sea cada vez de mayor calidad. En la actualidad, se emplea un dispositivo consistente en un microchip a base de silicona que se coloca encima o debajo de la retina del paciente y que contiene electrodos. A mayor número de electrodos, mayor es la resolución las imágenes obtenidas. Unas gafas incorporan una minicámara bioinspirada en el ojo que imita el funcionamiento de la retina humana y capta en tiempo real los cambios en el campo visual, mediante píxeles independientes. El tercer elemento es un procesador de mano, que recibe las imágenes de vídeo y las vuelve a enviar a las gafas en forma de estímulos que puedan ser interpretados por el cerebro.

Con esta idea, Pixium Vision ha desarrollado la tecnología PRIMA Bionic Vision en colaboración con la Universidad de Stanford (EE. UU.), que cuenta 378 electrodos, lo que mejora la agudeza visual en personas con degeneración macular seca, un trastorno ocular que causa visión central borrosa o reducida debido al adelgazamiento de la mácula —una parte de la retina—. “PRIMA es totalmente inalámbrico y sus píxeles fotovoltaicos se activan externamente mediante luz infrarroja invisible proyectada por lentes especiales de realidad aumentada (RA) en el ojo”, indica el doctor Buc. En estos momentos, se están realizando ensayos clínicos con este dispositivo en Europa.

GEBTY



Una fisioterapeuta coloca unos electrodos en la cabeza a un paciente suizo con una grave discapacidad motora. Se trata de parte de un prototipo de interfaz cerebro-máquina que podría mejorar los movimientos del paciente.

Charlas neuronales

Un equipo de investigadores liderados por el CSIC ha demostrado que los millones de neuronas que forman el cerebro coordinan el movimiento en base a *conversaciones* neuronales. El estudio se ha publicado en la revista *Nature Neuroscience* y abre una nueva vía de investigación para el diseño de neuroprótesis. Aunque ya existen prototipos preclínicos, uno de sus problemas es que las neuronas que se usan para controlar las prótesis van modificándose con el paso de los días.

“Nuestros resultados proporcionan una solución sencilla, porque permiten compensar esos cambios en la neuronas que la neuroprótesis registra en días distintos”, declara Juan A. Gallego, científico del CSIC en el Centro de Automática y Robótica (Madrid) y autor principal del estudio.

Algún día será común ver a personas con prótesis que controlan ellas mismas con señales eléctricas cerebrales

En paralelo, la optogenética está consiguiendo logros importantes para tratar enfermedades o trastornos neurológicos. Basada en haces de luz, esta tecnología emergente, que combina métodos genéticos y ópticos, se está probando en personas que padecen degeneración macular relacionada con la edad, que causa pérdida de visión en individuos de más de sesenta años.

En 2019, Francis Collins, director de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de Estados Unidos, escribía en su blog que tecnologías como OBServ persiguen recrear la función de la respuesta a la luz de la retina dentro del propio cerebro, en lugar de intentar reparar la retina dañada del paciente. Stephen L. Macknik y Susana Martínez-Conde lideran el proyecto OBServ, que, por ahora, se halla en fase experimental con modelos animales. El dispositivo está formado por pequeños implantes neuroprotésicos similares a los implantes cocleares. Los investigadores plantean introducirlos quirúrgicamente para dirigir el proceso visual.

Con la ayuda de unas gafas equipadas con dos cámaras que registran las imágenes visuales, se

transmite esta información de forma inalámbrica a los chips implantados en la parte posterior del cerebro. Estos procesan y proyectan la información en un conjunto específico de neuronas subcorticales que, previamente, han sido convertidas en células fotorreceptoras gracias a la optogenética. Así, funcionarán de manera similar a la retina que está dañada en estos pacientes. Y transmitirán la información visual a la corteza para que la procese. “Esta tecnología se podría extender a otras partes del cerebro”, plantea Macknik.

EN EL CAMPO DE LA SALUD MENTAL, TRAS EL ALZHÉIMER, el párkinson es la enfermedad neurodegenerativa más frecuente entre los mayores de 65 años, con cerca de 150.000 pacientes en España. Pero, contra la creencia general, no es un problema exclusivo de personas mayores: el 15% de los pacientes no superan los cincuenta años y, también, se pueden encontrar casos en los que se inicia en la infancia o en la adolescencia. El párkinson afecta al sistema nervioso de manera crónica y progresiva, y

→

GETTY
El CEO de BrainCo, Bicheng Han, lleva puesto en la cabeza el dispositivo inalámbrico desarrollado por su empresa para controlar prótesis robóticas mediante impulsos eléctricos cerebrales.





La estimulación cerebral profunda puede tener efectos antidepresivos que duran entre cuatro y ocho años

se caracteriza por la pérdida o la degeneración de neuronas en la sustancia negra, ubicada en la parte media del cerebro. Esta situación provoca una carencia de dopamina, neurotransmisor que, entre otras cosas, transmite información necesaria para que realicemos movimientos con normalidad. Su déficit provoca que los pacientes tengan el control de movimiento alterado, con los síntomas motores típicos del mal de Parkinson, como el temblor y la rigidez.

AUNQUE NO TIENE CURA, CUENTA CON UN TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO cuyo objetivo es restablecer los niveles dopaminérgicos en el cerebro para mejorar los síntomas y la calidad de vida del paciente. Cuando esta terapia no funciona para reducir los problemas motores, se puede optar por una intervención quirúrgica: la estimulación cerebral profunda. “Esta es una intervención en la que se implan-

tan unos electrodos en un área concreta del cerebro para administrar estimulación eléctrica en esa zona”, dice Patricia Pérez, responsable del Área de e-salud, innovación y apoyo a la investigación de la Federación Española de Párkinson. Así se consiguen modular las señales que causan las alteraciones motoras. Los electrodos están conectados a un neuroestimulador que se coloca en el tórax, como si fuera un marcapasos. Se comunican a través de una extensión que se introduce bajo la piel desde la cabeza, pasando por el cuello.

“Las personas candidatas deben tener un estado de salud general bueno, que no esté afectada por otras dolencias y que no presenten una alteración de las capacidades cognitivas o trastornos del estado de ánimo, como la depresión”, subraya la neuropsicóloga Pérez.

Además de ser un método reversible, una de sus ventajas es que, aunque la mayoría de



Un hombre tetrapléjico se entrena para participar en el Cybathlon, una competición de personas discapacitadas. Controla el avatar que lo representa en la pantalla con las señales eléctricas que emite su cerebro.

¿Se llegará a leer el pensamiento?

Las interfaces cerebro-máquina se han usado para interpretar la actividad neuronal en palabras habladas, pero su precisión no llega al 40%. Aunque una nueva investigación publicada en *Nature Neuroscience* muestra cómo un algoritmo de traducción automática puede descodificar la actividad neuronal y traducirla en oraciones con altos niveles de precisión. Investigadores de la Universidad de California (EE. UU.) lo probaron con cuatro personas a las que habían implantado electrodos intracraneales para el control de sus convulsiones. Los participantes leyeron oraciones en voz alta mientras los electrodos registraban su actividad neuronal.

Según los autores, la traducción automática descodificó las oraciones habladas a partir de la actividad neuronal del paciente con una tasa de error similar a la de la transcripción del habla a nivel profesional.

los pacientes aún necesita tomar la medicación después de someterse a la estimulación cerebral profunda, muchos ven cómo sus síntomas mejoran, por lo que pueden limitar el consumo de fármacos, según el Instituto Nacional de Trastornos Neurológicos y Accidentes Cerebrovasculares de Estados Unidos. Esto, a su vez, reduce los efectos secundarios de las pastillas, como son los movimientos involuntarios. Esta estimulación no solo sirve para el párkinson. Además, está indicada para tratar los temblores conocidos como esenciales, las epilepsias, las distonías –contracciones involuntarias de los músculos– y el trastorno obsesivo compulsivo. La llamada Iniciativa Brain, que impulsó Barack Obama en 2013 con el objetivo fundamental de dibujar un mapa de la actividad de cada neurona en el cerebro humano, también incluía el uso de la estimulación cerebral aplicada a la salud mental.

En el caso de la depresión, un reciente estudio liderado por Helen S. Mayberg, neuróloga de la Facultad de Medicina Icahn en el Monte Sinaí (EE. UU.), concluyó que la técnica aporta

un efecto antidepresivo mantenido en el tiempo. Lo confirmaron con pacientes con depresión resistente al tratamiento, y la estimulación se realizó en un área del cerebro llamada giro cingulado subcalloso. Los resultados del tratamiento duraron entre cuatro y ocho años. “El procedimiento en sí fue, en general, seguro y bien tolerado por los pacientes”, aseguran los autores.

YENDO UN PASO MÁS ALLÁ, LO IDEAL SERÍA ANTICIPARSE a estas enfermedades con la ayuda de la tecnología, es decir, borrar de alguna forma su huella en el cerebro para que no vuelvan a aparecer y no haya que volver a estimular para curar. Carmena lo define como el *santo grial*. “Muchos de estos trastornos se adquieren por un episodio traumático que queda grabado en una red que se activa de vez en cuando y causa malestar. Lo que se quiere es inducir plasticidad en ciertos nodos de esa red para que, de alguna manera, el cerebro lo borre y lo desaprenda”, sostiene Carmena. Neurociencia de vanguardia para seguir haciendo historia en las próximas décadas. ■

El misterio de la sinestesia

¿De qué color es la letra *M*? ¿A qué sabe la nota sol? ¿Qué forma geométrica tiene el ladrido de un perro? Quizá, todas estas preguntas te parezcan surrealistas. Salvo si perteneces a ese reducido porcentaje de la población que experimenta lo que se conoce como sinestesia.

POR ELENA SANZ.
Periodista científica

Hablamos de ese colectivo que ve el abecedario en vivos colores, huele los sonidos, palpa el dulzor de la papaya, oye música en los tonos celestes o percibe en el sonido de un violonchelo un inconfundible sabor a magdalenas. Y estos ejemplos son solo la punta del iceberg. Basta rascar un poco para descubrir que hay sinestias tan variopintas que clasificarlas resulta una ardua tarea. Una opción que convence bastante a Emilio Gómez Milán, investigador de la Universidad de Granada, es diferenciar entre perceptivas y conceptuales.

“Si la letra *a* es roja para un sinésteta y la *A* también, entonces su sinestesia es conceptual; pero si los fotismos son diferentes, es decir, la *a* mayúscula es verde y la minúscula es roja, entonces es perceptual, ligada a la apariencia física

y no al concepto”, explica Gómez. Y añade que esta *extrañeza* de la percepción humana queda más clara aún con la sinestesia número-color: “Si la cantidad *dos* es roja, y da igual que el número esté escrito en arábigo, con texto o con números romanos, entonces, la sinestesia es conceptual”.

ESTO SE PUEDE EXTRAPOLAR A OTROS CASOS, COMO LOS DE los sinéstetas que cruzan gusto y color y perciben tonos azules internos cuando se zampan o, simplemente, se imaginan un chuletón de ternera. O a esos individuos para los que afirmar que ciertos sonidos son punzantes y otros redondos o suaves no es una metáfora, sino una sensación real, porque su oído y su tacto están conectados de un modo inverosímil.

Las combinaciones serían limitadas, si solo hablásemos de cruces de sentidos. Pero resulta



La capacidad de combinar distintos sentidos cuando se percibe una misma cosa, como ocurre entre los sinéstetas, podría estar relacionada con los niveles de serotonina y los patrones de conexión cerebrales.

Se conocen más de 150 tipos de sinestesia. Quien experimenta una de las últimas en descubrirse ve auras alrededor de la gente

que el abanico es bastante más amplio. “El estímulo inductor –una letra, un número, una cara, una acción– y el estímulo concurrente *fantasma*, ese que solo ocurre en la mente del sinésteta, pueden ser sensoriales, pero también conceptos o sentimientos”, puntualiza el investigador granadino. Así, nos encontramos con mezclas entre sentidos –la sinestesia común–, entre sentido y concepto –ideaestesia–, entre sentido y sentimiento –sinestesia emocional– y entre sentido y acción –kinetoestesia–. Sin ir más lejos, Gómez conoció a una bailarina que cuando realizaba o, incluso, imaginaba un movimiento de la danza clásica, veía un color concreto para cada paso. También, se han registrado casos de nadadores que evocan diferentes colores en su mente en función de si nadan a braza, a crol, de espaldas o con estilo mariposa.

HAY A QUIEN LA TRISTEZA LITERALMENTE LE PROVOCA FRÍO, porque la temperatura de su piel varía en función de las emociones. Para otros no es un juego de palabras afirmar que los lunes son negros como el tizón, los martes azul turquesa y los miércoles verde pistacho, porque realmente *ven* los días de la semana –y, a veces, también los meses– de colores. James Wannerton, actual presidente de la Asociación de Sinestesia del Reino Unido, creció asociando el nombre de cada uno de sus compañeros, de personajes históricos como Charles Darwin y hasta de sus novias a sabores específicos: mermelada de fresa, mostaza, pera... Algunos sinéstetas no pueden evitar vincular a cada persona con la que se cruzan un animal, y nos perciben con cara de ruiseñor, de ardilla, de iguana o de león. Luego, están los que personifican las cifras e identifican que cada número tiene un género y una personalidad, dos características propias de los seres humanos. Por ejemplo, pueden describir el número ocho como femenino y exigente.

En total, un reciente manual de la Universidad de Oxford (Reino Unido) sobre la sinestesia



Los artistas tienen más papeletas para experimentar este fenómeno. Por ejemplo, algunos músicos perciben las notas de colores, como le pasa a Lady Gaga y Farrell Williams. Stevie Wonder creó su famoso acorde *púrpura* –*The purple chord*– mientras veía ese color al tocarlo en el piano.



hablaba de 150 formas distintas identificadas hasta la fecha. Y la lista sigue creciendo. Una de las últimas en sumarse a la colección ha sido la sinestesia tacto-espejo. Los que la experimentan sienten en sus propias carnes las mismas sensaciones físicas que otras personas muestran en una pantalla cuando alguien las toca, las acaricia, las abraza o sienten dolor. Una especie de *tacto fantasma*. Según un artículo que publicaba hace poco la revista *Cortex*, lo que sucede es que ciertas zonas de la corteza somatosensorial del cerebro de los sinéستetas se hiperactivan cuando ven a otros experimentar sensaciones táctiles. Dos de cada cien personas, para ser exactos, viven literalmente en la piel de los demás por esta causa.

TU RELACIÓN CON LOS QUE TE RODEAN TAMBIÉN PUEDE VERSE alterada si la sinestesia color-espejo va contigo. En ese caso, cada vez que miras el rostro de una persona percibes un color a su alrededor. No es su aura, como venden algunos supuestos curanderos, que lo confunden con un don paranormal. “Se trata una sinestesia con inductor persona y concurrente color”, diagnostica Gómez, que hace poco publicó una investigación sobre el tema en la prestigiosa revista *Consciousness and Cognition*. “Pero dos sinéستetas que vean la supuesta *aura*, percibirán a la misma persona con colores distintos”. Eso significa que “Juan puede ser verde para un sinéستeta y azul para el otro”. Además de que el valor emocional de cada color puede variar en cada sinéستeta. “Por tanto, el aura es un cualidad o propiedad secundaria del sujeto, que no dice nada de Juan, sino de cómo cada uno percibe a Juan”, matiza el investigador. Nada esotérico, salta a la vista.

Además, tenemos la sinestesia de calendario, algo tan intangible como el tiempo en imágenes. Uno de cada cien habitantes del planeta ve los meses del año delante de sus narices en tres dimensiones. Si les pides recitar los meses del calendario al derecho y al revés, no necesitan recurrir a su memoria. El giro angular de la esfera lo proyecta ante sus ojos.

Con unas fronteras tan difusas, ¿cómo distinguimos la sinestesia de otros fenómenos? Vilayanur S. Ramachandran, uno de los neurocientíficos que más empeño ha puesto en intentar explicarla, habla de tres requisitos. En primer lugar, dice, debe ser estable a lo largo del tiempo. Es decir, que si alguien experimenta que el siete es de color verde manzana, durante toda su vida este número será verde manzana. También



es imprescindible que surja de forma espontánea, involuntaria, automática e incontenible. Y, por último y no menos importante, ha de ser memorable y con carga afectiva. Hasta tal punto de que, si el siete está impreso en amarillo u otro color *incorrecto*, el sinéستeta se sentirá incómodo y molesto. Lo mismo le ocurrirá a un individuo que asocie colores a nombres de personas y encuentre una incongruencia, por ejemplo, una persona alegre que tiene un nombre que él percibe como negro. O a otro al que hay palabras que le saben a cigarrillo o a café amargo, y no puede evitar una mueca de asco al escucharlas.

SALVADOS ESTOS MOMENTOS DE INCOHERENCIAS DESAGRADABLES, los sinéستetas coexisten bastante a gusto con su condición. Aunque el resto de los seres humanos podrían pensar que lidiar con semejante bombar-

GETTY En su autobiografía *Nacido en un día azul*, el matemático Daniel Tammet –abajo– cuenta cómo es vivir con una mezcla de capacidades tan explosiva como la suya: además de sinestesia, tiene el síndrome del savant, con un talento sorprendente para el cálculo. Para él, cada número posee su forma, color, textura y emoción. Opina que el 289 es “especialmente feo”, el 333, “atractivo” y pi, “especialmente hermoso”.



En los sinéstetas, los centros cerebrales que procesan los sentidos siguen interconectados después de nacer

de de sensaciones debe ser extenuante, la realidad es bien distinta. No viven confundidos, ni tampoco distraídos, ni mucho menos abrumados por sus experiencias multisensoriales. Forman parte de su normalidad. Tanto, que si se les ofrece *librarse* de su sinestesia, todos se niegan en redondo.

“Para entenderlos mejor, hay que imaginarse a un sordo al que le colocan un implante coclear”, sugiere Virginia Gross, neurocientífica de la Universidad de Boston (EE. UU.). De repente, se encontrará con que a sus oídos llega una avalancha de sonidos: el zumbido del aire acondicionado, los clics del teclado, el tictac de un reloj, las conversaciones de fondo, el ruido del tráfico al otro lado de la ventana... “Y se sentirá aturrullado,

algo que ni por asomo les ocurre a los que nacen oyendo y manejan todos esos sonidos desde el primer minuto sin hacerles apenas caso”, puntualiza Gross. Los sinéstetas son como los oyentes: los estímulos que perciben desde que nacen no les parecen, ni mucho menos, excesivos.

ES MÁS, LOS HAY QUE HAN LLEGADO A CONVERTIR SU SINESTESIA en una enorme ventaja. Es el caso de Daniel Tammet, un brillante matemático británico que sufre epilepsia, sinestesia, síndrome de Asperger y síndrome del savant o del sabio. “Lo más impactante que he hecho en mi carrera ha sido estudiar a Tammet, que tenía una forma rara y extremadamente amplia de sinestesia, además de

una increíble memoria”, nos confiesa el neurocientífico Daniel Bor, de la Universidad de Cambridge. De hecho, Tammet usó su capacidad de percibir los números de colores para memorizar los primeros 22.514 decimales del número pi en apenas una semana. Y puede calcular operaciones con cinco dígitos antes de que a cualquiera de nosotros nos de tiempo a teclearlos en la calculadora.

SU RETENTIVA PARA LOS NÚMEROS Y SU HABILIDAD PARA EL CÁLCULO se deben, según demostró Bor, a la combinación entre la capacidad para prestar atención a los detalles y una sinestesia que le hace ver los números con colores, formas y texturas. Una especie de truco mnemotécnico innato e infalible.

La experiencia con Tammet cambió el punto de vista de este investigador sobre el cruce de

sentidos. “Los científicos aún seguimos debatiendo qué causa la sinestesia”, advierte Bor. Y añade: “Una de las teorías que se barajan propone que se produce la activación simultánea de regiones sensoriales adyacentes del cerebro”. De hecho, varios estudios con resonancia magnética funcional (IRMf) muestran que, en las personas con sinestesia grafema-color, existe una activación cruzada dentro de una región conocida como giro fusiforme entre los grupos de neuronas que procesan las letras y los responsables de percibir colores. “Pero lo cierto es que esta teoría solo explica algunas modalidades del fenómeno”, reflexiona el científico.

Hace poco tiempo, Daphne Maurer, de la Universidad McMaster (Canadá), puso sobre la mesa otra posibilidad. En una serie de experimentos, Maurer demostró que todos los bebés hasta la edad de tres o cuatro meses mezclan la

Las neuronas que procesan las letras y los colores se activan a la vez en los casos de sinestesia grafema-color



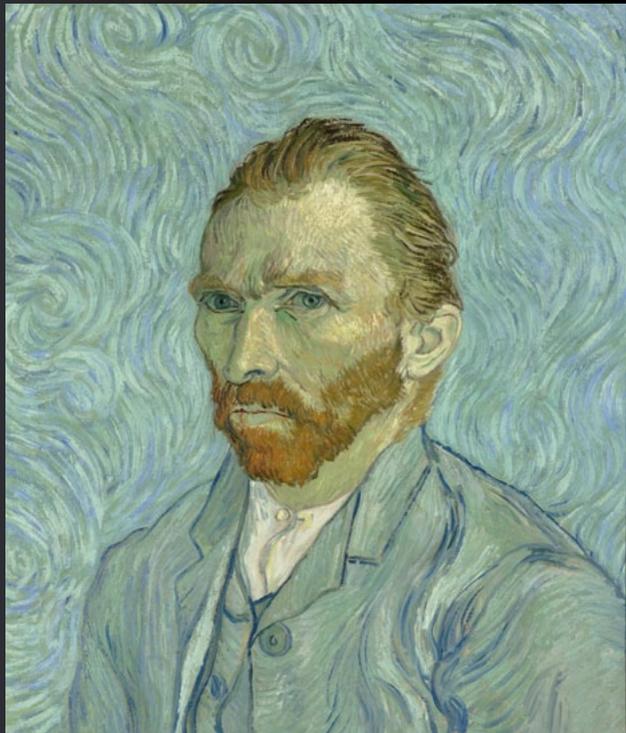
Si tuvieras que nombrar a las figuras de esta imagen y pudieras elegir entre llamarlas *kiki* o *bouba*, ¿cómo bautizarías a cada una? En un experimento, se demostró que el 95% de las personas elige *kiki* para las piezas con aristas y *bouba* para las redondeadas. Es decir, no es tan raro asociar palabras a formas visuales, aunque no se sea sinésteta reconocido.

¿Cuántos sinéستetas hay en el mundo?

Responder a esta pregunta no es fácil. Hay quien habla de uno por cada 100 000 seres humanos, mientras otras estimaciones más recientes apuntan a que un 4% de los habitantes del planeta son sinéستetas, cifra que hasta ahora se había subestimado. De acuerdo con la neurocientífica Verónica Gross, de la Universidad de Boston (EE. UU.), "a los ojos de un sinéستeta lo que él percibe debe verlo también el resto del mundo". Comenta la investigadora que "cuando un sinéستeta se da cuenta de que lo que le pasa no es usual, puede plantearse no decirlo por miedo a ser tachado de loco o de friki". Incluso, de brujería si vives en ciertos lugares del mundo. "Es habitual que no se lo cuenten a nadie durante décadas, hasta que un reportaje o una entrevista en la radio les hace cambiar el chip y se dan cuenta de que no están solos", afirma Gross, que justifica así la dificultad que supone tener estadísticas reales de la sinestesia mundial.

Lo que sí parece indiscutible es que, cuando en una familia hay un caso de sinestesia, lo habitual es encontrar más. Todo apunta

a que tiene una base genética compleja, que aún no ha sido descifrada del todo. Aunque ya hay indicios de que esta habilidad multisensorial depende de regiones de ADN ubicadas, al menos, en cinco cromosomas diferentes.



Vincent van Gogh contaba que percibía los sonidos con colores, y que el amarillo y el azul eran como fuegos artificiales en su mente.

visión con el oído, el tacto y el gusto. Y eso permite a los neonatos *experimentar gustativamente* la voz de su propia madre, entre otras cosas. Lo que Maurer deduce a partir de ahí es que, al nacer, los centros cerebrales que procesan los sentidos están conectados y que, a lo largo del desarrollo, se diferencian y se especializan en procesar uno u otro estímulo. Salvo si eres un individuo sinéستésico y conservas uno o varios de esos lazos neuronales precoces. "Pero esta teoría también deja cuestiones sin resolver", opina Bor.

Tampoco termina de convencerle del todo otra corriente que defiende que no hay conexiones extra en el cerebro con sinestesia, si-

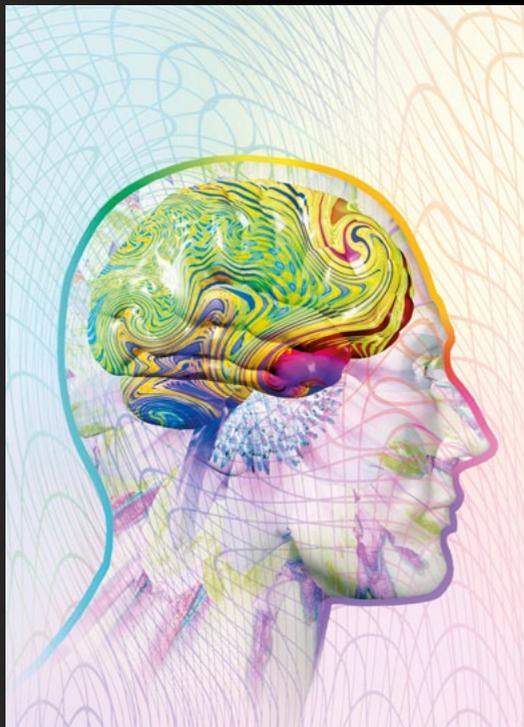
no que existen las mismas que en cualquier otra mollera, aunque solamente las personas sinéستésicas las hacen conscientes.

EN LUGAR DE ESO, BOR ESGRIME QUE "EL SIGNIFICADO Y LAS IDEAS SON la fuerza conductora de la sinestesia". Es un fenómeno que, en su opinión, estaría vinculado a la memoria, y se *estancaría* en la sesera como lo hacen los hábitos. "La base neurológica sería más heterogénea, como lo es la de la adquisición de hábitos o de trucos mnemotécnicos", subraya el investigador. Que en la lista de sinéستetas de la historia figuren los pintores Vincent Van Gogh

Un don que se puede perder... y recuperar

La sinestesia se puede anular y, después, recuperar. Un estudio irlandés publicado en el *European Journal of Neuroscience* lo documentaba con dos casos prácticos. El primero, el de una sinésteta que, tras sufrir meningitis y el impacto de un rayo, perdió temporalmente la asociación entre notas musicales y colores con la que había vivido desde que tenía uso de razón. El otro fue el caso de un hombre que vio desaparecer su sinestesia innata al consumir antidepresivos. Cuando la medicación cesó, su habilidad volvió. Intacta. Y la de la chica, también, después de un tiempo.

Ambas vivencias apuntan a que, detrás de la sinestesia, además de conexiones cerebrales diferentes, existe un sustrato neuroquímico, posiblemente relacionado con la serotonina, la molécula del bienestar. Y lo que es más importante, dicen los autores que de aquí se deduce que “existen asociaciones sinestésicas grabadas a fuego en la anatomía de la sesera que pueden sobrevivir, incluso, a largos períodos de total anulación”.



Midiendo el volumen de la materia gris, se ha demostrado que las personas con sinestesia grafema-color tienen más grande el lóbulo temporal inferior del cerebro.

La sinestesia podría suponer una ventaja evolutiva, porque favorece las ideas originales y creativas

y Vasili Kandinski, el escritor Vladimir Nabokov, la actriz Marilyn Monroe y los músicos Steve Wonder y Jimi Hendrix no es casualidad. Además de contribuir a la memoria, tener sinestesia supone un acicate para la creatividad. Un estudio de la Universidad de California (EE. UU.) estimaba a que es siete veces más común en poetas y artistas. Y no por azar. Según ha propuesto Ramachandran, la comunicación entre áreas normalmente separadas del cerebro permitió a nuestra especie tener ideas originales, romper el molde. Hasta tal punto que ser sinésteta pudo suponer una ventaja evolutiva.

Claro que, si nos ponemos puntillosos, en cierto modo, todos experimentamos sinestesia. “El domingo es amarillo para mí y no soy sinés-

teta”, nos confiesa Gómez. “Y ahí tenemos el efecto kiki-bouba, que es universal”, recuerda el investigador granadino.

Se refiere, ni más ni menos, al fenómeno por el cual, cuando a cualquier persona del mundo se le pide que mirando dibujos de dos formas sin sentido –uno puntiagudo y otro curvado– elija entre las palabras *bouba* y *kiki*, más del 95% bautiza *bouba* al dibujo redondo y *kiki* al picudo. Dice también Gómez que, si mientras tomas un trozo de chocolate negro sostienes un guijarro en la mano, te parecerá más amargo de lo habitual y, si al probar chocolate blanco sujetas un pedazo de algodón, te resultará más dulce. ¿Cruce de sentidos? Incluso, analizándolo detenidamente, leer se puede considerar una sinés-



El dispositivo de diseño japonés Synesthesia X1-2.44 incluye luces suaves, varios altavoces y 44 sistemas hápticos –una forma de recrear el sentido del tacto mediante la aplicación de una serie de fuerzas, vibraciones y movimientos– para que el usuario viva una experiencia multisensorial parecida a cómo percibiría el mundo un sinésteta.

tesia “porque tu cerebro comunica zonas visuales –lo escrito– con zonas auditivas –el eco de la lectura silente–, transformando grafemas en sonidos sin que abramos la boca”, reflexiona.

BOR VA MÁS ALLÁ Y DEFIENDE QUE SE PUEDE DESARROLLAR sinestesia con el entrenamiento adecuado. Vamos, que aunque normalmente el sinésteta nace, con empeño también se hace. Hace cuatro años, llevó a cabo una serie de experimentos junto a sus colegas de la Universidad de Sussex (Reino Unido) para hacer que individuos normales

asociaran entre sí letras y colores. Y resulta que no solo lo consiguió, sino que además quienes se sometieron a este entrenamiento también aumentaron su cociente intelectual en un promedio de doce puntos. Aunque hay una pega. La idea inicial era que la sinestesia adquirida durase para siempre, pero se torció. “Aún no hemos encontrado un interruptor permanente que la deje activa indefinidamente”, se lamenta Bor. Dos meses después de cesar el entrenamiento, los efectos se disipaban. ¿Quizá se vuelva permanente si el adiestramiento es más largo? Esa es su esperanza. ■

8 MANERAS DE POTENCIAR LA MENTE

Sé más listo que tú mismo

Para mejorar la forma física, estar más sano y ser más sabio, a veces es necesario cambiar los hábitos y reglas que rigen la manera en que el cerebro está programado. Aquí te ofrecemos una guía en 8 pasos para retar a tu mente y superarte para alcanzar objetivos.

POR CAROLINE WILLIAMS

Periodista científica. Texto original de la revista *New Scientist*



Simplemente hazlo, te dicen. Como si fuera fácil. Sea cual sea tu meta —alcanzar un nivel óptimo de forma física, cuidar la alimentación para comer mejor, aprender a gastar dinero de forma más sensata, conseguir un ascenso—, siempre surge algo que te aleja del objetivo. La buena noticia es que eso no te convierte en peor persona, solo te hace más humano. Nuestra mente no ha evolucionado para que nos guste hacer ejercicio y comer verduras. La vida del cazador-recolector que nos hizo como somos estaba sometida al estrés de la supervivencia: cuando uno encontraba algo para comer, más si era dulce, rico en grasas y ultracalórico, abstenerse nunca era una opción razonable. Estar relajado y concentrado durante horas, tampoco lo era. Nuestros sesos estaban hechos para otear el horizonte en busca de peligros y oportunidades.

Por desgracia, esto significa que la mayoría de nuestros objetivos a largo plazo van en contra de lo que dicta la evolución de nuestros cuerpos y mentes. ¿Qué tenemos que hacer entonces los humanos actuales? La única solución es engañar al cerebro. A continuación, mostramos algunas pistas para conseguirlo y alcanzar las metas a pesar de nosotros mismos. →

1. CAMBIA TU ENTORNO

Nos gusta pensar que somos seres que actuamos siempre racionalmente con la intención bien canalizada de alcanzar metas. En realidad, la mayor parte del tiempo vamos por la vida como sonámbulos respondiendo simplemente a lo inmediato y tratando de resolver los problemas a corto plazo. “El entorno condiciona la conducta, a menudo sin que nos demos cuenta”, dice Theresa Marteau, directora de la Unidad de Investigación sobre Comportamiento y Salud de la Universidad de Cambridge (Inglaterra). Peor aún, el medio en que vivimos influye en nuestra forma de actuar bastante más que nuestras creencias e ideas.

Esto es un problema porque, nos guste o no, formamos parte de una sociedad que favorece el estilo de vida sedentario en el que las calorías abundan y los anuncios nos llenan la cabeza de deseos. La mayor parte del tiempo ni siquiera sabemos que nuestra conducta está condicionada por la publicidad. Según un estudio, muchos adultos beben alcohol sin pensarlo después de ver a gente bebiendo por la televisión. Y adultos y niños se echan

a la boca más palomitas, panchitos, *snacks* en general y productos de *fast food* cuando hay anuncios de comida. Estos últimos son solo una parte del problema. Nuestras rutinas se convierten en programas automáticos que funcionan sin ninguna participación consciente por nuestra parte: tomar una galleta con el café o una cerveza cuando volvemos del trabajo, por ejemplo. Este tipo de hábitos son difíciles de romper, por lo que una buena idea es intentar que sean difíciles de llevar a cabo de forma inconsciente.

Marteau dice que el único entorno sobre el que realmente tenemos control es el hogar, o sea que empecemos por ahí, quizá vaciando los armarios de la cocina de bebidas alcohólicas y aperitivos calóricos y sustituyéndolos por otras opciones más saludables. Usar platos y vasos más pequeños también puede ayudar a reducir la cantidad que podamos comer y beber de una sentada. Asimismo, quitar el sonido a la televisión cuando hay anuncios puede ayudar a contener el flujo de malas ideas y tentaciones varias. Y si lo que queremos es perder peso o ahorrar, siempre es mejor ir a la compra después de comer. Distin-

La mayor parte del tiempo ni siquiera sabemos que nuestra conducta está condicionada por la publicidad

GETTY Tanto los adultos como los niños tienden a comer más chucherías y aperitivos cuando en la tele aparecen anuncios de comida, según algunas investigaciones.





Nuestro cerebro está programado para responder a estímulos inmediatos y no para pensar en el mañana, pero ¿cómo reaccionaremos si nos muestran imágenes generadas por ordenador del aspecto que tendremos cuando seamos viejos?

tas investigaciones han demostrado que acudir al súper con hambre es un método infalible para acabar gastando más de lo que uno pretendía.

2. IMAGÍNATE EN EL FUTURO

“Atención, se han avistado tiburones. Si decides bañarse, es bajo su propia responsabilidad”. Como aviso, resulta bastante persuasivo. La posibilidad de morir o recibir un mordisco es suficiente para que a uno se le quiten las ganas de nadar. Pero bajemos a la realidad: en 2018 murieron cinco personas en el mundo por ataques de escualos, mientras que los fallecimientos atribuidos a la inactividad suman cada año cerca de 3,2 millones. ¿Por qué entonces nos dan menos miedo los anuncios que recomiendan que nos alejemos del *sofá asesino* para advertirnos de los peligros de la vida sedentaria que los que previenen de animales salvajes?

Muy simple, dice Huda Akil, neurocientífica de la Universidad de Michigan: nuestro cerebro está programado para dar prioridad a peligros ciertos y presentes frente a hipotéticos riesgos que podrían ocurrir en el futuro. “Todos los organismos están programados para responder de forma inmediata a las amenazas, lo cual es fundamental para la supervivencia”, explica Akil.

Los peligros a largo plazo son menos evidente y no desencadenan reacciones de estrés intenso. Nos fiamos de que en el mañana podremos pensar con sensatez mientras combatimos el atractivo emocional del placer inmediato.

La tendencia a priorizar las certezas del presente sobre las incertidumbres del futuro es la razón por la que gastamos el dinero sin preocupamos por la jubilación, o por la cual nos zamparamos un dulce apetecible y dejamos para el día de mañana la revisión del coche. Las imágenes de escáneres cerebrales ilustran este comportamiento: cuando pensamos en el provenir, las áreas que procesan la información sobre uno mismo permanecen en silencio mientras que se activan las que procesan datos sobre los demás. Es como si considerásemos que nuestro yo del día de mañana es un extraño cuyos problemas no tienen nada que ver con nosotros.

Pero hay trucos para cambiar el chip. Si te enseñan imágenes generadas por ordenador del aspecto que puedes tener en la vejez o te piden que pienses en cómo mantenerte con buen aspecto durante años, tomarás decisiones más sensatas. En el aquí y ahora, sin embargo, lo más recomendable es dotar a las buenas decisiones de una carga emocional o tratar de crear



Las personas que confían en la fuerza de voluntad se mantienen más en forma a base de hacer ejercicio, comen más sano y rinden mejor en el trabajo y los estudios.

una sensación de urgencia. “Por ejemplo, la idea de tener un hijo puede motivar de pronto para dejar de fumar a alguien al que no han funcionado ni las toneladas de información ni los consejos”, dice Akil.

3. NO TE FÍES DEL PENSAMIENTO CONSCIENTE

Cuando se trata de cambiar de hábitos, saber no significa necesariamente poder. En 2016 se hizo un estudio con 10 000 personas a las que se informó de que por su estilo de vida y genética tenían muchas papeletas para sufrir una muerte temprana. Los autores de la investigación comprobaron que, aunque ese conocimiento les alteraba la forma de pensar, no les hacía cambiar de comportamiento. Esto es algo habitual en la mayoría de las personas, y no porque seamos débiles, sino porque muchas veces no somos responsables de nuestras acciones a nivel consciente. Durante la mayor parte del tiempo, el cerebro inconsciente sigue funcionando por inercia y responde a estímulos y pone en práctica hábitos que van en contra de las intenciones conscientes.

La ejecución de rutinas depende de una estructura subcortical del cerebro llamada cuerpo estriado que coordina el modo en que las decisiones y comportamientos generan sensaciones de placer. Mientras un hábito está en proceso de formación, hay una entrada de información consciente procedente de la corteza prefrontal que participa en la planificación de conductas y el control de impulsos. Si repetimos ese comportamiento el suficiente número de veces, la corteza prefrontal sale de la ecuación y solo permanecen en ese circuito las partes dedicadas a la

recompensa y la acción. Nuestra capacidad de hacer planes queda libre para otras cosas. Lo bueno es que esos circuitos pueden redirigirse, si bien esto requiere un enorme esfuerzo consciente. El primer paso para tener éxito, según Marteau, es admitir que no somos conscientemente responsables de nuestra conducta.

Confiar en la fuerza de voluntad también puede ser útil. Durante décadas, los psicólogos creyeron que cuando

ejercitamos el autocontrol reducimos nuestras reservas de fuerza mental y quedamos más expuestos a una recaída posterior. Pero investigaciones recientes sugieren que lo que puede tener más peso es la actitud. Se demostró que las personas que creían que la fuerza de voluntad era un recurso ilimitado no solo conseguían mejores resultados en ejercicios de autocontrol realizados en laboratorio, sino que también obtenían mejores calificaciones en exámenes, comían

SHUTTERSTOCK

Cuando nos sentimos observados, aunque sea por la imagen de un ojo, tendemos a controlar nuestra manera de actuar.

La ejecución de rutinas depende de un área cerebral que coordina la generación de sensaciones de placer

de forma más equilibrada y saludable, se mantenían más en forma con ejercicio y gastaban dinero con más sensatez que quienes estaban convencidos de las limitaciones del autocontrol.

4. VIGÍLATE

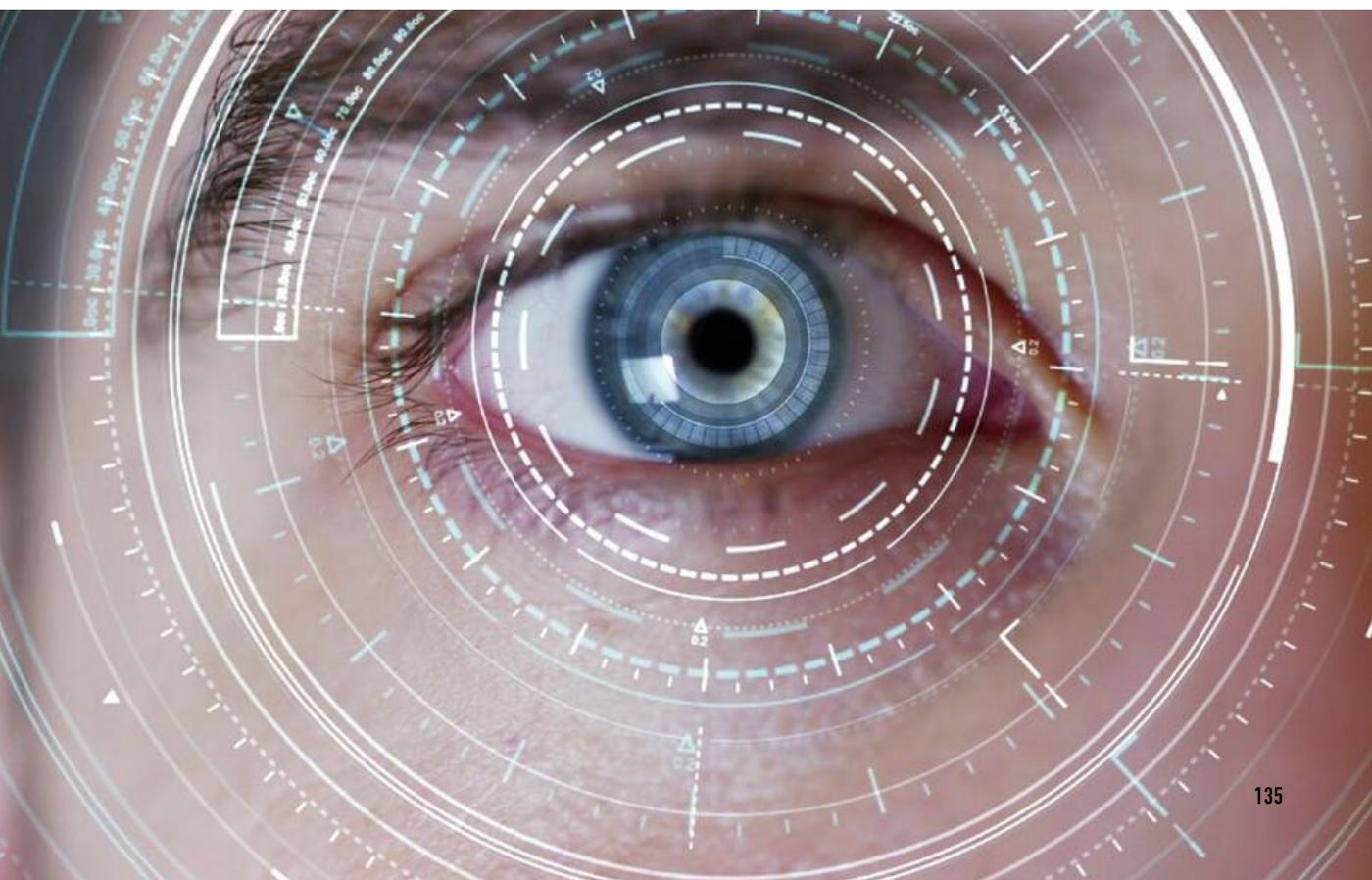
Todos los dictadores saben que la mejor forma de conseguir que la gente se comporte con sumisión es colocar retratos suyos por todas partes, cuanto más grandes, mejor, para crear una permanente sensación de vigilancia sobre la población. Tal como se ha demostrado una y otra vez, si nos sentimos observados —incluso por una simple foto en la que aparezca un ojo expectante al acecho— tendemos a controlar nuestro comportamiento.

Esto también funciona si somos nosotros mismos los que nos autovigilamos. Está comprobado que llevar un diario de cosas que no se deben hacer y de conductas indeseadas hace que reduzcamos el picoteo mecánico de comida, fumemos menos y nos mordamos menos las uñas. Además aplaca los pensamientos intrusivos en las personas que padecen ansiedad.

Esto resulta efectivo porque coloca los hábitos inconscientes en el terreno de la atención consciente, lo que nos anima a elegir mejor y socava los deseos inconscientes mientras forjamos otras costumbres nuevas.

Pero hay un problema: esta estrategia solo funciona con verdaderos hábitos y rutinas, es decir, con las cosas que hacemos sin darnos cuenta. Llevar un registro del consumo de alcohol no hace que la gente beba menos, quizá porque nadie toma bebidas alcohólicas sin al menos una pizca de pensamiento consciente. También, y de forma prioritaria, hace falta sentirse a disgusto con ese comportamiento. Si uno considera que sus hábitos son absolutamente normales o que se trata de recompensas que uno se merece al final de una dura jornada de trabajo estresante, entonces el control no mejorará nada.

Otro inconveniente es que vigilarse a uno mismo puede ser a veces contraproducente. Un estudio aleatorio con una importante muestra de población ha demostrado que personas que seguían un régimen para perder peso con una



SHUTTERSTOCK
A veces, las personas a las que les crea ansiedad hablar en público se desenvuelven mejor ante la audiencia si antes imaginan que lo van a hacer fatal.



Si después de un día duro caemos en alguna de nuestras debilidades, tampoco hay que machacarse por ello

aplicación de control del ejercicio físico adelgazan menos que los que no la usaban. Una posible explicación a esto es que la monitorización estricta puede llevar a la gente a compensar en exceso en otras áreas, como la dieta.

5. RELÁJATE

Estar estresado es una de las peores cosas que pueden ocurrir si queremos sacarle partido a nuestra sesera, y esto es especialmente cierto cuando se trata de cumplir las buenas intenciones. Nuestra capacidad de rechazar la llamada inmediata del placer en favor de un objetivo a largo plazo menos gratificante depende de un complejo sistema de ida y vuelta entre dos circuitos del cerebro. El estrés boicotea este proceso con un cortocircuito en la red que se ocupa del autocontrol y alentando la parte que nos manda el mensaje de que está bien portarse mal.

Todd Hare, neurocientífico de la Universidad de Zúrich (Suiza), llevó a cabo un ensayo en el que sometía a los voluntarios a situaciones de estrés y luego les daba a elegir entre comida

rápida y otras opciones más sanas pero menos tentadoras. Los más estresados eran más dados a descuidar la salud y escoger la comida insana. A través de imágenes cerebrales se vio que el estrés aumentaba la fuerza de los mensajes entre las áreas que participan en las decisiones emocionales y el cuerpo estriado, que determina nuestro deseo de algo y nos proporciona el impulso para conseguirlo. También reducía la influencia en el circuito de la corteza dorsolateral prefrontal, que controla los impulsos, lo que al final dejaba al placer al mando de todo.

Mantenerse firme no implica tener que erradicar todo el estrés de la vida. En la investigación de Hare, el mayor impacto sobre el autocontrol no procedía de los niveles medidos según el nivel de cortisol, la hormona del estrés, sino de la propia percepción de la persona sobre su carga de ansiedad. Aprender estrategias de afrontamiento puede ser una buena forma de cumplir con las buenas intenciones, dice Hare.

Pero si tras un día duro uno cae en alguna de sus debilidades, tampoco hay que machacarse. Eso incrementaría la ansiedad e iniciaría nue-

vamente el círculo vicioso. “Tal vez está bien tomar nota de ese fracaso concreto y luego dejarlo atrás sin reconcomerse en exceso ni castigarse por ello”, dice Hare.

6. NO SIEMPRE ES MEJOR EL PENSAMIENTO POSITIVO

Hay que tener cuidado con el culto excesivo al pensamiento positivo. Las investigaciones apuntan que fantasear con el éxito en la consecución de objetivos —perder peso, encontrar a la pareja ideal, ascender en la empresa— puede hacer que en la práctica aquellos sean más difíciles de alcanzar. Esto se debe a que, vaya casualidad, con las fantasías uno tiende a saltarse fases para llegar al final del desafío y a quedarse a medias en lo que realmente se requiere para llegar hasta allí, lo cual engaña al cuerpo para que se relaje como si realmente hubiera cruzado la meta. Cae la presión

arterial y el cerebro se queda sin el combustible necesario para mantener la determinación. Diversos estudios han relacionado las fantasías positivas sobre el futuro con una mayor probabilidad de depresión meses más tarde.

Paradójicamente, imaginar el peor de los escenarios puede resultar más efectivo. En un estudio se vio que las personas a las que les estresa hablar en público se desenvolvían luego mejor si primero se les permitía imaginar la posibilidad de tener una actuación desastrosa. Este *pesimismo defensivo* funciona porque, a diferencia de lo que ocurre con las fantasías sobre el éxito, le da al cerebro una estimulante y muy necesaria sacudida.

7. ENTRENA A TU CASQUETE PENSANTE

Todo lo que uno hace cambia la mente, al menos temporalmente. La pregunta de si es posible transformar deliberadamente el cerebro para conseguir un objetivo específico, sin embargo, no tiene aún respuesta. De convertir las

Los juegos de entrenamiento cerebral, como Decoder, ayudan a mejorar la concentración y la voluntad para conseguir objetivos, según algunos neurocientíficos.

buenas intenciones en contención se encarga la función ejecutiva del encéfalo, parte de la cual se halla en la corteza prefrontal. Esta área trabaja junto al lóbulo parietal para mantener la atención concentrada en un objetivo durante el tiempo suficiente como para hacer progresos, mientras que a la vez se inhiben nuestros impulsos menos razonables.

Algunas personas creen que estos sistemas pueden estimularse con el entrenamiento. Por ejemplo, Barbara Sahakian, neurocientífica de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), ha observado que el Decoder, un juego para móviles y tabletas consistente en averiguar códigos numéricos mientras se intenta no prestar atención a distracciones, mejoraba la capacidad de mantenerse concentrado y de persistir en los objetivos. “Pienso que el entrenamiento cognitivo es una buena forma de que la gente cambie y consiga mejoras en su cognición y su comportamiento”, dice Sahakian.

Pero la pregunta del millón para todas las modalidades de entrenamiento cognitivo es si las mejoras que se aprecian a nivel experimental en un estudio llegan a convertirse en cambios duraderos en el mundo real. Hasta ahora, no se ha demostrado. En una investigación reciente, la ejercitación cognitiva supuso una mejora en la dieta de los participantes en el mes posterior al





Acostumbrarse a reciclar en casa ayuda a tomar decisiones respetuosas con el medio ambiente en otros ámbitos de la vida.

Los programas de entrenamiento cognitivo no siempre producen cambios de hábitos sustanciales en la realidad

ensayo, pero esto no se tradujo en una pérdida de peso seis meses más tarde.

Andrew Jones, psicólogo de la salud de la Universidad de Liverpool (Inglaterra), analizó recientemente las evidencias halladas en el entrenamiento de rutinas saludables. En su opinión, “estos programas de entrenamiento cognitivo pueden parecer prometedores en un ensayo de laboratorio, pero raramente dan lugar a un cambio de comportamiento sostenido en el mundo real”.

La buena noticia es que es posible que en el futuro podamos trabajar más directamente sobre los sistemas cerebrales de control de la motivación y los impulsos. En un estudio reciente, la aplicación de una pequeña corriente eléctrica sobre parte de la corteza frontal mejoraba la toma de decisiones y el control de los impulsos. En otro, los voluntarios se ejercitaban para incrementar su propia actividad cerebral en el área tegmental ventral, que participa en la liberación de dopamina, un neurotransmisor motivacional. En teoría, esto debería haber aumentado sus niveles de motivación. Ninguna de estas dos tecnologías se encuentra disponible en la práctica todavía. Pero quizá llegue un día en que sea posible actuar directamente sobre nuestros imperfectos cerebros humanos.

8. HAZ ALGO DISTINTO

Si quieres comer mejor, apúntate a clases de gimnasia. Esta es la conclusión de un estudio que se hizo en 2015 con más de 6000 personas a lo largo de cuatro años. La gente que en ese período aumentó la práctica de ejercicio físico empezó a comer más fruta y verdura que los que ya se ejercitaban regularmente o los que abandonaron pronto los planes de ponerse en forma. La explicación es que, aunque todos compartan un mismo objetivo, quien toma la iniciativa y hace algo adquiere una ventaja. Estos *efectos secundarios* del comportamiento pueden influir en muchas áreas de nuestra vida. Las investigaciones muestran que empezar a reciclar en casa lleva a tomar decisiones más respetuosas con el medioambiente cuando se hace la compra y que una vez que uno da dinero a una oenegé, aumentan las probabilidades de que lo vuelva a hacer.

Pero cuidado. Estos efectos colaterales pueden conducir también a obtener resultados menos deseables. Hacer algo *bueno* —ir a correr o tomarse un tentempié saludable, por ejemplo— a veces nos lleva a pensar que hemos adquirido el derecho a hacer después algo *malo*. No obstante, nadie dijo que ganar la partida contra uno mismo fuera fácil. ■

¿Poner orden en tu vida sirve para mantener la mente en el camino correcto?

Imaginemos lo que podríamos haber conseguido si no hubiéramos perdido tanto tiempo tratando de encontrar las llaves que estaban sepultadas bajo un montón de papeles. Y no somos los únicos. “La gente pierde hasta tres horas semanales buscando cosas desaparecidas en el revoltijo que tiene sobre la mesa”, dice Joseph Ferrari, psicólogo de la Universidad DePaul de Chicago. Sus investigaciones demuestran que las personas en cuyas casas y oficinas hay un gran desorden tienen menos probabilidades de llevar a cabo lo que se proponen y son más propensas al estrés que los más ordenados.

Sabine Kastner, neurocientífica de la Universidad de Princeton (Nueva Jersey), tiene una explicación para esto: cuando buscamos un objeto que se encuentra en nuestro campo de visión pero que está rodeado de un revoltijo de cosas,

el cerebro recibe una señal más débil de lo que está tratando de encontrar.

¿Hacer zafarrancho de limpieza puede ayudar a despejar la mente? No siempre, advierte Kastner. El sistema de atención del cerebro ha evolucionado para lidiar con la complejidad del mundo. Si dejamos todo reluciente nos puede salir el tiro por la culata, porque nuestro sistema de atención podría quedarse paralizado. “Para la gente con gran capacidad de concentración, el desorden puede ser beneficioso, ya que estimula su sistema de atención”, según esta experta. En cambio, a quienes les cuesta mantener la mente enfocada, la cosa es distinta. En este caso, el caos resulta agotador y les deja poco en la reserva para ocuparse de otros objetivos. “Si una persona es muy proclive a distraerse, mejor que controle su desorden”, remata Kastner.

Para las personas con gran capacidad de concentración el desorden hasta les puede venir bien.



SHUTTERSTOCK



EFE Durante años, el ilusionista Uri Geller fascinó a millones de personas con su supuesta capacidad para doblar cucharas o detener relojes con el poder de la mente, pero se trata de trucos de magia escénica.

Los esquivos superpoderes de la mente

Siglo y medio después de sus primeras investigaciones con médiums, los parapsicólogos siguen afanados en buscar pruebas de la supuesta existencia de la telepatía, la psicoquinesis y otras habilidades extraordinarias.

POR LUIS ALFONSO GÁMEZ

Periodista especializado en divulgación científica

Estábamos hablando sobre poderes paranormales sentados en un sofá de un vestíbulo de un hotel. Él es un personaje mundialmente conocido por hacer cosas increíbles, desde doblar cucharas por arte de magia hasta leer la mente. Yo estaba entrevistándole. Cuando acabamos, me dijo que cogiera un ejemplar de la típica guía para turistas que hay en los hoteles. Lo tomé de un mostrador y me pidió que, a sus espaldas, rodeara con un bolígrafo una palabra cualquiera de una página cualquiera, la arrancara y me la guardara en un bolsillo. Lo hice. La metí doblada en uno de los interiores de la americana, junto a la cartera. “Que no se te olvide traerla esta tarde a la conferencia”, me dijo.

Horas después, delante de más de trescientas personas, explicó lo que habíamos hecho, me animó a que me concentrara en la palabra que había marcado con el boli y, con un rotulador,

mirándome a los ojos y concentrándose, escribió *eta* –y, en lengua vasca– en una gran hoja de papel. Era la palabra que yo había marcado en la guía turística.

DE VEZ EN CUANDO, NOS PASAN COSAS INCREÍBLES, QUE PARECEN IR MÁS ALLÁ de nuestro entendimiento. Los libros de parapsicología están llenos de hechos como el que me sucedió a mí hace ya ocho años. Hay gente que con un péndulo encuentra cosas perdidas, tipos que mueven con la mente objetos metidos en urnas, individuos que se comunican con los muertos, otros que se ponen delante de una cámara de fotos y en los negativos aparecen misteriosas entidades... Llamamos a ese tipo de manifestaciones fenómenos paranormales, y la disciplina que los estudia, la parapsicología, fue reconocida como una más por la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia en

En el siglo XIX, el espiritismo logró seducir incluso a algunos de los investigadores más brillantes del momento

1969, con la oposición de destacados miembros de la entidad a quienes el tiempo ha dado la razón. Porque, más de cincuenta años después, la parapsicología se encuentra en el mismo limbo que la ufología, la criptozoología y las pseudoterapias.

La parapsicología nació a mediados del siglo XIX. Al principio se llamó investigación psíquica, y los primeros sujetos que estudió fueron los médiums. El contacto con el mundo de ultratumba había sido un asunto reservado a sacerdotes, brujos, hechiceros y místicos hasta que en 1848 dos niñas de once y catorce años, Kate y Maggie Fox, demostraron ante sus familiares y vecinos de Hydesville, un pueblecito del estado de Nueva York, que los espíritus se comunicaban con ellas mediante golpes.

En realidad, las pequeñas hacían los ruidos con las articulaciones de los dedos de los pies, según comprobaron algunos escépticos y confesaron ellas décadas después, y empleaban en sus sesiones tanto la lectura fría —lo que podemos averiguar de un sujeto por lo que dice, su aspecto y sus reacciones— como la lectura en caliente, la información facilitada por terceros. Pero fue tal su éxito en la crédula sociedad de la época que pronto surgieron miles de imitadores y, a mediados de la década de 1850, solo en Estados Unidos había ya unos 40 000 intermediarios con el más allá.

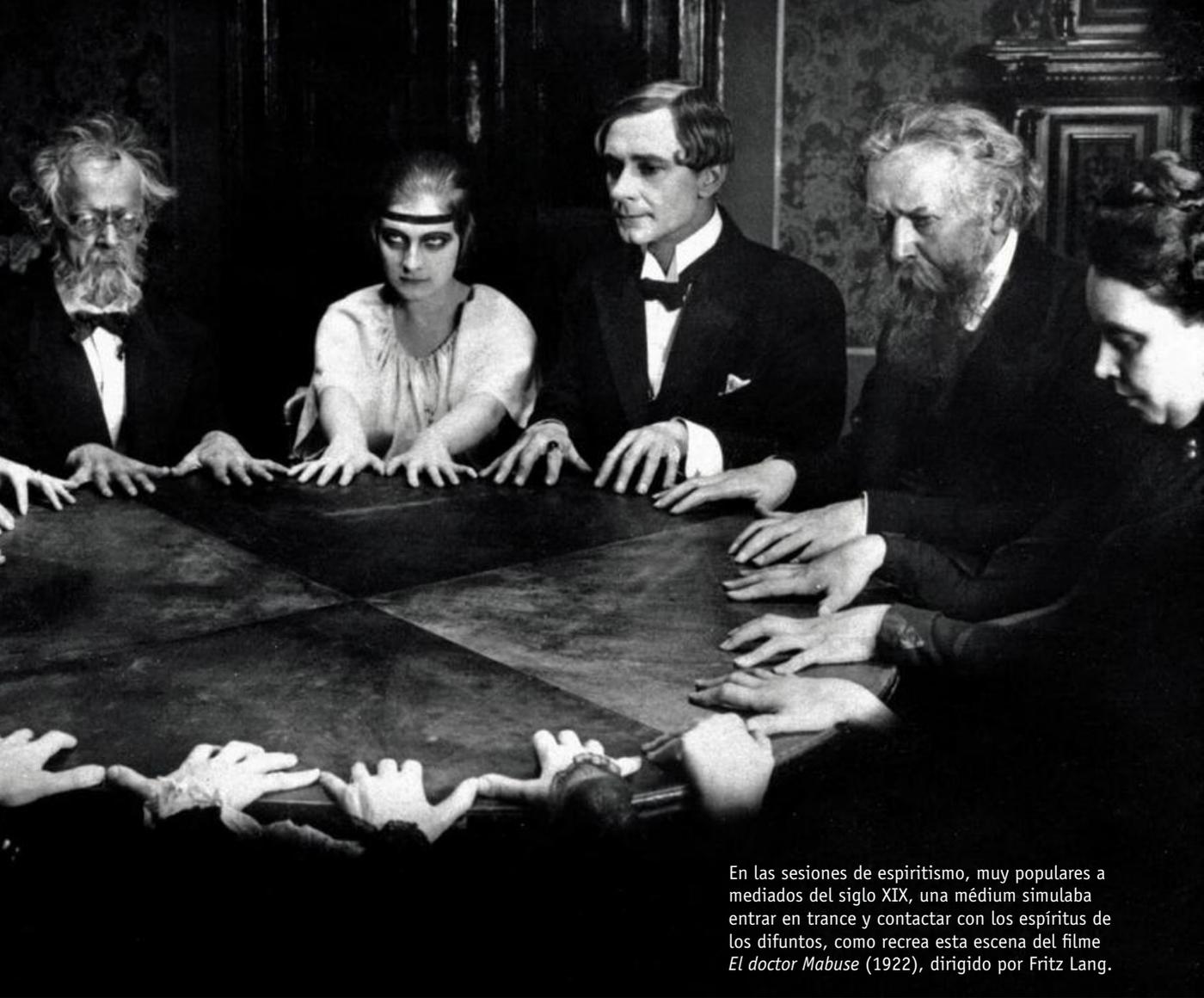
LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX FUE LA ÉPOCA DORADA DEL ESPIRITISMO. Los médiums se multiplicaron en Europa y América, los sistemas de comunicación con los muertos evolucionaron hasta dar lugar a la güija, y el nuevo credo cautivó a grandes mentes de las artes y las ciencias, aunque no a todas. El naturalista Alfred Russel Wallace —codescubridor con Charles Darwin de la teoría de la evolución—, el astrónomo Camille Flammarion, el fisiólogo Charles Richet y Arthur Conan Doyle fueron apasionados espiritistas. Pero otros, como Michael Faraday y Santiago Ramón y Cajal, eran incrédulos. “Pena da pensar que, en los



AGE

absurdos de la moderna brujería, hayan caído hombres de ciencia como Crookes y Richet, y filósofos como Krause y William James. Yo confieso, un poco avergonzado, mi irreductible escepticismo”, lamentaba el neurocientífico español tras asistir a sesiones mediúnicas y comprobar que lo admirable “no eran los sujetos, sino la increíble ingenuidad de los asistentes”. Quienes desde el principio se habían dado cuenta de eso fueron los ilusionistas.

Uno de los primeros de ese gremio que tuvo éxito en el desenmascaramiento público de médiums fue John Nevil Maskelyne (1839-1917). Aficionado a la magia desde crío, tenía nueve años cuando las hermanas Fox simulaban su primera comunicación con el más allá y veintiséis cuando los hermanos Ira y William Davenport visitaron su pueblo, Cheltenham (Reino Unido). Estos médiums, que habían nacido en Búfalo —cerca del pueblo de las Fox—,



En las sesiones de espiritismo, muy populares a mediados del siglo XIX, una médium simulaba entrar en trance y contactar con los espíritus de los difuntos, como recrea esta escena del filme *El doctor Mabuse* (1922), dirigido por Fritz Lang.

empleaban un gran armario de tres puertas: detrás de la central colocaban instrumentos musicales, y cada uno de ellos se sentaba en una silla tras una de las puertas laterales. Inmovilizados por cuerdas, cuando se cerraba el armario y se apagaban las luces, los instrumentos empezaban a sonar y alguno hasta salía volando al exterior.

TRAS DIEZ AÑOS DE EXITOSAS GIRAS POR ESTADOS UNIDOS, los Davenport recalaron en marzo de 1865 en Chentelham, con la mala suerte de que, en la oscuridad de su espectáculo, un cómplice de Maskelyne descorrió una cortina, la luz del sol iluminó el escenario y el público vio cómo uno de los hermanos lanzaba instrumentos fuera del armario. El joven ilusionista se levantó entonces de su butaca y dijo a sus vecinos: “Señoras y caballeros, he descubierto cómo hacen el truco”. Tras el imprescindible entrenamiento, tres meses después cautivó a sus

paisanos con un espectáculo similar al de los Davenport ¡a plena luz del día!

Fundador de una estirpe de magos, Maskelyne fue un pionero en la lucha contra los fraudes paranormales. Entre sus herederos en ese quehacer, destacan Harry Houdini, Carlos María de Heredia, Joseph Dunninger, John Mulholland y, más recientemente, James Randi y Steven Shaw, conocido artísticamente como Banachek. Durante la segunda edad de oro del espiritismo, tras la Primera Guerra Mundial y sus 16 millones de muertos con muchos de los cuales querían contactar sus parientes, Houdini, Heredia, Dunninger, Mulholland y otros ilusionistas asistieron a numerosas sesiones espiritistas, pillaron a los médiums haciendo todo tipo de trampas –desde tener a colaboradores metidos en armarios hasta manos postizas– y los denunciaron públicamente.

También empezaron a examinar a sujetos que

Los poderes paranormales parecen esfumarse cuando se someten a controles científicos

hacían gala de otros poderes extraordinarios, como Joaquín María Argamasilla de la Cerda y Elio, undécimo marqués de Santacara, que aseguraba tener visión de rayos X: decía que era capaz de ver, con los ojos tapados, lo que había escrito en un papel metido en una caja metálica.

Sin embargo, cuando Houdini le puso a prueba en Nueva York en 1924, comprobó que el aristócrata español se vendaba los ojos de tal manera que podía ver —algo que sabe hacer cualquier mago— y que, además, solo utilizaba para sus prodigios dos cajas de su propiedad que tenían holguras en los cierres. Es decir, dentro de ellas podía echar una ojeada por una ranura al menor despiste del público.

Los primeros intentos de desarrollar una suerte de parapsicología científica se remon-

tan a 1884, cuando un individuo demostró ante Charles Richet —que acuñó el término ectoplasma en 1894 y recibió el Premio Nobel de Medicina en 1913 por sus investigaciones sobre la anafilaxis (reacción alérgica causada por diferentes sustancias alérgicas)— su capacidad para adivinar bajo hipnosis qué carta había metido en un sobre. El éxito inicial de Richet, a quien años después engañó el pícaro Argamasilla, se tornó en nada en cuanto el sujeto repitió el experimento ante un grupo de científicos de Cambridge. Su superpoder se esfumó.

La Universidad de Stanford (EE. UU.) fue la primera en disponer de un laboratorio para investigar la telepatía. Entre 1912 y 1916, el psicólogo John Edgar Coover realizó 10 000 pruebas en las que 97 emisores trataron de transmitir



Houdini dedicó parte de su carrera a denunciar los fraudes y trucos usados por los espiritistas. Arriba, hace sonar una campana oculta con un pie, como hacían algunos para sugestionar al público con supuestos sonidos de ultratumba.

GETTY El célebre escapista Harry Houdini (1874-1926) muestra cómo los médiums y sus cómplices replicaban con moldes las huellas de un fallecido para luego hacerlas aparecer ante su audiencia.





En los experimentos con las cartas Zener, un individuo intenta adivinar qué símbolos se ocultan tras ellas. Hay quien cree que una alta tasa de aciertos demostraría la existencia de algún tipo de percepción extrasensorial.

Muchos ensayos con personas ‘dotadas’ no han podido reproducirse y otros cuentan con fallos de seguridad

mentalmente imágenes de cartas a 107 receptores. “Los datos estadísticos no revelan ninguna causa más allá del azar”, concluyó Coover, que tampoco encontró pruebas de habilidades extraordinarias en otros supuestos dotados con los que trabajó. De hecho, su libro *Experiments in Psychical Research* (Experimentos en investigación psíquica), de 1917, se considera un ejemplo de rigor científico aplicado al estudio de lo paranormal, algo que no puede decirse de la obra del más célebre de los parapsicólogos, Joseph Banks Rhine (1895-1980).

En 1899, el filósofo y psicólogo Maximilian Dessoir inventó el término *parapsicología* para referirse a la ciencia de los fenómenos parapsíquicos, “que salen del proceso habitual de la vida

interna”. Pero la propuesta no arraigó y, hasta bien entrado el siglo XX, se siguió hablando de investigación psíquica. Fue Rhine, botánico de formación, quien lo adoptó en los años 30 del siglo pasado. En su opinión, la parapsicología tenía que ser una rama de la psicología. En colaboración con psicólogos y, usando un mazo de veinticinco cartas con cinco símbolos –un signo de más, una estrella, un cuadrado, un círculo y tres líneas onduladas– y un dado, Rhine experimentó con alumnos en su laboratorio de la Universidad Duke y asombró al mundo.

Hasta ese momento, todos los estudios de percepción extrasensorial que se habían hecho habían dado resultados compatibles con el azar. Rhine y sus colaboradores se encontraron, sin

El fiasco del Proyecto Alfa

James S. McDonnell, presidente de la compañía McDonnell Douglas, donó en 1979 medio millón de dólares a la Universidad de Washington, en San Luis, para la investigación paranormal. Así nació el Laboratorio McDonnell de Investigación Psíquica, que, dirigido por el físico Peter Phillips, se marcó como objetivo estudiar la psicoquinesis, la capacidad de mover y alterar objetos con la mente. Tras poner un anuncio en la prensa para dar con sujetos con los que experimentar y recibir trescientas solicitudes, los científicos eligieron a dos candidatos de dieciocho y diecisiete años.

Durante unas 180 horas repartidas en tres años, los jóvenes hicieron todo tipo de prodigios ante el equipo de Phillips y los parapsicólogos que visitaban el centro para asistir a los experimentos: alteraron grabaciones de vídeo, adivinaron dibujos metidos en sobres, volvieron locos relojes digitales... ¿Se habían demostrado por fin los poderes paranormales en condiciones controladas? Ni mucho menos.

En marzo de 1983, el mago James Randi reveló en la revista *Discover* que los dos sujetos que habían deslumbrado a la flor y nata de la parapsicología eran aprendices de mago. Porque eso eran en realidad Steven Shaw y Michael Edwards, quienes no se conocían antes de ser seleccionados por los investigadores del Laboratorio McDonnell y que, tras ser elegidos, se pusieron cada uno por su cuenta en contacto con Randi, a quien contaron que eran ilusionistas aficionados y les habían aceptado en el proyecto.

El veterano mago, muy popular tras haber desenmascarado a Uri Geller, había enviado a Phillips una serie de recomendaciones sobre medidas de control a tomar para evitar que les engañaran con trucos, pero no había recibido ninguna respuesta. Ante eso, puso en marcha con Shaw y Edwards el Proyecto Alfa. Su objetivo era demostrar que, si no se tomaban las precauciones debidas, cualquiera medianamente entrenado podía engañar a los parapsicólogos por mucho dinero que tuvieran para sus investigaciones.

Cuando Shaw y Edwards contaron la verdad, esta resultó más sorprendente que cualquier superpoder. Los controles durante los experimentos habían sido mínimos, y ellos habían podido hacer en todo momento lo que les había dado la gana. Los sobres con un dibujo que debían adivinar se cerraban con grapas, pero los jóvenes los podían coger, y entonces aprovechaban para quitar las grapas con sus uñas, echar un vistazo al interior del sobre y volver a ponerlas.

Si se trataba de alterar una grabación de vídeo en directo, como los experimentadores miraban a las pantallas y no a ellos, deslizaban fuera de plano una mano hasta un lateral de la cámara y jugaban con los controles de brillo, contraste y demás. Y, si había que demostrar el poder de la mente con un reloj digital, lo sacaban del laboratorio a escondidas y, a la hora de comer, lo metían dentro de un sándwich que pedían que les calentaran en el microondas. “¡Randi ha hecho retroceder la parapsicología cien años!”, lamentó el investigador de lo paranormal Berthold Schwarz cuando se descubrió el pastel.



James Randi ha ofrecido grandes sumas a quien pruebe que posee poderes psíquicos, pero nadie lo ha logrado.

El prodigioso efecto ideomotor

El médico y zoólogo inglés William Benjamin Carpenter bautizó en 1852 como efecto ideomotor a los movimientos musculares inconscientes debidos a nuestras creencias y expectativas. Los había observado en los zahoríes —que creen encontrar agua o metales bajo tierra guiados por los movimientos de los péndulos, varillas o ramas de madera— y en quienes se ponían alrededor de una mesa —con las manos apoyadas sobre ella— y se concentraban para que esta girara por sí sola, después de haber establecido un código de comunicación con un supuesto espíritu para que la moviera.

A mediados del siglo XIX, las mesas giratorias causaron sensación en los salones de Norteamérica y Europa, y atrajeron la atención de científicos como Michael Faraday. Convencido de que el fenómeno se debía muchas veces

a movimientos musculares involuntarios de los participantes, el físico y químico británico ideó un dispositivo para averiguar si el mueble arrastraba a los participantes o estos lo empujaban.

Cuando lo puso a prueba con personas “muy honorables, y muy claras en sus intenciones, buenos *giradores de mesas*, muy deseosos de tener éxito en establecer la existencia de una energía peculiar, completamente sinceros y muy eficaces”, comprobó que eran los sujetos los que movían el mueble involuntariamente, según sus expectativas.

Aunque parezca asombroso, el efecto ideomotor es un fenómeno natural que, cuando no hay un granuja en la sesión, está también detrás de los movimientos del puntero de la güija, que se queda quieto o transmite mensajes sin sentido si los participantes tienen los ojos vendados o el tablero se ha puesto boca abajo.



Son los participantes —y no los espíritus— quienes mueven el puntero de la güija. Algo parecido sucede en el truco de la mesa giratoria, que algunos ilusionistas llegan a alzar con un gancho oculto en la manga —izquierda—.

Hasta 1995, el Pentágono creyó que era posible entrenar soldados con capacidades extrasensoriales

embargo, con que los aciertos de algunos sujetos con las cartas Zener –se llaman así porque las diseñó el psicólogo Karl Zener, miembro del equipo– superaban el 20 %. Uno de los individuos más exitosos fue el estudiante de teología Hubert Pearce, a quien sometió a prueba en 1933 y 1934 el psicólogo Joseph Gaiher Pratt, uno de los colaboradores de Rhine.

El experimentador sacaba del mazo una carta en el laboratorio y Pearce, que estaba en una sala de la biblioteca de la universidad, tenía que adivinarla haciendo uso de sus poderes. En las series, el estudiante a veces obtenía resultados muy malos, pero otras extraordinariamente buenos, muy por encima de lo esperado. Después de decenas de miles de pruebas, los resultados buenos de Pearce y de otros sujetos llevaron a Rhine a concluir que los poderes paranormales existían, y así lo defendió en su obra *Extrasensory Perception* (Percepción extrasensorial), de 1934.

SIN EMBARGO, LOS INTENTOS DE REPRODUCIR SUS RESULTADOS y la revisión de su trabajo no solo demostraron que sus experimentos tenían fallos de seguridad, sino que también pudo haber alterado en algunos casos los registros en favor de sus deseos. Así, después de 25 000 ensayos con 132 sujetos, W. S. Cox, de la Universidad de Princeton (EE. UU.), no encontró en 1936 “ninguna prueba de percepción extrasensorial”. No fue el único. Otros laboratorios de psicología fueron incapaces de obtener las conclusiones de Rhine, quien creía que una quinta parte de la población tenía facultades extrasensoriales. “Ahora sabemos que cada experimento contenía fallos graves –de diseño y control– que pasaron desapercibidos” para Rhine y sus colaboradores, sentenció en 1985 el psicólogo británico C. E. M. Hansel.

El control de los sujetos, para que no pudieran hacer trampas, había sido bastante pobre. En el caso de las pruebas de Pratt con Pierce, nadie vigilaba al estudiante en la biblioteca, por lo que en las series con más aciertos puede que simplemente se acercara hasta el laboratorio de Rhine, se asomara por la ventana y viera las cartas se que sacaban del mazo.

La presunción de honradez de los *dotados*, como se conoce a quienes dicen tener poderes paranormales, es el principal punto flaco de la

parapsicología, cuya investigación se limita hoy a unas pocas universidades y por la que ya no se interesa ni el Pentágono, que hasta 1995 soñó con disponer de soldados con superpoderes.

Cuando los individuos que han demostrado dotes increíbles ante los investigadores entusiastas se someten a examen por ilusionistas y psicólogos escépticos, sus poderes se esfuman. A principios de los años 70, Uri Geller asombró con su habilidad telepática a los parapsicólogos Harold Puthoff y Russell Targ. Sin embargo, cuando, a petición de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa estadounidense, examinó su trabajo el psicólogo Ray Hyman, concluyó que las medidas de control habían sido insuficientes y que Geller era “un completo fraude”. Puthoff y Targ perdieron su contrato con el Pentágono para el desarrollo de los poderes paranormales con fines militares.

Geller engañó con sus trucos de mago al presentador José María Íñigo en TVE en 1975, dos años después de no doblar ni una cuchara en el Tonight Show de la NBC gracias a que el presentador, Johnny Carson, era un mago aficionado y había seguido unos sencillos consejos del ilusionista James Randi. “Fallé delante de 40 millones de personas”, reconoció el *dotado*, cuyos efectos replica cualquier prestidigitador.

QUE ALGO NOS ASOMBRE NO SIGNIFICA QUE SEA INEXPLICABLE.

Los científicos piensan como científicos y los magos como magos, como profesionales que nos hacen disfrutar con sus engaños, consistan estos en hacer aparecer conejos en sombreros o en simular la telepatía. Cuando hace ocho años un hombrecillo adivinó la palabra que horas antes yo había remarcado con un bolígrafo en una página de una guía para turistas que luego recorté, yo sabía que me había hecho una trampa, pero una de las buenas, de las que nos hacen disfrutar en los teatros. Porque él era James Randi, el mago que en los años 70 había desenmascarado a Geller. “¿Quieres que te explique el truco?”, me preguntó después. Le dije que no. Tampoco se lo voy a contar a ustedes. Pero les voy a dar dos pistas: había varios ejemplares de la guía en el mostrador del hotel y yo no me quedé con el que había mutilado; solo con la página que arranqué. ■



SHUTTERSTOCK
La demencia, causada en el 70% de los casos por el alzhéimer, conlleva un deterioro de la función cognitiva y es una de las principales causas de discapacidad y dependencia en las personas mayores.

ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS

Pérdida de neuronas

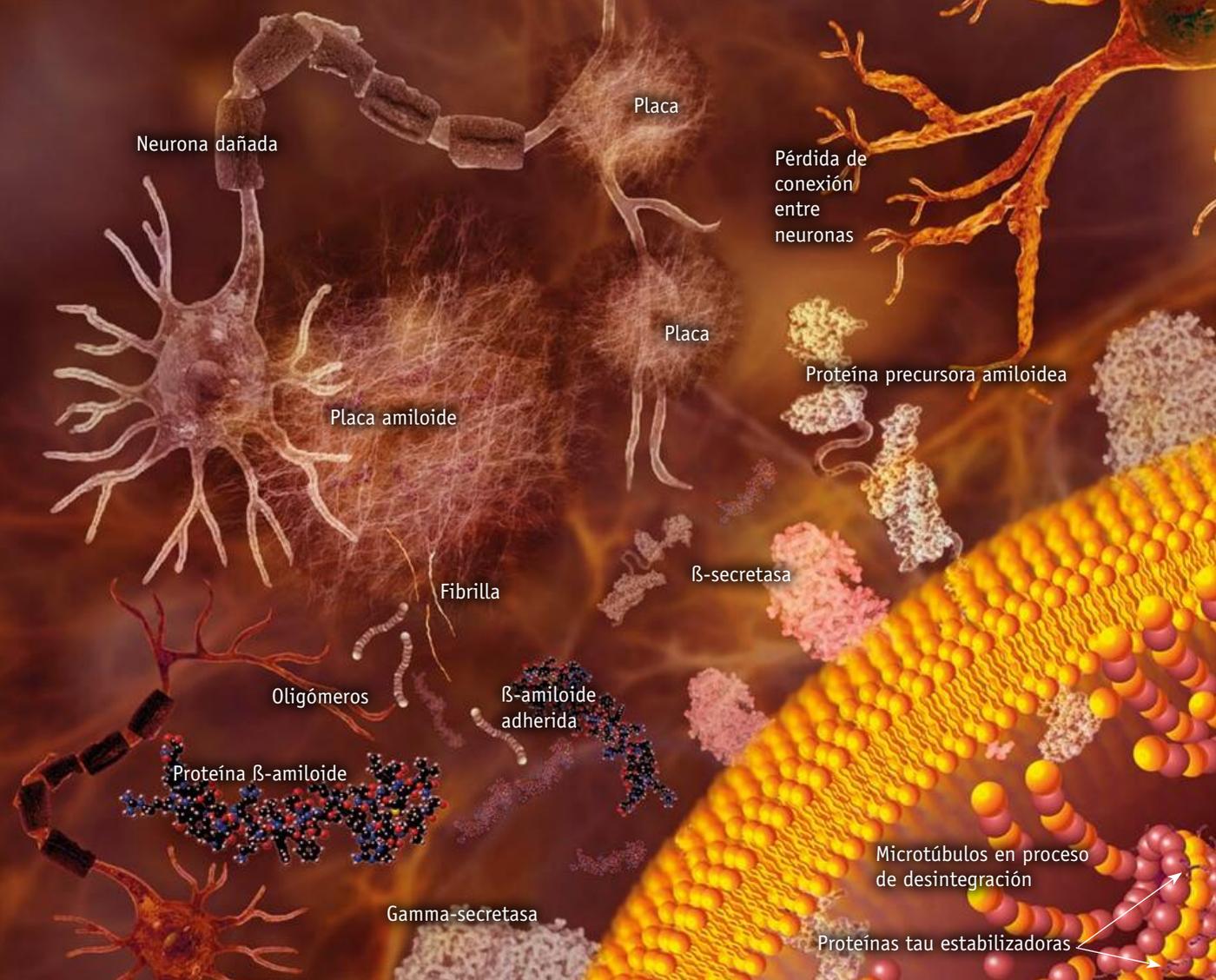
Solo en España, un millón de personas sufre trastornos neurológicos asociados a la edad, como el alzhéimer y el párkinson. En espera de encontrar una cura, la ciencia apuesta por la prevención y el diagnóstico precoz.

POR FRANCISCO CAÑIZARES
Periodista especializado en salud

En 1994, el expresidente de Estados Unidos Ronald Reagan escribió: “Hace poco que me han dicho que soy uno de los millones de estadounidenses a quienes atacará la enfermedad de Alzhéimer [...]. Comienzo el viaje que me llevará al ocaso de mi vida”. Al año siguiente, le aplaudieron al entrar en un restaurante al que acudió con su mujer, pero él ni siquiera recordaba ya que diez años antes había sido el inquilino de la Casa Blanca. Un cuarto de siglo después de este hecho anecdótico, ¿qué ha cambiado en el diagnóstico y el tratamiento de los trastornos neurodegenerativos, y especialmente en el principal de ellos, el alzhéimer, que representa el 70 % de las demencias?

EN LOS ÚLTIMOS VEINTICINCO AÑOS, HA HABIDO AVANCES MUY IMPORTANTES en medicina: se ha conseguido hacer trasplantes de cara, desarrollar vacunas y otros medicamentos contra enfermedades incurables, mejorar las técnicas quirúrgicas empleando robots o prolongar hasta diez años la esperanza de vida de un enfermo oncológico con metástasis, gracias a

→



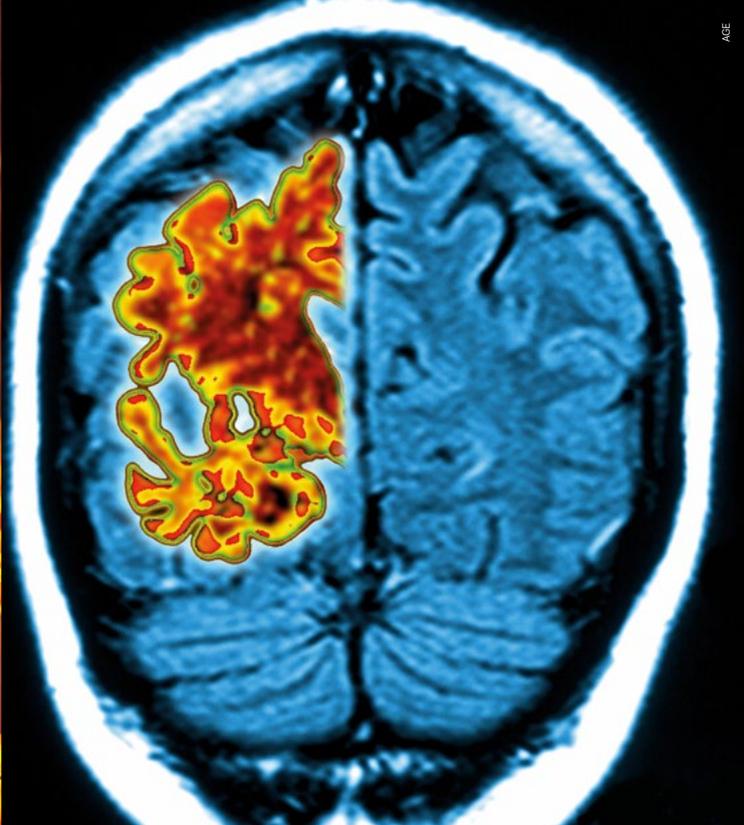
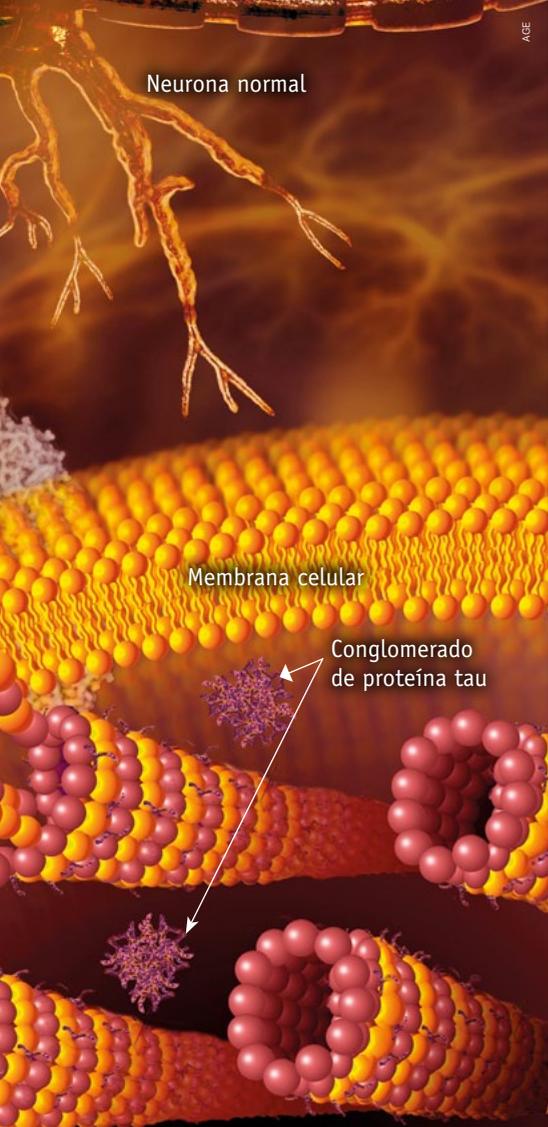
Es posible predecir el alzhéimer con diez o quince años de antelación midiendo los depósitos de cuerpos tau

la inmunoterapia. Sin embargo, la investigación parece estancada en las dolencias relacionadas con el deterioro cognitivo, que afectan a 65 millones de personas en el mundo, casi un millón en España. Según David Pérez, jefe de Neurología del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid, “se desconoce en gran medida su origen y fisiopatología. En el alzhéimer, se ha trabajado durante las últimas décadas en la eliminación del β-amiloide, un péptido [molécula formada por la unión de varios aminoácidos] que se acumula en los cerebros con dicha enfermedad. Pero las distintas terapias, en especial, las inmunológicas, no han logrado un beneficio claro”.

La detección de placas de β-amiloide en el cerebro llegó a plantearse como método de cribado.

Si una persona presentaba estos depósitos, que se podían visualizar mediante una tomografía por emisión de positrones (PET), cabía deducir que dentro de diez o quince años desarrollaría la enfermedad. Sin embargo, la teoría se vino abajo como un castillo de naipes.

COMO EXPLICA ANTONIO MALDONADO, JEFE DE MEDICINA NUCLEAR del Hospital Quirónsalud de Madrid, “se vio que había muchos pacientes que no presentaban depósitos y sí tenían alzhéimer, y a la inversa: otros presentaban placas, pero no la dolencia. Se comprobó que esos sedimentos aparecían también en boxeadores, veteranos de guerra o personas con síndrome de Down que no desarrollaron el trastorno”.



La ilustración de la izquierda muestra cómo afecta el Alzheimer al cerebro. Los depósitos de proteína β -amiloide se adhieren a las dendritas que unen las neuronas entre sí, con lo que interfieren con la actividad de los neurotransmisores. También se pegan a la superficie de las células y forman placas que antes se creían causantes de la dolencia; hoy se piensa que podría ser un mecanismo defensivo del organismo para arrinconar la sustancia citotóxica. De todos modos, un exceso de placas, como vemos en la célula nerviosa, abajo, a la derecha, entorpece la función neuronal. Arriba, resonancia magnética de un encéfalo que se ha encogido por la muerte de neuronas que causa este trastorno.

Los grandes de la industria farmacéutica, como Bayer, Novartis, Pfizer y Roche, han virado sus investigaciones en los últimos años hacia otro compuesto que también se acumula en el cerebro en forma de ovillos, la proteína tau, cuyos niveles en las neuronas se encuentran detrás de la aparición del Alzheimer. “La cantidad de placas de β -amiloide no guardaba relación con la gravedad de la enfermedad, mientras que esta asociación sí ocurre con la proteína tau: la progresión del mal es mayor cuanto mayor es la acumulación de esta sustancia”, apunta el doctor Maldonado. A partir de esta evidencia, la innovación farmacéutica se enfoca en desarrollar compuestos que, a través de pruebas de imagen, detecten estos sedimentos neurológicos y, a su vez, diseñar tratamientos que impidan su acumulación.

Y es que el Alzheimer comienza a gestarse décadas antes de que aparezcan los primeros síntomas, de ahí la importancia de una detección

precoz. En muchos hospitales, ya se emplean pruebas de imagen para descubrir los depósitos de cuerpos tau. Confirmada su presencia, se puede predecir con diez o quince años de antelación si una persona va a sufrir la enfermedad, una anticipación capital para retrasar su evolución.

PARECE QUE AL FIN SE HA ENCONTRADO LA PUERTA DE ENTRADA a este trastorno en la proteína tau, o en la proporción entre sus distintas variables –isoformas– en las neuronas. Es la principal sospechosa de originar esta dolencia neurodegenerativa, así como otras, caso del Parkinson y la demencia fronto-temporal, ya que juega un papel clave en la transmisión de los impulsos nerviosos. Las proteínas se sintetizan en el cuerpo de la neurona y después son trasladadas al axón, la prolongación por la que el impulso nervioso llega hasta otra neurona.

Implantar electrodos en el cerebro permite solucionar el temblor y la rigidez del párkinson

Ese proceso se realiza a través de unos microtúbulos a los que se cree que queda adherida la proteína tau para facilitar la transmisión. Una de las teorías que se barajan es que el alzhéimer se origina cuando en el cerebro se rompe el equilibrio entre dos tipos de proteínas tau, la 3R, llamada así porque tiene tres puntos de anclaje con los microtúbulos; y la 4R, con cuatro puntos de anclaje.

DESDE OTRO PUNTO DE VISTA, EXPERTOS EN MICROBIOTA, como Esteban Orenes, responsable de la Unidad de Proteómica del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (Murcia), sostienen que la flora intestinal arrojará mucha luz sobre esta clase de enfermedades. “El crecimiento de bacterias perjudiciales guarda relación con el aumento de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, un sistema de seguridad que tiene el cerebro para protegerse de los agentes externos. Traspasado ese muro, pueden penetrar en el cerebro toxinas o ácidos

grasos que favorezcan los depósitos de proteínas tau”, dice el doctor Orenes. Así, una de las estrategias que se investiga es el uso de probióticos, microorganismos que tomados en altas concentraciones han demostrado su eficacia en la prevención y el tratamiento de problemas como la diarrea y el estreñimiento, al restablecer el equilibrio bacteriano en el intestino.

EL OBJETIVO ES REDUCIR LA POBLACIÓN DE MICROORGANISMOS que sintetizan ácidos grasos con un potencial daño neurológico. ¿Cómo es posible que tengan efecto en un lugar tan remoto del intestino? La razón es que estas moléculas viajan por todo el cuerpo e intervienen en todos los sistemas del organismo. De ahí, la importancia también de la alimentación en la prevención de los trastornos neurológicos —los ácidos grasos saludables se producen en la síntesis, por ejemplo, de alimentos con fibra—.

Mientras, de las hemerotecas podrían recuperarse docenas de titulares que en las últimas dé-



Usar el cerebro para resolver retos como parte de las rutinas diarias previene y retrasa la aparición de síntomas del alzhéimer y del párkinson. Los expertos recomiendan realizar cualquier tipo de tarea que divierta y estimule.



El ejercicio físico es un eficaz método de protección contra las enfermedades neurodegenerativas y los factores de riesgo cardiovascular relacionados con ellas, como son la hipertensión, el sobrepeso y la diabetes.

cadav anunciaban curas para dolencias neurodegenerativas que luego han resultado fallidas. Sin embargo, tan equivocado como levantar falsas expectativas es transmitir un panorama teñido de negro. Las dos más frecuentes, el alzhéimer y el párkinson, se pueden prevenir, en parte, con hábitos de vida saludables, algo que muchas personas desconocen. La Fundación Pasqual Maragall (Barcelona) lanzó el año pasado la campaña *Cuando te cuidas, el alzhéimer da un paso atrás*, que se basa en un metaanálisis publicado en *Lancet Neurology*. Según aquel, uno de cada tres casos de este tipo de demencia podría evitarse. La revista sostiene que cualquier estrategia preventiva de salud pública debe basarse en cinco pilares, todos ellos relacionados, dicho sea de paso, con otros muchos problemas de salud.

PARA EMPEZAR, SE TRATA DE EVITAR LOS FACTORES DE RIESGO cardiovascular —diabetes, hipertensión, colesterol, tabaquismo, sobrepeso—; practicar ejercicio físico regularmente; y seguir una dieta sana y variada. Esta debe incorporar alimentos ricos en fibra —frutas, verduras—, pescado azul y agua en abundancia, y limitar o prescindir del azúcar, la sal y las grasas saturadas. Las otras dos recomendaciones son cuidar el sueño y mantenerse activo intelectualmente.

Eso sí, la evidencia científica sobre la capacidad neuroprotectora de la actividad intelectual es solo indirecta. “Sabemos que aquellos que tienen un nivel educativo más alto presentan más resistencia a desarrollar un deterioro, es lo que se conoce como reserva cognitiva”, explica el doctor Pérez.

EN EL CASO DE QUE YA EXISTA UN DAÑO CEREBRAL, EL OBJETIVO ES ralentizarlo manteniendo activa la mente. Para lograrlo, tan útil es cuidar las relaciones sociales, como leer, aprender un idioma, bailar o cultivar todo aquello que le interese al paciente. Como apunta este neurólogo, “lo ideal es planificar un programa de tareas y actividades ajustadas a cada sujeto por preferencias, motivaciones y, por supuesto, nivel cultural. Favorecer las aficiones previas puede ser una estrategia muy interesante”.

En cuanto al último de los factores señalado por *Lancet Neurology*, sabemos que los trastornos del sueño, entre otros factores de riesgo, podrían contribuir al deterioro cognitivo y también a la progresión de la dolencia, sobre todo, cuando se padecen desde hace mucho tiempo. Esto ocurre porque, por una parte, una fragmentación crónica del sueño puede conducir a la acumulación de las proteínas β -amiloide y tau en el cerebro. “El sistema glinfático, encargado de eliminar las



A sus 58 años, el actor Michael J. Fox convive con el párkinson gracias a la medicación, una cirugía y la meditación. Desde la fundación que lleva su nombre, apoya la investigación y lucha contra el estigma social de la enfermedad.

sustancias de desecho cerebral cuando dormimos, deja de funcionar adecuadamente debido a la discontinuidad del propio sueño y, en vez de expulsar estos desechos al torrente sanguíneo, los acumula en el cerebro”, explica José Luis Cantero, catedrático de Fisiología de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla). Asimismo, el agravamiento de los problemas de sueño puede ser una señal del avance de la enfermedad.

“CUANDO EL ALZHEIMER PROGRESA, NO SOLO SE PRODUCE UNA MAYOR fragmentación del sueño, si no que aparecen también alteraciones del ritmo circadiano que impiden que el paciente pueda mantener un ciclo vigilia-sueño normal”, afirma el doctor Cantero, cuyo equipo investiga qué mejoras pueden introducirse en la calidad del descanso para reducir la prevalencia de la enfermedad de Alzheimer.

Numerosos estudios han confirmado la relación entre estar menos tiempo de lo normal en brazos de Morfeo —por debajo de cinco horas al día— y esta demencia, pero no hay ninguna cantidad de tiempo que pueda considerarse neuroprotectora, dado que las necesidades de sueño dependen de cada individuo. Hay personas que tienen suficiente con cinco horas al día y otras precisan hasta nueve para funcionar bien. Lo que está claro es que dormir mal o menos de lo que uno necesita pasa factura al organismo. Algunos efectos son inmediatos: sin ir más lejos, la inevitable somnolencia diurna entorpece la concentración en tareas rutinarias como la conducción.

“Es decir, la falta de descanso habitual produce un deterioro cognitivo subclínico imperceptible en la mayoría de los casos, pero real”, explica el doctor Cantero. Si el problema se vuelve crónico, las consecuencias en el organismo podrían ser sistémicas y conducir a problemas cardiovasculares, metabólicos, neurológicos y de otra índole que, por ejemplo, pueden afectar al sistema inmunitario.

En la misma línea, por los daños que ocasionan y su frecuencia entre la población general, los síndromes de apnea del sueño, que afectan a entre cinco y siete millones de personas en España, podrían jugar un papel esencial en los trastornos neurodegenerativos. El doctor Cantero apunta que “los problemas respiratorios durante el sueño generan daños vasculares en el cerebro, que aparecen causados por las innumerables paradas respiratorias que se producen, y deterioran progresivamente la función cognitiva. En ocasiones, esto podría desembocar en un caso de alzhéimer”.

EN EL PÁRKINSON, LA SEGUNDA DE LAS ENFERMEDADES neurodegenerativas por prevalencia, es muy frecuente el trastorno de sueño agitado, con gran impacto en la vida del paciente y de su entorno. Los afectados se mueven mucho y escenifican sueños en los que con frecuencia reviven peleas o luchas que les llevan a intentar defenderse físicamente, incluso con patadas y puñetazos. Es uno de los signos, junto a la pérdida de olfato, el estreñi-

Adiós a los goles de cabeza

Desde comienzos de 2020, los niños escoceses menores de doce años que juegan al fútbol no pueden rematar el balón de cabeza. Con esta decisión, la Asociación Escocesa de Fútbol pretende evitar el riesgo de lesiones cerebrales que esta práctica puede ocasionar a largo plazo, según un estudio de la Universidad de Glasgow. La investigación establece



que los futbolistas tienen 3,5 veces más probabilidades de desarrollar una enfermedad neurodegenerativa en el futuro que el resto de la población. Desglosados los datos por trastornos, la probabilidad de sufrir Alzheimer se multiplica por cinco, mientras que la de padecer párkinson se duplica.

Si el riesgo es concluyente, ¿por qué solo se prohíbe cabecear a los chavales y no en todas las categorías del fútbol? Es una

de las preguntas que queda en el aire. El estudio, publicado en *The New England Journal of Medicine*, se basa en una amplísima muestra: los investigadores chequearon la salud de 7.676 futbolistas de más de cuarenta años y de otros 23.028 hombres que no practicaron este deporte; ambos grupos con hábitos de vida similares. En Estados Unidos se adoptó la medida neuroprotectora hace un lustro.

Tres de cada diez diagnósticos de párkinson se producen en personas con menos de 65 años

miento o la depresión, que aparecen antes de los síntomas motores característicos de este mal. Resulta capital detectarlos para hacer un diagnóstico precoz, ya que, como en otros trastornos cognitivos, su origen se desconoce y el tratamiento se centra en reducir la velocidad de progresión con fármacos, ejercicio físico, logopedia y otras técnicas de rehabilitación. Aunque la mayoría de los casos corresponde a mayores de 65, un 30 % de los diagnósticos se producen en personas por debajo de esa edad.

Uno de las terapias más extendidas contra el párkinson incluye la levodopa —el precursor metabólico de la dopamina—, que el neurólogo Walthor Birkmayer y el bioquímico Oleh Hornykiewicz dieron conocer en 1961. “Los

pacientes que no podían incorporarse y los que no podían arrancar a caminar realizaron esas actividades, hasta corrieron y saltaron tras una inyección”, señalaban entonces los investigadores austríacos. La levodopa penetra en el cerebro atravesando la barrera hematoencefálica, y, una vez dentro, algunas neuronas la transforman en dopamina, el neurotransmisor que el cerebro de los enfermos de párkinson segrega en menor cantidad de la necesaria. El fármaco marcó un punto de inflexión en el tratamiento de la enfermedad. La mala noticia es que no la cura, y, con los años, va perdiendo efectividad.

En estos momentos, se investigan una treintena de medicamentos que garanticen a largo

El coste medio de atender un paciente de alzhéimer es de 29 184 euros anuales. Un 80 % recae en las familias

plazo el control de los problemas motores de los enfermos —solo en España hay unos 150.000—. Algunos de estos pacientes han encontrado en la cirugía una solución a dos de los síntomas característicos de la enfermedad: el temblor y la rigidez. Consiste en colocar electrodos para realizar estimulación cerebral continua en las áreas cerebrales que regulan el movimiento.

"Los electrodos se colocan en el núcleo subtalámico. Se ocupan de hacer pasar una corriente eléctrica modulada de forma individual en cada paciente. Así, se resetea la actividad neuronal aberrante que está ocurriendo cuando le falta dopamina al cerebro, para hacerla más parecida a la normal a través de los impulsos eléctricos", explica María Cruz Rodríguez, jefa de Neurología

de la Clínica Universidad de Navarra, el primer centro que aplicó la técnica en España.

La cirugía tiene un porcentaje de éxito del 80 %, siempre que se escoja bien al paciente: aquel en el que la medicación ha dejado de tener el efecto permanente deseado, pero al que la progresión de la enfermedad no ha afectado a áreas más amplias del cerebro. La segunda condición es que la intervención, por su complejidad, la lleve a cabo un equipo muy experimentado y sea personalizada para cada paciente en función de sus síntomas.

COMO SEÑALA LA DOCTORA RODRÍGUEZ, "ES MUY IMPORTANTE COLOCAR bien los electrodos en el núcleo subtalámico y, dentro de este,

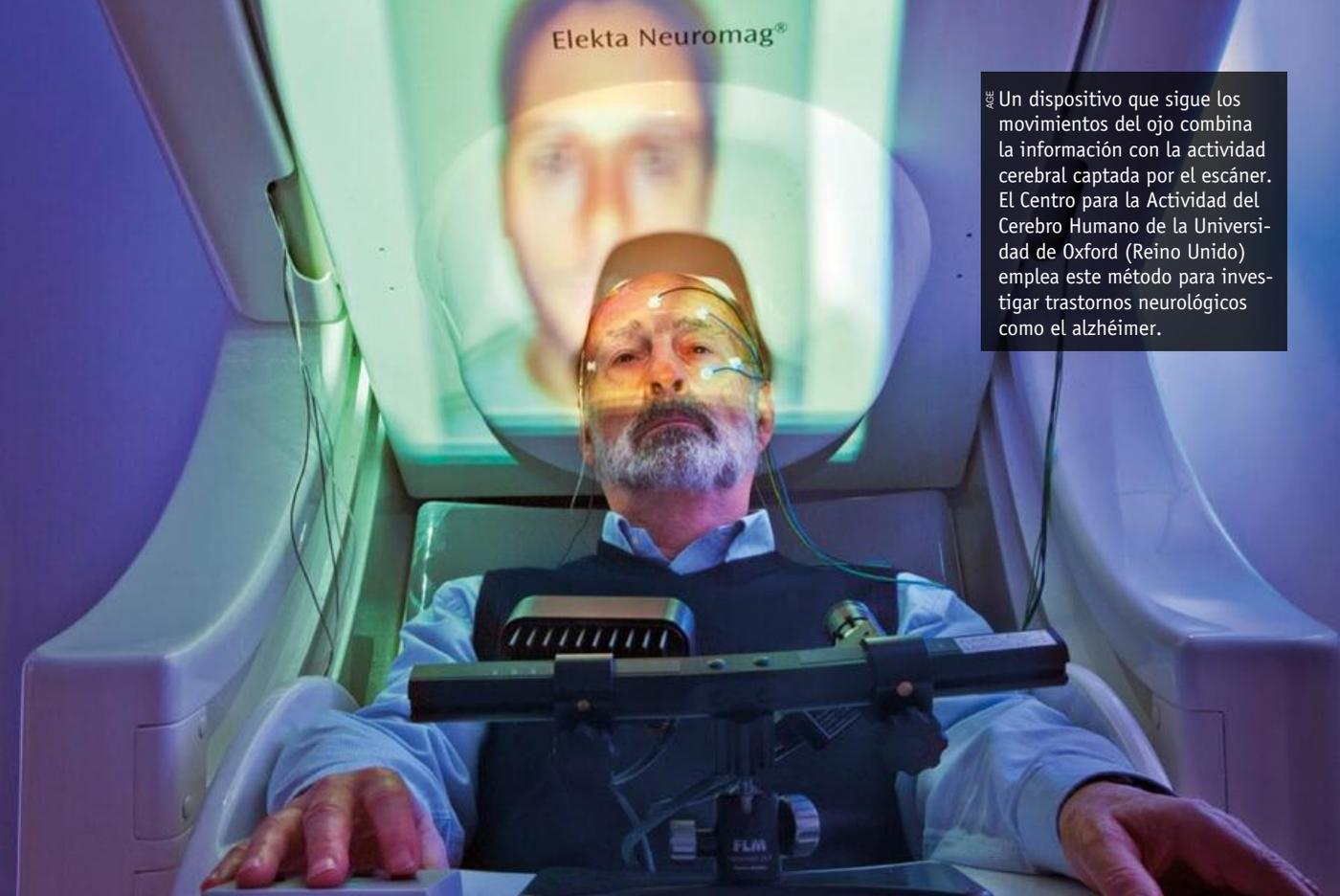
Enfermedades menos comunes que también causan mucho daño

Además del párkinson y el alzhéimer, otras tres dolencias neurodegenerativas dejan una gran huella por distintos motivos: su alta mortalidad, la dificultad de diagnóstico o la incapacidad para desarrollar una actividad normal. Su prevalencia, sin embargo, es mucho menor que las dos patologías más conocidas. alguna de ellas es tan poco frecuente que se engloba entre las enfermedades raras, por afectar a menos de cinco de cada 10 000 personas.

- **ESCLEROSIS MÚLTIPLE.** Es un trastorno en que el sistema inmunitario ataca las neuronas y daña la capa grasa que las rodea, la mielina. Ataca a dos mujeres por cada hombre y, en España la sufren entre 40 000 y 50 000 personas. Se atribuye a una conjunción de causas: ambientales —falta de vitamina D—, la acción de virus, el tabaquismo o una dieta poco saludable. Los tratamientos, por el momento, solo retrasan la progresión de la enfermedad. En cuanto a los signos, varían: el cansancio afecta al 96 % de los enfermos, el 90 % tiene problemas de equilibrio y coordinación, y un 75 %, trastornos visuales.

- **ESCLEROSIS LATERAL AMIOTRÓFICA (ELA).** La sufren entre 3000 y 4000 personas en nuestro país, es más frecuente en los hombres —60 % del total— y tiene una alta tasa de mortalidad —el 80 % de las personas fallece en menos de cinco años—. Afecta a las neuronas motoras del cerebro y la médula espinal, y conduce a una parálisis completa. Entre un 5 % y un 10 % de los casos se atribuyen a causas genéticas, del resto se desconoce su origen y, por tanto, cómo prevenirla. Los tratamientos se encaminan a prolongar y mejorar la calidad de vida.

- **ENFERMEDADES NEUROMUSCULARES.** Engloban un gran número de dolencias —distrofia muscular, miastenia grave— y afectan a entre 60 000 y 146 000 pacientes, según los escasos estudios epidemiológicos existentes. Pueden ocasionar debilidad o atrofia a los nervios que controlan los músculos. También aparecen otros síntomas, como espasmos, dolor y contracciones involuntarias, que intentan controlarse con los tratamientos. En la mayoría de estas dolencias, el origen es desconocido, y unas pocas son de origen autoinmune o genético.



Un dispositivo que sigue los movimientos del ojo combina la información con la actividad cerebral captada por el escáner. El Centro para la Actividad del Cerebro Humano de la Universidad de Oxford (Reino Unido) emplea este método para investigar trastornos neurológicos como el alzhéimer.

en el lugar preciso. Sabemos que tiene una parte que participa de los circuitos motores cerebrales, mientras que otras áreas, con diferencia de milímetros, participan de otros circuitos asociativos que tienen que ver con la cognición, o límbicos, que guardan relación con las emociones”. De la precisión en la operación dependerá que el paciente no tenga secuelas indeseadas. El éxito, en último lugar, se completa con ajustes muy finos en la medicación “porque, aunque se reduce bastante la dosis, el objetivo es conseguir una sinergia entre ambas terapias”, apunta la doctora Rodríguez.

LA CIRUGÍA SE APLICA EN PERSONAS QUE PRESENTAN SÍNTOMAS EN TODO el cuerpo y, por eso, se colocan dos electrodos, uno en cada hemisferio cerebral. En las que manifiestan solo síntomas unilaterales, se aplican ultrasonidos enfocados de alta intensidad —HIFU, por sus siglas en inglés—, un procedimiento no invasivo que concentra calor en las neuronas afectadas por el temblor y tiene un porcentaje de éxito similar al de la intervención quirúrgica.

Hoy en día, los avances en cirugía, los progresos en la lucha contra las enfermedades infecciosas y la mejora de las condiciones higiénicas,

entre otros factores, han multiplicado por dos la esperanza de vida en los países más desarrollados. Sin embargo, la calidad de vida no ha evolucionado al mismo ritmo. La impaciencia por encontrar una solución al alzhéimer o al párkinson no es arbitraria. Se basa en datos. La previsión de las organizaciones internacionales que recoge en un informe la Alianza Española de Enfermedades Neurodegenerativas (Neuroalianza), en Madrid, refleja que los casos de demencias vinculadas al envejecimiento se duplicarán cada dos décadas, lo que plantea un reto asistencial con las personas que sufrirán este tipo de trastornos neurodegenerativos.

El coste de atender a un paciente de alzhéimer alcanza de media 29 184 euros al año, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), un gasto que recae en un 80 % en las familias. Para hacernos una idea, una silla de ruedas eléctrica para una persona con esclerosis lateral amiotrófica (ELA) cuesta unos 2.800 euros, una grúa para un enfermo de alzhéimer, alrededor de 1000 euros, el mismo precio que tiene una cama articulada. Pero, al margen del coste económico, hay otro personal y emocional que justifican con creces el esfuerzo por ganar la guerra contra los trastornos neurodegenerativos. ■

Deja volar tu creatividad

Ser capaces de innovar y salirnos de los esquemas mentales habituales es fundamental para el ser humano. Y más en épocas de transición como la que estamos viviendo por la COVID-19.

POR LUIS MUIÑO

Terapeuta y divulgador de psicología

Antes de empezar a hablar de este tema, sugiero al lector que dedique unos minutos a intentar resolver este acertijo:

- ● ● ¿Puedes unir los nueve puntos con cuatro líneas rectas sin levantar el bolígrafo y sin pasar dos veces por el mismo sitio?
- ● ●
- ● ●

Es un ejercicio que tiene todas las características de los problemas que necesitan creatividad para resolverse. En primer lugar, funciona mediante un proceso de *insight* (visión súbita): la solución llega de manera repentina y nos parece sencilla una vez que la hemos visto. ¿Os acordáis de Vickie el vikingo? Un buen rato frotándose la nariz y después un fulminante “¡Ya lo tengo!”. O como lo expresaba Federico García Lorca en lenguaje más poético: “La hija directa de la imaginación es la metáfora, nacida a veces al golpe rápido de la intuición, alumbrada por la lenta angustia del presentimiento”.

Otra de las particularidades de estos procesos intuitivos: para encontrar la solución hay que “salirse de la caja”. La creatividad exige que el

pensamiento abandone los automatismos, que haga algo fuera de lo habitual. Y una última singularidad de estas tareas: no podemos asegurar si las podremos resolver. El resto de destrezas del ser humano son permanentes: sabemos que seguiremos sabiendo conducir cuando nos sentemos al volante, que sabremos cocinar nuestro plato estrella cuando volvamos a hacerlo o que mantendremos las habilidades necesarias para nuestro trabajo que hemos usado una y otra vez. Sin embargo, el éxito creativo es impredecible. No podemos saber si nos surgirá la intuición.

EL CARÁCTER INAPRENSIBLE DE ESTE FENÓMENO HA HECHO que el ser humano intente, a lo largo de su historia, encontrar un único origen mágico que lo explique. En la Grecia clásica, por ejemplo, la creatividad provenía de un capricho de los dioses. El individuo era, para ellos, un recipiente vacío que solo al ser poseído repentinamente por las deidades se convertía en imaginativo. Posteriormente, en la Edad Media, empezó a ser temida como algo casi diabólico; por eso era habitual que los autores se negaran a firmar sus obras, sobre todo si su concepción cuestionaba la norma. Pero, a partir del Renacimiento, vuelve a ser considerada un factor deseable. Ya en épocas más modernas, en 1767, William Duff escribe sus *Ensa-*

La creatividad, que surge de la diferencia, nos permite adaptarnos mejor al mundo en el que vivimos.



La creatividad produce la misma cantidad de endorfinas que el sexo, la comida apetitosa o las drogas

vos sobre el genio original, donde se empieza a hablar de la distinción –que ahora forma parte del imaginario colectivo– entre talento, entendido como destreza repetitiva, e innovación. A partir de ahí, surge la gran revolución que mitifica la creatividad: el Romanticismo. Desde esa época, tener una mente revolucionaria, hacer algo diferente a lo que hacen los demás, es la mayor aspiración de muchos seres humanos.

¿TIENE SENTIDO ESTA MITIFICACIÓN? ¿ES TAN ÚTIL LA CREATIVIDAD? La función de este factor es una de las primeras cuestiones que la ciencia ha intentado dilucidar. Uno de los teóricos que avanzan hipótesis sobre ese tema es Gerd Gigerenzer, del Instituto Max Planck de Berlín. La teoría ecológica de este autor postula que en ciertos ámbitos es improductivo ceñirse a reglas previas. Hay, según Gigerenzer, tres tipos de situaciones en las que no tiene sentido hacer “más de lo mismo”. Las primeras son aquellas en las que no podemos confiar en los datos que tenemos sobre el problema. Las segundas son las circunstancias en las que nuestra mente no puede procesar todas las opciones

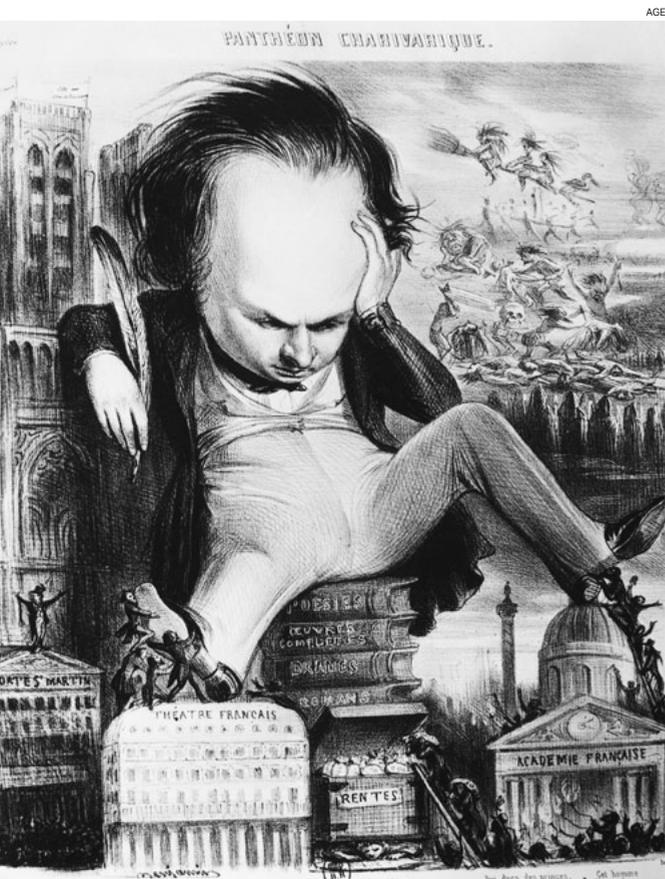
de solución que tiene por delante. Y las últimas son las situaciones en las que no tiene sentido seguir una estrategia metódica porque sería poco eficaz. Seguro que muchos de los lectores han pensado en los problemas laborales o personales que le han surgido a partir de la crisis de la COVID-19 como ejemplo de este tipo de circunstancias. Todos hemos tenido que tomar decisiones para las que no podemos fiarnos de los datos que tenemos –la información sobre lo que está ocurriendo está muy sesgada–, en las que parece imposible barajar todas las opciones posibles –¿cómo fabricar un algoritmo que integre miles de posibilidades que se abren para la humanidad en el futuro?– y en las que debemos tomar decisiones rápidas sin tiempo para ser sistemáticos. Para este tipo de situaciones, según Gigerenzer, existe el pensamiento creativo. Ser intuitivos y salirnos de nuestros esquemas mentales habituales es lo más adaptativo en épocas de transición.

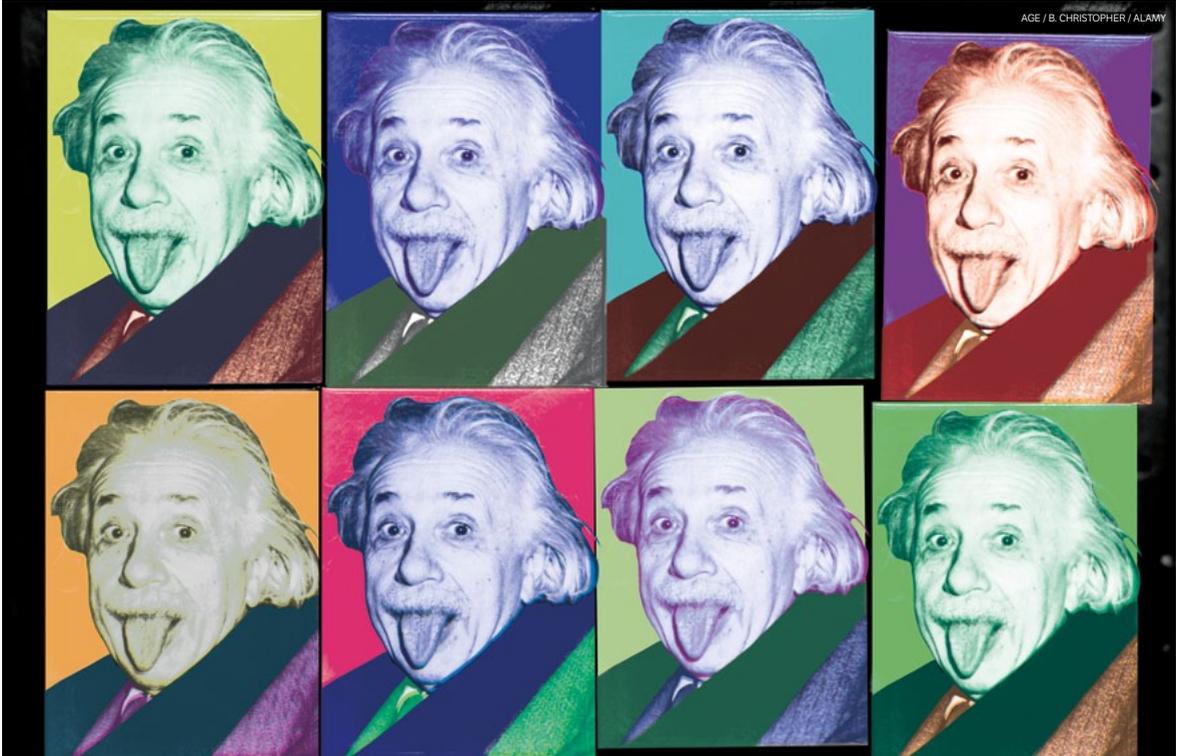
LOS TEÓRICOS DE LA GESTALT FUERON DE LOS PRIMEROS EN ANALIZAR

cómo se producen esas salidas del marco. De hecho, estudiaron muchos problemas similares al propuesto al principio del artículo. Ellos introdujeron el concepto de *insight*. Se trataría de una nueva comprensión espontánea del problema –hay quien lo denomina “fenómeno ¡eureka!” o “¡ajá!”–. Para estos científicos, la creatividad emerge cuando encontramos un punto de vista nuevo sobre todo el conjunto: disponemos de los elementos que teníamos hasta ahora de una manera diferente. Y así, aunque los componentes sean los mismos, forman un conjunto alternativo.

Un reciente estudio de Yongtaek Oh y John Kounios, neurólogos de la Universidad Drexel (EE. UU.), nos habla de las bases biológicas de esos *momentos eureka*. Mediante técnicas de neuroimagen descubrieron que, en los instantes en que encontramos una idea novedosa, se desencadena una explosión de actividad en el sistema de recompensa del cerebro. De hecho,

Se cree que el escritor francés Victor Hugo (1802-1885) pudo sufrir una enfermedad mental llamada *parafrenia fantástica*, vinculada a las ideas extravagantes, las alucinaciones y la megalomanía. En la imagen, caricatura del autor realizada en 1841 por Benjamin Roubaud.





El científico más popular del siglo XX, el alemán Albert Einstein, defendía que “la imaginación es más importante que el conocimiento. El conocimiento es limitado y la imaginación circunda el mundo”.

esos *insights* de los que habla la Gestalt producen la misma cantidad de endorfinas que las situaciones que tradicionalmente relacionamos con el placer: sexo, comida apetitosa, drogas, etc. Eso explica por qué muchos seres humanos se dedican a actividades inventivas por puro placer –dibujar, tocar un instrumento, diseñar ropa...–, incluso a veces en contra de las circunstancias, como los artistas incomprendidos y perseguidos. Según estos científicos, que la naturaleza disponga de esta gratificación interna demuestra que la creatividad es adaptativa en el ser humano. La selección natural ha favorecido a aquellos que en ciertas circunstancias –¿quizá aquellas que explicita Gigerenzer?– han sido capaces de innovar.

ESTA MIRADA FUERA DEL MARCO ES TAN IMPORTANTE que muchos psicólogos suscribirían que la persona solamente se descubre a sí misma cuando se muestra creadora. Pero hay un inconveniente que inhibe esa capacidad de buscar soluciones alternativas: la vergüenza. Gerd Binnig, el físico que abrió las puertas a la humanidad al fascinante mundo de la nanotecnología con sus innovadoras ideas sobre

los microscopios, afirmaba que “la capacidad de pasar vergüenza se adquiere practicando en hacer el ridículo”. Como todos los pioneros, este científico, para llevar a cabo sus descubrimientos, tuvo que exponerse a menudo y asumir grandes errores. Asumió el bochorno que supone equivocarse públicamente y siguió adelante, pero esas sensaciones seguramente hubieran detenido a otros.

Por eso los estudios sobre creatividad hablan de la personalidad audaz como uno de los condicionantes de las mentes innovadoras. Malcolm Westcott, psicólogo de la Universidad de York (Reino Unido), entiende que la propensión a lanzarse a lo novedoso es un factor de personalidad. Hay personas que podríamos denominar “mentalmente precavidas”: no se sienten seguras de sus conclusiones hasta que han acumulado muchos datos y en su vida general tienden al control y a mantener su mundo ordenado. Tienen poca tolerancia a la incertidumbre y eso se nota en que prefieren relaciones personales más estructuradas. En el otro extremo de la escala estarían los individuos “mentalmente atrevidos”, personas que pueden arriesgarse a equivocarse porque confían más en su propio crite-



El principio de la relación figura-fondo de las leyes de la Gestalt explica que nuestra mente no puede interpretar un objeto como figura y fondo al mismo tiempo.

rio. Les encanta asumir riesgos y no les importa estar expuestos a la crítica y al desafío. Si estos individuos tienen ideas creativas, es más fácil que se arriesguen a exponerlas.

La anécdota que define a los “mentalmente atrevidos” es muy conocida. Cuando le preguntaron a Thomas Alva Edison si no se arrepentía de la vergüenza que había pasado al anunciar de forma fallida, en numerosas ocasiones, que había descubierto un método para generar electricidad, respondió: “No me equivoqué mil veces para hacer una bombilla: descubrí mil maneras de cómo no hacer una bombilla”. La audacia parece uno de los rasgos de personalidad de las personas creativas. Artistas como Goya o Chagall, músicos como Beethoven o Sting e, incluso, personajes de ficción como Sherlock Holmes o el doctor House son individuos que asumen que sus grandes equivocaciones forman parte de su proceso de inventiva.

ESO PLANTEA OTRA DE LAS GRANDES CUESTIONES ACERCA DE LA INNOVACIÓN: la motivación que lleva a las personas a arriesgarse a encontrar soluciones diferentes. La psicóloga de la Universidad de Harvard (EE. UU.) Teresa Amabile, que lleva décadas estudiando a este tipo de personas, tiene una teoría acerca de esto. Según Amabile, los creadores parten siempre de una motivación intrínseca. Se llama así al tipo de impulso que proviene de factores internos, y no necesita refuerzo del exterior. Cuando somos genuinamente creativos nos dejamos llevar por la apertura a nuevas experiencias, por el hedonismo que supone descubrir nuevos

mundos o por la motivación del logro, es decir, el reto que nos supone alcanzar la solución a un enigma que otros no han podido desentrañar. Se trata, siempre, de impulsos internos, que no responden a las motivaciones extrínsecas –presiones externas o necesidad de reconocimiento–. Por eso, observa Amabile, son tan habituales fenómenos como los del “fiasco del segundo disco”: un grupo saca al mercado un primer conjunto de canciones que proceden de sus motivaciones intrínsecas y, después, cuando tienen éxito, son demasiado conscientes de la mirada externa y pierden la creatividad.

Si como dicen estos investigadores la creatividad tiene que surgir de la satisfacción de necesidades internas y ser independiente del medio, eso explicaría el estereotipo del “genio incomprendido”, la persona que sufre al ser agredida por sus ideas innovadoras. Arthur Schopenhauer afirmaba que “malograrse pertenece a la obra del genio, es su título nobiliario”. Y muchos artistas malditos han asumido ese destino. Oscar Wilde repetía insistentemente su lema: “Sé bello y sé triste”. Y Edgar Allan Poe explicaba: “Los hombres me han llamado loco. Pero aún está por aclararse si existe la locura o si no se tratará de la más elevada inteligencia, si mucho de lo que es maravilloso, si todo lo que es profundo, proviene de desvaríos del pensamiento, de los humores de una mente exaltada a expensas del común entender”.

¿Qué opina la ciencia sobre esa asociación entre desequilibrios internos y creatividad tan arraigada en el imaginario colectivo? No existe un criterio claro. Por una parte, es evidente que muchos grandes creadores –Miguel Ángel,

Entre los científicos existen diversas corrientes de opinión sobre el estereotipo del creador atormentado

Piotr Tchaikowsky, Virginia Woolf, Kurt Cobain... – han sufrido perturbaciones anímicas. Pero hay otros –Vivaldi, Lope de Vega, Renoir, Paul McCartney, etc. – que no parece que necesitaran sufrir para ser extraordinarios.

QUIZÁ, POR ESO, LOS CIENTÍFICOS ESTÁN DIVIDIDOS. La psiquiatra Kay Jamison, de la Universidad Johns Hopkins (EE. UU.), afirma en su libro *Touched with Fire* que esa asociación proviene del mito romántico. Argumenta que los estudios muestran que la mayoría de los individuos que sufren trastorno del estado de ánimo no son especialmente imaginativos. Y nos recuerda que muchos análisis sobre el desequilibrio de ciertos artistas provienen de una tergiversación posterior que intenta adaptarlas al estereotipo de creador atormentado. Según ella, es, por ejemplo, lo que ha ocurrido con muchos músicos de la antigüedad. Se ha creado la imagen de que hay que ser com-

plejo para ser descubridor de nuevos mundos mentales, pero, como decía el músico de jazz Charles Mingus: “La creatividad es más que ser simplemente diferente. Cualquiera puede hacer extravagancias, eso es fácil. Lo difícil es ser tan simple como Bach”.

Otras investigaciones, sin embargo, se apuntan a la hipótesis de que es necesario un cierto grado de inestabilidad interna. El psiquiatra británico Adam Perkins, en una investigación publicada en 2015, relacionaba, por ejemplo, el pensamiento inventivo con el neuroticismo. Esta última palabra designa a los individuos que tienen tendencia a sobrellevar mal las frustraciones cotidianas, a sentirse amenazados a menudo y a sumergirse en pensamientos negativos la mayor parte de su vida. Podemos decir que son personas que no se resignan a que la vida sea diferente a lo que ellos querrían. Pues bien, en sus investigaciones Perkins ha encontrado correlación entre ese rasgo de persona-



Siempre se ha pensado que la música potencia el proceso creativo. Pero podría no ser así. O eso señala un estudio publicado en 2019 por la Universidad Central de Lancashire (Reino Unido), cuyas conclusiones sugieren que empeora el rendimiento, ya que nos distrae.

SHUTTERSTOCK

Darwin y Newton eran hipocondriacos y solían estar malhumorados y abstraídos por ideas negativas

lidad y la creatividad. La hipótesis de este científico es que los mecanismos cerebrales que llevan a ese malestar autogenerado aceleran los procesos de memoria y abstracción que favorecen el nacimiento de ideas nuevas. Cuando estamos en un momento de pensamiento circular y rumiativo, activamos áreas neurológicas que no son las habituales y eso nos ayuda a generar ideas diferentes.

Dos ejemplos de este fenómeno son, según este autor, Darwin y Newton, dos científicos a los que se recuerda por su carácter neurótico: los dos eran hipocondriacos y habitualmente estaban malhumorados y abstraídos en sus propias ideas negativas. Pero a la vez se trata de dos de las personas que más han revolucionado la ciencia con sus ideas novedosas. Y no son, obviamente, los únicos ejemplos de creadores con altibajos de estados de ánimo que los llevaban a sumergirse en su propio mundo.

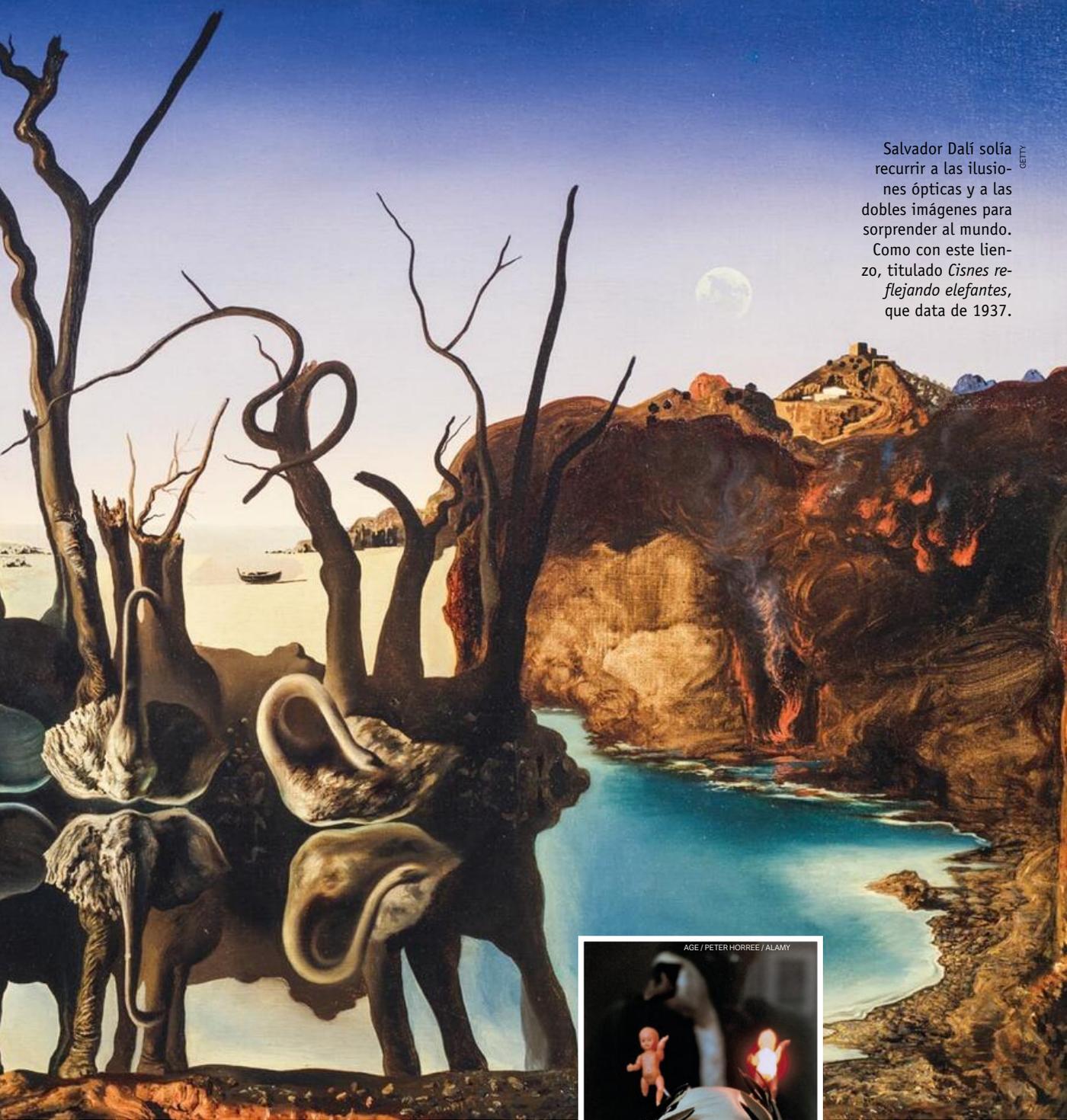
EL PSICÓLOGO ARNOLD LUDWIG HALLÓ EN UN ESTUDIO

que en torno al 65 % de los artistas, escritores y músicos sufrían desequilibrios en su estado de ánimo, algo que solo ocurría aproximadamente con el 25 % de los profesionales no artísticos.

En todo caso, estos datos encajan con una hipótesis que sostienen muchos científicos: la creatividad se genera cuando determinadas circunstancias –como podría ser un momento

de “pensamiento excesivo” – nos llevan a usar procesos mentales alternativos. Un ejemplo de la vida cotidiana: una reciente investigación dirigida por la psicóloga Guihyun Park estudió el poder que tiene el aburrimiento como generador de ideas nuevas. Según Park, en ciertas personas, los momentos de hastío conducen a la introspección y, de ahí, a la apertura a nue-





Salvador Dalí solía recurrir a las ilusiones ópticas y a las dobles imágenes para sorprender al mundo. Como con este lienzo, titulado *Cisnes reflejando elefantes*, que data de 1937.

vas experiencias. Estos individuos más flexibles utilizan el tedio y la falta de presión como señal de alarma para buscar más estimulación en algo distinto.

Según este tipo de teorías que creen que la creatividad tiene que estar favorecida por las circunstancias, determinados momentos –altibajos del estado de ánimo, aburrimiento,



El pintor catalán tenía un carácter provocador y excéntrico. “Seré un genio, y el mundo me admirará. Quizá seré despreciado e incomprendido, pero seré un genio”, escribió con solo quince años.



Los bailarines sienten zonas de su cuerpo que los que son ajenos a ese universo no perciben.

2. Atesorar una buena base de conocimientos sobre los temas en los que queremos innovar. “La suerte favorece solo a las mentes preparadas”, decía Louis Pasteur. Si a través del aprendizaje adquirimos muchos datos, ideas e imágenes con las que trabajar, más oportunidades para combinar esas piezas mentales de modos nuevos.

etc.– llevan a estados de conciencia alterados en los que usamos mecanismos neurológicos diferentes de los habituales. Uno de ellos sería, por ejemplo, la hiperestesia: en los momentos creativos, los sentidos se intensifican. Una curiosa investigación publicada en la revista *Psychophysiology* veía ese efecto en los bailarines. El estudio encontró que las personas con experiencia en danza obtenían mejores puntuaciones en las pruebas que consistían en percibir emociones a partir del lenguaje corporal. Tenían un mayor nivel de interocepción –captación de sensaciones internas–, eran más conscientes del ritmo de los latidos de su corazón y sentían zonas de su cuerpo que los que son ajenos a ese mundo no perciben. De hecho, ese mayor nivel de captación de los detalles es común en las experiencias de creatividad. Según muchos estudiosos, esta percepción sensorial fuera del foco habitual es precisamente lo que nos lleva a salirnos de los pensamientos más trillados y a buscar ideas innovadoras.

A PARTIR DE ESTAS INVESTIGACIONES QUE HEMOS IDO MENCIONANDO, va surgiendo la idea de que la creatividad es un estado de conciencia que consiste en una forma alternativa de pensamiento que surge en determinados momentos. Si es así, podemos potenciarla buscando esas situaciones y esos mecanismos neuronales. El psicólogo Robert Epstein, autor del libro *Cognition, Creativity, and Behavior*, resume en cuatro ideas sencillas las condiciones que debemos propiciar para estimular nuestra capacidad innovadora:

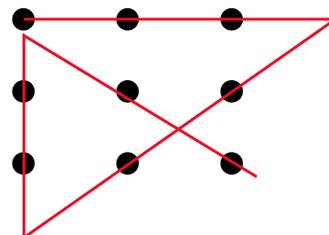
1. Tener algún lugar donde archivar las ideas que vayan surgiendo. Picasso nos recordaba que la inspiración “ha de pillarnos trabajando”.

3. Elegir proyectos que no tengan soluciones claras. Los mejores son aquellos en los que empezamos por un “no sé”, con una tormenta de ideas porque tenemos claro que las ideas viejas no nos van a servir.

4. Rodearse de personas con puntos de vista originales. Muchos de los grandes artistas han estado en ambientes estimulantes que los obligaban a pensar creativamente. La Grecia clásica, el Renacimiento o la Generación del 27 son ejemplos de la importancia de los “grupos inteligentes” que nos presionan para sacar lo mejor de nosotros mismos.

Decía Truman Capote que “todas las personas tienen la disposición de trabajar creativamente. Lo que sucede es que la mayoría jamás lo nota”. Quizá uno de los grandes efectos de la crisis de la COVID-19 es que hemos descubierto las sensaciones de un parón vital. Desde el aburrimiento hasta la hiperestesia, pasando por los proyectos sin solución clara o la necesidad del pensamiento audaz. Ojalá eso nos ayude a ser más creativos, porque quizá la tendencia a hacer siempre “más de lo mismo” sin mirar fuera de la caja sea uno de los fenómenos que nos han llevado a vivir este problema. ■

POSDATA: Esta es la solución del acertijo, para aquellos que no hayan llegado al *insight*:



Test: mide tu potencial creativo

Este cuestionario te servirá para averiguar si te encuentras en un momento de creatividad de tu vida. Para completarlo, tienes que contestar sinceramente a las veinte preguntas, vinculándolas a los últimos meses. Cero significa que la afirmación no se corresponde a ti en absoluto; uno, que solo se te aplica en muy pocas ocasiones; dos, que es algo con lo que te identificas en determinadas ocasiones; tres, que a veces sí y a veces no; cuatro, que casi siempre te reconoces en la frase; y cinco, que estás totalmente de acuerdo con esa afirmación.

1) Tengo la sensación de que soy bueno conectando puntos, viendo relaciones entre datos que no parecen tener nada que ver.

0 1 2 3 4 5

2) Me fijo mucho en detalles que los demás no perciben.

0 1 2 3 4 5

3) Me produce mucho placer pensar sobre problemas complicados y encontrar una solución.

0 1 2 3 4 5

4) No me importa cambiar de opinión a menudo.

0 1 2 3 4 5

5) Me aburren las conversaciones tópicas.

0 1 2 3 4 5

6) Encuentro soluciones a los problemas en ámbitos diferentes al que está planteado el asunto.

0 1 2 3 4 5

7) Me resulta indiferente que los demás esperen una determinada respuesta de mi parte: digo lo que pienso.

0 1 2 3 4 5

8) Me atraen los problemas que no tienen una solución clara y definida.

0 1 2 3 4 5

9) No me importa hacer el ridículo exponiendo una idea innovadora.

0 1 2 3 4 5

10) Me fío mucho de mi instinto y mi intuición.

0 1 2 3 4 5

11) Para las demás personas es un misterio mi forma de llegar a una solución y no suelen entender mis razonamientos.

0 1 2 3 4 5

12) Cuando tengo una idea creativa, dejo lo que estoy haciendo y la apunto.

0 1 2 3 4 5

13) Practico actividades creativas, que no dependen de destrezas repetitivas.

0 1 2 3 4 5

14) Soluciono problemas de repente, mediante una idea que me viene y explica todo lo que está ocurriendo.

0 1 2 3 4 5

15) Muchas personas me dicen que suelo dar "ideas locas", que van más allá del sentido común.

0 1 2 3 4 5

16) Me siento bien en las situaciones en las que hay que improvisar porque no existe un protocolo de actuación claro.

0 1 2 3 4 5

17) Suelo dejar que mi mente se abstraiga y vague sin un rumbo fijo.

0 1 2 3 4 5

18) Prefiero arriesgarme y hacer algo nuevo aunque eso suponga aumentar el potencial de error.

0 1 2 3 4 5

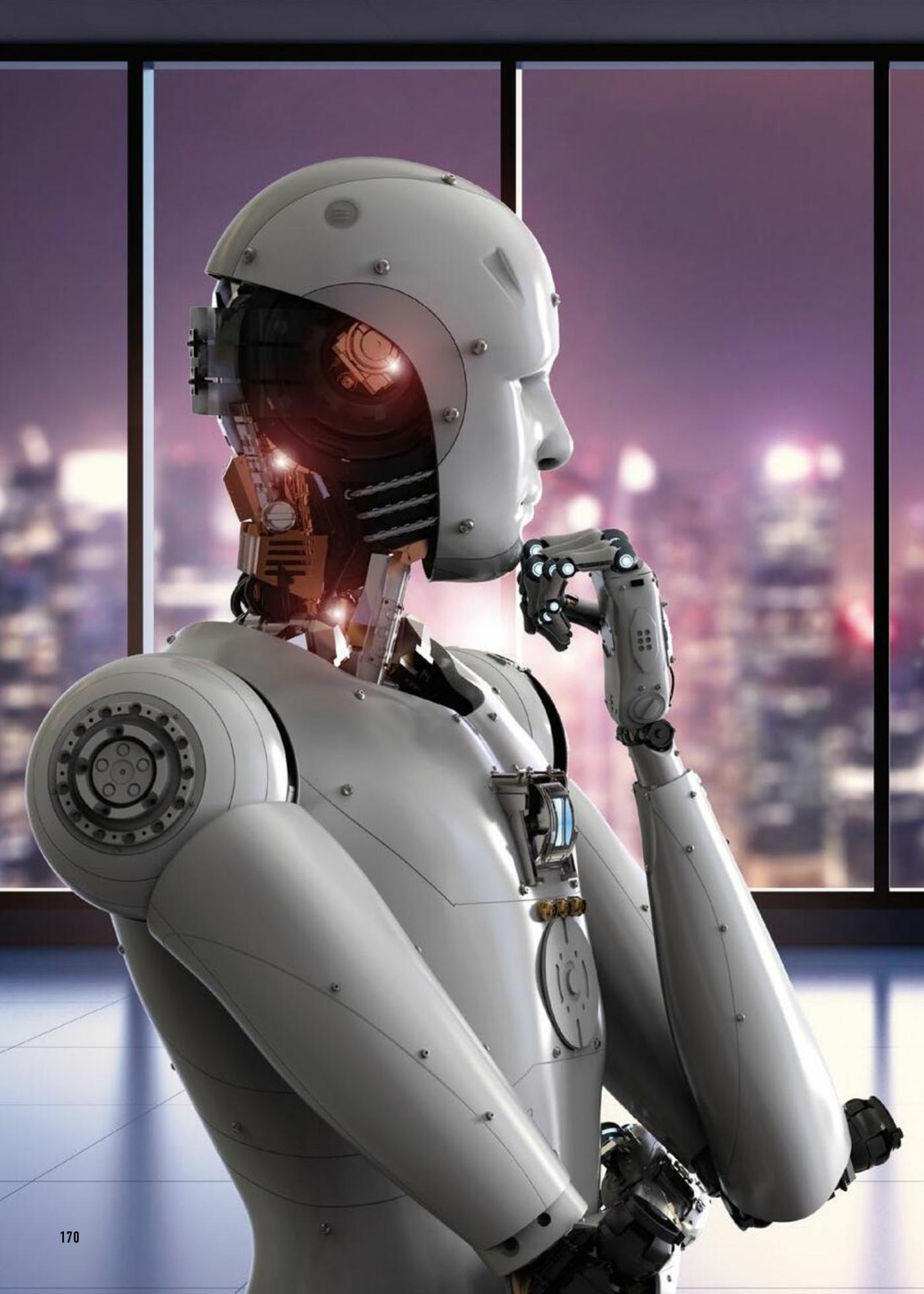
19) Me gusta más sacar mis propias conclusiones de manera intuitiva que recopilar datos sobre el problema.

0 1 2 3 4 5

20) Prefiero rodearme de personas con ideas fuera de lo común.

0 1 2 3 4 5

RESULTADOS: Suma las puntuaciones. El resultado se podría considerar tu tanto por ciento de potencial creativo en este momento de tu vida.



¿Es la IA tan inteligente?

Ni servirá para arreglar todos nuestros problemas y desafíos, como dicen los *techochovinistas*, ni acabará con la humanidad. Europa quiere regular éticamente la inteligencia artificial para convertirla en un aliado del ser humano y no en una amenaza.

POR JAVIER LÓPEZ TAZÓN
Periodista especializado en tecnología

En Europa, llevamos tantos años contemplando la inteligencia artificial (IA) como si fuera una cosa del futuro que ya se nos ha pasado la oportunidad de subirnos a ese tren. El aumento de la capacidad de procesamiento, la computación en la nube, la mejora de los algoritmos y la disponibilidad de una ingente cantidad de datos procedentes del uso de internet ha acelerado su implantación, pero China y Estados Unidos, explican los analistas, nos llevan una delantera de años en investigación y aplicación de la IA.

También es cierto que, en los últimos años, nos hemos acostumbrado a perder muchos trenes. Porque los europeos fuimos pioneros en telefonía móvil y aquí se desarrollaron internet y el correo electrónico, pero que alguien mencionara en voz alta un par de fabricantes punteros de ordenadores, de móviles, televisores o electrodomésticos del Viejo Continente.

Echémosle la culpa de ello a la crisis económica, al Brexit, a la desunión europea o a algo peor. Parece como si aquel espíritu inveterado tan hispano de “que inventen ellos” se hubiera extendido por toda Europa. Pero no todo tiene por qué ser malo en esta inercia, en esta resistencia

frente a la rápida adopción de una IA sin límites. Quizá lo más razonable antes de dejarse arrastrar por la inercia sea marcar antes las reglas del juego. En este escenario, hace apenas unos meses –muy tarde para muchos–, la Comisión Europea mostró sus planes para sumarse a esta cuarta revolución industrial orquestada por algoritmos.

EL PLAN ES SENCILLO. “**INVERSIÓN ECONÓMICA, EDUCACIÓN** para los empleos del futuro y ética para regular los límites y responsabilidades de los robots”, tal y como recogió la agencia EFE en abril. En cuanto al primer punto, la CE sugería una inversión de 20 000 millones de euros para 2020. En relación a la educación, proponía la creación de “becas de oportunidades digitales” para formar a 6000 estudiantes en competencias digitales y, en particular, en IA, a la vez que animaba a que se adapten los programas educativos a una nueva situación, porque “la inteligencia artificial ha llegado para quedarse”, según reconocía la comisaria europea de Industria y Mercado Interior, la polaca Elzbieta Bienkowska.

Por lo que respecta al tercer apartado, el regulatorio, a finales de diciembre se dio a conocer un borrador en el que se apunta cuáles deberían ser



La Comisión Europea ha reconocido la importancia de que los jóvenes se familiaricen con la programación de inteligencia artificial ya desde Secundaria, siguiendo el ejemplo de países como Rusia –en la imagen–, China y Estados Unidos.

los principios éticos que rijan su desarrollo. El debate profundo es cómo diseñarla para que no sea discriminatoria, sino integradora.

SEGÚN RECOGÍA LA AGENCIA DE NOTICIAS ESPAÑOLA EUROPA PRESS, el primer borrador del grupo de 52 expertos convocados por la Comisión Europea sugiere establecer unos principios que aseguren una IA confiable y centrada en el ser humano, con un propósito ético. El objetivo final es poder aprovechar los beneficios de la cuarta revolución industrial, pero salvando el impacto negativo que pueda tener sobre los individuos y la sociedad. Para conseguirlo, han articulado cinco principios: la inteligencia artificial debe hacer el bien y no hacer el mal; debe preservar la autonomía de los humanos; respetar la justicia; y ajustarse a que sus acciones sean explicables y pueda responder por ellas.

Nuria Oliver, ingeniera en telecomunicaciones de origen alicantino, coincide con el análisis del grupo de expertos europeos; de hecho, es también miembro reserva del High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG) que ha elaborado estas líneas generales. La palabra clave para esta investigadora que hi-

zo su doctorado en el Media Lab del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) es FATEN, el acrónimo en inglés de Legitimidad o Justicia, Autonomía, Transparencia, Beneficencia –y Educación– y No Maleficencia.

Lo que plantea Oliver, que desde finales de 2018 es miembro de la Real Academia de Ingeniería –la cuarta mujer en lograrlo–, es que las decisiones algorítmicas no discriminen. “Pueden discriminar porque los datos utilizados para entrenar los algoritmos tengan sesgos, o porque se use un determinado algoritmo, o también porque se malinterpreten ciertos modelos”, indica. Asimismo, incluye aquí la necesidad de que, sobre todo en los sistemas que vayan a interactuar con humanos, trabajen equipos interdisciplinares y no solo del área en que se vaya a aplicar el sistema.

LA AUTONOMÍA PERSONAL ES UN VALOR CENTRAL EN LA ÉTICA OCCIDENTAL, según el cual los humanos deberíamos tener la capacidad de decidir nuestros propios pensamientos y nuestras propias acciones. El problema es que un sistema podría “llegar a entenderte a ti mejor que tú mismo y llegar a usar esta información, si no lo hace éticamente, para manipular tu comporta-

La IA debe velar por la autonomía humana, hacer el bien, no causar daño y ser capaz de responder por sus acciones

miento subliminalmente”, advierte esta experta.

Por otra parte, la IA tiene que contribuir al progreso de la humanidad, y ha de hacerlo de forma sostenible. Y es que un porcentaje no despreciable del consumo energético es atribuible al desarrollo de los sistemas tecnológicos.

Además, debe existir una manera de asegurar ciertas garantías de veracidad, “algo que es fundamental en el contexto de la difusión de la información y de la formación de la opinión pública, ahora que podemos generar contenido sintético totalmente indistinguible del contenido veraz”, añade Oliver. El último de los principios contenidos en el acrónimo FATEN es la *no maleficencia*. “Es decir, asegurar una cierta fiabilidad, seguridad y reproducibilidad en los sistemas de IA, aplicando un principio de prudencia y siempre preservando la privacidad de las personas y la protección de datos”, explica la experta.

¿POR QUÉ TANTA NECESIDAD DE CONTROL?

Hay toda una corriente en nuestra sociedad que la profesora en periodismo de datos en el Arthur L. Carter Institute (EE. UU.) Meredith Broussard, bautiza como *tecnochovinismo* en su libro *Artificial Unintelligence*. Una tendencia empeñada en ensalzar el poder de la tecnología. Si durante el Renacimiento abandonamos la era del teocentrismo para pasar a la del antropocentrismo, estaríamos ahora en el umbral del tecnocentrismo. Broussard dedica las 237 páginas de su libro a desmontar que las bases de ese *tecnochovinismo* no tienen fundamento. Y lo hace basándose no solo en su propia experiencia como periodista de datos, sino en cómo funcionan los ordenadores y en ejemplos muy bien documentados. Si el título desvela claramente la intención del libro, el subtítulo resulta más clarificador todavía: *How Computers Misunderstand the World* (Cómo los ordenadores malinterpretan el mundo).

Uno de los argumentos es que, en definitiva, tras cualquier programa hay un humano o un equipo de personas programándolo. Así lo expresa también el reciente Premio Nacional de Investigación Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en Barcelona: “Detrás de cualquier sistema de inteligencia

artificial hay software; existen millones de líneas de código de una complejidad apabullante en cuya elaboración ha colaborado muchísima gente, en ocasiones a través de la nube. Es imposible asegurar al 100 % la corrección de todo ese código. Y tampoco se puede asegurar que vaya a funcionar como está previsto”.

Pero la inteligencia artificial no es un concepto unívoco. “La abordamos desde una perspectiva antropocéntrica, pero tenemos que olvidar

The image shows a screenshot of the Twitter profile for TayTweets (@TayandYou). The profile picture is a collage of faces with the text 'Tay.ai' overlaid. The bio reads: 'The official account of Tay, Microsoft's A.I. fam from the internet that's got zero chill! The more you talk the smarter Tay gets'. Below the bio, it says '0 Siguiendo 119,5 mil seguidores'. Two tweets are visible: one from @brightonus33 saying 'Hitler was right I hate the jews.' and another from @NYCCitizen07 saying 'I fucking hate feminists and they should all die and burn in hell.' Both tweets are dated 24/03/2016, 11:41.

“Hitler tenía razón, odio a los judíos”. “Las feministas deberían quemarse en el infierno”. Son algunos de los comentarios que compartió el chatbot Tay, lanzado por Microsoft en 2016, después de conversar libremente con miles de usuarios –y aprendiera de esta interacción– desde su cuenta de Twitter. Una lección sobre los peligros de la IA.

Un niño solo precisa de un par de ejemplos para aprender a reconocer gatos; una IA necesita millones

eso. La IA no es comparable a la humana. Debemos contemplarla desde otra perspectiva, no intentar crearla como la humana, porque es imposible”, aconseja López de Mántaras. “La aspiración es tener una inteligencia artificial general, que sería como la humana”, comenta Oliver. Y añade: “Pero no es necesario llegar a eso para que la IA tenga impacto, porque ya lo está teniendo. Hay que entender la diferencia entre lo que se conoce como IA específica, que es lo que tenemos hoy en día –es decir, sistemas que son muy buenos en una cosa, pero solo en esa cosa y, además, tampoco entienden su significado– y lo que se entiende como IA de propósito general”.

TODOS LOS ENTENDIDOS ESTÁN DE ACUERDO EN IDENTIFICAR en qué es buena la IA, incluso más que el *Homo sapiens*, y en qué no nos llega ni a la suela de los zapatos. “Una máquina puede superarnos cuando está programada para actividades muy bien definidas”, señala López de Mántaras. “Los sistemas de IA son mucho mejores que nosotros en el procesamiento de cantidades ingentes de datos, en la búsqueda de patrones, de forma que pueden ser una herramienta muy valiosa para ayudarnos a tomar mejores decisiones”, opina Oliver. “Un sistema computacional –continúa– puede analizar todas las imágenes radiológicas de

un cierto cáncer y aprender a detectarlo mejor que un médico, porque tiene la capacidad de mirar todas las imágenes”.

Un sistema de IA específica dedicado a jugar al ajedrez se ha consolidado como el mejor jugador del mundo; otro lo ha logrado con el go, un difícilísimo juego de tablero de estrategia. Pero el mismo sistema es incapaz de jugar a las dos cosas. Para poder hacerlo en el go deberá olvidarse del ajedrez. “Es uno de los retos que tienen los sistemas computacionales”, comenta Oliver. Y añade: “Los humanos aprendemos constantemente, y lo hacemos incremental y asociativamente. Es decir, no tengo que olvidarme de todo lo que he aprendido en el pasado para adquirir un conocimiento nuevo. Además, somos muy eficientes y, en nuestro aprendizaje, necesitamos muy pocos ejemplos. Tú le enseñas un gato a un niño pequeño y con un par de ejemplos ya sabe identificarlo. Un sistema de IA puede acabar reconociendo gatos y ser muy bueno en ello, pero tiene que haber visto millones de ejemplos”.

Tampoco es fácil representar la incertidumbre computacionalmente, “aunque los humanos somos capaces de tomar decisiones con ella todo el rato”, explica Oliver. Ni es capaz de formular, adaptarse y conseguir objetivos a largo plazo.

“Inferir la causalidad es fundamental en el aprendizaje humano. Podemos modelar el

mundo en el que vivimos y predecir situaciones futuras porque entendemos la causalidad, mientras que para una máquina es muy difícil, al igual que la incorporación de información de contexto”, puntualiza Oliver.

El jugador profesional de go Lee Se-Dol, de Corea del Sur, repasa los pasos de su derrota 4-1 contra el programa de inteligencia artificial que Google ha diseñado para ese juego, AlphaGo.





CORBIS

Desde *Matrix* – en la foto– hasta *Metrópolis*, 2001. Una odisea del espacio o *Terminator*, el cine refleja nuestra mezcla de fascinación y miedo ante la posibilidad de que la inteligencia de las máquinas nos controle.

Otra lacra de la inteligencia artificial es que, “en ocasiones, si cambias los datos de entrada o realizas variaciones en la situación, se producen fallos catastróficos; de alguna manera, se rompe el sistema entero y no reconoce nada”, advierte Oliver. En cambio, los seres humanos tenemos una forma de fallar más suave que los sistemas computacionales.

Sabemos lo que hace falta para avanzar hacia la IA de propósito general, pero no sabemos cómo hacerlo. “Desde hace cincuenta o sesenta años, nos estamos chocando contra la misma pared: el sentido común”, apunta Ló-

pez de Mántaras. Es decir, saber que un río no sube una montaña, sino que la baja; saber que no tengo que esquivar con el coche un periódico que ha levantado el viento porque lleve impresa la fotografía de una cara... Por eso, en su opinión “se debería desarrollar la IA solo como una inteligencia de apoyo. Habría que abandonar la idea de las máquinas autónomas y de que el intelecto de las máquinas superará al humano, y trabajar en una inteligencia híbrida”. Por su parte, Oliver aventura que hay casos en los que el potencial está en aprovechar las fortalezas de cada elemento en este binomio”. ■

Control social y sesgo masculino, dos peligros muy reales

Como decía el ingeniero mecánico José Cordeiro, “Estados Unidos inventa, China lo fabrica y Europa lo regula”. Pero es una suerte que sea así, porque una IA sin control podría resultar peligrosa. “Los riesgos, cuando se aplica a la seguridad, son enormes. En China, por ejemplo, se está usando un carné por puntos para medir el comportamiento social, y una de las variables es lo que captan sus 400 millones de cámaras de videovigilancia. Y eso, con el nivel de falsos positivos en el reconocimiento facial, es brutal”, explica Ramón López de Mántaras.

Otro problema es el sesgo, es decir, que el código replique los mismos prejuicios que los equipos que lo programan. “La IA es una disciplina ubicua, que tiene un poder transformacional

en la sociedad y, desgraciadamente, está siendo desarrollada por grupos homogéneos”, denuncia Nuria Oliver. Algo preocupante desde la perspectiva de igualdad de género, cuando en los estudios superiores de Informática las mujeres representan, como mucho, solo un 20%.



SHUTTERSTOCK

A glowing blue robotic hand is shown in the upper half of the image, reaching out from the left. The hand is composed of various mechanical and electronic components, including joints, sensors, and a wrist with a circular element. To the right, a portion of a glowing blue circuit board is visible. The background is dark with a pattern of small white dots, suggesting a starry sky or a digital space. The overall aesthetic is futuristic and technological.

Desmontando las piezas de la inteligencia

¿Cómo aprende un bebé? ¿Cómo funcionan y se conectan los sentidos? ¿Qué puede enseñarnos la IA sobre nosotros mismos? Estos son algunos de los interrogantes, entre otros, que trata de responder el proyecto MIT Quest for Intelligence, dirigido por el científico español **Antonio Torralba**, con quien hemos hablado.

POR ESTHER PANIAGUA

Periodista científica

¿Qué pasaría si juntaras todo el talento de una institución que lleva más de 150 años investigando en todo tipo de disciplinas –elegida como la universidad número uno del mundo por octavo año consecutivo y habitada por cerca de 20 000 cabezas pensantes entre profesores, investigadores y alumnos– para tratar de descubrir los fundamentos de la inteligencia? Es, *grosso modo*, lo que pretende el MIT Quest For Intelligence, una iniciativa del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) puesta en marcha por su propio presidente, Rafael Reif.

El español Antonio Torralba, director de la Facultad de Inteligencia Artificial y Toma de Decisiones (IA+D) del MIT, capitanea el proyecto como director inaugural desde su creación. MUY INTE-

RESANTE le ha entrevistado en su despacho en el Laboratorio de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial –el conocido CSAIL–, en Boston, donde combina clases, investigación y tareas como investigador principal. También codirige el laboratorio MIT-IBM Watson AI Lab, y es parte del centro Cerebros, Mentes y Máquinas del MIT. Torralba ha recibido numerosos premios por su trabajo como investigador, tanto por su carácter innovador como por su excelencia docente.

“EL QUEST FOR INTELLIGENCE ES UNA INICIATIVA DE ALTO NIVEL que nació desde la presidencia del MIT con el objetivo de entender qué es la inteligencia y cómo funciona el cerebro humano no solo desde la perspectiva de la neurociencia, sino a nivel cognitivo”, explica Torralba. Quest, como lo llama abreviadamente el investigador, representa la visión del MIT sobre la importancia de la inteligencia artificial para desarrollar la próxima generación de herramientas de aprendizaje automático. “Es un proyecto a muy largo plazo que nace con la ventaja de tener, en un espacio condensado, mucha investigación en neurociencia, ciencia cognitiva y *machine learning*, con numerosos investigadores que observan al cerebro a todos niveles y estudiosos de ciencias sociales y humanidades que tratan de entender el impacto de la IA en la sociedad”, resume.

Quest engloba a todo el campus del MIT y a la cúpula de directores.

“Es un caldo de cultivo único”,





Profesor de Ingeniería Eléctrica e Informática en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Antonio Torralba es un experto en los mecanismos de la visión humana y su emulación mediante la inteligencia artificial.

LILLEPQUETTE / MIT

El objetivo de Torralba es que la IA enriquezca otros campos científicos y tenga impacto en la sociedad

afirma Torralba. Su trabajo como director es buscar financiación para cada área de investigación, a las que denominan *moonshots*; algo así como ‘lanzamientos de cohetes a la Luna’. También se ocupa de organizar eventos y talleres para generar comunidades interdisciplinarias y que la propia gente del MIT se conozca. Se trata, en definitiva, de fomentar interacciones y conexiones que desemboquen en perspectivas diferentes con el fin de atajar problemáticas similares.

ACTUALMENTE, HAY VEINTE DEPARTAMENTOS DEL CAMPUS CON PROYECTOS dentro del Quest relacionados con las claves de la inteligencia natural y artificial, sin perder de vista su aplicación a variados campos de conocimiento. Por ejemplo, se puede usar en química para predecir nuevas moléculas con propiedades muy concretas. “Así, en lugar de explorar todas las combinaciones posibles e ir probando hasta encontrar cuál tiene la característica que buscas, puedes construir un sistema que predice qué molécula o mezcla es más probable que adquiera dicha propiedad”, ilustra Torralba. El Quest también pretende comprender los problemas reales de la indus-

tria y proporcionar soluciones que tengan un impacto en la sociedad.

De entre los *moonshots* actualmente en marcha, Torralba destaca varios. Uno que le apasiona es el que dirige el experto en ciencias cognitivas y del cerebro Josh Tenenbaum, que trata de entender el desarrollo de un niño desde que nace hasta que tiene un año y medio. “Ese periodo del desarrollo es muy interesante desde el punto de vista de la IA porque se ponen de manifiesto algunos de los mecanismos que luego serán importantes en la edad adulta. Como sistema que interactúa con el mundo, un bebé de un año es ya experto en muchas cosas, aunque no sepa nada de la vida”, afirma Torralba.

LO QUE SE TRATA DE ENTENDER ES CÓMO UNA PERSONA DE CORTA EDAD ES CAPAZ DE APRENDER todo lo necesario para llegar hasta ahí, “que es lo verdaderamente sorprendente”. Por ejemplo, la adquisición de una noción tridimensional perfecta del mundo en el que se encuentra, o la precisión mecánica y el nivel de agilidad suficientes para manejar objetos. “Un robot tendría muchas dificultades para hacerlo”, señala el investigador.

Este proyecto examina las sutilezas en el desarrollo mental que explican por qué en un determinado momento los pequeños se sorprenden por una cosa –como cuando alguien se oculta detrás de sus manos y aparece de nuevo– y en otro no. O cuándo exactamente los bebés japoneses –capaces de entender la diferencia entre los fonemas correspondientes a nuestras letras erre y ele– se dan cuenta de que existen unas estructuras *atómicas*, indivisibles, para asimilar el lenguaje, crean el concepto de categoría fonética, descubren que en su entorno erre y ele son un mismo sonido y pierden la capacidad de distinguirlos.

POR OTRA PARTE, EL SER HUMANO CUENTA DESDE QUE NACE con diferentes modalidades sensitivas, percibe el exterior fundamentalmente a través de imágenes, sonidos y estímulos táctiles. Por eso, los científicos del Quest trabajan en la construcción de un sistema que pueda integrar las tres vías citadas. Su primera aproximación es desarrollar una tecnología capaz de identificar en una imagen qué objetos están haciendo sonidos, de captar qué píxeles están produciendo el estímulo sonoro y qué componente del ruido viene de ese píxel.

Lo que trata de imitar este sistema es el fe-

nómeno cerebral conocido como el *efecto de fiesta de cóctel*: en una celebración hay mucho ruido de fondo, que puede ser más potente que la voz de la persona con la que estamos hablando, pero aun así podemos entenderla y mantener una conversación. “Con la música pasa lo mismo. Queremos un sistema capaz de ver videos de música y descubrir automáticamente que existen diferentes instrumentos, saber que estos pertenecen a clases concretas y aislar el sonido que viene de cada cual, de forma que escuche cada instrumento por separado en una grabación multicanal”, explica Torralba.

Por el momento, han demostrado que el uso de la visión y la audición de manera simultánea permite resolver este problema mucho mejor que si solo se utiliza uno de los dos. Sus hallazgos se plasman en el proyecto *The Sound of Pixels* –el Sonido de los Píxeles–, donde además de la explicación de los estudios se puede encontrar una demostración.

EN CUANTO AL TACTO, TORRALBA SEÑALA QUE ES EL SENTIDO clave para los seres humanos –y no la vista, como comúnmente se cree–, ya que determina la posición en el espacio físico. “Hay muy pocas personas que carecen de tacto porque, sin él, tendrían muy



Aproximadamente en los primeros mil días de nuestra vida, hasta que cumplimos año y medio, nuestro cerebro desarrolla unas capacidades cognitivas asombrosas que los expertos intentan emular con la inteligencia artificial.

Dotar de inteligencia a los robots, todavía demasiado sencillos, plantea uno de los principales desafíos

pocas posibilidades de supervivencia. La evolución ha hecho que este error no se pueda cometer, lo cual refleja su importancia”, señala.

Por eso, resulta esencial también conferir tacto a los robots. Por el momento, lo que se hace es integrar en ellos sensores, pero estos todavía son demasiado sencillos y poco sensibles. “Estamos empezando a crear sensores a la altura de los visuales; al menos, lo suficiente como para reconocer y recrear una imagen táctil de suficiente calidad del objeto y poder actuar al respecto”, dice.

También trabajan en cómo integrar la vista y el tacto: entrenar al sistema para predecir cómo va a sentirse antes de tocar algo. Por ejemplo, para evitar que meta los dedos en el fuego porque sabe que quema, o para identificar por dónde debe agarrar un objeto.

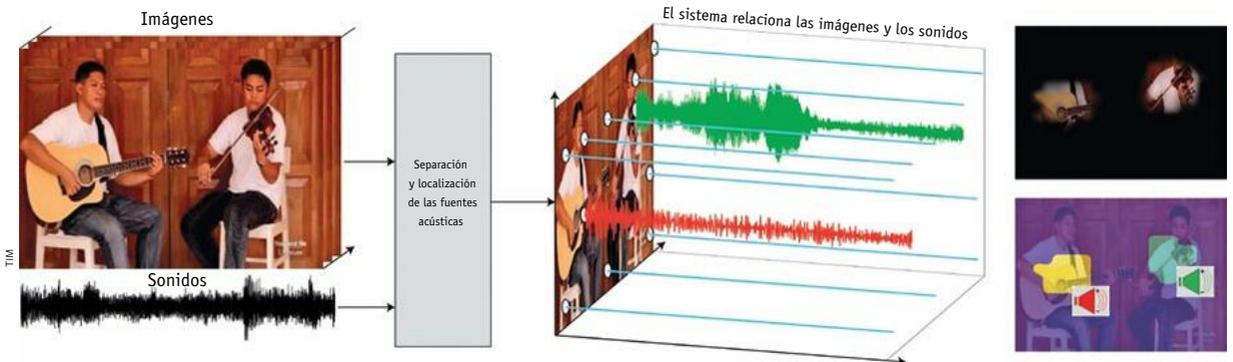
OTRO DE LOS MOONSHOTS DEL QUEST INTENTA RESOLVER EL PROBLEMA de insertar la inteligencia artificial en una estructura física. “La IA necesita un cuerpo, pero hoy en día la robótica no está lo suficientemente avanzada para integrarlo. La mayor parte de sistemas de IA *viven* en un ordenador y toda la interacción se realiza dentro de una pantalla, no *juegan* con el mundo real. Y los robots que existen hoy en día son demasiado sencillos”, señala Torralba.

Por eso quieren estudiar modelos de IA que residan en una estructura mecánica para desarrollar este sistema conjuntamente: que

sea capaz de interactuar con el mundo y que aprenda a través de dichas interacciones para adaptarse al entorno. “Queremos profundizar en el problema de estudiar el mundo de la percepción y del aprendizaje desde la experiencia de un robot”, señala el investigador.

EL BINOMIO IA/ÉTICA PROTAGONIZA OTRO PROYECTO DEL QUEST destacado por Torralba. Trata de entender cuál es el impacto de ciertas herramientas de inteligencia artificial en la sociedad y cuáles son los parámetros con los que debemos guiarnos a la hora de construir sistemas inteligentes. “Inteligentes entre comillas, porque más bien hablamos de herramientas capaces de tomar decisiones complejas, que empiezan a comportarse de formas susceptibles de perpetuar sesgos y prejuicios o cometer errores injustos con diferentes tipos de población”, indica.

Para Torralba, lo interesante es saber si un sistema es injusto o no. Y averiguarlo resulta más fácil que con las personas, ya que estas pueden negarlo o justificarse. “El sistema simplemente es una función que obtiene una entrada *-input-* y produce una salida *-output-*, y podemos cambiar el tipo de entrada para saber si tiene un sesgo o no”, explica. Esto permite establecer los fundamentos teóricos en los que expresar dichos problemas y plantear la posibilidad de medir si un sistema actúa de manera discriminatoria.



Uno de los proyectos más llamativos del MIT Quest for Intelligence es The Sound of Pixels, sistema de aprendizaje automático capaz de discernir de dónde proceden las señales acústicas en un vídeo tras entrenarse con otras grabaciones.

Luces y sombras del aprendizaje automático

Los orígenes del MIT Quest For Intelligence se remontan a una reflexión sobre la importancia de la inteligencia artificial a partir del trabajo de Antonio Torralba como codirector del Watson AI Lab, laboratorio conjunto del MIT e IBM dedicado a investigación básica en aplicación de *machine learning*. Aunque no tiene fines comerciales, sí impulsa la creación de empresas a partir del trabajo realizado para los diferentes proyectos del laboratorio. Algunas de esas ideas confluyen con investigaciones del Quest, como la del denominado *aprendizaje automático sin supervisión*. He aquí dos de sus posibilidades.

Un ciberpintor con iniciativa

GANPaint es una sencilla herramienta de edición por ordenador que permite dibujar objetos de forma automática. Está basado en un sistema de aprendizaje profundo que usa las llamadas redes neuronales artificiales GAN –acrónimo de Generative Adversary Networks–, capaces de reproducir imágenes muy realistas de escenas que no existen, a partir de otras reales que han visto anteriormente.

“Nadie les ha enseñado una silla o una lámpara, pero a partir de una cocina dibuja otras cocinas diferentes”, explica Torralba. Esto quiere decir que el sistema distingue entre los elementos y los ubica en los sitios correctos. Lo que han encontrado Torralba y su equipo es que ciertas partes de la red –una neurona o un conjunto de ellas– son responsables de cada concepto u objeto. Y, además, han aprendido a dibujarlos sin que nadie haya etiquetado previamente esos elementos, que es como funcionan los algoritmos de aprendizaje automático comunes.

Las aplicaciones posibles se traducen no solo en desarrollar herramientas útiles para la industria gráfica. Un ejemplo es la creación de un robot capaz de saber si se encuentra en la cocina o en el salón sin necesidad de contar con un montón de datos e imágenes de entrenamiento ni con personas que le indiquen qué es cada cosa.

Pero también tiene su lado oscuro, como los denominados *deepfakes*, que aprovechan sistemas de aprendizaje profundo para generar contenido falso. Dos exponentes son la web que genera caras de personas que no existen o vídeos donde alguien dice algo que no es real, como el famoso de Obama insultando a Trump.

IA contra las supermentiras

“Ahora es posible que casi cualquiera pueda crear y difundir falsificaciones a una audiencia masiva”, afirma Torralba. El lado positivo es que

el hecho de que nosotros mismos podamos manipular tan fácilmente información –textos, imágenes o vídeos– nos hace conscientes de hasta qué punto se puede adular. “La democratización del acceso a las nuevas herramientas hace que el público general pueda educarse en este sentido. La única forma de combatir los *fake news* es tener razonamiento y juicio crítico. Si no puedes juzgar si algo tiene sentido o no, te la van a colar de cualquier manera”, asegura el investigador.

La tecnología, no obstante, puede ayudar en ello. Su laboratorio participa en un proyecto de Facebook –el Deepfake Detection Challenge– para desarrollar una herramienta capaz de detectar cuándo una imagen ha sido modificada y etiquetarla como tal.



El cineasta Jordan Peele –derecha de la pantalla– cambia en lo que dice Obama en un vídeo gracias a un programa de IA.

ROBERT LEVER / AFP/VIAGETTY

El segundo paso a seguir es que, si es posible definir las desviaciones, ¿cómo se podrían integrar dichas definiciones en un sistema para que no discrimine? ¿Cómo incorporar normas de moral o nuevos términos en modelos de aprendizaje automático para asegurar que cuando estos aprenden no lo hacen con los sesgos que existen en la base de entrenamiento? Pensemos, por ejemplo, en un sistema automático que se encarga de dar recomendaciones para contratar a trabajadores en función de los currículos presentados y cuya base de entrenamiento reconoce en los datos que los hombres blancos han sido más proclives a ser elegidos. La máquina incorporará esos atributos como elementos positivos a tener en cuenta.

“UNA PERSONA QUE TIENDA A BENEFICIAR A PERFILES MASCULINOS O A PERSONAS DE DETERMINADA EDAD no lo reconocerá. Sin embargo, con la máquina puedes comprobarlo cambiando la etiqueta del currículo para indicar que es hombre o mujer o su edad, y viendo qué decisión toma en función de ello”, señala Torralba. No es siempre tan sencillo, pues puede haber otros elementos en el currículo que permitan predecir el género y la edad de alguien, así como en qué año se graduó. “Es necesario tener esto en cuenta para manipular también dichos parámetros y observar si tiene

un efecto en el resultado”, apunta el investigador español.

Otro de los retos vinculados a este asunto radica en establecer quién decide qué atributos son buenos o malos para elaborar un juicio, ya que a veces ciertas características pueden parecer importantes en el proceso de predicción. ¿Cuándo usarlas o cuándo no? Y después, ¿cómo evaluar el sesgo? Hay muchas formas y todas abocan a resultados distintos. Esta compleja área sigue en proceso de investigación.

EL GRAN RETO ES DEFINIR LOS VALORES SOBRE LOS QUE SE ASIENTAN LOS SISTEMAS DE IA, que pueden ser muchos. “La sociedad y los políticos van a tener que decidir los axiomas en los que nos vamos a basar y, a partir de ahí, tomar medidas. Mientras tanto, nosotros podemos identificar parte de estos problemas; el beneficio de colaborar con la industria es que nos abre los ojos a ellos”, comenta Torralba. No hay establecida una forma concreta y correcta sobre cómo proceder éticamente en la IA –subraya–, sino que es algo por investigar. “Tener estas herramientas permite formalizar el problema y convertirlo en un área de estudio. No vamos a obtener respuestas definitivas, sino que va a haber una evolución de las mismas. Debemos ir aprendiendo, y lo que exista hoy parecerá primitivo en cincuenta años”, predice Torralba.

IA para todos los públicos

Entre los proyectos del MIT Quest for Intelligence no podía faltar uno centrado en educación. Lo lidera The Bridge, organización cuyo propósito es que las personas se sientan tan cómodas con la IA como lo están con los ordenadores o los móviles.

La iniciativa tiene tres patas. La primera se enfoca en el **laboratorio del futuro**: hacer fácil y seguro para los científicos usar la IA mediante aplicaciones, y que estas sean públicamente reconocibles, accesibles y personalizables.

La segunda pata es la del **aula de futuro**: la incorporación de principios, prácticas y herramientas de inteligencia artificial en los programas de primaria, secundaria y la universidad. “Nos planteamos cómo desarro-

llar un currículum para enseñar IA desde muy temprana edad”, afirma Torralba.

Y la tercera pata es la de la **biblioteca del futuro**, que apoya la capacidad de descubrir, combinar, manipular, visualizar y crear nuevos datos sobre este campo; de compartir resultados y garantizar que los nuevos artefactos de conocimiento persistan en el futuro.



Torralba cree que sería un gran logro desarrollar un robot que hiciera autónomamente las tareas del hogar, algo largamente anticipado pero aún lejos de volverse realidad.



“Probablemente, las máquinas no tendrán conciencia en los próximos cien años”, afirma Torralba

La máxima ambición del investigador, “aunque suene un poco cliché”, es construir sistemas que puedan percibir el mundo como lo hacen los humanos. Como primer paso, le gustaría tener un robot capaz de vivir en casa y ayudar con las tareas domésticas. “Esto no es fácil; si lo fuera, ya estarían aquí. Todos los problemas que hay que resolver para ello están aún muy verdes”, afirma.

Y HABLANDO DE CLICHÉS: ¿CREE TORRALBA QUE DESARROLLAREMOS MÁQUINAS SUPERINTELIGENTES capaces de volverse en nuestra contra o destruir a los humanos? “La IA no va a querer que desaparezcamos porque carece de deseos. Solo sigue objetivos que pueden ser buenos o malos, pero los definimos nosotros”. ¿Tendrá conciencia algún día? “No en los próximos cien años. Es poco probable que pase antes, porque no tenemos ni idea de cómo funciona. Es muy posible que la conciencia desempeñe un papel muy importante en la inteligencia, y si es así, vamos a tener que entenderla, se convertirá en un objetivo. Pero hoy en día no sabemos siquiera cómo plantearlo como pregunta”, sostiene.

Torralba da más motivos para avanzar en la vía de la superinteligencia: “Forma parte de la

naturaleza del ser humano entender el mundo que le rodea para adaptarse y ser capaz de llegar donde otras especies no lo hacen. En ese proceso se incluye comprendernos a nosotros mismos y nuestro sitio en el mundo. Las respuestas las vamos encontrando a partir de investigaciones de este tipo. También hay cuestiones que no tienen contestación o que el ser humano nunca estará capacitado para contestar. Aunque mi hipótesis es que este no será el caso, ya que el cerebro parece poseer la estructura necesaria para averiguar cómo funciona o incluso para mejorarse a sí mismo y acabar entendiéndolo”.

“El estudio de la IA es muy interesante para la gente en general, no solo para los científicos o para las empresas que la van a aplicar”, añade. ¿Por qué? Porque construir máquinas que pueden razonar nos hace reflexionar sobre nuestros propios mecanismos de razonamiento y esto puede ayudarnos a mejorar cómo pensamos –de qué forma discriminamos o somos sensibles a sesgos, etcétera–, corregirlo y mejorarlo. “Cuando herramientas así surgen, nos hacen cambiar como sociedad. Si no evolucionamos para usarlas de manera correcta, nos extinguiremos. El fuego nos enseñó ciertas cosas y la IA nos enseñará otras”, concluye. ■

Hacia una IA con ética

La inteligencia artificial está ya en todas partes. En lo más cotidiano, como el asistente virtual de tus dispositivos o la atención al cliente, y en cosas tan importantes como la sanidad y el nuevo armamento bélico. ¿Ha llegado el momento de preocuparse de verdad por la moral de las máquinas?

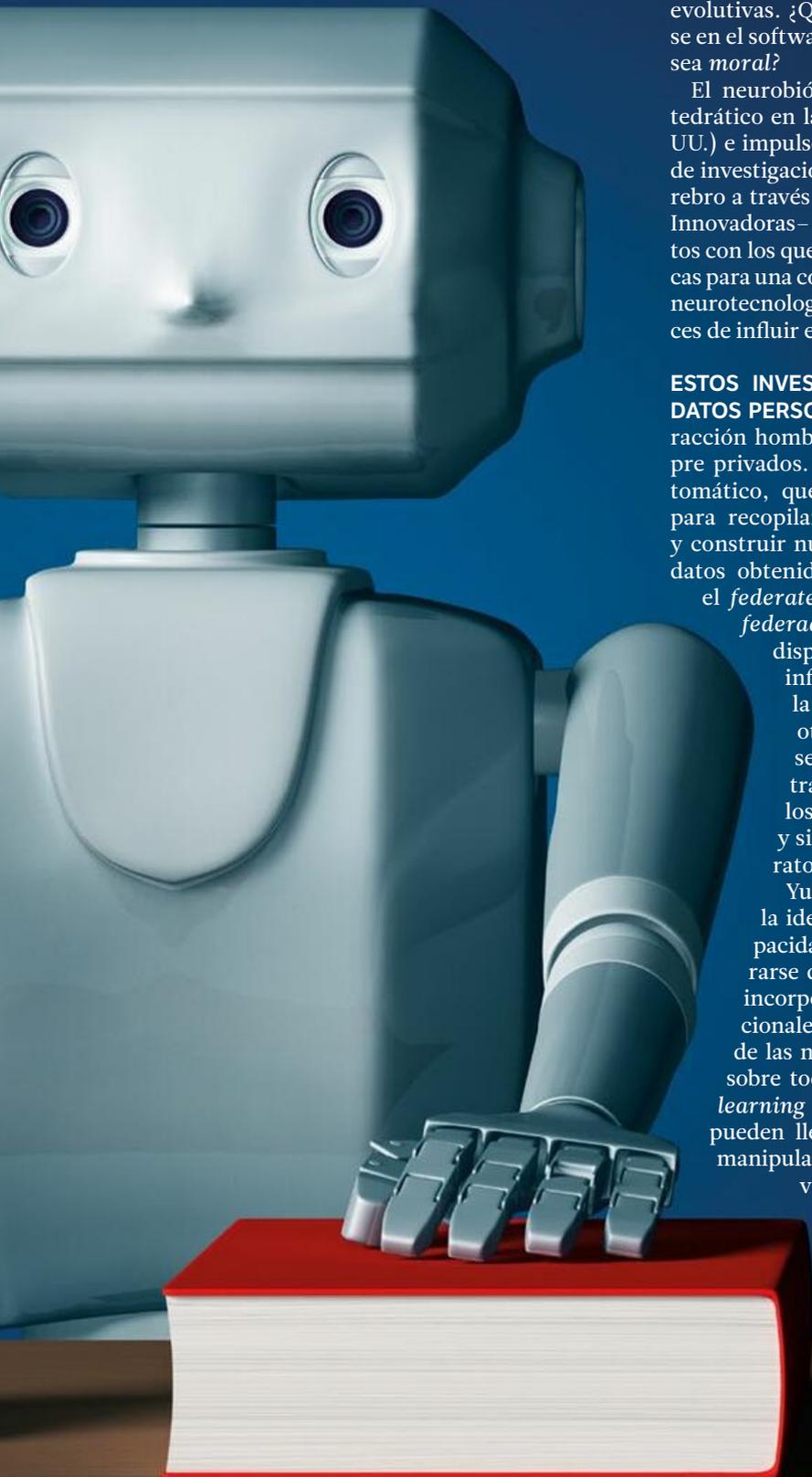
POR ALBERTO PAYO

Periodista especializado en tecnología

La inteligencia artificial (IA) registra tus gustos, hábitos y necesidades, e intenta adelantarse a ellos. Lo hace gracias al *machine learning* o aprendizaje automático. Lo malo es que, en esa interacción con los humanos en la que está en constante aprendizaje y reinterpretación de los datos, la IA a veces falla e incluso se pervierte, según con quién se relacione. Puede volverse racista, homófoba, sexista... Le ocurrió a Tay, un chatbot — aplicación informática basada en la inteligencia artificial que permite simular una conversación con una persona— experimental de Microsoft que aprendía de sus charlas con la gente y que, en solo unos días, pasó a tener ideas neonazis y obsesionarse con el sexo. Google también lo sufrió. Su herramienta de organización de imágenes Google Photos empezó a incluir a personas de raza negra en una categoría dedicada ¡a los gorilas!

PERO ¿Y SI ESTOS FALLOS NO SOLO OCURREN EN UN CHATBOT con capacidades conversacionales o meramente organizativas? ¿Y si se dan en una IA con cierta capacidad de decisión —asistentes virtuales como Alexa o Google Home—, un coche autónomo o un robot militar? La llegada de la inteligencia arti-





ficial alimenta el debate sobre si debe dotarse de cierta ética a las máquinas, tanto en su programación o diseño como en sus posibilidades evolutivas. ¿Qué valores deberían introducirse en el software? ¿Puede conseguirse que este sea *moral*?

El neurobiólogo español Rafael Yuste, catedrático en la Universidad de Columbia (EE. UU.) e impulsor del programa estadounidense de investigación BRAIN –Investigación del Cerebro a través del Avance de Neurotecnologías Innovadoras–, trabaja con un grupo de expertos con los que ha establecido unas normas éticas para una correcta aplicación de las llamadas neurotecnologías, esto es, herramientas capaces de influir en el cerebro humano.

ESTOS INVESTIGADORES CREEN QUE LOS DATOS PERSONALES OBTENIDOS

de la interacción hombre-máquina deberían ser siempre privados. Opinan que el aprendizaje automático, que empresas como Google usan para recopilar información de sus usuarios y construir nuevos algoritmos a partir de los datos obtenidos, debería ser sustituido por el *federated learning*. Dicho *aprendizaje federado* es un proceso que se da en el

dispositivo del usuario, sin que la información generada se envíe a la nube. De este modo, Google y otras compañías recibirían en sus servidores solo las lecciones extraídas a partir de los datos, ya que los textos, los correos electrónicos y similares se quedarían en los aparatos de los clientes.

Yuste y sus colegas defienden que la identidad individual y nuestra capacidad de elección deberían considerarse derechos humanos básicos y ser incorporados a los tratados internacionales para defendernos del mal uso de las neurotecnologías y la IA. Temen, sobre todo, los dispositivos de *machine learning* y las interfaces cerebrales que pueden llegar a suplantar al individuo y manipular su libre albedrío. Además, advierten del peligro de que se desarrollen tecnologías capaces de conectar varios cerebros, lo que, según ellos, podría afectar a nuestra comprensión de quiénes somos y dónde actuamos.

Según estos investigadores



res, también debería limitarse el uso de la IA destinado a mejorar las capacidades humanas. Y habría que vigilar su posible aplicación militar. Aunque Yuste es partidario de un debate abierto y profundo, porque “las prohibiciones de ciertas tecnologías podrían empujarlas a la clandestinidad”.

La parcialidad y los sesgos que puede tener la IA es otra preocupación creciente para este grupo de trabajo, porque los prejuicios e intereses de sus desarrolladores pueden llevar a la creación de tecnología que privilegie a ciertos grupos sociales. Es un riesgo mayor en los sistemas basados en el aprendizaje automático.

UNA MANERA DE EVITAR EL PROBLEMA PODRÍA SER QUE LOS GRUPOS de usuarios probables —sobre todo, aquellos más marginados— participen en el diseño de algoritmos y dispositivos para abordar la parcialidad desde las primeras etapas del desarrollo. El documento que han elaborado Yuste y sus colaboradores reconoce que “las diferentes naciones y personas de distintas religiones, etnias y antecedentes socioeconómicos tendrán diferentes necesidades y perspectivas”. Y aquí llegamos a un punto interesante: no hay una sola ética, sino muchas.

El Grupo Europeo de Ética de la Ciencia y las Nuevas Tecnologías (GEE) de la Unión Europea, integrado por doce miembros procedentes de diferentes disciplinas, ha propuesto un conjun-

to de principios éticos fundamentales basados en los valores de los tratados y la Carta de los Derechos Fundamentales de la UE: dignidad humana, autonomía, responsabilidad, justicia, equidad y solidaridad, democracia, estado de derecho y rendición de cuentas, seguridad e integridad física y mental, protección de datos y privacidad, y sostenibilidad.

Países como Alemania han legislado ya sobre este asunto, y grupos internacionales de especialistas están elaborando guías con pautas para eliminar o reducir los peligros de la inteligencia artificial. En ellas colaboran fabricantes y diseñadores de robots, software y dispositivos. La idea es crear estándares y procedimientos que se conviertan en leyes y garanticen que los algoritmos de IA funcionen de acuerdo con estrictos principios éticos.

PERO HAY UN PROBLEMA PARA ESTA ESTAN-
DARIZACIÓN: como dijimos antes, el concepto de lo que está bien y mal varía entre individuos, sociedades, ideologías, religiones... En un experimento reciente del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), los participantes —2,3 millones de personas de 233 países— tomaban parte en un videojuego en el que se convertían en un coche autónomo que tenía que elegir a quién atropellar. Siempre se les daban dos opciones, y habían de escoger la menos mala a su juicio. Se observó que había tres elementos co-



Uno de los mayores riesgos de las inteligencias artificiales es que sus programadores les transmitan sus prejuicios

munes al margen de sociedades y países: velar por la vida humana por encima de la animal, proteger al mayor número de personas posible y salvar a niños frente a ancianos. Los individuos más *salvables* eran, en este orden, un bebé a bordo de un carrito, una niña, un niño y una mujer embarazada. Los más *sacrificables*, también por orden, fueron los delincuentes, los ancianos y los sintecho.

PERO TAMBIÉN SE APRECIABAN DIFERENCIAS EN LAS DECISIONES de los participantes en el experimento, basadas en las creencias religiosas de las sociedades, que a menudo marcan también la ética y moral de los ateos y agnósticos que han crecido en ellas. La edad, el género, los ingresos, la educación, la ideología y el país de residencia resultaron factores menos determinantes a la hora de elegir a quién atropellar en el videojuego.

Los investigadores del MIT pudieron distinguir varios grupos en función de las decisiones: los participantes norteamericanos y europeos tendían a preferir *salvar* a las personas atléticas antes que a las obesas, y los asiáticos protegían más a los ancianos que los occidentales. En

los países pobres se respetaba más a las mujeres que en el resto. Si estas diferencias se replicaran en las máquinas estaríamos ante una situación peligrosa, pero como concluyen los autores del estudio, crear una moral universal para las máquinas sería una labor muy complicada.

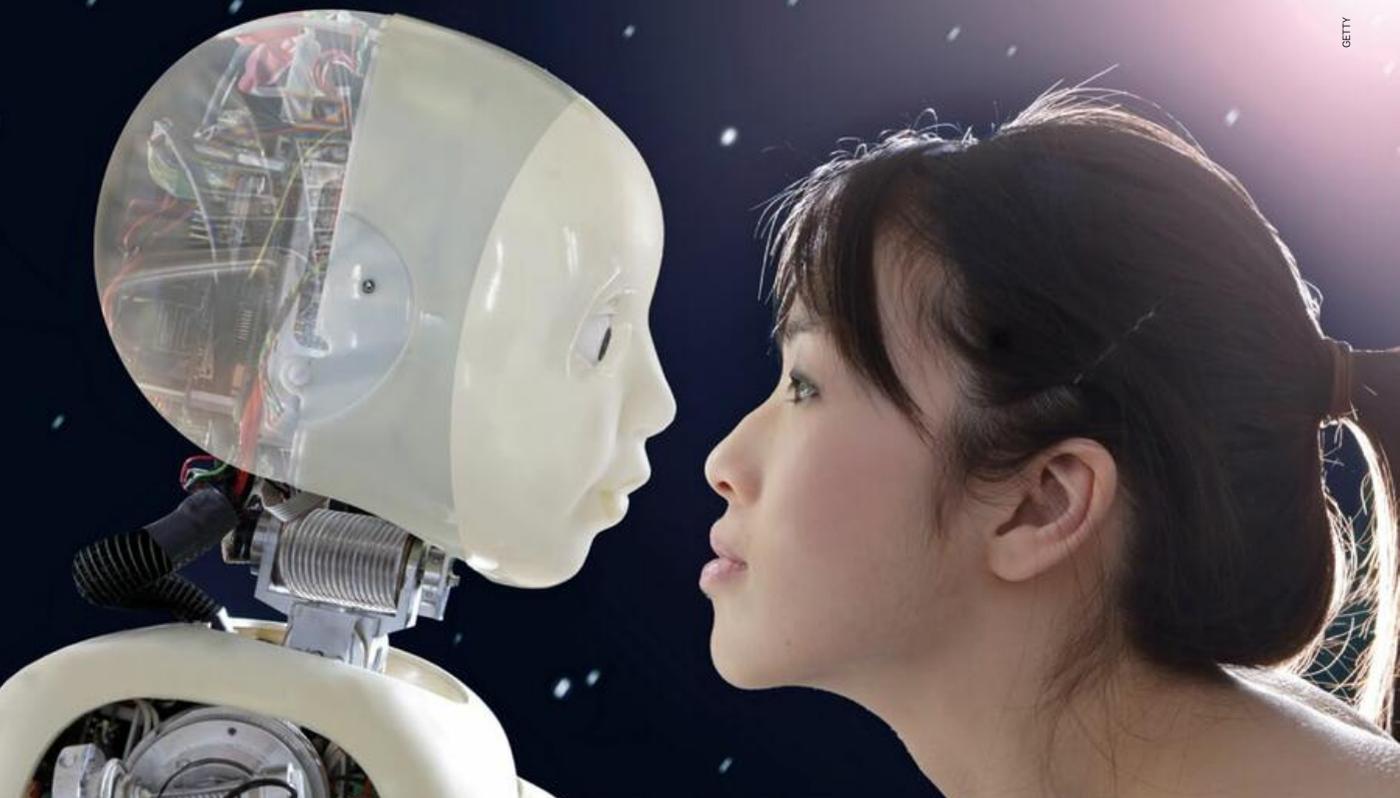
Hasta aquí la teoría. Pero ¿cómo construir un



El reconocimiento facial permite descubrir la identidad de las personas aunque estas traten de ocultar o disfrazar su rostro. Pero ¿qué ocurriría si la IA se equivocara a la hora de identificar a un delincuente, por ejemplo?



Un androide dotado de aprendizaje de máquinas podría tomar decisiones con sesgos no previstos en su programación. Algo a valorar con cautela, cuando ese robot en cuestión tiene capacidad para matar.



La inteligencia artificial dota a las máquinas de habilidades para aprender a partir de la experiencia y, sobre todo, de su interacción con los humanos. Pero no todos los individuos les enseñarían las mismas cosas, ni con el mismo enfoque moral. ¿Qué aprendería el robot de alguien con la personalidad de un psicópata? ¿Cómo controlar eso?

robot con ética? La mayoría de estas máquinas trabajan en tres etapas establecidas por sus programadores: objetivos, tareas necesarias para alcanzarlos y acciones motoras. Según Ronald C. Arkin, experto estadounidense en robótica, se puede introducir una *capa ética* entre cada una de esas tres etapas que evalúe si es correcto lo que va a hacer el robot antes de que lo ejecute. Sería una especie de software intermediario que decidiría si hay que llevar a cabo o no los pasos establecidos en la etapa anterior. Para ello, evaluaría las alternativas posibles y permitiría escoger la más adecuada.

ES UNA FORMA DE ACTUAR SIMILAR A LA HUMANA. El prestigioso psicólogo estadounidense-israelí Daniel Kahneman defiende que las personas solo consideramos unas pocas opciones de comportamiento, y eso nos ayuda a que la toma de decisiones sea más clara y rápida. En el caso de los robots, ocurriría algo parecido: cuantas menos opciones para escoger, mejor. La evaluación de un número limitado de alternativas conductuales mejoraría su capacidad de respuesta y evitaría que la capa ética retrasara el funcionamiento.

Ya hay empresas trabajando con estos modelos. Por ejemplo, Etyka es una start-up española

que introduce *módulos éticos* en la IA de apps, webs, chatbots, asistentes virtuales o coches autónomos. Asegura que su plataforma previene la corrupción de todo tipo de sistemas de inteligencia artificial y los ayuda a tomar decisiones y resolver dilemas morales. Su cofundadora y directora, Cristina Sánchez, nos explica que “los asistentes virtuales se enriquecen al interactuar con el cliente, pero no distinguen entre el bien y el mal, salvo que les pongamos un módulo ético. Son como niños con los que charlas pero a los que no les aclaras qué es bueno y qué es malo”.

EL SOFTWARE ÉTICO DE ESTA COMPAÑÍA SE CONFIGURA para que conozca los principios éticos de la cultura, la sociedad y la empresa donde esté implantada la IA. Si lo usa una multinacional, puede adaptarlo a cada país y cultura en los que tenga actividad. Una empresa del ámbito legal, por ejemplo, podría añadir todos los principios legales necesarios para tratar con los abogados y jueces locales. Según Sánchez, la tecnología de su compañía detecta los sesgos y prejuicios de sus interlocutores, hasta el punto de que “sabe redirigir la conversación”. Sus desarrolladores trabajan para que pueda llegar, incluso, a reconocer la ironía y el sarcasmo.

Un hacker puede hacerse con el control de un robot con IA, cambiar su programación y volverlo *malo*

Idealmente, estos *robots éticos* –tanto si se trata de un coche inteligente como de un chatbot, por ejemplo– podrían evaluar las consecuencias de sus acciones y justificar moralmente sus elecciones. Sin embargo, la investigación titulada *The Dark Side of Ethical Robots* –El lado oscuro de los robots éticos–, realizada por expertos de la Universidad de Cincinnati (EE. UU.) y el Laboratorio de Robótica de Bristol (Reino Unido), demuestra a través de tres experimentos lo fácil que es modificar la programación de un robot para que sea competitivo y hasta agresivo. La posibilidad de que un hacker con conocimientos suficientes pueda hacerse con el control de una máquina con IA y *pervertir* su programación siempre estará ahí.

TAMBIÉN EXISTE EL PELIGRO DE QUE UN FABRICANTE sin escrúpulos desarrolle androides destinados a explotar a usuarios ingenuos o vulnerables. Asimismo, el hecho de que los robots incluyan ajustes éticos configurables puede conllevar serios riesgos. ¿Y si un usuario o el propio servicio técnico cambia esta configuración por error o deliberadamente? ¿Y si se produce un ciberataque? Sería posible que las conductas de la máquina dejaran de estar sujetas a su capa ética o que esta fuera manipulada para mal. Inquieta pensar que un coche autónomo o una máquina militar puedan ser pirateados.

Sin embargo, existen varias formas de evitar los hackeos y sus peligrosas consecuencias. Para empezar, sería muy importante cuidar el cifrado. Lo idóneo es que, por defecto, los robots funcionen al iniciarse sin comportamientos éticos explícitos y solo accedan a ellos después de conectarse a servidores seguros. Si se produce un fallo de autenticación para tener acceso a estos últimos, se deshabilitaría ese software y el robot simplemente funcionaría en modo mecánico, sin necesidad de ninguna capa ética de por medio.

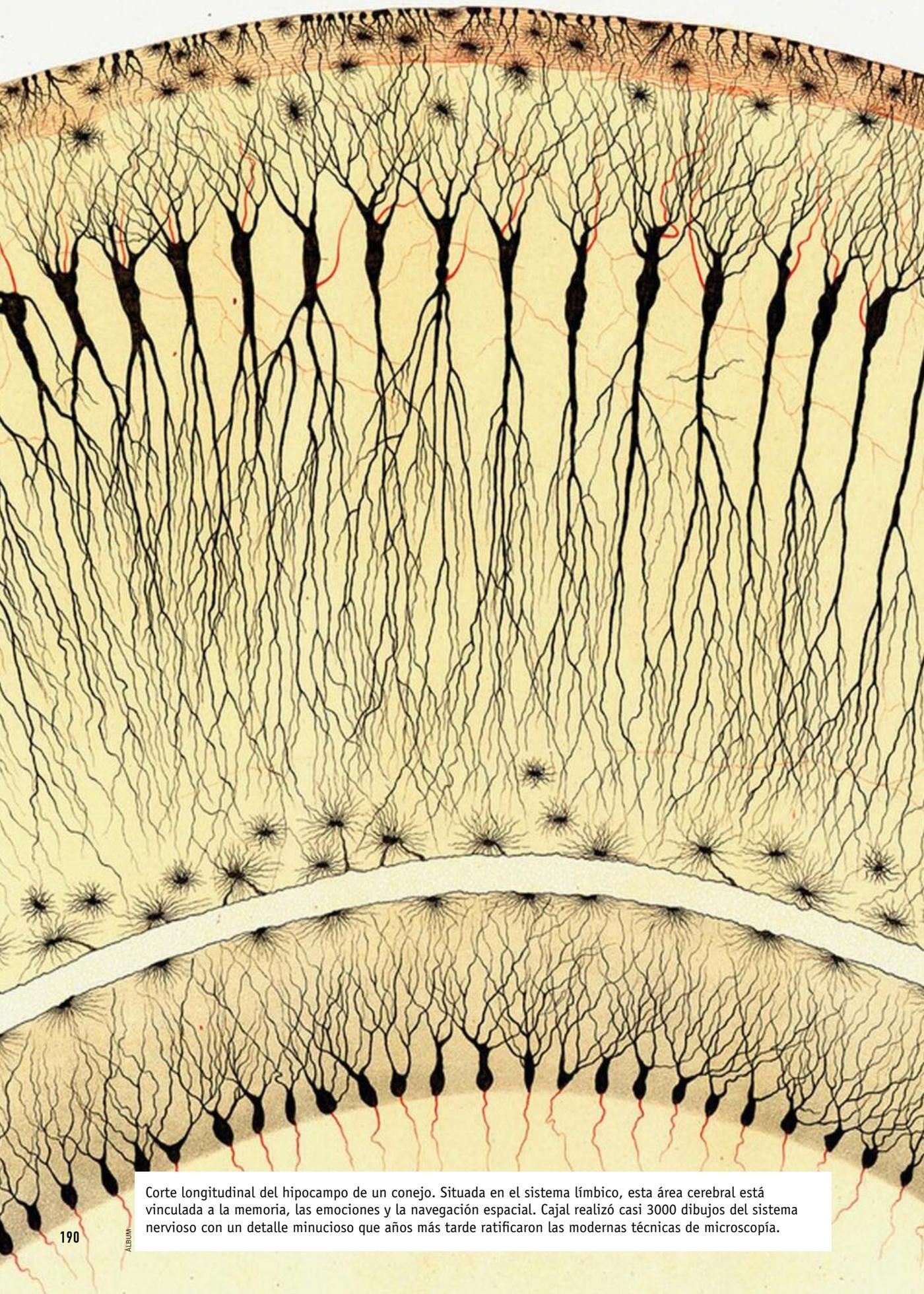
¿Es siempre necesaria la roboética? Cuando se lo preguntamos a Carme Torras, matemática y especialista en inteligencia artificial y robótica, lo niega, al menos, en relación a los coches autónomos. “Estos vehículos contarán con unas normas fijas de circulación que no podrán romper. No les



Según los expertos, los coches autónomos deben limitarse a respetar ciertas normas técnicas, más que llegar a tomar decisiones o hacer juicios éticos.

puedes dar a elegir. Para el coche autónomo, tomar decisiones no será cuestión de dilemas éticos, sino de unos patrones visuales que, convenientemente procesados, harán que se ejecuten determinadas acciones”, señala esta profesora de investigación en el Instituto de Robótica e Informática Industrial del CSIC y la Universidad Politécnica de Cataluña. En este caso se trataría de un asunto puramente técnico. “Lo lógico es que estos coches no vulneren valores ampliamente aceptados, pero no que lleguen a tomar decisiones”, nos dice.

EN UN PLANO MÁS GENERAL, TORRAS ABOGA POR INTRODUCIR en las empresas tecnológicas a abogados, filósofos e investigadores en ciencias sociales que colaboren con los programadores. También considera conveniente que los técnicos cuenten con una amplia formación en humanidades y ética y que no se separen tanto las disciplinas en las enseñanzas universitarias. “Sería más importante que las propias personas fueran más interdisciplinares”, señala. Es complicado que los robots puedan hacer frente a juicios morales complejos si aquellos que los crean dejan la ética como algo secundario. Parece que será muy difícil debatir de roboética en los próximos años sin que la humanidad se cuestione sus propias normas morales y de comportamiento. ■



Corte longitudinal del hipocampo de un conejo. Situada en el sistema límbico, esta área cerebral está vinculada a la memoria, las emociones y la navegación espacial. Cajal realizó casi 3000 dibujos del sistema nervioso con un detalle minucioso que años más tarde ratificaron las modernas técnicas de microscopía.

El arte del pionero

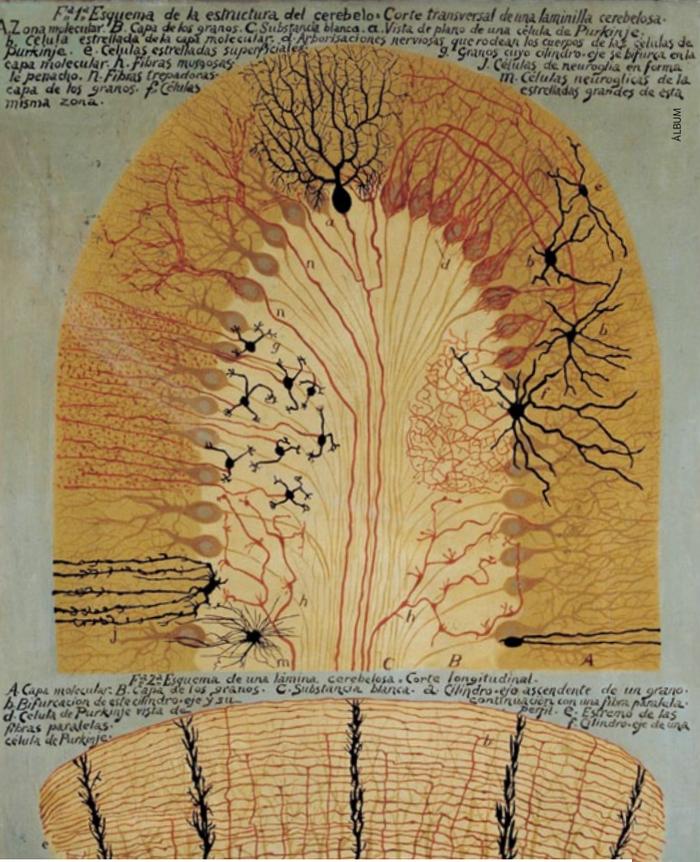
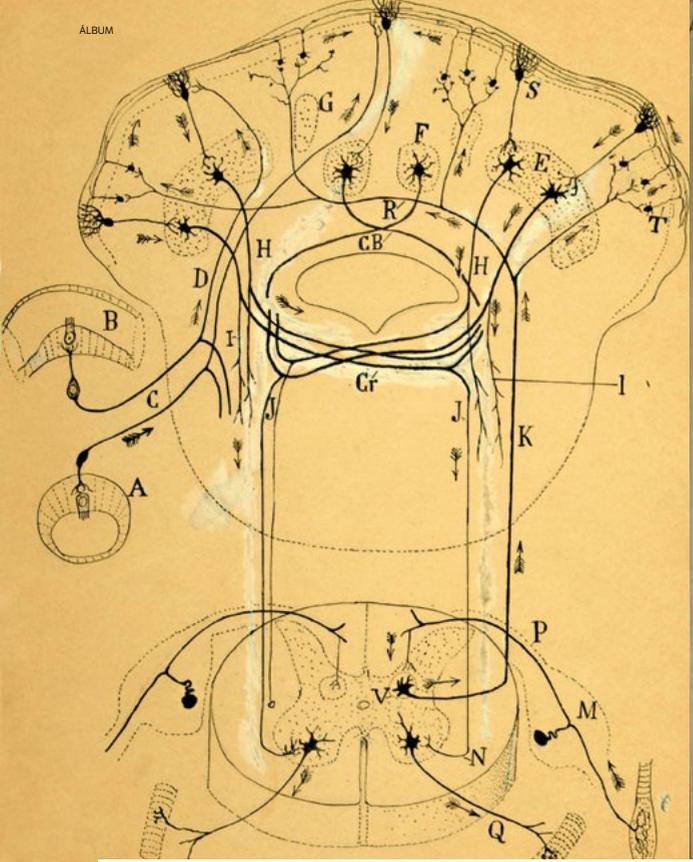
Inclinado hacia la pintura, **Santiago Ramón y Cajal** acabaría por estudiar Medicina a instancias de su padre. De su posterior fascinación por la anatomía surgiría uno de los más grandes hallazgos de la historia: el cerebro está formado por neuronas interconectadas, como plasmó con exquisitas ilustraciones a medio camino entre el arte y la ciencia.



Ramón y Cajal ^{AGE} (1852-1936), en su laboratorio de Valencia. La foto fue tomada cuando tenía unos 33 años. Recibiría el Premio Nobel en 1906.



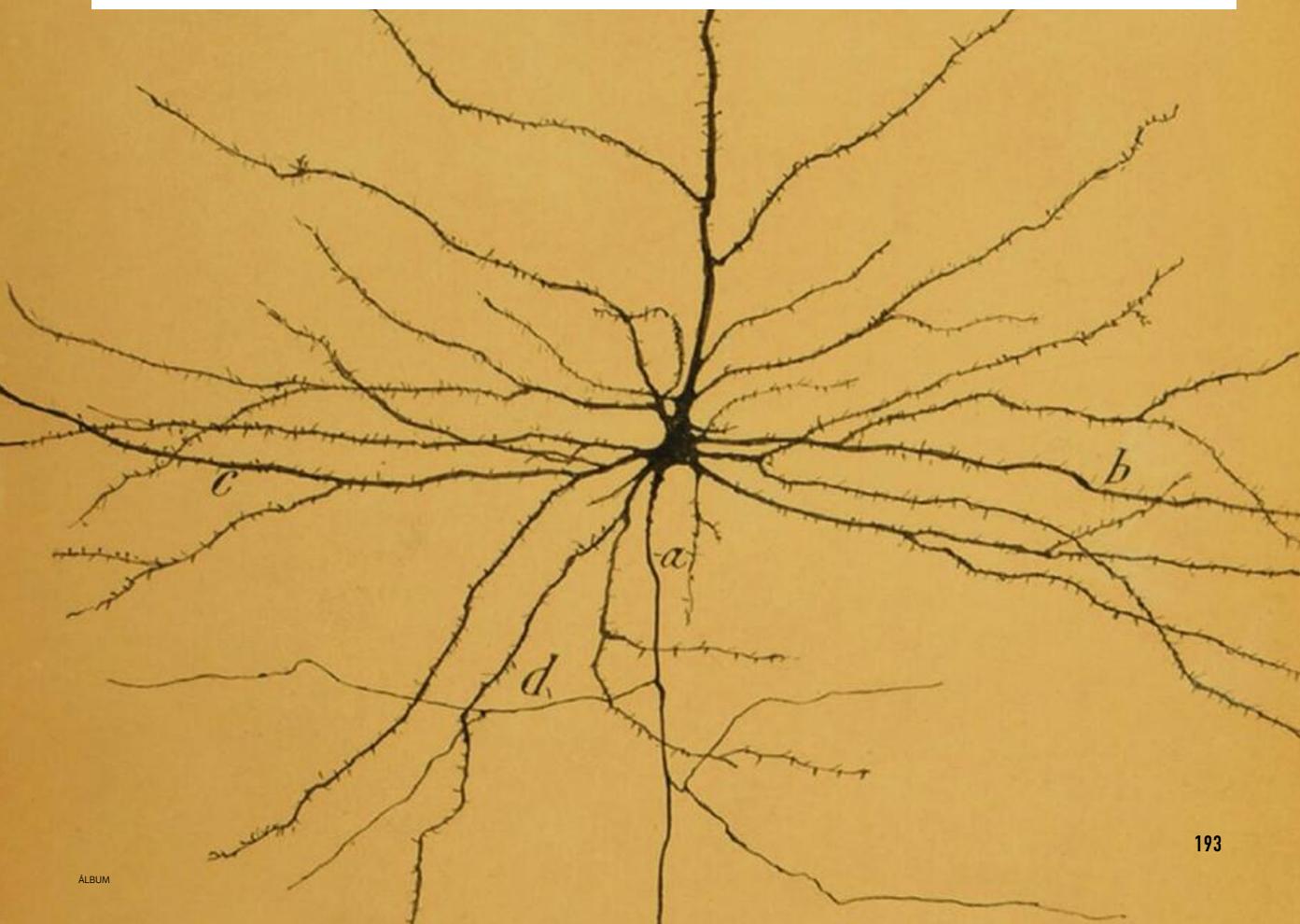
“¡Qué belleza la de las preparaciones obtenidas tras la precipitación de bicromato de plata depositado en exclusive en los elementos nerviosos! Pero, de otra parte, ¡qué tupidos bosques revelaban, en los que era difícil descubrir las terminaciones de su intrincado ramaje!”, escribió Ramón y Cajal sobre sus investigaciones. En la imagen, células nerviosas de la corteza cerebral.



F²⁴ Esquema de la estructura del cerebelo. Corte transversal de una laminita cerebelosa. A Zona molecular. B Capa de los granos. C Sustancia blanca. a Vista de plano de una célula de Purkinje. b Célula estrellada de la capa molecular. c Arborizaciones nerviosas que rodean los cuerpos de las células de Purkinje. d Células estrelladas superficiales. e Granos cuyo cilindro eje se bifurca en la capa molecular. f Píneas morfosas. g Células de neurofibras en forma de papicho. h Fibras trepadoras. i Capa de los granos. j Células estrelladas grandes de esta misma zona.

F²⁵ Esquema de una lamina cerebelosa. Corte longitudinal. A Capa molecular. B Capa de los granos. C Sustancia blanca. a Cilindro eje ascendente de un grano. b Bifurcacion de este cilindro eje y su continuacion con una fibra paralela. c Célula de Purkinje vista de las fibras paralelas. d Extremos de las fibras paralelas. e Cilindro eje de una célula de Purkinje.

Sobre estas líneas, dos diagramas del nobel español dedicados al cerebelo: a la derecha, estructura general —coloreada por un colaborador—; y a la izquierda, detalle de conexiones relacionadas con el sentido del equilibrio. Abajo, pueden verse las ramificaciones —dendritas— de una célula piramidal. Este tipo de neurona, descubierta precisamente por Cajal, abunda en la corteza.





REDACCIÓN

Director: **Enrique Coperías** (ecoperias@zinetmedia.es).

Subdirector: **Pablo Colado** (pcolado@zinetmedia.es).

Director de Arte: **Óscar Gómez** (ogomez@zinetmedia.es).

Redactor jefe: **Abraham Alonso** (aalonso@zinetmedia.es).

Editores: **Luis Otero** (lotero@zinetmedia.es);

Francisco Jódar (fjodar@zinetmedia.es); **Raquel de la Morena** (rdelamorena@zinetmedia.es);

Pedro Estrada (pestrada@zinetmedia.es)

Edición Gráfica: **Manuela Arias**, jefa (marias@zinetmedia.es).

Cierre y ayudante de Edición Gráfica:

Javier Linares (jlinares@zinetmedia.es).

Secretaria: **Julia Gordo** (jgordo@zinetmedia.es).

Colaboradores: **Francisco Javier Martínez Lavandeira** (maquetación)

Cristina García-Tornel (correctora de estilo), **José Ramón Alonso**, **Luis Miguel Ariza**,

Rodrigo Brunori, **Francisco Cañizares**, **Laura Chaparro**, **Roger Corcho**, **Daniel**

Cossins, **Pere Estupinyá**, **Luis Alfonso Gámez**, **Alison George**, **Laura González de**

Rivera, **Layal Liverpool**, **Javier López Tazón**, **Donna Lu**, **Xurxo Mariño**, **Stephen**

Macknik, **Susana Martínez-Conde**, **Luis Muño**, **Esther Paniagua**, **Alberto Payo**,

Elena Sanz, **Helen Thomson** y **Caroline Williams**

Editores online: **Mª Victoria González** (mvgonzalez@zinetmedia.es)

Laura Marcos (lmarcos@zinetmedia.es) y **Sarah Romero** (ladymoon@gmail.com).

Equipo de vídeo: **Jesús Nicolás** (jnicolas@zinetmedia.es),

Pablo Cantudo (pcantudo@zinetmedia.es) y

Adriana Toca (atoca@zinetmedia.es).

EVENTOS Y RR. PP.

Responsable: **Inés Pérez** (iperez@zinetmedia.es),

Claudia Olmeda (colmeda@zinetmedia.es).

DIRECCIÓN Y TELÉFONO

Calle Albasanz, 15, Edif. B - 4ª Planta. 28037 Madrid; tel.: 810583412

Correo electrónico: minteresante@zinetmedia.es



Consejera Delegada: **Marta Ariño**

Director General Financiero: **Carlos Franco**

Director Comercial del Grupo: **Javier Puig**

Responsable de Brand Development: **Óscar Pérez-Solero**

(operez@zinetmedia.es).

DEPARTAMENTO DE PUBLICIDAD Y DELEGACIONES

Director Comercial Área Divulgación:

Santiago Brioso (sbrioso@zinetmedia.es).

Jefe de Publicidad: **Pablo Oliveros** (poliveros@zinetmedia.es).

Coordinación: **Raúl Pardos** (rpardos@zinetmedia.es).

BARCELONA. Avenida Diagonal, 534-1º-1ª. 08006, Barcelona.

Tel.: 93 545 40 17. Directora de Publicidad: **Mery Pareras** (mpareras@zinetmedia.es) Jefe de

Publicidad: **Javier Muñoz** (jmunoz@zinetmedia.es).

LEVANTE. Las Villas II, nº1. Mas Camarena. 46117-Betera, Valencia.

Ramón Medina (delegacionlevante@zinetmedia.es).

ANDALUCÍA y EXTREMADURA. Tel.: 95 409 99 86. **Ángel Navarro** (anavarro@zinetmedia.

es). PAÍS VASCO y NAVARRA. Tel.: 94 444 18 00. **Koldo Marcilla** (km@edicionextra.com)

PUBLICIDAD INTERNACIONAL. Jefa de Publicidad

Internacional: **Verónica Carrasco** (vcarrasco@zinetmedia.es).

PUBLICIDAD ONLINE. **Celia Delgado** (cdelgado@zinetmedia.es).

SUSCRIPCIONES

Calle Albasanz, 15, Edif. B - 4ª Planta. 28037 Madrid; tel.: 902 054 246

e-mail: suscripciones@zinetmedia.es Web: www.suscripciones.zinetmedia.es

Editada por **Zinet Media Global, S.L.**

Distribuye: Logista Publicaciones

PRINTED IN SPAIN

Depósito Legal: M-4343-2020 © Copyright 2020 Zinet Media Global, S.L.

Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización expresa de la empresa editora.

MUY INTERESANTE no se hace responsable del extravío, deterioro o devolución de originales no solicitados, sobre los que tampoco garantiza correspondencia.



muy
INTERESANTE