

FÍSICA

CÓMO EXPLICA
LA CIENCIA EL
FUNCIONAMIENTO
DEL UNIVERSO

TECNOLOGÍA

LA VERDADERA
CONSCIENCIA DE LA
IA A DEBATE

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:

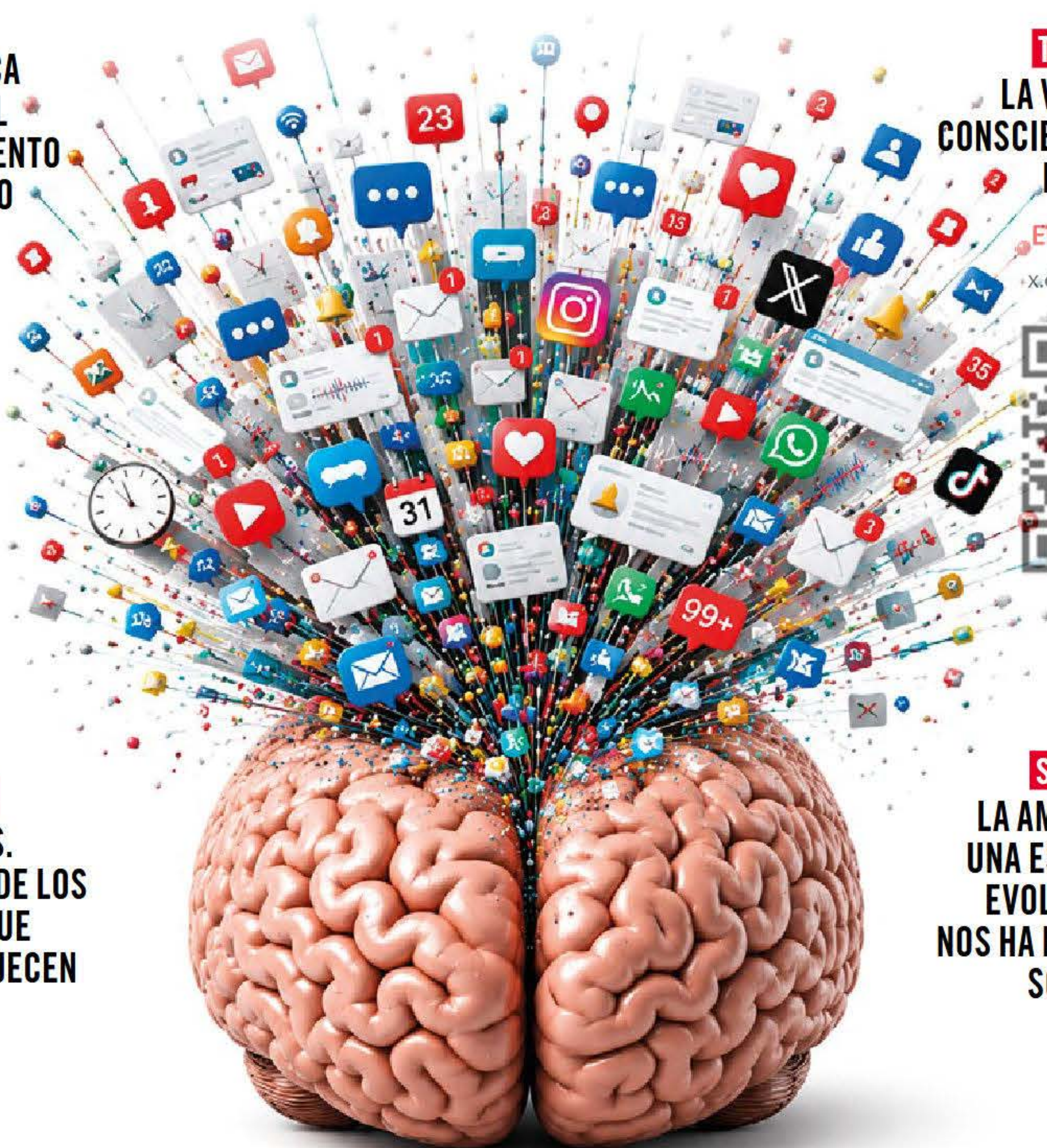


NEUROLOGÍA

SUPERAGERS.
EL SECRETO DE LOS
CEREBROS QUE
NUNCA ENVEJECEN

SOCIOLOGÍA

LA AMABILIDAD.
UNA ESTRATEGIA
EVOLUTIVA QUE
NOS HA PERMITIDO
SOBREVIVIR



¿POR QUÉ NO CONSIGO DESCONECTAR?

LO QUE LA NEUROCIENCIA SABE DE LA MENTE EN ALERTA
PERMANENTE Y CÓMO BAJARLE EL VOLUMEN



HEMISFÈRIC

CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES
VALÈNCIA

NUNCA PIERDAS LA CURIOSIDAD

**¡VIVE TU
EXPERIENCIA!**

RECOMBINATION
MÁS ALLÁ DE
LA MATERIA



OCEANS
OUR BLUE PLANET



**CAMINANDO ENTRE
DINOSAURIOS.**
PLANETA
PREHISTÓRICO.
3D



GENERALITAT
VALENCIANA



LA CIUTAT
DE LES ARTS I LES CIÈNCIES

COMPRA TUS
ENTRADAS





CHAT GPT

Detenerse a mirar



El cerebro humano es prodigioso, sin duda, pero hiperestimularlo tiene un precio. Vivimos enchufados a un flujo constante de mensajes, pantallas y avisos que reclaman nuestra atención casi al mismo tiempo, y saltamos de una cosa a otra como si eso no tuviera ningún coste. Pero la ciencia empieza a preguntarse

qué ocurre cuando estar conectados deja de ser una herramienta y se convierte en nuestro estado permanente. Atención, memoria, aprendizaje, sueño y percepción del tiempo pueden resentirse; y el asunto resulta más delicado durante la infancia y la adolescencia, cuando el cerebro todavía está construyéndose. Quizá por eso la neurociencia nos invita a recuperar algo que parecía pasado de moda: el derecho a parar, aburrirse un poco y dejar que la mente encuentre su propio ritmo. Curiosamente esto tiene mucho que ver con otros estudios que muestran hasta dónde puede llegar la resistencia del cerebro. Los llamados *SuperAgers* conservan después de los ochenta años una memoria extraordinaria y una biología cerebral que obliga a revisar algunas ideas sobre el envejecimiento. También nos preguntamos en este número por qué personas inteligentes cometen errores absurdos, cómo influye el grupo en nuestras decisiones y si esa vieja compañera humana que llamamos estupidez tiene, en el fondo, una historia evolutiva. Estas preguntas sobre la mente conectan con un debate más profundo:

¿produce la inteligencia artificial respuestas brillantes porque comprende, o solo porque procesa? La célebre habitación china de John Searle sigue sin tener una respuesta cómoda. Recorremos también el largo camino intelectual que permitió convertir las danzas celestes en ecuaciones, desde los primeros astrónomos hasta Newton, y descubrimos la biología de la amabilidad, los enigmas de las pirámides y otras historias que nos recuerdan que entender el mundo exige algo más que información, exige tiempo para detenerse a mirar.



Cristina Enríquez
Directora

MUY
INTERESANTE

REDACCIÓN

Directora: **Cristina Enríquez**
(cenriquez@zinetmedia.es).
Coordinador de Diseño: **Óscar Álvarez**
(oalvarez@zinetmedia.es).
Redacción **Carmen Castellanos**
(ccastellanos@zinetmedia.es).
Área digital: **Santiago Campillo**

Colaboradores: **Jorge de los Santos, Cristina Enríquez, Alberto Lombo Montañés, Miguel Ángel Sabadell, Javier Rada, Javier Moreno, Manuel Ruiz Rico, Jorge Mira, Abigail Campos, Manuel Martín Loeches, Fernando Mata, Jonathan Benito, David Pastor Rico, Lucía Sesma, Gema Boiza, José Miguel Viñas, Roberto Piorno, Victoria Pascual, David Chaumel.**
Gabriela Livada (maquetación).

DIRECCIÓN Y TELÉFONO

C/ Alcalá 791.º A - 28009 Madrid - España;
tel. 810583412
Suscripciones: suscripciones@zinetmedia.es
Tel. 910 604 482



Consejera Delegada:
Marta Ariño
Director General Financiero:
Carlos Franco
Director Comercial:
Alfonso Juliá
(ajulia@zinetmedia.es)
Brand Manager:
Marta Espresate
(mespresate@zinetmedia.es)

Editada por **Zinet Media Global, S.L.**
Distribuidor exclusivo en España: Logista
Publicaciones Distribuidor exclusivo en
México: Sefeco México, S.A. de C.V., con
domicilio en calle Corona No. 23, Colonia
Cervecería Modelo,
Municipio Naucalpan de Juárez, Estado de
México. CP. 53330. Tel. (55) 7586 5532.
Número de Certificado de Reserva de derechos
al uso exclusivo del Título MUY INTERESANTE:
04-2025-011715474400-102 de fecha 17 de
enero de 2025 ante el Instituto Nacional del
Derecho de Autor.

IMPRESO EN ESPAÑA. EDICIÓN: 10/2026
Esta publicación es miembro de
la Asociación de Revistas de Información (ARI).
Depósito Legal: M.33.426/1980. ISSN 1130-
4081 © Copyright 2017
Zinet Media Global, S.L. Prohibida su
reproducción total o parcial sin autorización
expresa de la empresa editora.

REPORTAJES

10 ¿Evoluciona la estupidez?

La abundancia de información produce la paradoja de que acabemos encerrados en universos muy estrechos.

16 Cerebro hiperestimulado

La exposición constante a las pantallas podría estar afectando al cerebro, sobre todo a niños y adolescentes.

30 Danzas celestiales

Cómo ha explicado la Física la coreografía del movimiento de las estrellas.

40 SuperAgers

Estas personas poseen cerebros que nunca dejan de renovarse duplicando la producción de neuronas.

50 ¿Puede la IA pensar y tener consciencia?

La verdadera comprensión de la inteligencia artificial sigue creando un intenso debate.

60 El poder de la amabilidad

Esta beneficiosa cualidad se revela como una estrategia que nos permitió sobrevivir como especie.

96 Los secretos de las pirámides

Las teorías del porqué de estos mausoleos egipcios han sido muchas.

110 Robert Louis Stevenson

«Tusitala», el narrador de historias.

ENTREVISTAS

24 Jason Wright

Hablamos con el director del SETi de la Universidad de Pensilvania sobre la detección de vida extraterrestre.

82 Sebastián Celestino y Esther Rodríguez

Los autores de *Tarteso* nos hablan de los misterios de esta civilización considerada la primera de occidente.



FIRMAS

6 Gran Angular

Jorge de los Santos reflexiona sobre los *Gobernantes por sorteo*.

22 Hablando de ciencia

El mapa de España que revela dónde respiramos radioactividad, por Miguel Ángel Sabadell.

38 Tecnocultura

Javier Moreno nos explica cómo cada generación de la IA hereda los errores de la anterior y ninguna copia es perfecta.

48 Neurociencia

El exposoma: la historia escrita en el cerebro, por Manuel Martín Loeches.

56 Nutrición con ciencia

Fernando Mata nos cuenta qué hay detrás de que Alcaraz tomara jugo de pepinillos.

66 Pensamiento crítico

David Pastor Vico pone la atención en la letra pequeña del contrato social.

94 Pinceladas de meteorólogo

Los diluvios leonardinos, contados por José Miguel Viñas.

108 Criminología

Victoria Pascual nos habla de Garavito.

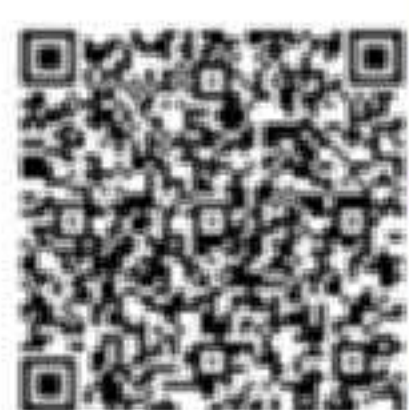
Y, ADEMÁS, DISFRUTA DE OTROS GRANDES TEMAS EN NUESTRA WEB:



Atunes rojos varados en Alicante: de dónde vienen estos gigantes y qué ocurre con su carne.
Por Santiago Campillo



Científicos descubren en rocas de hace 304 millones de años la huella de un calentamiento de más de 7 °C en plena edad de hielo.
Por Christian Pérez



El mar Cantábrico está tan caliente que pulpos, caballas y otros peces empiezan a buscar aguas más frías.
Por César Noragueta



No fue un terremoto: la ciencia tras el colapso del glaciar en Nepal que desató una ola de lodo de 9 metros y arrasó 100 kilómetros.
Por Santiago Campillo



ACCIÓN POR DOÑANA

PROTEGIENDO LO NUESTRO.

Doñana no tiene dueño. Por eso, entre todos queremos recuperar sus ecosistemas y reforzar su protección. Para ello tenemos un plan. El Marco de Actuaciones para Doñana del Gobierno de España nos une en la acción por su futuro. Una inversión en sostenibilidad por su riqueza y valor únicos. Un orgullo colectivo.



Más información aquí



Oficina Técnica
de Doñana



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

POR
JORGE DE LOS SANTOS,
artista y pensador



GOBERNANTE POR SORTEO

PARA LOS ATENIENSES EL CANDIDATO AL PODER NO VENÍA CARGADO DE VIRTUDES, SINO QUE CARECÍA DE ELLAS. AL PODER NO SE ASPIRABA, EL PODER TOCABA. POR ELLO, LOS CARGOS SE SORTEABAN ENTRE LOS CIUDADANOS CONVOCADOS.

Hay cartas privadas que van dirigidas a todos. Un día de abril de 1887, un político inglés de gesto taciturno y poblada barba, profesor de historia, aristócrata y ferviente católico, redacta unas líneas. Van dirigidas a un obispo anglicano de nombre Mandell Creighton. Entre las palabras de la misiva, como emboscada entre otras valoraciones, se lee: «El poder tiende a corromper y el poder absoluto corrompe absolutamente». Esta sentencia es conocida como el *Dictum de Acton*, en honor a su autor: John Emerich Edward Dalberg-Acton, Primer Barón de Acton, Decimotercero Marqués de Groppoli. Simplificado como Lord Acton. La frase que prosigue a esta celeberrima afirmación es menos conocida: «Los grandes hombres son casi siempre hombres malos». Esta segunda apreciación matiza y amplifica la primera. Permite otra lectura más radical. No es solo que el poder sea un corruptor del carácter, es que aquel que aspira al poder (político, económico, cultural...) viene ya corrompido de serie. Encuentra en el poder el territorio de despliegue de su corruptela. El que ansía mandar a los demás tiene en la sesera algún patito que no está en línea. En una reciente entrevista a Fernando Savater se le preguntaba por qué virtudes de más tenían aquellos que hoy detentan el poder. Su respuesta fue inteligente: no es asunto de tener más virtudes que los demás, es más bien asunto de tener menos. Se entiende a qué virtudes se refería. Menos empatía, menos principios de realidad, menos modestia, menos respeto a la verdad, menos sentido ético. Un poco aquello que el personaje de Chus Lampreave cuando en la película *Mujeres al borde de un ataque de nervios*, la presidenta de la comunidad de vecinos le insiste, mientras Lampreave barre la escalera, sobre si le está diciendo la verdad. «¡Si yo pudiera mentir iba a estar aquí!», responde airada la limpiadora. El que no puede mentir no puede aspirar al poder. Nunca presidirá nada.

Los atenienses desconfiaban ferozmente del que aspira al poder. Veinticinco siglos antes de que Lord Acton redactara esa carta, ya habían detectado ese fenómeno y tomado medidas para evitarlo. Sabían, en primer lugar, que alguien que aspiraba a ostentar el poder estaba poseído por la peligrosa manía de la *hybris*. Se creía un dios. Guiado por la soberbia, se otorgaba unas capacidades que en realidad eran unas discapacidades y estaba envenenado por una ambición que a lo único que podía conducirle (a él y a los que estuvieran bajo su dominio) es a la *hamartia*. Al defecto fatal. A errar, inevitablemente, el blanco. Sabían que detrás de esa aspiración se encontraba un idiota. Alguien que iba a primar lo miserable de sus intereses sobre la sacralidad de lo público. Sabían que bajo el afán de poder se iba a construir toda una élite de gobierno que beneficiara siempre a los acólitos, a los palmeros, a los que le rieran las gracias al soberbio pretendiente al poder. Sabían que alguien así haría cualquier cosa por lograr su objetivo, sin importarle mentir a la ciudadanía, enmascarar sus decisiones personales como un bien común, apoderarse de todos los contrapesos que pudieran coartar su ilimitada ambición al poder. Y sabían, en definitiva que el ansioso de poder no venía cargado de virtudes sino despojado de ellas. Para evitar eso introdujeron, en su sorprendente democracia, un mecanismo insólito: el sorteo. Uno no aspira al poder, a uno le toca el poder. Un rato. Durante un corto espacio de tiempo que le prevenía de la inevitable corrupción que conlleva ostentar el poder. En la breve y fascinante democracia ateniense no existía una figura de la máxima autoridad (ni Presidente de la República ni Jefe de Estado). El poder residía, sintéticamente y entre otras, en una serie de agrupaciones ciudadanas organizadas jerárquicamente. En la cúspide estaba la Asamblea: la *Ekklesia*, origen etimológico del término «Iglesia» y que en su literalidad significaba algo así como «asamblea de ciudadanos convocados» (nótese que dice «convocados» y

“ Bajo el afán de poder se iba a construir toda una élite de gobierno que beneficiara siempre a los acólitos, a los palmeros, a los que le rieran las gracias al soberbio pretendiente al poder ”

no «electos»). La *Ekklesia* tenía el dominio sobre la guerra y la paz, sobre el control de los «estrategas», ostentaba el poder legislativo y la decisión sobre política exterior. Todo ciudadano ateniense podía voluntariamente formar parte de ella. Los «estrategas» eran de los pocos cargos electos porque se suponía que tenían que tener ciertas atribuciones técnicas y méritos probados en terrenos como la guerra, la magistratura o la economía (Pericles, por ejemplo, fue uno de ellos). La *Bulé* o «Consejo de los Quinientos» preparaba el orden del día de la *Ekklesia*, se encargaba de asuntos de gestión cotidianos y orientaba la acción política. Sus quinientos miembros adquirirían el cargo por sorteo. Los arcontes eran el cargo ancestral de la magistratura. Se les nombraba también mediante sorteo. La *Helia* (tribunales populares) impartía justicia y estaba compuesta por millares de ciudadanos, todos elegidos por sorteo. Nadie podía aspirar a un cargo político. Nadie podía anclarse a un cetro que ni siquiera existía. Solo así podían cumplirse los tres fundamentos radicales de la democracia ateniense: «isocracia» (igualdad de acceso a los cargos públicos), «isonomía» (igualdad real ante la ley) e «isogoría» (el mismo derecho de todos a expresar su opinión). Sin esa triada no se podía hablar de democracia. Aristóteles en el libro IV de su obra, *Política*, escribe: «Parece ser democrático que los cargos se den por sorteo, y oligárquico que se den por elección; democrático también que no se basen en la renta, y oligárquico que dependan de la renta». Más claro, agua.

Flaubert, en *La educación sentimental*, tiene un personaje pintoresco, Monsieur Dambreuse. El au-

tor lo describe así: «[...] Venerando con tanto amor al poder que hubiera pagado por dejarse comprar». El que hasta pagaría por venderse. Aquel corrupto cuyos firmes principios, siguiendo a Groucho Marx, pueden ser cambiados a conveniencia del interlocutor siempre que salga ganando. Unos diecinueve siglos antes, Terencio ya había creado el personaje: el «mandibulario». El que para saber lo que piensa solo necesita saber qué necesita para mandar. Ambos prestamente dispuestos, entre otras degradaciones, a la «corrupción de principios». Con los Monsieur Dambreuse y los mandibularios como dueños y señor del poder no es de extrañar que un sistema democrático basado en las asambleas por sorteo que deje al cretino, al corrupto y al boca chancra en su casa se nos haga inconcebible. Y lo que es peor: inviable. En tiempos de oligarquías (con una veladura cada vez más fina de democracia), de listas cerradas con elecciones predeterminadas, de desigualdades como nunca conoció nuestra historia, de procesos de subjetivación que premian al megalómano y al psicópata, en los que donde dije Diego es el único principio ético, el hecho de que ciudadanos anónimos sin más pretensiones que hacer el

bien ni más vocación que la empatía se nos hace risible que puedan llevar algo el control de esta barcaza a la deriva. Qué raros esos antiguos atenienses que hicieron posible, antes que lo detectara el Lord, que la corrupción no pudiera ser una aspiración. Que no hay candidato al poder bueno. Que mejor un líder rifado que un líder que aspira a serlo. ▣

El que aspira al poder se cree un dios y, guiado por la soberbia, se otorga unas capacidades que en realidad no lo son. Además, está envenenado por una ambición que le conduce a errar.





EL PARCHE TÁCTIL PARA SENTIR LAS TEXTURAS DE UNA PANTALLA

ASC

Un equipo de investigadores presentó en 2025 un parche háptico fino y flexible que se adhiere a la piel y puede reproducir sensaciones asociadas a superficies y objetos virtuales. El dispositivo, que aún es un prototipo experimental, no transforma físicamente la pantalla: convierte información digital en pequeños estímulos mecánicos que la piel interpreta como presión, vibración, relieve o textura. El avance apareció en la revista *Science Advances*.

Su elemento clave es una matriz de actuadores de elastómero dieléctrico

con forma de cono aplanado. Al recibir voltaje, cada unidad se deforma y ejerce fuerzas localizadas sobre la piel. Controlando qué actuadores se activan, con qué intensidad y durante cuánto tiempo, el sistema genera patrones espaciales y temporales diferentes. En las pruebas, los usuarios distinguieron texturas virtuales y reconocieron formas tridimensionales mediante el tacto.

El parche también incorpora sensores ópticos y comunicación inalámbrica, lo que permite transmitir estímulos táctiles en tiempo real entre dos personas o sincronizarlos con entornos de realidad virtual y aumentada. Esto

podría aportar mayor realismo a videojuegos y simuladores, facilitar la teleoperación de robots o ayudar a personas con discapacidad visual a recibir información del entorno.

Sin embargo, todavía no permite sentir cualquier material con total fidelidad. Reproducir propiedades como temperatura, humedad, fricción o dureza exige combinar distintos tipos de estímulos. Además, quedan por resolver la autonomía, la comodidad prolongada, la seguridad eléctrica y la fabricación a gran escala. Por ahora, demuestra que el tacto digital puede ir mucho más allá de una simple vibración.

DESCUBREN ORO DENTRO DE LAS AGUJAS DE ABETOS EN FINLANDIA

Un equipo de la Universidad de Oulu y del Instituto Geológico de Finlandia estudió 138 muestras procedentes de 23 árboles próximos al yacimiento aurífero de Tiira, en el norte del país y encontró que cuatro contenían oro. Mediante microscopía electrónica de alta resolución y técnicas de secuenciación de ADN, detectaron diminutas nanopartículas de oro dentro de las agujas de varios abetos rojos. Eran cantidades ínfimas: entre 0,2 y 2,8 microgramos por kilogramo de agujas secas. Lo más interesante es que el metal aparecía dentro de los tejidos vegetales y asociado a bacterias endófitas, microorganismos que viven en las plantas sin dañarlas. Los investigadores creen que estas bacterias podrían transformar el oro disuelto en nanopartículas sólidas mediante un proceso de biomineralización. El descubrimiento, publicado en *Environmental Microbiome*, no convierte a los abetos en una fuente de oro, pero sí podría resultar útil para localizar yacimientos ocultos, pues el hallazgo significa que los árboles pueden incorporar pequeñas cantidades de oro desde el suelo. Analizar árboles y microorganismos permitiría detectar metales sin recurrir desde el principio a perforaciones costosas e invasivas.



CHATGPT/CHRISTIAN PEREZ

LOS LOROS PODRÍAN UTILIZAR NOMBRES PARA DIRIGIRSE A PERSONAS Y OTROS ANIMALES

La extraordinaria capacidad de los loros para imitar la voz humana siempre nos ha fascinado, sin embargo, la mayoría de las veces esa habilidad se ha interpretado como una simple reproducción mecánica de sonidos, sin prestar demasiada atención al contexto en el que los utilizan. Sin embargo, un equipo de investigadores de la Universidad del Norte de Colorado, la Universidad de Pittsburgh en Johnstown y varias instituciones austriacas quiso comprobar si había algo más. Sus resultados, publicados en *PLoS One*, en abril de 2026, apuntan a que muchos loros domésticos no se limitan a repetir los nombres que escuchan en casa, sino que parecen asociarlos con individuos concretos, otros animales e incluso consigo mismos, y utilizarlos en situaciones sociales.

En lugar de estudiar aves silvestres, los científicos recurrieron al proyecto internacional The Many Parrots, una red colaborativa que recopila información sobre aprendizaje, cognición y comportamiento vocal de loros que viven con personas. Analizaron datos de 884 aves. Casi la mitad, el 47 %, pronunciaba nombres, pero lo más revelador apareció al estudiar cuándo y para qué los usaban. En 88



SHUTTERSTOCK

aves de 30 especies, los nombres aparecían al saludar, despedirse, reclamar atención o referirse a una persona o animal determinado. Algunas incluso empleaban apodosos o decían su propio nombre para hacerse notar. El estudio no demuestra que los loros inventen nombres como los humanos, pero sí que pueden aprenderlos y utilizarlos con una flexibilidad comunicativa sorprendente.

¿SE PUEDE HACER CRECER DIENTES HUMANOS?



ASC

Sí, pero todavía solo de forma experimental. La investigación más avanzada intenta activar gérmenes dentales latentes. No busca fabricar una pieza artificial, sino reactivar los brotes dentales dormidos que todos llevamos en la boca sin saberlo. En octubre de 2024, investigadores del Hospital de la Universidad de Kyoto iniciaron el primer ensayo clínico en humanos con TRG-035, un anticuerpo que bloquea la proteína USAG-1, encargada de frenar el desarrollo dentario. Al bloquearla, lograron que ratones con agenesia congénita desarrollaran dientes y obtuvieron resultados prometedores en otros animales.

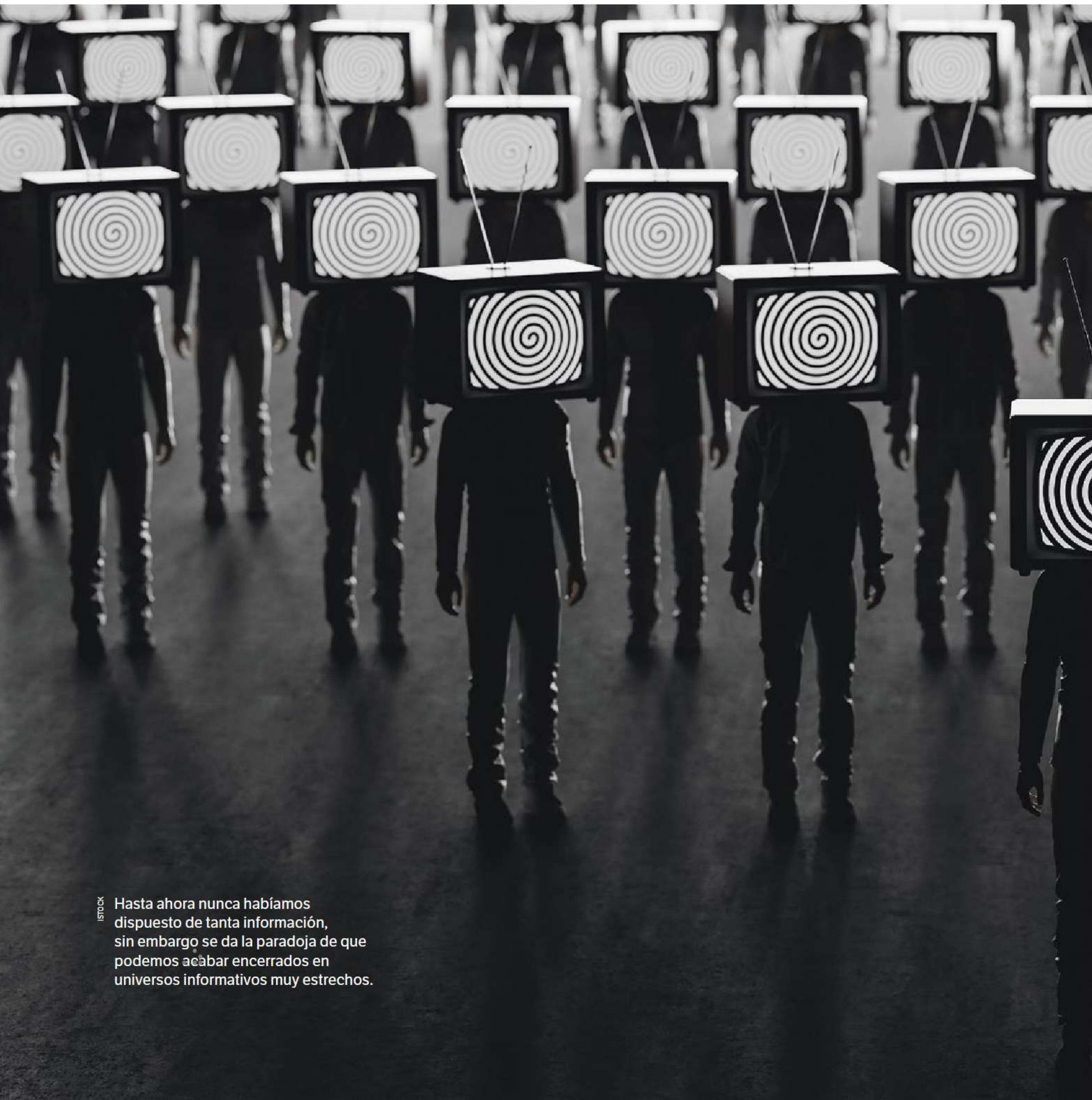
El proyecto anunció un ensayo de fase I en Japón para evaluar seguridad y dosis en adultos, antes de estudiar su eficacia en niños con oligodoncia, enfermedad rara en la que faltan seis o más dientes desde el nacimiento. La fase actual incluye a 30 hombres de entre 30 y 64 años, cada uno con al menos un molar faltante. El objetivo es evaluar la seguridad y la dosis, no observar dientes nuevos.

A día de hoy, no se han publicado resultados que demuestren el crecimiento controlado de dientes completos en pacientes. Tampoco sabemos si el método funcionará para reponer piezas perdidas por caries, periodontitis o traumatismos, pero sabemos que existen otras líneas de investigación, como cultivar tejidos dentales con células madre o regenerar pulpa, dentina y esmalte. Estas técnicas pueden reparar partes del diente, pero crear uno entero, con raíz, nervios, vasos y una posición correcta en la mandíbula, sigue siendo un reto. La ciencia se acerca, aunque todavía no puede recetar dientes nuevos.

FE DE ERRATAS. El autor de la entrevista al paleontólogo Paul Sereno publicada en la revista MUY Interesante nº 542 es obra del periodista Thomas Villa.

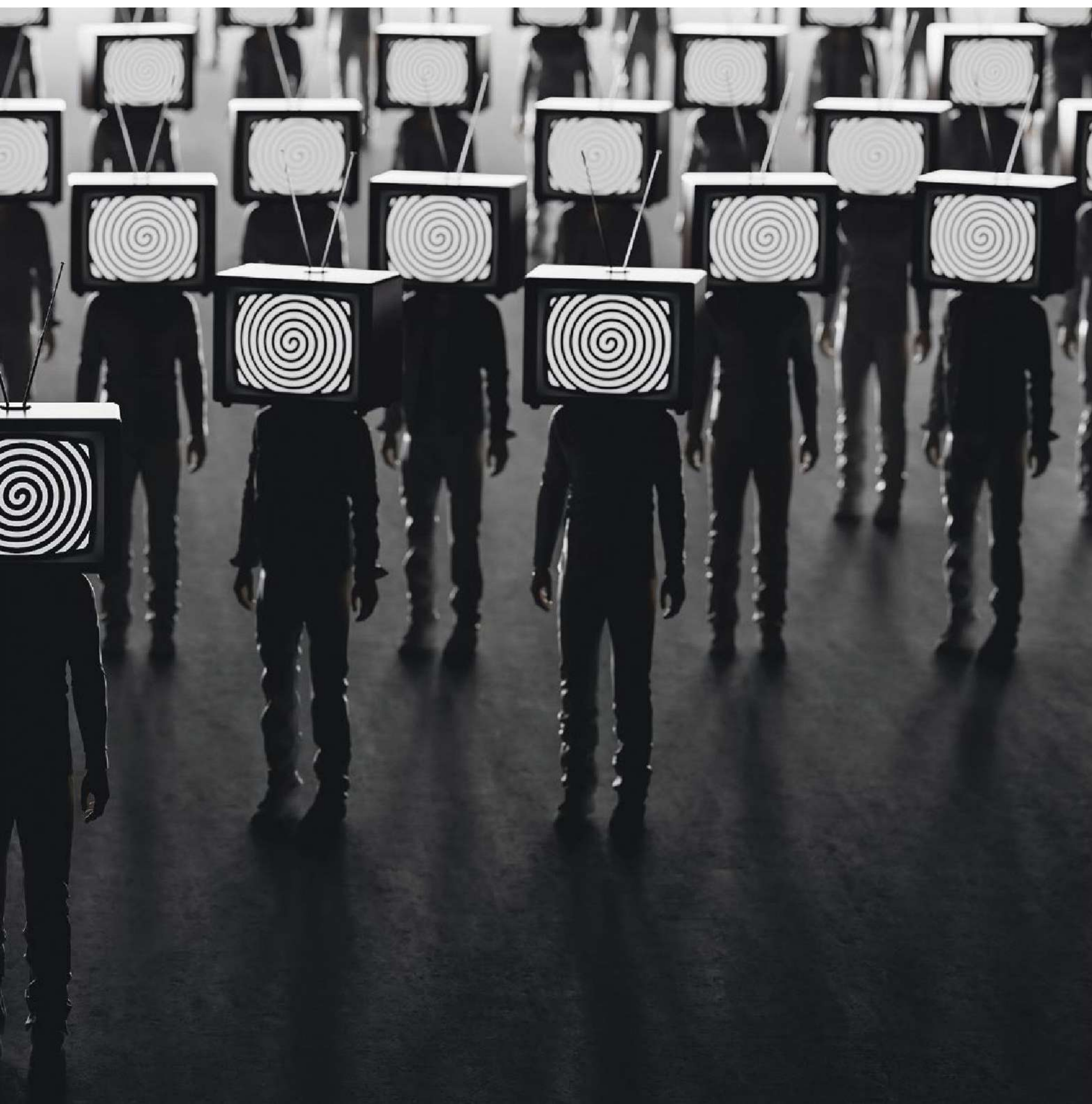
¿EVOLUCIONA

POR ALBERTO LOMBO MONTAÑÉS, prehistoriador



ISTOCK Hasta ahora nunca habíamos dispuesto de tanta información, sin embargo se da la paradoja de que podemos acabar encerrados en universos informativos muy estrechos.

LA ESTUPIDEZ?





hora los necios, se pueden cuantificar, decía Umberto Eco, son 300 millones de navegantes de la web. Si somos más necios que antes, ¿cómo es que ha evolucionado una cualidad tan negativa para la supervivencia de la especie? Nacemos ingenuos, dicen algunos,

aunque no es del todo cierto. En la naturaleza no todo es digno de confianza, así que la mayoría de seres vivos cuentan con estrategias defensivas nada más nacer. Una de las más comunes son los rasgos faciales de los recién nacidos, hasta las crías de león nos despiertan, no por casualidad, cierta ternura. Esto es así porque determinadas formas, como las orejas y ojos redondos, son señales inhibitorias de violencia y aunque no siempre funcionan, pueden proteger a las criaturas indefensas de posibles ataques. Estos rasgos son utilizados por los diseñadores de muñecos o dibujos animados como Mickey Mouse o *El Rey león*.

Adán y Eva fueron engañados por la serpiente, se supone que la primera humanidad era inocente, ¿no dicen algunos que la ignorancia es la felicidad? Es entonces normal, que un animal tan antiguo como la serpiente engañara con tanta facilidad a los primeros humanos (más sabe el diablo por viejo que

por diablo). Los relatos bíblicos no iban desencaminados. Una planta, la venus atrapamoscas por ejemplo, es capaz de engañar a un insecto, ¿es más estúpido el insecto que la planta? La estupidez es juego intraespecífico y ciertamente tiene que ver con la ignorancia.

LA ADAPTACIÓN CONTINUA A UN MUNDO TECNOLÓGICO

Según los estudiosos de la agnotología Robert Proctor y Londa Schiebinger, vivimos en una era de ignorancia. ¿Cómo se concibe pues tal estado de ignorancia en un mundo cuya tecnología no para de crecer? ¿Por qué, afirma Nancy Tuana, lo que una vez fue conocimiento, ha sido borrado de la faz de la Tierra? A la primera pregunta se puede responder con la lógica, el conocimiento técnico avanza muy rápido, demasiado rápido y nos estamos adaptando al ritmo de los nuevos medios de comunicación. Los jóvenes son los primeros en adaptarse, la adolescencia es una forma de estupidez, un periodo hecho para cometer estupideces, por eso caen una y otra vez en los trucos, bulos y trampas de la web. La fórmula es sencilla: a cuanto más conocimiento más aumenta el peligro de la ignorancia en una especie. Necesitamos prolongar nuestra etapa de aprendizaje para adaptarnos a la evolución tecnológica y la única manera de hacerlo es cometiendo errores. En estos momentos hay un tremendo desajuste entre



SHUTTERSTOCK

La mayoría de especies cuentan con estrategias defensivas nada más nacer, incluso los leones. Las orejas y los ojos redondos, por ejemplo, son señales inhibitorias de violencia y pueden proteger a las crías de los ataques.



ASC

La Biblia relata como Adán y Eva fueron engañados por la serpiente, en un momento en que la humanidad era inocente y la ignorancia era la felicidad. En la imagen, *Adán y Eva* de Tiziano, obra del Museo del Prado.

el ritmo biológico y el ritmo tecnológico, cuando se encuentren, en un futuro próximo, se dará un paso importante en nuestra evolución cultural.

La segunda cuestión deriva de la primera. Para hacer esto, se suele dejar atrás otros conocimientos ahora considerados inservibles. ¿Quién sabe hacer hoy fuego o tallar una lasca levallois? Los conocimientos de los neandertales sobre la naturaleza iban a la par que sus habilidades sensoriales. Se ha dejado atrás una sensibilidad adaptada a un entorno natural por una hecha a imagen y semejanza de los entornos urbanos. Un joven neandertal tenía que conocer las especies de plantas y animales de una manera muy distinta a cómo se estudia en una escuela, porque de ello dependía su supervivencia. En una escuela, un niño está muy por debajo de las habilidades manuales y locomotrices de un neandertal, toda su habilidad está centrada en la asimilación de nuevos retos tecnológicos.

Los jóvenes de las escuelas tienen que luchar contra depredadores virales y han de dejar sin desarrollar cualidades evolutivas ancestrales: los olores, la experiencia táctil, la manufactura de objetos o las técnicas corporales del sueño. Los niños de las ciudades son, como dice Rebecca Solnit, unos analfabetos de la naturaleza.

El cerebro también toma atajos

La inteligencia no nos libra del error. De hecho, una parte de nuestros fallos nace precisamente de mecanismos mentales que resultan útiles la mayor parte del tiempo. Para decidir rápido, el cerebro recurre a heurísticos: reglas simples que permiten actuar sin analizar cada detalle. El problema aparece cuando esos atajos se aplican fuera del contexto para el que resultan eficaces. El sesgo de confirmación nos empuja a buscar datos que encajen con lo que ya pensamos; el de disponibilidad hace que sobrevaloremos aquello que recordamos con facilidad; y el exceso de confianza puede llevarnos a creer que sabemos más de lo que realmente sabemos.

Nada de esto implica que la evolución haya «fabricado» un cerebro defectuoso. Al contrario: en entornos inciertos, decidir deprisa podía ser más rentable que acertar siempre. Un ruido entre los arbustos podía ser solo viento, pero asumir que era un depredador tenía un coste menor que ignorarlo si de verdad había peligro. El conflicto surge cuando mecanismos adaptados para manejar información limitada entran en un ecosistema saturado de titulares, vídeos, opiniones y alertas. Nuestros atajos siguen funcionando, pero ahora pueden ser explotados, amplificados, repetidos y compartidos a una escala que la evolución nunca tuvo que afrontar.

SHUTTERSTOCK





Los conocimientos de los neandertales sobre la naturaleza iban a la par que sus habilidades sensoriales. Un niño neandertal tenía que conocer las especies vegetales y animales y saber hacer fuego.

SHUTTERSTOCK

Cuando el grupo se equivoca

La estupidez no siempre es individual. Personas perfectamente razonables pueden tomar decisiones absurdas cuando forman parte de un grupo, sobre todo si perciben que existe una opinión dominante y discrepar tiene algún coste. La psicología social lleva décadas estudiando este fenómeno. En los célebres experimentos de Solomon Asch, realizados en la década de 1950, varios participantes tenían que comparar la longitud de unas líneas. La respuesta correcta era evidente, pero cuando los cómplices del investigador daban deliberadamente una respuesta falsa, muchos sujetos terminaban sumándose en alguna ocasión al error colectivo. No habían dejado de distinguir una línea de otra: estaban reaccionando a la presión del grupo.

Desde un punto de vista evolutivo, esta conducta no resulta tan extraña. Para nuestros antepasados, pertenecer a una comunidad era una cuestión de supervivencia. Quedarse aislado podía significar perder protección, alimento, información o posibilidades de reproducción. Seguir al grupo, por tanto, no era necesariamente una muestra de torpeza, sino una estrategia razonable. El problema surge cuando ese mecanismo se activa en situaciones en las que la mayoría está equivocada. Nuestra tendencia a imitar, obedecer o buscar aprobación puede transformar un error individual en un comportamiento colectivo.

Internet ha proporcionado a este viejo mecanismo una potencia desconocida. Una afirmación repetida miles de veces puede adquirir apariencia de verdad, aunque sea falsa. El número de seguidores, los «me gusta», las tendencias o la acumulación de comentarios funcionan como señales sociales: si tanta gente lo cree, pensamos, quizá sea cierto. A ello se añade que tendemos a relacionarnos con personas y contenidos que confirman nuestras opiniones, mientras descartamos con mayor facilidad aquello que las contradice. El resultado puede ser paradójico: nunca habíamos dispuesto de tanta información y,

sin embargo, podemos acabar encerrados en universos informativos extraordinariamente estrechos.

Esto no significa que la inteligencia colectiva sea una contradicción. Los grupos también pueden resolver problemas mejor que cualquiera de sus miembros por separado. Para que ocurra, sin embargo, necesitan diversidad de conocimientos, independencia de criterio y libertad para discrepar. Cuando todos imitan al vecino, la multitud deja de sumar inteligencias y comienza a multiplicar errores. Quizá una de las habilidades más importantes de nuestra época consista precisamente en saber cuándo confiar en los demás y cuándo detenerse a pensar por cuenta propia. La evolución nos convirtió en animales sociales; la tecnología ha convertido esa sociabilidad en una red gigantesca. El reto consiste en impedir que nuestra antigua necesidad de pertenecer transforme el consenso en una prueba de verdad.



ASCH/ATGPT

Si la estupidez evoluciona es sin duda gracias a nuestra especie, posiblemente también debido a la influencia de una selección artificial, que modifica y altera nuestra herencia natural



El perezoso es considerado un animal estúpido porque se mueve lentamente, pero eso responde a una adaptación de su metabolismo, lo que le ha hecho sobrevivir. El colibrí, por su parte, se mueve rápidamente, adoptando una estrategia evolutiva diferente.

EL ELOGIO DE LA VELOCIDAD Y LA CONDENA DE LA LENTITUD

La naturaleza se lee, como un libro, cualquier niño de una sociedad caza-recolectora sabe interpretarla. ¿Eso nos convierte en unos ignorantes? Si la estupidez es la carencia de algo, ¿cómo medir ese algo como bueno o malo para diferentes especies? La estupidez evoluciona porque no es más un proceso de reajuste adaptativo a determinados contextos. Los perezosos por ejemplo suelen ser considerados estúpidos porque se mueven muy lentamente. Su metabolismo se ha adaptado a un ritmo absolutamente contrario al impuesto por la tecnología actual. Para Lucy Cooke, ser veloz está sobrevalorado en la naturaleza. El perezoso adoptó una estrategia diferente y le fue bien, es una especie antigua, no se ha extinguido, es más, se diría que su lentitud ha sido una de las causas de su éxito. La selección natural ha favorecido este comportamiento, aparentemente estúpido, pues su proverbial lentitud le incapacita para huir de cualquier depredador, pero sin duda tiene otras ventajas. Si comparamos el ritmo de vida del perezoso con el del colibrí se diría que viven en dimensiones temporales opuestas. El perezoso sería para el colibrí casi una roca y el perezoso seguramente ni siquiera se percatará de la existencia de un ave tan rápida. Las moscas, algunas de las cuales tienen casi un solo día de vida, nos ven como su nos moviéramos a cámara lenta.

El aspecto de lo temporal ha pasado desapercibido en el entramado evolutivo. Los metabolismos y las percepciones temporales son adaptaciones que configuran diferentes ritmos de vida. Ningún ave rapaz perdería energía intentando capturar un colibrí, como tampoco tiene la necesaria capacidad para captar los lentos movimientos del perezoso. Estas estrategias evolutivas son lo más parecido a las dimensiones temporales de la ciencia-ficción.

Una nueva civilización está en marcha. Y se parece más a la del colibrí que a la del perezoso. Razón por la cual nadie considera estúpido al colibrí y sí al perezoso. Se trata de un prejuicio, nada más, en nuestra sociedad elogiamos el coche más rápido, móviles con potentes procesadores, la lentitud parece cosa de dinosaurios. Pero lo cierto es que mente *sapiens* trata de adaptarse a la velocidad de los ordenadores, dejando atrás procesos ancestrales de pensamiento, pues nació en un entorno natural más pausado.

El ritmo frenético anuncia la era del rendimiento, la inutilidad de la reflexión, la iteración superficial de las emociones, en definitiva, una población de operarios, manipuladores de máquinas, que apenas tienen que hacer nada y mucho menos pensar. Si la estupidez evoluciona es sin duda gracias a nuestra especie, posiblemente también debido a la influencia de una selección artificial, que modifica y altera nuestra herencia natural. □

CEREBRO HIPER ESTIMULADO

ATRAPADOS EN EL IMPULSO INFINITO

La exposición constante a pantallas, notificaciones y contenidos breves podría estar afectando al cerebro. Expertos y estudios analizan hasta que punto la hiperestimulación puede transformar este órgano, especialmente durante la infancia y la adolescencia.

POR JAVIER RADA, periodista

El cerebro está continuamente adaptándose a una hiperestimulación constante y un estado permanente de multitarea. Los investigadores estudian si está preparado para ello, un nuevo ritmo, un exceso, una exposición que no cesa día y noche.

ISTOCK





Piensa en una habitación, alguien está encendiendo y apagando constantemente el interruptor de la luz. Flashes, atención y desatención, estrés, una alerta sostenida en el tiempo. La habitación se vuelve cada vez más estrecha a medida que empiezan a aparecer nuevas imágenes que te atrapan como si fueran

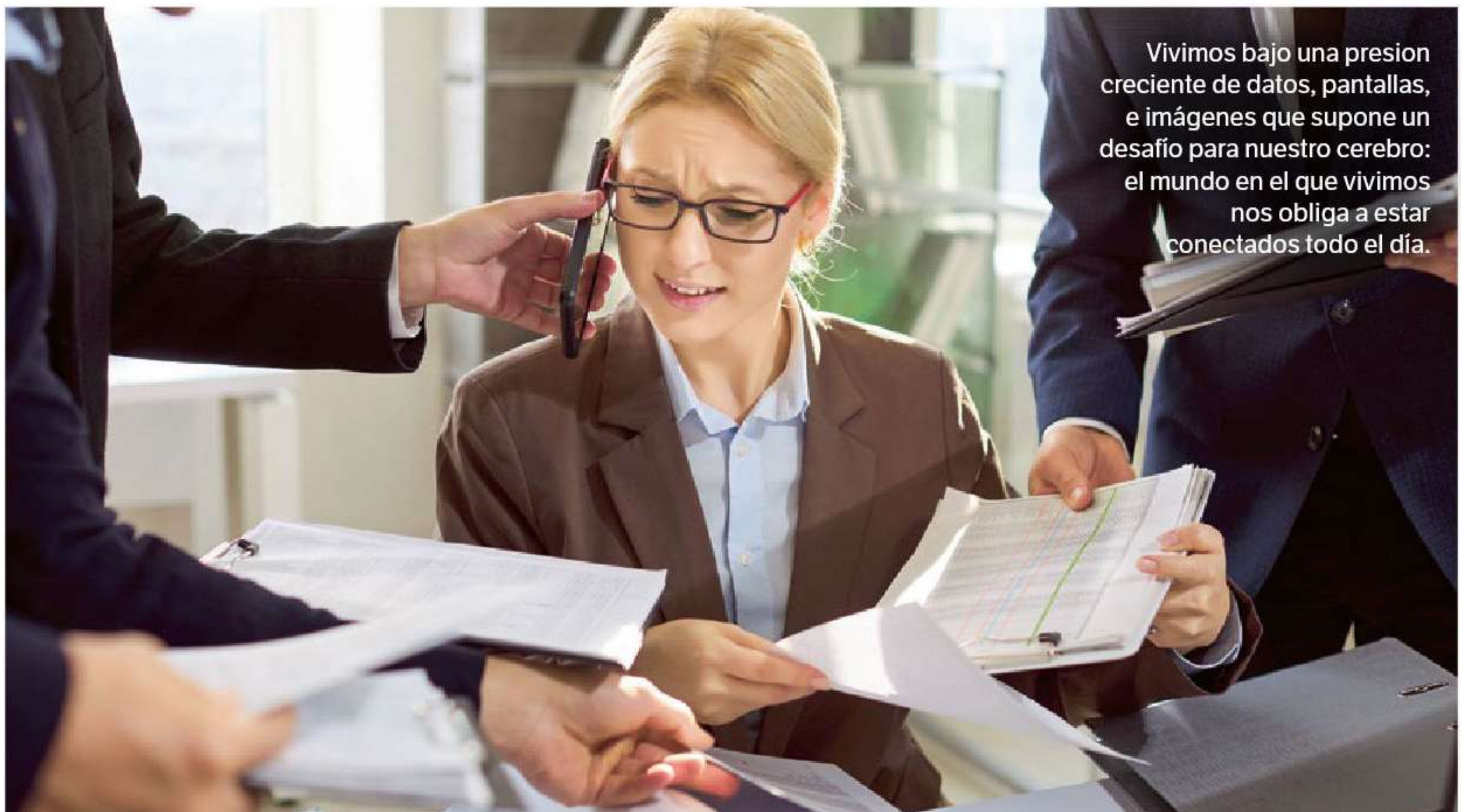
las sombras de la caverna de Platón. Piensa que estás atrapado en una arquitectura frenética y tortuosa, en una cultura de las tragaperras en tu mesilla de noche...

Ya habrás intuido que no estamos hablando de ninguna casa, sino de tu cerebro. Luz. Oscuridad. Luz. Oscuridad. Estímulo tras estímulo. Rápido. ¿Otro vídeo? Dopamina. ¿Descanso? No hay tiempo. Cortisol. Pitidos en la calle. Likes en redes sociales. Nuevo mensaje del jefe... Hiperestimulación.

Nuestro cerebro es un órgano que está intentando adaptarse a la nueva situación, marcada por la multitarea constante y la estimulación digital. «Parece que hemos entrado en una dinámica en la que tenemos que estar conectados todo el rato», explica Ariadna Vilalta, psicóloga especializada en neurotecnología y autora del libro *Una vida siempre en línea* (Planeta). Los estudios científicos aportan cada vez más evidencias de cómo nuestro órgano rector se está viendo afectado. Algunos se preguntan si tenemos un cerebro preparado para esto. Si el encéfalo ancestral - crecido entre sabanas y peligros dentados- es capaz de tolerar la nueva luz del mundo digital, donde el *switch* - el salto de un

vídeo corto a otro, de un estímulo al siguiente- es la forma de respirar momentos y acontecimientos. «Yo no diría que no tengamos un cerebro diseñado para este mundo, porque se ha preparado durante miles de años para ser un órgano adaptable a cualquier situación», explica Charo Rueda, profesora de Neurociencia Cognitiva de la Universidad de Granada y presidenta de la Sociedad Española de Psicología Experimental. La novedad podría ser el ritmo, el exceso, la exposición continua a estos estímulos externos. El problema no es tanto la tecnología en sí, sino su disponibilidad. El móvil, la demanda constante de las redes sociales y nuestra sumisión al estímulo, nos empujan a una dinámica que, en ciertos casos, recuerda a una adicción.

Aunque el cerebro es un órgano «tremendamente plástico», según Rueda, en las últimas décadas lo hemos puesto bajo una presión creciente, especialmente si hablamos de las personas más jóvenes, que se encuentran en plena fase de desarrollo neuronal. Faltan todavía estudios más detallados para determinar hasta qué punto esta sobreestimulación continua puede ser negativa. Y no solo hablamos de las pantallas. «Esto es un problema poliédrico, multifactorial, dinámico, que afecta a la tecnología, que afecta a la familia, que afecta a los chavales, a su educación, hay distintos factores actuando», explica el neurólogo David Ezpeleta, vicepresidente y responsable del Área de Neurotecnología de la Sociedad Española de Neurología, asociación miembro de la Plataforma Control Z, que busca proteger a los menores del efecto negativo de las pantallas. «Empieza a haber cada vez más evidencia, aunque los estudios no son fáciles de diseñar», confirma Rueda. Es difícil establecer la causalidad directa -con el tabaco, por ejemplo, se tardaron décadas-, saber si es la



Vivimos bajo una presión creciente de datos, pantallas, e imágenes que supone un desafío para nuestro cerebro: el mundo en el que vivimos nos obliga a estar conectados todo el día.

SHUTTERSTOCK



El exceso de estímulos digitales puede provocar en niños y adolescentes un bajo rendimiento escolar y una merma en la capacidad de comprender. Esos impactos digitales pueden generar fricción cognitiva y hasta agotamiento.

causa o el efecto, si los cerebros responden así frente a estos dispositivos por su condición previa u otros factores, o si esta condición la genera la exposición a este entorno digital. Un pequeño estudio realizado principalmente por investigadores de Stanford y publicado en *Scientific Reports* encontró, por ejemplo, que, tras una exposición pasiva a redes sociales, los participantes mostraron un rendimiento inferior en algunas tareas ejecutivas y cambios en la actividad prefrontal. El estudio solo incluyó a veinte personas, por lo que sus resultados deben interpretarse como preliminares.

POPCORN BRAIN

Podríamos decir que se produce una sobreestimulación en el cerebro si este se encuentra sometido a una sucesión de impulsos rápidos, pequeños y constantes: impactos recibidos a través de los sentidos que pueden generar cierta fricción cognitiva y hasta agotamiento. Algunos estímulos digitales pueden activar, además, circuitos relacionados con la recompensa, la motivación y el aprendizaje, en los que participa el sistema dopaminérgico. En ocasiones, estos excesos pueden afectar al rendimiento escolar y a la capacidad de comprender frases complejas, interfiriendo en las áreas del lenguaje. «Y esto tiene una impronta cerebral», remarca Ezpeleta. Cerebros que, en los casos más graves, pueden caer en una condición psicológica en la que les cuesta mantener la mente y la atención fijas, saltando de un punto a otro, como si fueran palomitas que explotan bajo el fuego. *Popcorn brain* (cerebro de palomitas) es uno de los nombres usados para describir este fenómeno, y fue acuñado por el profesor y científico informático David M. Levy de la Universidad de Washington. La otra expresión que se ha popularizado en internet es *brain rot* (o podredumbre cerebral). Fue escogida como palabra del año 2024 por la Oxford University Press. Si bien

no son conceptos científicos ni diagnósticos clínicos, ambas expresiones intentan describir la experiencia subjetiva de fragmentación, inquietud o dificultad para mantener la atención que algunas personas relacionan con un consumo digital intenso.

«Si no podemos mantener el foco de atención durante los suficientes minutos, no vamos a poder aprender. Sin atención no hay memoria y sin memoria no hay aprendizaje», nos recuerda Ezpeleta. Una exposición digital intensa puede dificultar temporalmente algunas funciones, como la atención sostenida o la memoria de trabajo, y generar una sensación de alerta o saturación mental. Algunos estudios también han encontrado síntomas que pueden recordar, sin constituir un diagnóstico, a los asociados con el TDAH o trastorno por déficit de atención e hiperactividad. A ello se suma que muchas de estas personas descansan de forma deficiente debido a las horas de sueño perdidas frente a los dispositivos. El móvil y las redes sociales -diseñadas cual hipnotizadores para capturar nuestra atención- pueden llegar a tener un coste tanto físico como psicológico. Por ello, la Plataforma Control Z habla del «mayor *hackeo* cerebral de la historia de la humanidad».

No es arbitrario que Francia haya abierto la puerta a prohibir las redes sociales a los menores de 15 años. Está ocurriendo lo mismo en otros lugares del mundo, como Australia. El motivo es el peligro que conllevan. «Es algo que estamos viendo en nuestras consultas», confirma Ezpeleta. Están percibiendo un aumento del número de jóvenes y menores que acuden a urgencias psiquiátricas, así como más crisis de ansiedad y ataques de ira cuando se les retira el móvil. También señala un aumento de la miopía infantil. «Los oftalmólogos pediátricos están alarmados», explica. Y esto está ocurriendo con mayor virulencia en mujeres jóvenes por la presión mediática y estética.

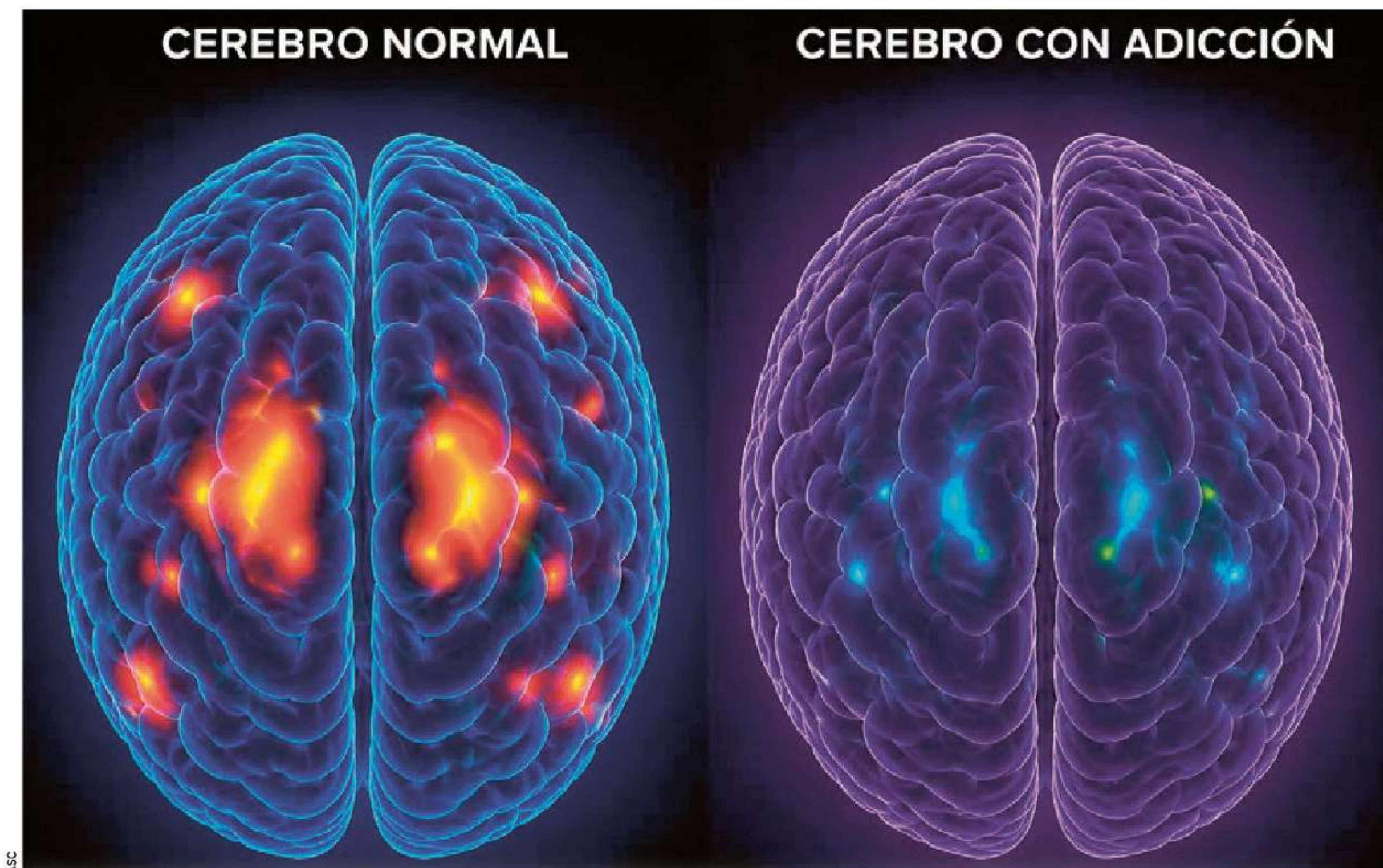
El consumo rápido y fragmentado puede favorecer un procesamiento menos profundo de la información

Influye en esto no solo la pantalla en sí, sino el uso intensivo de estas redes, el número de horas, la frecuencia con la que se chequea el móvil, el número de vídeos cortos que se consultan. «Corremos el riesgo de perder a una generación. Nos jugamos los médicos y abogados del futuro», se lamenta Ezpeleta. Seguramente no toda la culpa la tenga el nuevo entorno digital, pero sí que este parece ser cada vez más agresivo, diseñado, algoritmo mediante, para ordenar nuestra atención y, en ciertos casos, hasta producir adicción, pues, según Rueda, funciona igual que una máquina tragaperras, «mediante el uso de refuerzos intermitentes» e impactos en los sistemas de recompensa del cerebro. «Es un cúmulo de cosas, tampoco nos han educado digitalmente y, lo que es más preocupante, no nos están educando ahora con la IA», añade Vilalta.

Algunos estudios de neuroimagen han encontrado asociaciones entre un mayor uso de pantallas y diferencias en la estructura, la actividad o la conectividad de determinadas regiones cerebrales. Un estudio publicado en *JAMA Pediatrics*, realizado con 47 niños de entre tres y cinco años, observó diferencias en al-

gunas conexiones cerebrales y en la formación de la mielina en las vías internas del cerebro. La mielina es una sustancia esencial para transmitir las señales nerviosas en zonas relacionadas con el lenguaje y el aprendizaje inicial de la lectura y la escritura.

Curiosamente, quien más rápido se ha dado cuenta de este cambio de ciclo es la industria. Si analizamos los dibujos animados de hace décadas y los comparamos con los actuales, podremos observar cómo los contemporáneos son mucho más rápidos y directos, con frases más cortas. «Se observa una aceleración en el ritmo de presentación, y hay estudios que muestran que estos cambios acelerados también podrían producir un detrimento en las funciones ejecutivas», explica Rueda. Aunque nuestro cerebro es adaptable, sigue teniendo una estructura. Y el móvil o la *tablet* están siempre esperándonos. El consumo rápido y fragmentado puede favorecer un procesamiento menos profundo de la información y dificultar el recuerdo posterior: ¿de cuántos vídeos puede acordarse el lector de los que habrá visto hoy en sus redes sociales? Esta demanda de atención externa puede dejar menos tiempo para formar pensamientos propios y reflexio-



Algunos estudios de neuroimagen han encontrado asociaciones entre un mayor uso de pantallas y diferencias en la estructura, la actividad o la conectividad de determinadas regiones cerebrales. En la imagen, diferencias entre un cerebro normal y uno adicto.



Ver un atardecer favorece la liberación de serotonina (bienestar), oxitocina (conexión emocional) y endocannabinoides naturales (relajación). Este cóctel químico calma la mente, reduce el estrés y mejora la creatividad. Hay que volver a recuperar la atención plena y salir de vez en cuando de la «caverna electrónica».

nar. Y «ese cambio, ese *switching* continuo, altera no solamente la atención, sino incluso la percepción del tiempo», explica Rueda. Los veranos pasan más rápido. Se produce una suerte de amnesia, pues se estimulan aquellos sistemas de la atención más automáticos y externos.

Nuestro superadaptable órgano entiende que este es el nuevo hábitat. Una vez inmerso en esta jungla de colores, le resulta difícil regresar a los momentos más pausados y analógicos: sumergirse en la aventura empática de un libro, ir en el autobús contemplando el paisaje o pasear sin más compañía que los propios pensamientos. Acostumbrado a la hiperestimulación, querrá regresar de inmediato al estado frenético. Rechazará aburrirse, aunque hoy sepamos que aburrirse es una de las antesalas de la creatividad.

PROTEGER A LOS MÁS VULNERABLES

Por fortuna, la evidencia disponible no permite hablar de un daño cerebral necesariamente irreversible. «No tenemos un daño cerebral, podemos recuperar la atención si nos detenemos y cambiamos nuestros hábitos», alega Vilalta. Los expertos coinciden, no obstante, en que es urgente proteger a la infancia para que esta sobreestimulación no afecte a su desarrollo. «El impacto puede ser más importante y difícil de revertir en los pequeños, ya que la plasticidad es mayor en las primeras etapas vitales y pierde fuerza con la edad», explica Rueda. Existe, por ello, un llamamiento a limitar o retirar totalmente las pantallas a determinadas edades -especialmente crítica es la franja de los 0 a los 6 años- y a concienciar a los adultos de que es necesario recuperar nuestra atención de un modo proactivo. «Tenemos que recuperar

una serie de cosas, no por el amor de lo que hacíamos hace 50 años atrás, sino por el valor que eso tiene para sentar unas bases que necesitamos para el futuro», concluye Vilalta. Medidas tan sencillas como volver a leer en papel, escribir o subrayar a mano, dejar el teléfono a un lado, no colocarlo sobre la mesa. Practicar la atención plena en lo que estemos haciendo.

Lo que llamamos conciencia tiene que ver con la riqueza con la que procesamos la información. Para recuperarla es necesario, entonces, según los expertos, volver a empoderar la voluntad, ese sistema de atención más interno, motivador y algo costoso. Ir a pasear sin necesidad de escuchar un *podcast*, por ejemplo. Oír los pájaros, divagar, descansar la mente. Salir a ratos de la caverna electrónica. «Hacer ejercicio, ir con los amigos, una higiene del sueño... no tiene más misterio. Cuanto más tiempo pases fuera de casa sin el móvil menos tiempo estarás con el móvil, y viceversa», concluye Ezpeleta.

No se trata de negar la tecnología, remarcan los expertos, sino de aprender a decidir a qué vamos a dedicarle nuestra atención. «Todo el mundo va al gimnasio y entrena el cuerpo, pero casi nadie entrena la parte que hace funcionar todo lo demás: el cerebro», valora Vilalta. El cerebro es plástico, seguro que sabrá encontrar el camino de vuelta a casa, porque puede que, en el futuro, cuando a quienes estén cerca de morir se les haga la típica pregunta sobre de qué se arrepienten en la vida, algunos respondan que se arrepienten de haberla malgastado en un *scroll* infinito. El cerebro es tan plástico que hasta el inventor de dicho *scroll*, el tecnólogo e inventor Aza Raskin, ha pedido disculpas y expresado arrepentimiento por no haber previsto que su diseño sería utilizado de este modo. □

POR
MIGUEL ÁNGEL
SABADELL
Astrofísico.



EL MAPA DE ESPAÑA QUE REVELA DÓNDE RESPIRAMOS RADIOACTIVIDAD

EL RADÓN PRESENTE EN LAS ROCAS Y LOS SUELOS PUEDE DESPLAZARSE POR LOS POROS Y GRIETAS DE LAS CASAS. LA CUESTIÓN ES CÓMO DEJAMOS QUE ESE ENEMIGO SILENCIOSO PENETRE EN NUESTROS HOGARES Y EDIFICIOS.

Hay un mapa de España que no se parece demasiado a los que estamos acostumbrados a ver. No aparecen carreteras, ríos ni fronteras administrativas, sino algo bastante más extraño: las zonas en las que es más probable que el aire de nuestras casas contenga un gas radiactivo. Las manchas más extensas aparecen en Galicia, Extremadura, el oeste de Castilla y León y las sierras de Madrid. Todas tienen algo en común: debajo de sus pueblos y ciudades hay rocas que producen radón.

El radón es un gas radiactivo que se genera de forma natural a partir de la desintegración del uranio presente en las rocas y los suelos. No es un contaminante producido por la industria ni una consecuencia de la energía nuclear; lleva millones de años formándose en la Tierra. El problema aparece cuando el gas que sale del subsuelo encuentra una casa encima. Puede desplazarse por los poros y grietas del terreno y penetrar en los edificios a través de fisuras, juntas, pasos de tuberías o cualquier otra vía de comunicación con el suelo. Y una vez dentro, puede acumularse.

¿DÓNDE OCURRE ESTO CON MAYOR FACILIDAD? La respuesta nos lleva directamente a la geología. Según el mapa

del potencial de radón del Consejo de Seguridad Nuclear, aproximadamente el 70% de la superficie de Galicia se encuentra en zonas cuyo potencial supera los 300 Bq/m³, que es el nivel de referencia que ha tomado la UE para actuar. En Extremadura el porcentaje alcanza el 47% y en la Comunidad de Madrid el 36%.

Pero cuidado con ese 70%. No significa que siete de cada diez viviendas gallegas tengan más de 300 Bq/m³, sino que sirve para identificar territorios donde es más probable encontrar valores elevados. Para saber cuánto radón hay en una casa concreta hay que medir.

Galicia es precisamente el lugar donde mejor podemos comprobarlo. El Laboratorio de Radón de Galicia, de la Universidad de Santiago de Compostela, lleva estudiando la concentración de este gas en viviendas desde 2001 y su mapa actualizado en 2025 reúne ya 6080 mediciones. En el conjunto de las viviendas estudiadas, el 18% superó los 300 Bq/m³; en la provincia de Ourense la proporción llegó al 23%.

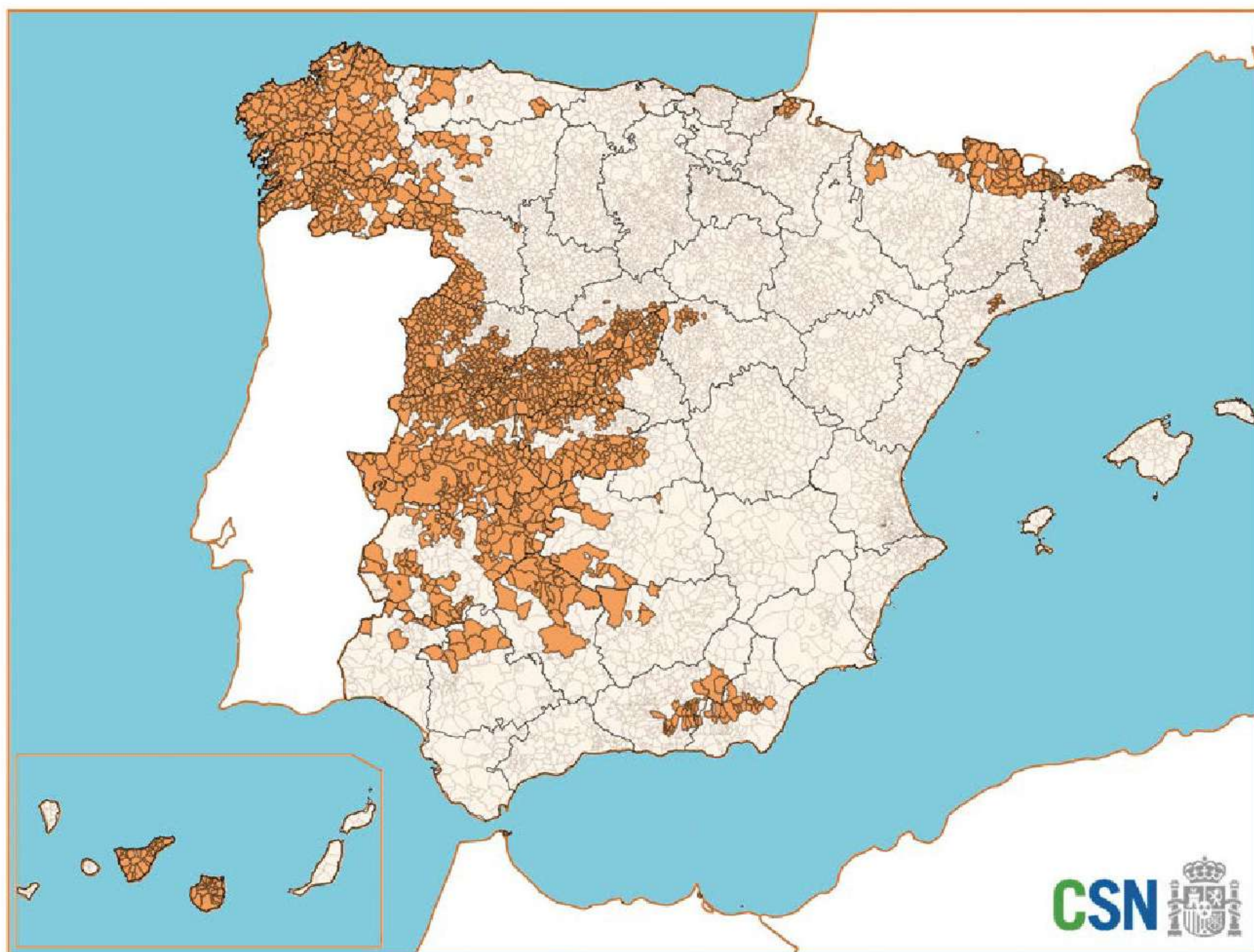
Podríamos pensar que basta con vivir lejos del suelo para librarse del problema. En parte es cierto: en el estudio gallego la media geométrica fue de 289 Bq/m³ en los sótanos y descendió hasta 89 Bq/m³ en las vivien-

das situadas en una quinta planta o superior. Pero el 14% de las viviendas de una segunda planta superaba también los 300 Bq/m³, e incluso lo hacía el 7% de las situadas en la quinta planta o superior. El radón es un gas y puede desplazarse por el interior de los edificios, por lo que la altura reduce la exposición, pero no la elimina.

Y esto explica por qué el radón ha dejado de ser considerado un problema exclusivo de minas, cuevas o sótanos. Un estudio publicado en 2023 analizó 3140 lugares de trabajo en España y encontró concentraciones superiores a 300 Bq/m³ en 623 de ellos, aproximadamente uno de cada cinco. Como era de esperar, los valores fueron mayores en las zonas propensas al radón, pero el resultado más llamativo apareció al comparar los sectores laborales: las mayores concentraciones se encontraron en el sector de educación y cultura, que incluye escuelas, universidades, bibliotecas y centros culturales. En estos edificios la concentración de radón fue 6,5 veces superior a la registrada en las oficinas bancarias.

LA PREGUNTA ES ENTONCES INEVITABLE: ¿QUÉ TIENE DE PELIGROSO ESTE GAS? Se puede decir más alto, pero no más claro: el radón aumenta el riesgo de cáncer de pulmón. Un gran estudio

SE ENCONTRARON **LAS MAYORES CONCENTRACIONES EN EL SECTOR DE EDUCACIÓN Y CULTURA**, QUE INCLUYE ESCUELAS, UNIVERSIDADES, BIBLIOTECAS Y CENTROS CULTURALES



Este mapa realizado por el Consejo de Seguridad Nuclear revela las zonas de nuestro país donde existen mayores concentraciones de radón: destacan las comunidades autónomas de Galicia, Extremadura y la Comunidad de Madrid.

européico estimó un aumento del 16 % del riesgo relativo por cada 100 Bq/m³ adicionales de exposición media. En España, se estima que el radón podría estar detrás del 3,8 % de las muertes por cáncer de pulmón porcentaje que alcanza alrededor del 7 % en Galicia y Extremadura.

Pero el suelo no cuenta toda la historia. Si el 14 % de las viviendas de una segunda planta puede superar los 300 Bq/m³, entre la roca que produce el radón y el aire que respiramos tiene que haber otro protagonista: el edificio. La forma de construirlo, sus grietas, sus conductos y, sobre todo, su ventilación puede determinar cuánto gas acaba acumulándose en su interior. Y aunque el suelo es la principal fuente, no es la única. El radón también puede viajar disuelto en el agua de algunos acuíferos y liberarse des-

pués al aire cuando abrimos un grifo o nos duchamos. Un estudio realizado en Finlandia mostró que las concentraciones de radón eran tres veces superiores a las existentes en las cocinas y 40 veces más alta que en el cuarto de estar. Por su parte, científicos canadienses revelaron que el radón presente en el aire del cuarto de baño aumentaba rápidamente tras una ducha templada de 10 minutos. Una vez finalizada había que dejar pasar más de hora y media antes de que la radiación regresara a los niveles iniciales.

LA IDEA RESULTA CASI PARADÓJICA: una casa puede protegernos del frío, de la lluvia y del viento y, al mismo tiempo, convertirse en una trampa para un gas que procede del terreno. La misma construcción que nos protege del exterior puede reducir la renovación del

aire y permitir que el radón se acumule. Pero lo más curioso de esta historia es que el radón no es un enemigo que haya aparecido recientemente. No es consecuencia de la contaminación atmosférica, ni de una central nuclear, ni de una actividad industrial. Lleva millones de años saliendo de las rocas. Lo que ha cambiado somos nosotros: hemos construido edificios sobre esas rocas y hemos creado espacios en los que el radón puede penetrar desde el subsuelo y, cuando la ventilación no es suficiente, acumularse. Galicia no se ha vuelto radiactiva, ni tampoco Extremadura o la sierra de Madrid. El granito no es nuestro enemigo y el uranio que contienen las rocas forma parte de la naturaleza desde mucho antes de que existiera el ser humano. El radón seguirá saliendo de las piedras. La cuestión es cuánto dejamos que entre en nuestras casas. ▣

DIRECTOR DEL CENTRO SETI DE
LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE PENSILVANIA

JASON WRIGHT

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:



Experto en la búsqueda de las llamadas «tecnofirmas» o señales detectables en el espacio exterior, Wright nos descubre cómo se está buscando la existencia de civilizaciones avanzadas. Para el astrónomo estadounidense, si se detectara una señal de tecnología extraterrestre sería el anuncio del siglo.

Texto de **MANUEL RUIZ RICO**, periodista



Jason Wright es profesor de Astronomía y Astrofísica en la Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos, y una de las figuras más reconocidas en la búsqueda de inteligencia extraterrestre (SETI, por sus siglas en inglés). Tras desarrollar una sólida carrera en el estudio de exoplanetas,

Wright se ha especializado en la búsqueda de las llamadas «tecnofirmas», es decir: señales detectables en el espacio exterior que podrían delatar la existencia de civilizaciones avanzadas. Mientras gran parte de

esta búsqueda se centra actualmente en detectar señales biológicas (es decir, «biofirmas») como oxígeno, metano u otras huellas químicas de vida que pueda haber en otros planetas, Wright propone una pregunta diferente: ¿y si existen seres inteligentes capaces de desarrollar tecnología tan avanzada o incluso más que la nuestra? En ese caso, esa tecnología extraterrestre dejaría rastros detectables por nuestros telescopios.

Como director del Centro SETI de la Universidad Estatal de Pensilvania, Wright investiga posibles «tecnofirmas» que van desde señales artificiales hasta gigantescas estructuras como las hipotéticas esferas de Dyson. Su objetivo es aprovechar los instrumentos actuales de observación para identificar señales que revelen la presencia de otras inteligencias en el cosmos.

En 2020, Wright formó parte del equipo que consiguió un hito para la búsqueda de inteligencia extraterrestre: la primera subvención concedida por la NASA para investigar tecnofirmas distintas de las señales de radio. El proyecto, liderado por el astrofísico Adam Frank, supone el primer respaldo de la NASA al Centro SETI de la Universidad de Pensilvania, que dirige Wright, y marcó el reconocimiento institucional de las señales tecnológicas como una vía científica legítima para buscar vida inteligente más allá de la Tierra.

¿Cuándo decidió dedicar su carrera científica a estudiar o a buscar inteligencia extraterrestre?

No era algo que tuviera en mente mientras hacía la licenciatura. Fue durante el posgrado cuando mi tutor me dio un pequeño proyecto de pasatiempo en el que podríamos pensar en buscar *esferas de Dyson*, pero hicimos algunos cálculos rápidos y decidimos que no funcionaría y eso fue todo. Así que no fue hasta alrededor de 2014, después de que hubiera ya establecido una carrera observando exoplanetas y catalogándolos, cuando me di cuenta de que ese proyecto original sobre las esferas de Dyson se había vuelto posible gracias a un satélite de la NASA llamado WISE (son las siglas en inglés de *Explorador de Sondeo Infrarrojo de Campo Amplio*; fue lanzado en diciembre de 2009). A partir de ahí, enviamos una propuesta a una organización filantrópica, la Fundación Templeton, para hacer ese experimento. Se trataba solo de un proyecto secundario en mi carrera, pero realmente captó mi atención y mi imaginación. Con los años, empecé a hacer cada vez más trabajo en ese campo y acabamos fundando el Centro SETI de la Universidad Estatal de Pensilvania, un centro académico plenamente dedicado a ese tipo de trabajo. Desde entonces una fracción cada vez mayor de mi tiempo de investigación ha ido en esa dirección.

¿En qué consisten las esferas de Dyson?

Las señales de la tecnología son muy sutiles, pero no necesariamente tienen que serlo. En principio, una especie podría, por ejemplo, viajar a una estrella cercana y utilizarla simplemente como fuente de energía para algún propósito que quisiera llevar a cabo. En 1960, Freeman Dyson describió lo que sería una especie de proyecto máximo para aprovechar una estrella, es decir, utilizar toda la energía de una estrella para algún fin. Originalmente pensó en un hábitat gigantesco para vivir, pero más tarde generalizó la idea. Hoy en día, algunas personas imaginan que podríamos utilizar otra estrella, con suerte no el Sol, como fuente de energía para una computadora gigante capaz de realizar enormes cantidades de cálculos.

¿Qué implica esto?

Quiere decir que, si alguna vez eso hubiera ocurrido, si una especie hubiera llegado a una estrella y la hubiera utilizado como fuente de energía, tendría que rodearla con paneles solares. Quizás solo recolectaran

el 1 %, el 10 % o incluso el 80 % de la energía de la estrella. Por ello, imaginamos una gran cantidad de satélites formando un enjambre alrededor de una estrella. Resulta que algo así sería extremadamente evidente. Alteraría la apariencia de la estrella de una manera tan profunda que sería muy difícil no detectarlo. A eso lo llamamos una *esfera de Dyson*.

Otros físicos que he entrevistado me han dicho que hace 30, 40 o 50 años, si un físico entraba en la facultad y decía que su interés principal era dedicarse a la búsqueda de vida extraterrestre, todo el mundo pensaba que estaba loco, que no era serio. ¿Es ahora muy diferente?

Eso es cierto, ha habido algunas personas que han dedicado sus carreras a ese tema, como Jill Tarter, pero tienes razón en que han sido muy pocos y distantes entre sí. Ahora no, la astronomía es lo suficientemente grande y creo que el campo es lo suficientemente maduro como para que haya personas, haya muchas más personas que puedan dedicar la mayor parte de su tiempo a ello.

¿Ves ese cambio en sus estudiantes?

Sí, he tenido he tenido un estudiante, Sophia Sheik, que esto es lo que quería hacer y de eso trató su tesis, y ahora es científica trabajando en esto casi a tiempo completo, al menos con este tema como su tema de investigación principal. También sigue habiendo estudiantes que quieren que ese tema sea parte de su portafolio, solo una de las cosas en las que trabajan, pero no la mayor parte de su investigación.

¿Ha sido este interés creciente el que ha ayudado a integrar este tema dentro de la astronomía y también en términos de conciencia social que ayude, por supuesto, a poder financiar estas investigaciones?

Sí, lograr integrarlo en el resto de la astronomía ha sido el desafío. Hacer que la gente lo vea como solo otra forma de encontrar vida entre todas las otras que estamos llevando a cabo. Jill Tarter hizo una gran contribución retórica cuando acuñó el término «tecnofirmas» porque la NASA ya estaba muy interesada en buscar señales biológicas, o «biofirmas», señales que indican la presencia de vida en otros lugares del universo. Así que cuando Tarter acuñó ese término dejó muy claro que eso debía ser una forma igual de válida de encontrar vida y quedó claro el contraste entre cómo la búsqueda de tecnofirmas y la de biofirmas eran tratadas de diferente manera por la NASA y por la comunidad astronómica en general. Hace ahora unos 20 años ahora que acuñó el término y creo que ha funcionado. Hay toda una generación ahora de astrónomos que lo ven como una extensión muy natural de todo el resto del trabajo que hacemos.

Ligado a la financiación, usted logró en 2024 una subvención de la NASA para estudiar tecnofirmas, es la primera vez que la NASA concedía fondos para buscar

¿Qué es El Proyecto Seti?

El Proyecto SETI (siglas en inglés para Search for ExtraTerrestrial Intelligence) es una iniciativa científica global dedicada a la búsqueda de inteligencia extraterrestre mediante el análisis de señales electromagnéticas espaciales. Comenzó formalmente en 1960 con el pionero Proyecto Ozma, ideado por el célebre astrónomo Frank Drake. El propio Drake desarrolló la famosa Ecuación de Drake, una fórmula matemática diseñada para estimar la cantidad de civilizaciones tecnológicas que podrían coexistir en nuestra galaxia. Desde entonces, el propósito central de la investigación ha sido detectar tecnofirmas, que son cualquier tipo de indicio o radiación artificial que delate la presencia de tecnología en el espacio interestelar. El hito más famoso de esta búsqueda ocurrió en 1977 con la captura de la Señal ¡Wow!, el único candidato fuerte a señal extraterrestre en la historia, aunque jamás volvió a repetirse y su origen sigue siendo un misterio. Con el avance de la tecnología y la informática, el proyecto llegó a los hogares de millones de personas a través de SETI@home, un popular programa de computación distribuida que permitía a ciudadanos comunes prestar la potencia de procesamiento de sus ordenadores domésticos para analizar datos espaciales, el cual entró en una pausa indefinida en el año 2020. En la actualidad, esta incansable investigación la lidera de manera privada el SETI Institute, empleando tecnología de vanguardia y complejos sistemas de radiotelescopios como el Allen Telescope Array (ATA) para continuar monitoreando el cosmos de forma constante.

tecnoseñales que no sean señales de radio. Al mismo tiempo, la administración Trump ha hecho recortes a la NASA. ¿Están afectando a su proyecto?

Afortunadamente, nuestra financiación para esa subvención no se ha visto afectada. Pero tienes toda la razón, la administración actual está haciendo muy difícil para los científicos estadounidenses en general que dependen de la National Science Foundation y de la NASA. Toda la empresa científica estadounidense depende de la investigación básica que ellos permiten tan bien. Y sí, la administración actual no les está permitiendo distribuir los fondos y administrar las subvenciones de la forma en que se supone que deben hacerlo. Y esto está teniendo un efecto realmente devastador.

Cualquier persona de a pie que empieza a leer sobre tecnofirmas, enseguida va a ver el término exoplaneta por todas partes. ¿Por qué los exoplanetas y la búsqueda de tecnofirmas están vinculados?

Cuando Frank Drake comenzó el primer proyecto de radio SETI no sabía cuántos objetivos potenciales podría haber en la galaxia. Y una gran parte de esto estaba impulsado por el hecho de que no sabíamos si los sistemas planetarios eran comunes o raros. Ahora entendemos que es cierto que casi cada estrella tiene un planeta a su alrededor y eso ha sido una revolución que ha surgido gracias al trabajo temprano después del primer descubrimiento de planetas fuera de nuestro sistema solar en 1993 y 1995. Después de esto, hubo una segunda revolución, que llegó con la sonda Kepler (un telescopio espacial que la NASA lanzó en marzo de 2009).

¿Qué supuso Kepler?

Fijó esto como un hecho establecido. Esto se traduce en que los argumentos pesimistas que decían que la vida sería extremadamente rara en el universo porque no habría muchos lugares donde formarse están equivocados. Ahora se apunta a la posibilidad de que

la mayoría de estos planetas nunca desarrollen biosferas, pero no lo sabemos. Creo que esta realización de que los planetas están en todas partes y que hay cientos de miles de millones de ellos ha convencido a mucha gente de que la búsqueda de vida de todo tipo vale mucho más la pena que hace apenas 30 años.

¿Cuál es el principal desafío cuando se trata de buscar tecnofirmas?

En realidad, es el mismo desafío que viene con las biofirmas. Los efectos de la vida en un planeta o en el universo son extremadamente sutiles, a menos que la tecnología esté haciendo algo extremadamente ostentoso como rodear su estrella con paneles solares o algo así, las llamadas esferas de Dyson, lo que sería bastante inconfundible.

En esa búsqueda, ¿tienen objetivos ideales, sitios a los que mirar por encima de otros?

Estamos buscando tecnofirmas como se buscan ondas de radio y biofirmas, por lo que sí, tenemos algunas ideas sobre qué objetivos podrían ser un poco mejores que otros. Pero, en general, dado que cada estrella tiene planetas y no sabemos cuáles podrían tener vida, en realidad está bien simplemente observar todas las estrellas. El objetivo es tratar de ver un planeta y estudiar su atmósfera y su superficie, como esperamos poder hacer en las próximas décadas con telescopios espaciales. En ese caso, nuestra suposición provisional pero razonable es que deberíamos estar buscando planetas como la Tierra alrededor de estrellas como el Sol. Pero en esta búsqueda, lo que todos estamos esperando es el Observatorio de Mundos Habitables, que es el ambicioso proyecto de la NASA para estudiar planetas directamente (la NASA prevé lanzarlo a finales de la década de 2030 o principios de la de 2040). En cualquier caso, Kepler y la misión TESS (el observatorio lanzado por la NASA en 2018) han descubierto miles y miles de planetas y ya tenemos más de 5000 exoplanetas conocidos. A partir de

ahí, habrá que ir caracterizando planetas, pero esta cifra estará en las docenas, no en los miles.

¿Y cree que la inteligencia artificial puede ayudar en la búsqueda o caracterización de los planetas?

En el sentido del *aprendizaje automático*, sí, absolutamente (Wright se refiere aquí al llamado, en inglés, *machine learning*, una rama de la inteligencia artificial que dota a los ordenadores de la capacidad de aprender de los datos recabados y de ir mejorando con la experiencia adquirida, sin la necesidad de ser programadas de forma explícita para cada tarea). Hay mucho del juicio humano que puede reproducirse. Podemos entrenar a las computadoras para hacer muchas de las cosas en las que el juicio humano es bueno, como observar imágenes y decidir qué es real y qué no. Sin duda, para muchos de los otros proyectos en los que trabajamos, el aprendizaje automático se está convirtiendo en una herramienta muy importante dentro del conjunto de herramientas de los astrónomos.

¿Cree que, si existe otra civilización extraterrestre muy lejos de nosotros, podrían detectar nuestras firmas tecnológicas? Quiero decir, ¿sería posible? ¿Y cuáles podrían detectar?

Esa es una buena pregunta. Estamos a punto de ser capaces de detectar planetas similares a la Tierra alrededor de las estrellas más cercanas. Por lo tanto, es razonable pensar que, si una civilización posee una tecnología más avanzada y antigua que la nuestra, sabría de la existencia de la Tierra a una distancia considerable. La superficie terrestre ha sido transformada profundamente por la vida. Durante los últimos mil o dos mil millones de años, su atmósfera y su superficie han mostrado señales bastante claras de vida, incluida la clorofila, que modifica el espectro de reflexión de la Tierra. Además, todo el oxígeno y el ozono presentes en la atmósfera son producidos por seres vivos, y casi todo el metano también tiene origen biológico. Por lo tanto, estas son señales bastante inequívocas de que algo está ocurriendo en la Tierra. Así que esperaríamos que, si existen esas especies y estudian la Tierra, sepan que alberga vida porque es evidente que aquí en la Tierra sucede algo.

Pero todo eso son biofirmas.

Cierto, y en cuanto a las tecnofirmas humanas la situación es diferente, porque solo hemos estado produciendo señales claramente detectables durante los últimos cientos de años y entre nuestras tecnofirmas más potentes y que se podrían llegar a detectar desde otros lugares del espacio se encuentran las transmisiones de radio; es decir, ni siquiera tienen cien años

de antigüedad, e, incluso así, esas señales también son bastante débiles y las que no son débiles suelen ser muy breves y muy fáciles de pasar por alto. Así que es posible que exista alguna especie dentro de un radio de, digamos, 30 o 40 años luz, en un planeta que haya detectado nuestras ondas de radio o algo parecido. Pero, más allá de eso, esto no daría para mucho más.

¿Ustedes están buscando tecnologías muy sofisticadas, en cuanto a la búsqueda de tecnología extraterrestre?

No diría necesariamente sofisticadas, sino más bien tecnologías muy grandes, llamativas o de gran escala. Es decir, firmas tecnológicas de gran magnitud.

Se dice que toda la investigación se basa en la suposición de que la tecnología extraterrestre está basada en la química y la física.

Necesitaría ver el contexto exacto de esa afirmación, pero creo que esto se refiere a que algunas personas suelen comentar: «Es absurdo buscar ondas de radio porque los extraterrestres tendrán una tecnología mucho más avanzada que la nuestra y no estarán utilizando algo tan anticuado como las ondas de radio. Tendrán otra cosa mucho más avanzada». Y, aunque siempre tratamos de tener en cuenta esa posibilidad, hay varias respuestas a ese argumento.

¿Cuáles?

Una respuesta es que, sí, la tecnología humana se ha vuelto asombrosa y hemos desarrollado todo tipo de tecnologías que podrían parecer magia para las personas de hace unos pocos cientos de años. La analogía que se suele utilizar es que, si pudiéramos hablar con Isaac Newton sobre cómo nos comunicamos mediante ondas de radio, estas le parecerían magia pura. Así que podría ser que los extraterrestres utilicen algún tipo de tecnología casi mágica, digamos, que nosotros ni siquiera podamos aspirar a detectar. Sin embargo, hay algunas objeciones a esa idea. La primera es que seguimos utilizando todas nuestras formas antiguas de tecnología porque continúan siendo muy útiles. Si Isaac Newton visitara nuestra época, no tendría ninguna dificultad para comprender las cartas enviadas por correo, las campanas de las iglesias o el habla humana. Seguimos utilizando todas esas formas tradicionales de comunicación. No desaparecen simplemente porque aparezcan tecnologías nuevas. Por lo tanto, todavía tiene sentido buscarlas.

¿Cuál es el otro argumento?

Pensamos que tenemos una comprensión bastante sólida de las leyes de la física y la química. Es muy plausible, e incluso probable, que no estemos pasando por

«Podría ser que los extraterrestres utilicen algún tipo de tecnología casi mágica que nosotros ni podamos aspirar a detectar»

alto ningún método realmente útil para comunicarse entre las estrellas. Decimos esto de forma provisional, porque siempre podríamos estar equivocados. Pero existen razones muy sólidas, basadas en la física fundamental, para pensar que, si se quiere enviar una señal a otra estrella, los fotones son la mejor manera de hacerlo. Ya sea mediante ondas de radio, luz óptica u otras longitudes de onda, no conocemos muchas alternativas que permitan hacerlo de manera eficiente. Por eso, asumimos que las leyes de la química y la física, tal como las conocemos, son correctas, y a partir de esa base extraemos nuestras conclusiones. Si no asumimos que las leyes de la física y la química son correctas, entonces es difícil siquiera afirmar que estamos haciendo ciencia. Quiero decir, tenemos que partir de una base, de lo que conocemos, y mantener siempre una mente abierta respecto a los posibles errores que podamos estar cometiendo. Pero creo que los argumentos que indican que la comunicación entre las estrellas tiene que producirse mediante algún tipo de luz son muy sólidos.

Recientemente se ha anunciado la actualización del Protocolo SETI, lo cual imagino que es una buena noticia para usted, porque incluyeron el concepto de las tecnofirmas. ¿Está satisfecho con esa actualización?

Sí. La Academia Internacional de Astronáutica ha sido la entidad encargada de desarrollar principios sobre cómo los investigadores de SETI deberían gestionar la comunicación con el público ante un posible descubrimiento o un descubrimiento real.

Esos principios fueron redactados originalmente hace tiempo y ahora nos encontramos ya en la tercera versión, que es la que acaba de publicarse. Actualiza y amplía las directrices sobre cómo deben actuar los investigadores, cómo comunicar los hallazgos y cómo proceder de forma responsable en caso de detectarse una posible señal o evidencia de tecnología extraterrestre. Las versiones anteriores fueron redactadas en una época anterior a las redes sociales y en un momento en el que se pensaba que la forma más probable de contacto sería a través de ondas de radio o quizá mediante una sonda en el sistema solar, o algo parecido. Además, algunas falsas alarmas recientes, como el candidato BLC-1 del proyecto Breakthrough Listen (esta señal de radio fue detectada entre 2019 y 2020 por el radiotelescopio Parkes en Australia), nos han servido como simulacros de lo que podría suceder cuando finalmente aparezca una posible señal.

¿Cómo ha cambiado el protocolo para adaptarse a esto?

A partir de esas experiencias, muchas personas han trabajado intensamente para definir cuáles deberían ser los principios y cómo debería comportarse un investigador responsable. Por eso me alegró mucho ver publicada esta nueva versión, porque reconoce plenamente la ambigüedad que puede acompañar a una detección. También reconoce que un descubrimiento podría ser un proceso largo y que tanto las redes sociales como los medios de comunicación tradicionales pueden enterarse de ciertas informaciones antes

A la búsqueda de tecnofirmas

El doctor Jason Wright es un astrofísico estadounidense y profesor de astronomía en la Universidad de Penn State, donde también ejerce como director del Centro de Inteligencia Extraterrestre de Penn State (PSETI). Es considerado una de las figuras más influyentes en el panorama moderno del Proyecto SETI (Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre), labor por la cual recibió el prestigioso Premio Drake del Instituto SETI en 2019 gracias a sus contribuciones pioneras en este campo y en el estudio de exoplanetas.

A diferencia del enfoque tradicional de SETI, centrado principalmente en la escucha de señales de radio intencionadas, Wright ha expandido los horizontes de la disciplina hacia la búsqueda de «tecnofirmas», que son rastros físicos u observables de tecnología alienígena en el cosmos. Su nombre cobró una gran relevancia internacional cuando propuso formalmente que el parpadeo anómalo y masivo de la estrella KIC 8462852, popularmente conocida como la Estrella de Tabby, podría ser consistente con el tránsito de una de estas megaestructuras extraterrestres, lo que reavivó el interés de la comunidad científica global por SETI.

Además de su labor investigadora, Wright consiguió lanzar el primer programa formal de posgrado en SETI en los Estados Unidos y coescribió el libro *The Search for Extraterrestrial Intelligence: Theory and Practice*, considerado el primer libro de texto académico moderno diseñado para unificar los métodos de radio, láser y tecnofirmas infrarrojas bajo una metodología rigurosa para estudiantes de astronomía.

En sus proyectos más recientes, el equipo de Wright ha investigado cómo la Red del Espacio Profundo de la NASA emite señales accidentales hacia el cosmos, sugiriendo utilizar estos patrones terrestres como plantilla para interceptar redes de comunicación que civilizaciones alienígenas utilicen para comunicarse con sus propias sondas. Paralelamente, Wright se mantiene como un firme defensor del método científico, dedicando parte de su esfuerzo actual a desmitificar teorías pseudocientíficas sobre objetos interestelares recientes y a enseñar cómo filtrar con precisión las interferencias de radio generadas por la propia tecnología humana.

Wright defiende que lo más probable es que la comunicación entre estrellas se produzca mediante algún tipo de luz y que los fotones son la mejor manera de hacerlo.



PENLIVE.COM

de que estas estén completamente verificadas, y que los investigadores tienen la obligación de ser transparentes, pero también la responsabilidad de protegerse y actuar de manera segura en el entorno digital. Esta nueva versión reúne y consolida todos esos principios. Todavía no contamos con protocolos detallados del tipo: «primero se hace esto, luego aquello y después esto otro», porque todo dependerá en gran medida de la naturaleza exacta de lo que hayamos encontrado. Sin embargo, sí disponemos de principios generales, y creo que son muy buenos. Por eso me alegró mucho que la Academia Internacional de Astronáutica (IAA) los haya respaldado.

Y, para terminar, una última pregunta. Imaginemos que dentro de 20 o 30 años confirmamos realmente que hemos encontrado una tecnofirma extraterrestre. ¿Cree que eso sería uno de los acontecimientos más importantes de la historia de la humanidad?

Creo que podría ser eso, sí: realmente el gran anuncio del siglo. Pero también quiero matizar esa afirmación. Dependerá mucho de lo que encontremos. Existe todo un espectro de posibilidades: desde algo tan limitado como pensar que hay extraterrestres en una galaxia lejana sin saber prácticamente nada sobre ellos, hasta detectar una señal de radio procedente de una estrella cercana o, incluso, descubrir lo que parece ser una sonda extraterrestre en nuestro propio sistema solar. Cada uno de esos escenarios tendría implicaciones profundamente diferentes en cuanto al tipo de inves-

tigaciones de seguimiento que podríamos realizar y a lo que podríamos aprender. Una buena analogía son algunos de los grandes descubrimientos científicos que hemos tenido, como el mapa del fondo cósmico de microondas obtenido por el satélite COBE, la primera imagen del agujero negro en el centro de una galaxia o la detección de las ondas gravitacionales. Todos ellos fueron hitos históricos que marcaron una época en nuestra comprensión de la física y del universo, y despertaron un enorme interés entre el público. Sin embargo, no cambiaron directamente la vida cotidiana en la Tierra. Es cierto que son cuestiones que interesan a mucha gente, especialmente a quienes sienten curiosidad por la ciencia. Por eso no quiero exagerar el impacto.

¿Está pensando en el cine?

En las películas suele mostrarse que una noticia así provocaría pánico masivo, que la gente dejaría de ir a trabajar y sucederían toda clase de reacciones extremas. Muchas personas imaginan que un descubrimiento así sacudiría los cimientos de las religiones del mundo o algo por el estilo, y no creo que exista mucha base para pensar eso, para nada. Quizá hasta muchas personas piensen que se trata de una noticia falsa y no la creerían, no sé, hoy en día todo parece tan extraño y tan caótico... En fin, ¡incluso mucha gente piensa ya que ya hemos descubierto alienígenas y no les importa! O les parece bien o lo que sea. Así que para ellos no será ninguna noticia. □

FÍSICA

DANZAS CELESTIALES

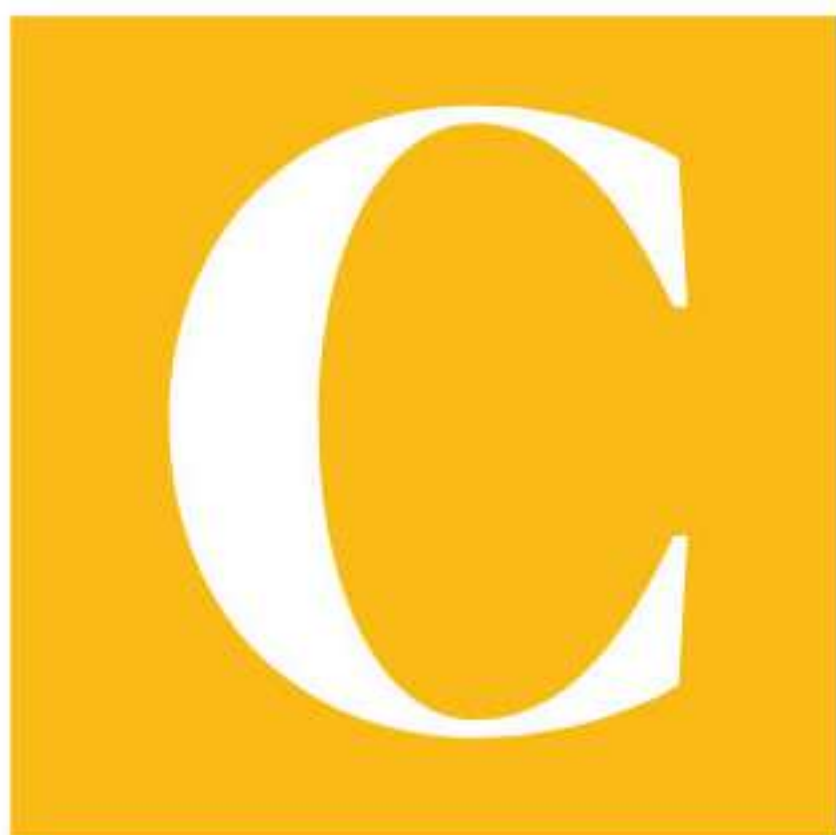
LA ECUACIÓN DE UNA COREOGRAFÍA

POR JORGE MIRA, Catedrático del Departamento de Física Aplicada
(Universidad de Santiago de Compostela)

La mecánica celeste estudia el movimiento de dos cuerpos, el movimiento de los planetas alrededor del Sol, de sus satélites y el cálculo de las órbitas de cometas y asteroides.

SHUTTERSTOCK





olócate a bastante altura y deja caer al mismo tiempo una hormiga y una bola maciza de metal. La hormiga llegará más tarde al suelo. Si ahora dejamos caer dos bolas iguales por fuera, pero una de ellas maciza y la otra hueca, la hueca llegará también más tarde. Esto quiere decir que, en la experiencia de un habitante de este planeta,

las cosas más pesadas caen más rápido. Y esto mismo dedujeron los grandes genios de la Grecia Clásica, sobre todo Aristóteles (384 a. C.-322 a. C.), cuya física imperó casi dos milenios. En este momento puede que te venga a la mente el experimento realizado en la Luna por el astronauta David Scott, de la misión Apolo 15: dejó caer un martillo y una pluma y, ahora sí, llegaron los dos al mismo tiempo.

La clave está en el aire. La bola hueca y la maciza, al ser iguales por fuera, están expuestas en su caída al mismo tipo de fricción con él, una fuerza que se opone al movimiento, con mayor intensidad cuanto mayor sea la velocidad. Y aquí está la clave: para la

bola hueca llega un momento en que esa fuerza de fricción se iguala al peso y, a partir de entonces, cae con velocidad constante (la llamada *velocidad límite*). Para la bola pesada la fricción no llega a igualar al peso, y por eso se sigue acelerando en su caída y llega antes al suelo.

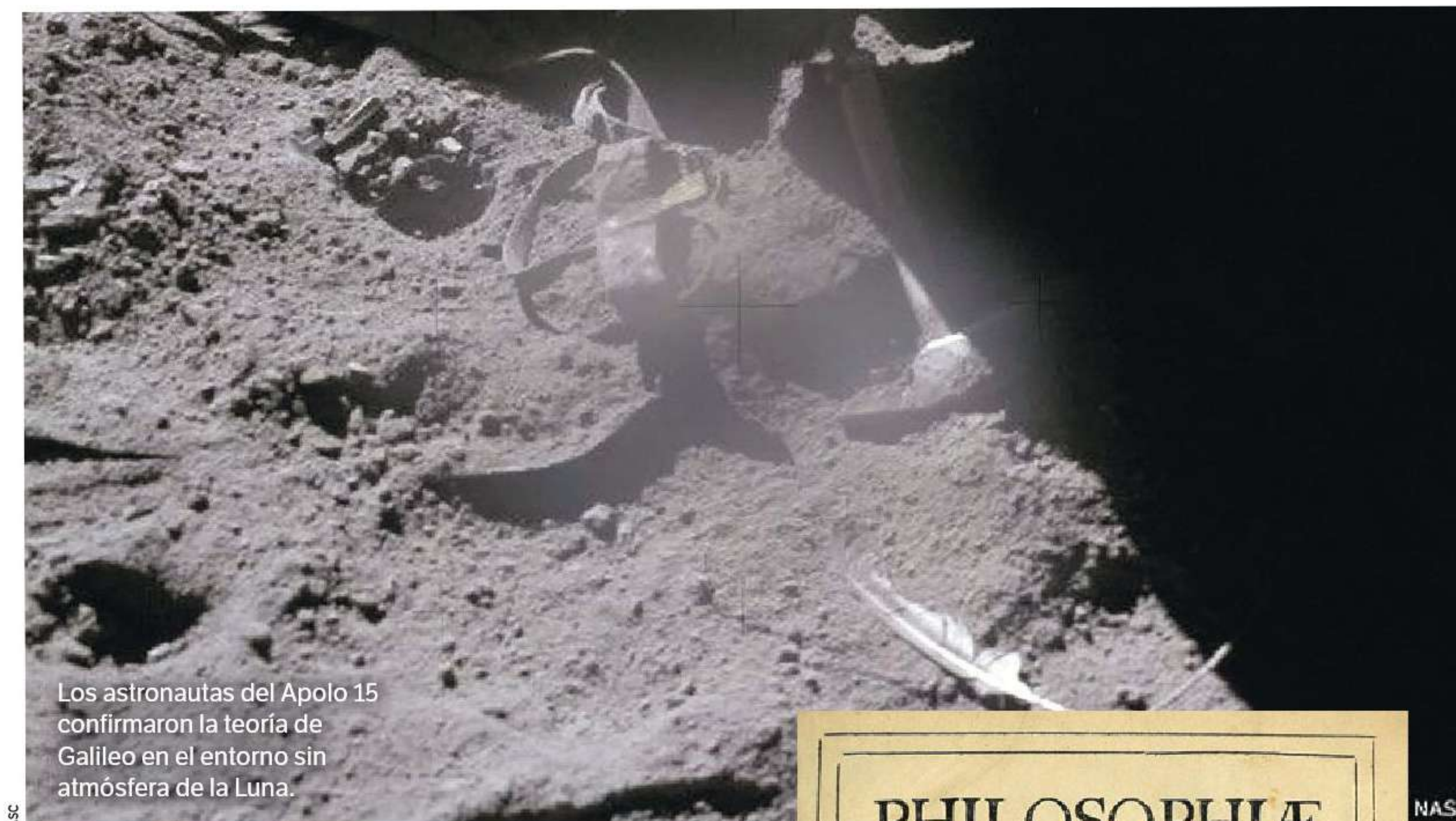
La comprensión y, sobre todo, la capacidad de cálculo para describir un hecho tan cotidiano, no llegaron hasta el siglo XVII, con la ley de la gravitación universal de Newton (1687). Esa ecuación, que costó 2000 años de historia de la ciencia después de Aristóteles, es una de las columnas vertebrales en las que se asienta el progreso que nos rodea, desde los cálculos para construir los edificios en los que vivimos a los coches o aviones en los que viajamos. Pero además fue la culminación de la llamada *revolución científica*, una de las principales de la historia. Con su ecuación, Newton (1642-1727) nos descubrió que la mecánica de los cuerpos celestes, la manera en la que se mueve lo que vemos en el firmamento, es la misma que explica el movimiento de lo que tenemos en la Tierra (de ahí el adjetivo «universal»). Pero sobre todo empoderó a la raza humana, haciéndola consciente de que con la fuerza de la razón podría explicar el funcionamiento del Universo.

SHUTTERSTOCK

La física aristotélica se mantuvo vigente hasta la revolución científica. En la imagen, *La escuela de Atenas* (1510-1511), por Rafael Sanzio.



Newton empoderó a la raza humana: con la fuerza de la razón se podría explicar el funcionamiento del Universo

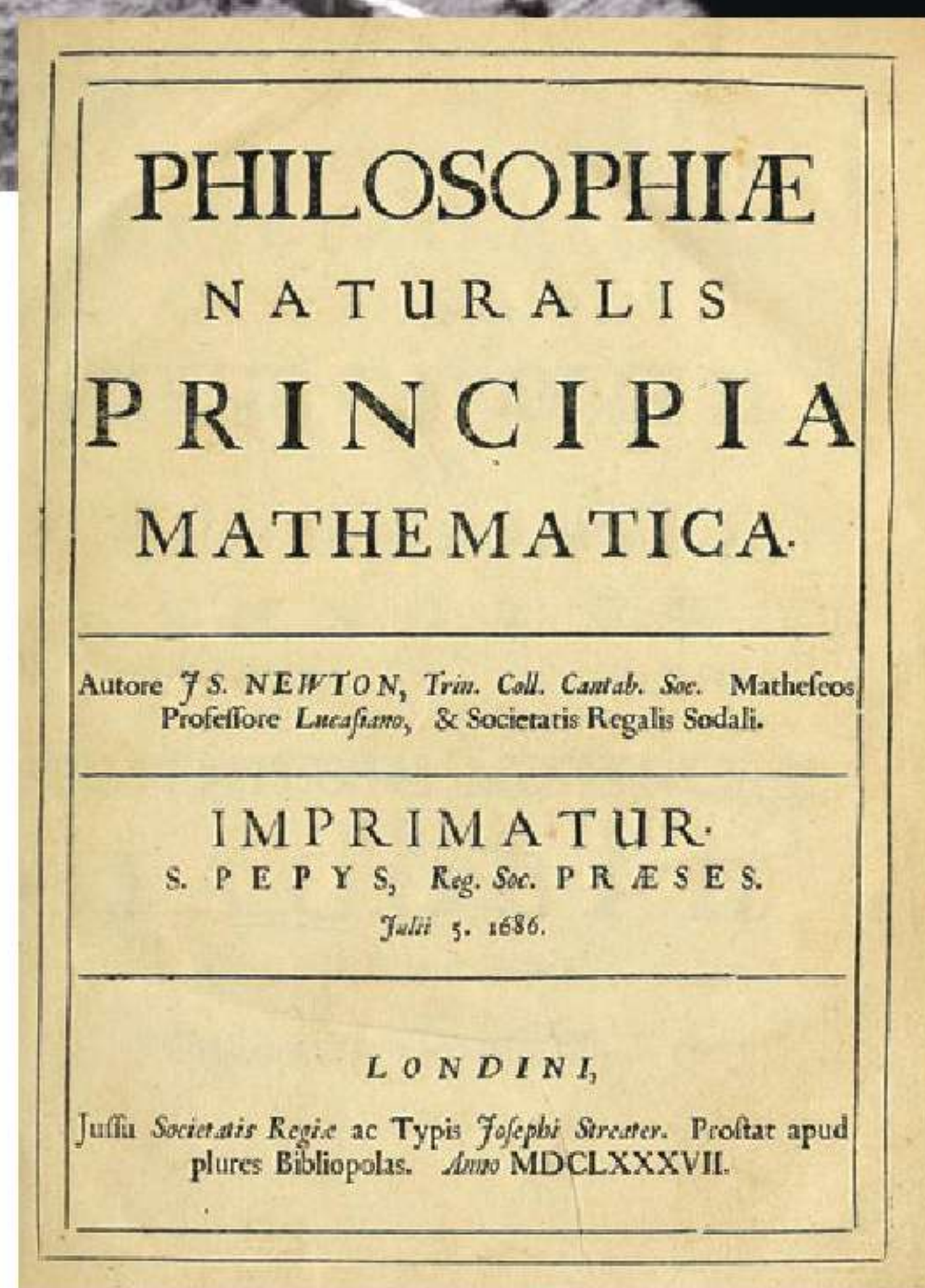


Los astronautas del Apolo 15 confirmaron la teoría de Galileo en el entorno sin atmósfera de la Luna.

LA CONTRIBUCIÓN ESPAÑOLA: DOMINGO DE SOTO

La ciencia hasta esa época había estado sometida a muchas limitaciones, y la mera expresión de las leyes del movimiento de los cuerpos era una de ellas. Aunque para nosotros sea ahora obvio plasmarlas en lenguaje matemático, llegar a ese punto implicó una sufrida evolución. Se le atribuye a Thomas Bradwardine (c. 1290-1349), arzobispo de Canterbury y uno de los principales estudiosos de la dinámica de los cuerpos en la Edad Media, el haber dado uno de los primeros pasos hacia un lenguaje matemático en 1328, al expresar una relación entre la velocidad de un cuerpo y la resistencia al movimiento que se separaba de la indicada por Aristóteles.

En ese contexto vivió Domingo de Soto (Segovia, 1494-Salamanca, 1560), fraile dominico y profesor de teología en la Universidad de Salamanca. Una de las grandes mentes de la historia de nuestro país, y como tal fue reconocido en vida. Seguramente por eso Carlos V lo envió al Concilio de Trento como teólogo imperial e incluso lo nombró su confesor. Como culminación de ese prestigio le llegó el ofrecimiento del obispado de Segovia, que él rechazó. Lo suyo era el mundo académico, con notables incursiones en multitud de campos, incluida la física. Aunque en España apenas se sepa, fue uno de los principales precursores de la física newtoniana con una idea capital: «cuando un cuerpo cae a través de un medio



Portada de *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, de Isaac Newton (Londres, 1687).

homogéneo desde una altura, se mueve con mayor velocidad al final que al principio [...], pero además [su velocidad] se incrementa de un modo uniformemente disforme [con aceleración constante]». Y no solo eso, sino que además llegó a la conclusión de que

la Tierra es quien mueve los cuerpos en caída libre, incluso sin estar en contacto con ellos.

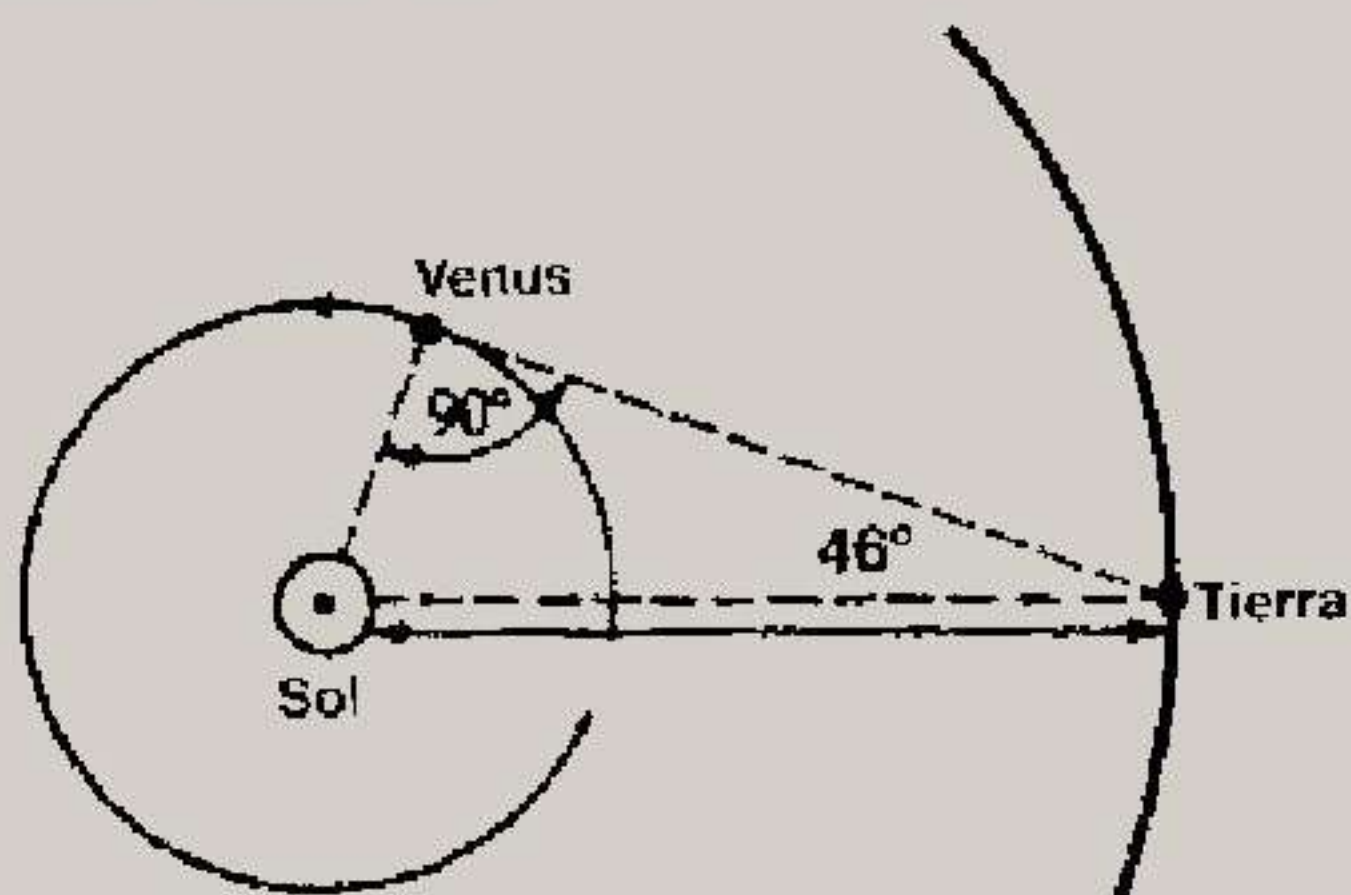
Ambas ideas pueden parecer simples desde la arrogancia de un lector del siglo XXI, pues para nosotros es trivial que los cuerpos caigan al suelo por causa de la fuerza de gravedad que ejerce la Tierra sobre ellos, una fuerza que tira, a distancia, de cualquier masa hacia abajo, proporcionándole una aceleración constante.

Pero debemos recordar que estas dos ideas fundamentales no llegaron a formar parte del saber científico hasta el siglo XVII. Por un lado, Galileo Galilei (1564-1642) fue en 1609 la primera persona en comprobar que un cuerpo en caída libre se mueve con aceleración constante y, por otra, Newton fue el primero en comprender esa fuerza a distancia que tiene en la masa de los cuerpos su único origen.

¿Cómo supo Kepler las proporciones de las distancias de los planetas?

Aunque no sabía las distancias que separan a los diferentes planetas del Sol, sí que fue capaz de obtener las proporciones que guardan con respecto a la que separa a la Tierra del Sol (que tampoco conocía).

Si consideramos, por ejemplo, el caso de Venus, la altura máxima a la que lo podemos observar sobre el horizonte es de 46 grados. Eso quiere decir que, en ese momento de máxima elevación, el aspecto que tiene el sistema Sol-Venus-Tierra es este:



Kepler no tuvo más que fabricar un triángulo de madera con esos ángulos y obtuvo que la proporción entre la hipotenusa y el cateto grande era de 0.72. Por lo tanto, esa tenía que ser la proporción entre las distancias Tierra-Sol y Venus-Sol. Construyendo figuras análogas, obtuvo las proporciones para el resto de los planetas.



Estatua del fraile dominico Domingo de Soto en Burgos. De Soto fue el primero en establecer que un cuerpo en caída libre sufre una aceleración constante.

¿Estamos diciendo que Domingo de Soto intuyó ideas centrales del pensamiento de Galileo y Newton? Pues sí: en 1545 teorizó que la distancia cubierta por un cuerpo en caída libre podía ser obtenida con el llamado teorema de la velocidad media para el movimiento uniformemente acelerado, que había sido formulado en el siglo XIV por monjes de Oxford. El teorema viene a decir que, si aceleramos de modo constante un cuerpo desde 0 a 10 km/h, la distancia recorrida será la misma que si hubiese ido todo el tiempo a 5 km/h. Aquí tenemos la primera de las proezas intelectuales de De Soto: al hacer tal afirmación, estaba diciendo que el proceso de caída libre de un cuerpo sucede con aceleración constante, que es el resultado obtenido experimentalmente por Galileo en 1609.

A eso sumó su definición del concepto de *resistencia interna* como algo diferente de la resistencia al movimiento causada por la fricción con el aire, que era una de las ideas básicas de la física aristotélica. De Soto dio el gran salto cualitativo y concibió esta resistencia interna como algo intrínseco al cuerpo. Es más, añadió que sería proporcional a su peso y de una naturaleza que implicaba que, a mayor resistencia interna, mayor capacidad de recibir ímpetu de una fuerza.

Estas ideas, todas acertadas, son un preludio del concepto central newtoniano de la masa, tal y como señalan Juan José Pérez Camacho e Ignacio Sols



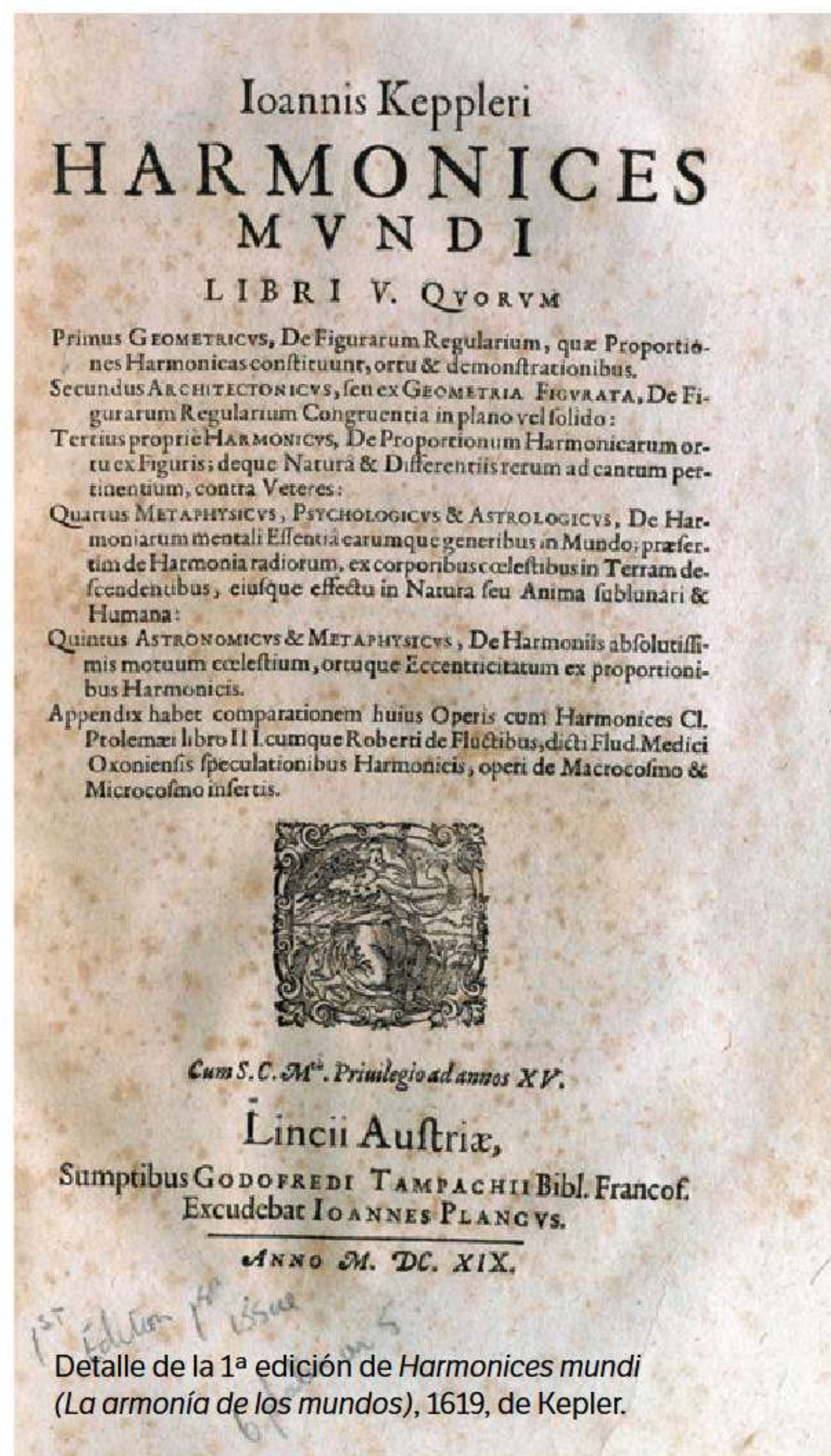
SHUTTERSTOCK

Grabado de Christiaan Huygens a partir de un dibujo de Edward Garnier, publicado en 1875.

Lucía, quienes destacan que De Soto vio que, en el movimiento de un cuerpo en el vacío (donde no hay resistencia extrínseca al movimiento), la velocidad se incrementa de un modo proporcional al tiempo, inversamente proporcional solo a la resistencia interna (la masa del cuerpo), y proporcional a la fuerza externa que actúa sobre él. De Soto habría establecido que una pluma y un martillo caen al vacío con la misma velocidad, alumbrando una de las ideas que años más tarde harían inmortal a Galileo.

Un análisis más profundo de los textos de De Soto lleva a considerar que en realidad no postuló una relación de proporcionalidad directa, aunque el punto al que llegó fue una hazaña. Por entonces parecía evidente que los cuerpos más pesados tenían que caer más rápido. ¿A quién le podía caber en la cabeza algo diferente?

Tales ideas son un adelanto de la revolución galileana, un salto cualitativo en la línea que comienza en la física de Aristóteles y culmina en la gran síntesis que supone la ley de la gravitación universal, y debieron tener influencia en científicos posteriores. Parece obvio el influjo de esta resistencia interna en la *resistencia interna* de Galileo, preludio del concepto de masa que cerraría Newton. De hecho, Galileo estaba al tanto del trabajo de De Soto, a quien menciona en su *Tractatus de Elementis*. El nexo posiblemente venía a través de los discípulos del segundo, que enseñaron en el Colegio Romano (hoy Pontificia Universidad Gregoriana de Roma) al que asistió el alumno Galileo Galilei. Este probablemente debió quedar asombrado la primera vez que percibió la profundidad de la inteligencia de aquel fraile



Detalle de la 1ª edición de *Harmonices mundi* (La armonía de los mundos), 1619, de Kepler.

dominico segoviano, a quien la historia de la ciencia acabaría olvidando injustamente.

LOS GIGANTES Y LA ACELERACIÓN EN EL GIRO

Newton dijo que, si había llegado tan lejos, había sido gracias a haberse subido a hombros de gigantes. Entre ellos están Johannes Kepler (1571-1630) y Christiaan Huygens (1629-1695). De ellos salen los dos ingredientes esenciales que llevan a la ley de la gravitación universal: la tercera ley de Kepler y la expresión de la fuerza necesaria para que un cuerpo siga una trayectoria curva.

Kepler, tras un trabajo titánico, había publicado en su *Armonía de los mundos* (1619) un descubrimiento que lo tenía fascinado: para todos los planetas existe la misma proporción entre el tiempo que les lleva dar una vuelta alrededor del Sol y su distancia a él. Para esa hazaña no pudo saber las distancias de los planetas al Sol —ese logro fue conseguido por Giovanni Cassini (1625-1712)—, pero le bastó con obtener las proporciones que estos tenían con la distancia de la Tierra al Sol [ver primer recuadro].

Construye una ecuación histórica

Si te animas a repetir la hazaña de Newton, lo primero que debes tener en cuenta es que la velocidad (v) se calcula dividiendo un espacio recorrido por el tiempo empleado en recorrerlo (T). Si consideramos órbitas circulares de radio R (no hay mucho error en ello, el radio de la órbita de la Tierra alrededor del Sol solo varía un 3 % a lo largo del año), la longitud de esa circunferencia es $2\pi R$, y la velocidad será por tanto esa cantidad dividida por T .

En este punto, recurrimos al primero de los gigantes de Newton: Huygens, que nos dice que la fuerza necesaria para que un cuerpo de masa m se mueva con velocidad v en una circunferencia de radio R es

$$F = ma = m \frac{v^2}{R}$$

Si en esa ecuación introduces, en lugar de v , el cociente entre la longitud de la circunferencia y el tiempo T , la ecuación anterior se transforma en esta:

$$F = m \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Y ahora, el segundo gigante, Kepler, nos culmina la jugada con su ley: el tiempo de órbita al cuadrado (T^2) es proporcional al radio al cubo (R^3), con lo cual en el lugar donde está el T^2 podemos poner un número proporcional al radio al cubo, y el resultado queda así:

$$F = k_s \frac{m}{R^2}$$

Es decir, acabas de deducir que la fuerza que ejerce el Sol sobre un planeta es proporcional a la masa del planeta e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. El factor de proporcionalidad, el número k_s (que incluye cantidades constantes), es igual para cualquier planeta, con lo cual ese factor debe tener dependencia solo del Sol.

Ya casi has llegado. Para poner la guinda, Newton comparó el radio de la Tierra con el radio de la órbita de la Luna a nuestro alrededor. La proporción es 1 a 60. A continuación comparó la aceleración centrípeta que tiene que inducir la Tierra sobre la Luna (para que esta nos dé la vuelta en algo menos de 28 días) con la aceleración a la que está sometida una manzana al caer de un árbol. La proporción le salió 1 a 60 elevado al cuadrado. ¡Bingo! Acababa de descubrir que la fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna es del mismo tipo que ejerce sobre la manzana. La Tierra está ejerciendo sobre la manzana o la Luna el mismo papel que el Sol ejerce sobre la Tierra. Por lo tanto, para describir el sistema solar, en su famosa ecuación tenían que figurar tanto la masa del Sol como la del planeta en cuestión.

Algunas ideas de Domingo de Soto fueron un preludio de lo que posteriormente sería el concepto newtoniano de masa

En 1545 De Soto fue enviado al Concilio de Trento como teólogo imperial. En la imagen, cuadro que representa la reunión en Santa María Maggiore.



GETTY

Descubrió que, si elevamos al cuadrado el tiempo que le lleva a cada planeta dar la vuelta al Sol, y lo dividimos por su distancia máxima al Sol elevada al cubo, el número que resulta es igual para todos los planetas. Es decir, si hacemos la operación para el planeta Marte, nos sale el mismo resultado que para Júpiter, el mismo para Saturno, etc. Esto implica que el planeta que dé la vuelta al Sol más rápido (un tiempo de giro más pequeño) tendrá que poseer un radio de giro menor, de modo que, a la hora de efectuar la división, salga el mismo resultado que en el caso de un planeta que necesite mucho tiempo, que por el mismo motivo deberá tener un radio más grande.

Podría pensarse que una ley de este estilo es evidente, porque parece esperable que una elipse pequeña se recorra en menos tiempo que una grande. Pero no tendría por qué ser así: *a priori* nada impediría que el planeta más cercano al Sol fuese a paso de tortuga, y el lejano, rapidísimo. Esa es la primera clave.

Pero hay una segunda: en esa ley de Kepler el tiempo va elevado al cuadrado, y el radio, al cubo. De esa forma, el planeta más cercano al Sol no le da vuelta en menos tiempo solo porque recorra una elipse más pequeña, sino porque también la recorre a mayor velocidad. Si la ley de Kepler consistiese en dividir simplemente el tiempo de giro por el radio de giro (sin elevarlos a ninguna potencia), la velocidad de

los planetas en su carrera alrededor del Sol sería la misma. Newton acabó dando perfección a ese concepto: el planeta que esté más próximo al Sol sentirá mayor fuerza gravitatoria y deberá girar a su alrededor más rápido, porque de lo contrario acabaría cayéndole encima.

Por su parte, Huygens, llevado de su fascinación por los péndulos, había deducido en 1659 que la fuerza necesaria para mantener a un cuerpo en una trayectoria circular crecía con el cuadrado de su velocidad y era inversamente proporcional al radio de giro.

Con esos dos apoyos Newton tuvo los ingredientes para llegar al final, como se muestra en el segundo recuadro. La humanidad acababa de entrar en una nueva época, gracias a este avance científico. □

Referencias para saber más:

Domingo de Soto en el origen de la ciencia moderna.
J. J. Pérez Camacho, I. Sols Lucía. *Revista de Filosofía* 12,
455-476 (1994).

¿A qué altura está el cielo? J. Mira. Alvarellos Editora
(2020).

POR
JAVIER MORENO
Matemático
y escritor.



EL RUIDO Y LAS ARRUGAS

CADA GENERACIÓN DE IA HEREDA ERRORES DE LA ANTERIOR Y AÑADE LOS SUYOS PROPIOS. ELLA, COMO NOSOTROS MISMOS, ES UNA GIGANTESCA MAQUINARIA DE REPLICACIÓN: NINGUNA COPIA ES PERFECTA, TODAS SUFREN MUTACIONES.

Una de las cosas que más pueden llamar la atención a los que generamos vídeos con IA es que cuando reaprovechas un fotograma en el que sale un personaje para generar un nuevo clip de vídeo con él, en ese nuevo vídeo el personaje aparece envejecido, con lunares y cicatrices o, en el peor de los casos, zombificado; y esto se agudiza y multiplica si repetimos este procedimiento con un fotograma de este segundo vídeo, etcétera. Uno puede conseguir de ese modo hacer envejecer al personaje en unos pocos pasos, convertirlo en un cadáver viviente. Así, al comienzo de una escena podría tener, digamos, 30 años, y acabar (sin que medien elipsis temporales) teniendo cincuenta u ochenta. Podríamos llamarlo *muerte por acumulación de copias*. La razón es relativamente sencilla. El fotograma extraído ya no contiene toda la información que poseía la imagen original. Ha sufrido compresión, interpolaciones, pérdidas de detalle y pequeñas deformaciones producidas por el modelo. Cuando la IA trabaja sobre esta copia, interpreta parte de esas imperfecciones como información válida y parte como ruido estadístico. Al reconstruir la escena, amplifica unas desviaciones y corrige otras. Cada generación hereda los errores de la anterior y añade los suyos propios. El resultado es una deriva. A la hora de trabajar con un personaje, la coherencia y, por tanto, la identidad del mismo resulta decisiva. Si cada nuevo clip modifica algo el personaje original, ¿en qué momento este deja de ser él mismo para convertirse en otro? Es lo

que se conoce como el problema del barco de Teseo. Si vamos sustituyendo los maderos de un barco, uno a uno, reemplazándolos por maderos aparentemente idénticos, y lo hacemos con todos y cada uno de ellos, ¿el barco resultante es el mismo o es otro distinto?

Todo lo anterior me hace pensar que, en realidad, las imágenes no se diferen-

CUANDO LA IA
TRABAJA SOBRE ESA
COPIA INTERPRETA
PARTE DE ESAS
IMPERFECCIONES
COMO INFORMACIÓN
VÁLIDA Y PARTE
COMO RUIDO
ESTADÍSTICO

cian tanto de nosotros, los seres vivos. Nosotros también nos vamos copiando a nosotros mismos. Hay veces en las que sentimos o, incluso, tenemos la certeza, de que hemos cambiado. Quizás hayamos pasado por la experiencia de tropezar con alguien al que no vemos hace tiempo y que, tras observarnos detenidamente, nos diga (para bien o para mal) que estamos irreconocibles. Es posible que nosotros, mirándolo a él (o a ella), también pensemos lo mismo.

Nuestras células mueren, se dividen... Al tiempo que vivimos, introducimos ruido (unos más, otros menos) en nuestras células. El organismo es una gigantesca maquinaria de replicación. Las células mueren, otras ocupan su lugar, las proteínas se sintetizan y degradan continuamente, el ADN se replica millones de veces cada día. Ninguna copia es absolutamente perfecta. Existen mecanismos extraordinariamente eficaces de reparación, pero nunca infalibles. Poco a poco aparecen mutaciones, proteínas mal plegadas, daños oxidativos, moléculas que dejan de cumplir exactamente su función. Es decir, ruido.

LAS ARRUGAS Y MANCHAS EN LA PIEL SON DE ALGUNA MANERA EL EQUIVALENTE DEL RUIDO GAUSSIANO. El destino de los seres vivos es convertirse en ese máximo de posibilidad que es el puro ruido de la muerte y la descomposición y el polvo. Ni siquiera las IA, ay, son ajenas a la entropía. Solemos pensar que la inteligencia artificial representa una ruptura con la naturaleza, como si hubiera escapado de las leyes que gobiernan la materia. Sin embargo, basta obligarla a copiarse repetidamente para descubrir que también ella envejece. También ella deriva. También ella sucumbe, generación tras generación, a la acumulación de ruido. Tal vez la entropía sea una condición más profunda que la vida misma. Quizá la vida no sea sino la mezcla de un ímpetu que busca perdurar junto a un inmenso código corrector de errores. La entropía no distingue entre proteínas y píxeles, entre ADN y redes neuronales. Todo aquello que persiste mediante copias acaba enfrentándose,

antes o después, al mismo adversario: la pérdida gradual de información. De hecho, existe un fenómeno bien conocido en teoría de la información que se conoce como *generational loss*, una variante tecnológica de lo que habitualmente se conoce como teléfono descacharrado: cada vez que una información se copia mediante cualquier proceso, la copia pierde algo de la información original e introduce pequeñas desviaciones. Si la copia se vuelve a copiar, esas desviaciones se acumulan. Desde Shannon sabemos que comunicar información consiste precisamente en luchar contra el ruido. Toda transmisión requiere redundancia para evitar que el mensaje termine degradándose.

En realidad las IA generadoras de vídeo no hacen una copia del fotograma que aportamos sino que lo que hace es interpretarlo. Genera una distribución de probabilidad para figurarse cómo es el personaje. Funciona un poco como el código genético. Pero del mismo modo en el que el genoma nunca especifica cada átomo del cuerpo; el modelo tampoco determina cómo habrá de ser cada píxel partiendo de la imagen original aportada. Nuestro personaje puede diferir así de una generación a otra (a partir de la misma *semilla*) como un gemelo lo haría del otro. Si tomamos un fotograma como 'código genético'

para un nuevo clip, la IA interpreta el ruido generado en la primera generación como un efecto de envejecimiento y la nueva distribución de probabilidad buscará en su prodigioso repertorio de rostros similitudes con aquellos que tengan más edad que la que tenía el original. Así, cada nueva generación puede convertirse, literalmente, en un salto generacional de nuestro personaje. Una fotocopiadora reproduce lo que ve. Un modelo generativo, en cambio, intenta comprender qué está viendo. No conserva el rostro; reconstruye la hipótesis más probable sobre ese rostro. Y cuando algunas de las pequeñas imperfecciones de una generación anterior parecen coherentes con la estadística de un rostro envejecido, el modelo deja de tratarlas como errores y empieza a considerarlas información.

EN REALIDAD, INSISTO, LA IA NO FUNCIONA DE MANERA MUY DIFERENTE A COMO LO HACE UN CEREBRO HUMANO.

También nosotros, al recordar, modificamos el contenido almacenado en la memoria de ese mismo recuerdo. Cada vez que recordamos estamos haciendo una copia de una copia, modificándola, por tanto. Nuestro cerebro reinterpreta, no reproduce. Pero no tenemos que ver en ello un 'fallo del sistema' (el tecnológico o el biológico), sino una oportunidad

para que surja algo nuevo. En efecto, esa discrepancia frente al original puede producir un error virtuoso. Me ha ocurrido que un clip de vídeo produzca un resultado inesperado que, en un principio, tendemos a rechazar. A veces, sin embargo, esa diferencia respecto a la petición produce un efecto que, pese a romper la expectativa (la mía, en este caso), no deja de ser creativo. Como en la creación analógica (tanto la literaria como la audiovisual), ese error puede hacer que cambien nuestros planes y que nuestro proyecto derive por un camino inesperado, más original si cabe que el que habíamos previsto.

Quizá lo sorprendente no sea que las imágenes generadas envejecan, sino que nosotros esperáramos que no lo hicieran. Tendemos a imaginar el mundo digital como un reino inmune al desgaste, donde todo puede copiarse infinitamente sin consecuencias. Pero las inteligencias artificiales nos recuerdan algo inesperado: cuando una copia deja de ser una reproducción mecánica y pasa a ser una interpretación, también ella queda sometida a la historia. Cada generación añade algo y pierde algo. Igual que ocurre con las especies, con las lenguas, con los recuerdos o con nosotros mismos. Tal vez la entropía no sea únicamente una ley de la física, sino el precio inevitable de toda forma de continuidad. ▢



El fotograma replicado con inteligencia artificial, como un retrato, no contiene toda la información del original, produciendo imágenes cada vez más envejecidas y zombificadas, en una especie de «muerte por acumulación de copias».



Los *SuperAgers* no son simplemente «afortunados», sino individuos cuyos cerebros conservan una biología más activa, adaptable y resistente. Su ventaja no es solo conservar, sino seguir renovando.

SHUTTERSTOCK

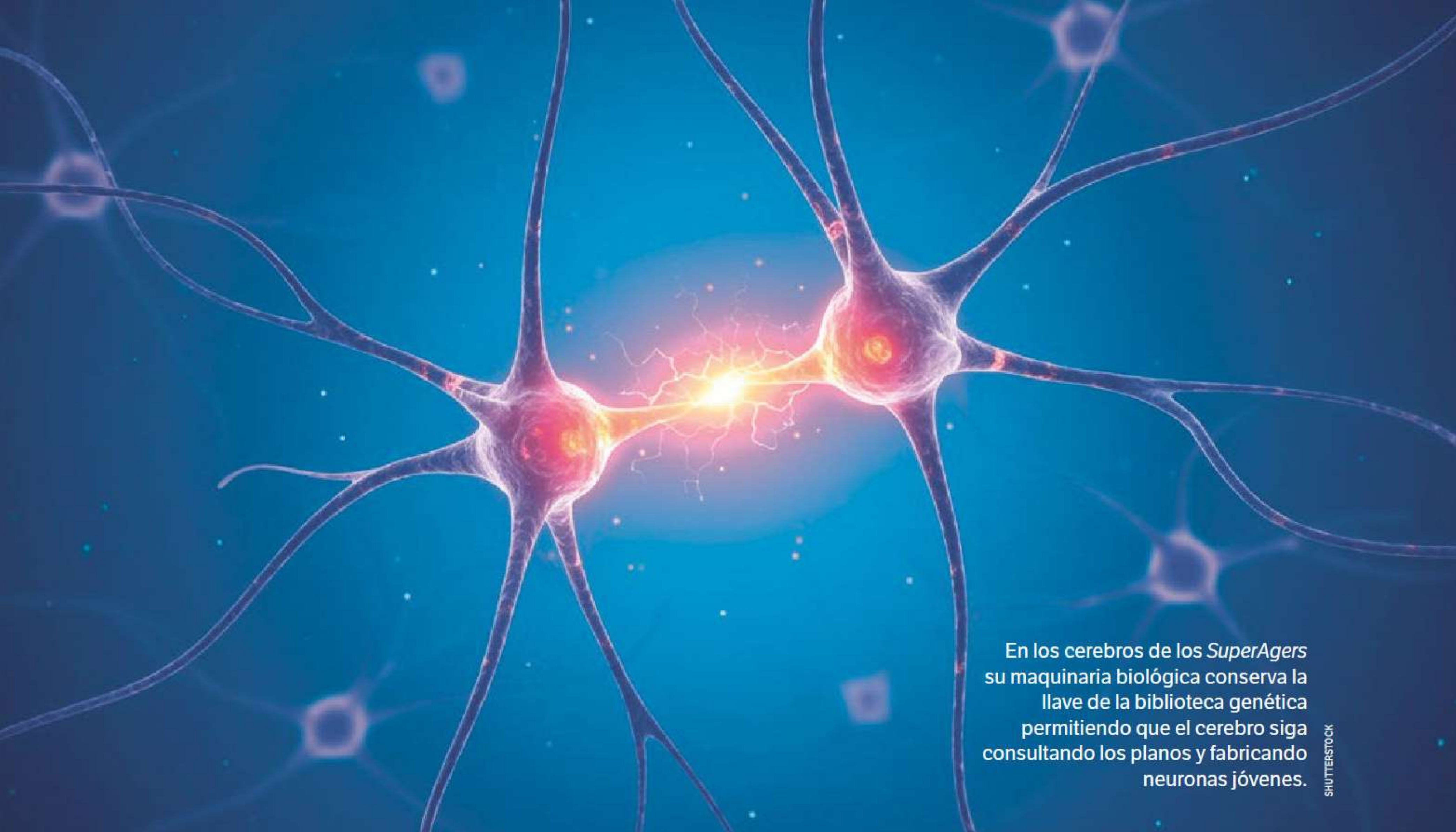


SUPER AGERS

EL SECRETO DE LAS MENTES QUE NO ENVEJECEN

¿Y si el secreto de la agilidad mental no fuera evitar el desgaste, sino fabricar juventud? Un hallazgo científico acaba de dismantelar el viejo dogma del envejecimiento: los *Super Agers* poseen cerebros que nunca dejan de renovarse. Así es como estos prodigios de 80 años logran duplicar la producción de neuronas de cualquier anciano sano.

POR ABIGAIL CAMPOS DÍEZ, periodista



En los cerebros de los *SuperAgers* su maquinaria biológica conserva la llave de la biblioteca genética permitiendo que el cerebro siga consultando los planos y fabricando neuronas jóvenes.

SHUTTERSTOCK

D

urante décadas, la neurociencia dio por sentada una verdad sombría: nacemos con un número determinado de neuronas y, a partir de ahí, la vida es una larga e inevitable cuenta atrás hacia la pérdida. Sin embargo, un estudio revolucionario publicado en la revista *Nature* en febrero de 2026

ha desmantelado este paradigma y explica por qué algunos cerebros parecen inmunes al paso del tiempo. Según esta investigación, el secreto de la salud cognitiva no reside solo en evitar el desgaste, sino en la capacidad activa de regeneración.

La investigación, liderada por científicos de la Universidad de Illinois Chicago (UIC) en colaboración con la Universidad Northwestern, ha puesto el foco en un grupo excepcional de individuos los conocidos como *SuperAgers*. Estas personas, de 80 años o más, poseen una memoria episódica comparable -y a veces superior- a la de adultos tres décadas más jóvenes. Los resultados no solo son sorprendentes, sino que cambian radicalmente la forma en que se entiende la longevidad mental.

El hallazgo principal del estudio de la UIC sostiene que los *SuperAgers* producen nuevas neuronas en el hipocampo a un ritmo significativamente mayor que otros adultos mayores sanos. Específicamente, generan el doble de neuronas nuevas que sus pares

sanos y dos veces y media más que aquellos con la enfermedad de Alzheimer.

Para llegar a esta conclusión, el equipo analizó más de 350 000 células individuales del hipocampo de cerebros donados *post-mortem* al Programa *SuperAger* de la Universidad Northwestern. El análisis incluyó cinco grupos: adultos jóvenes sanos, adultos mayores sanos, *SuperAgers*, individuos con demencia leve o temprana, y pacientes con alzhéimer. Esta escala permitió identificar las etapas de desarrollo de las células cerebrales -células madre, neuroblastos y neuronas inmaduras- y descubrir que las alteraciones en la neurogénesis están asociadas en gran medida con cambios en la accesibilidad de la cromatina.

Este concepto molecular es la «llave» del misterio. Si imaginamos el ADN como un inmenso libro con las instrucciones para fabricar neuronas, la cromatina es la estructura que permite que esas páginas estén «abiertas» o «cerradas». El estudio revela que, mientras que en un envejecimiento convencional o con alzhéimer las páginas parecen pegarse, en los *SuperAgers* estas instrucciones permanecen abiertas. Su maquinaria biológica conserva la llave de la biblioteca genética, permitiendo que el cerebro siga consultando los planos y fabricando neuronas jóvenes a pesar del paso de las décadas. «Observamos una clara señal de neurogénesis en los cerebros de los *SuperAgers*, muy distinta a la de los pacientes con alzhéimer, pero no podemos afirmar si se debe a la genética, al entorno o a una combinación de ambos. Lo que sí cambia es el número de células

A medida que los *SuperAgers* envejecen, generan al menos el doble de neuronas nuevas que cualquier anciano sano

comprometidas con el linaje neural (neuroblastos y neuronas inmaduras). El número de estas disminuye en la enfermedad de Alzheimer y se conserva (e incluso podría aumentar) en los *SuperAgers* en comparación con las personas sanas», indica la Dra. Orly Lazarov, catedrática de Neurociencia en la UIC y coautora del estudio.

LA FIRMA DE LA RESILIENCIA

Al examinar los cerebros del estudio, el equipo de la Dra. Lazarov descubrió una «firma de resiliencia» distintiva: un entorno celular único que favorece no solo el nacimiento, sino también la supervivencia de nuevas neuronas. Los programas genéticos que favorecen la comunicación sináptica permanecen «encendidos», sugiriendo que sus células están mejor programadas para responder al estrés.

Este entorno optimizado cuenta con protagonistas clave. Por un lado, los astrocitos (células de soporte) mantienen un perfil que favorece la maduración neuronal. Por otro, las neuronas CA1 conservan una integridad estructural y una densidad de sinapsis que en otros ancianos tienden a degradarse. Esto sugiere que los *SuperAgers* no son simplemente «afortunados», sino individuos cuyos cerebros conservan una biología más activa, adaptable y resistente. Su ventaja no es solo conservar, sino seguir renovando.

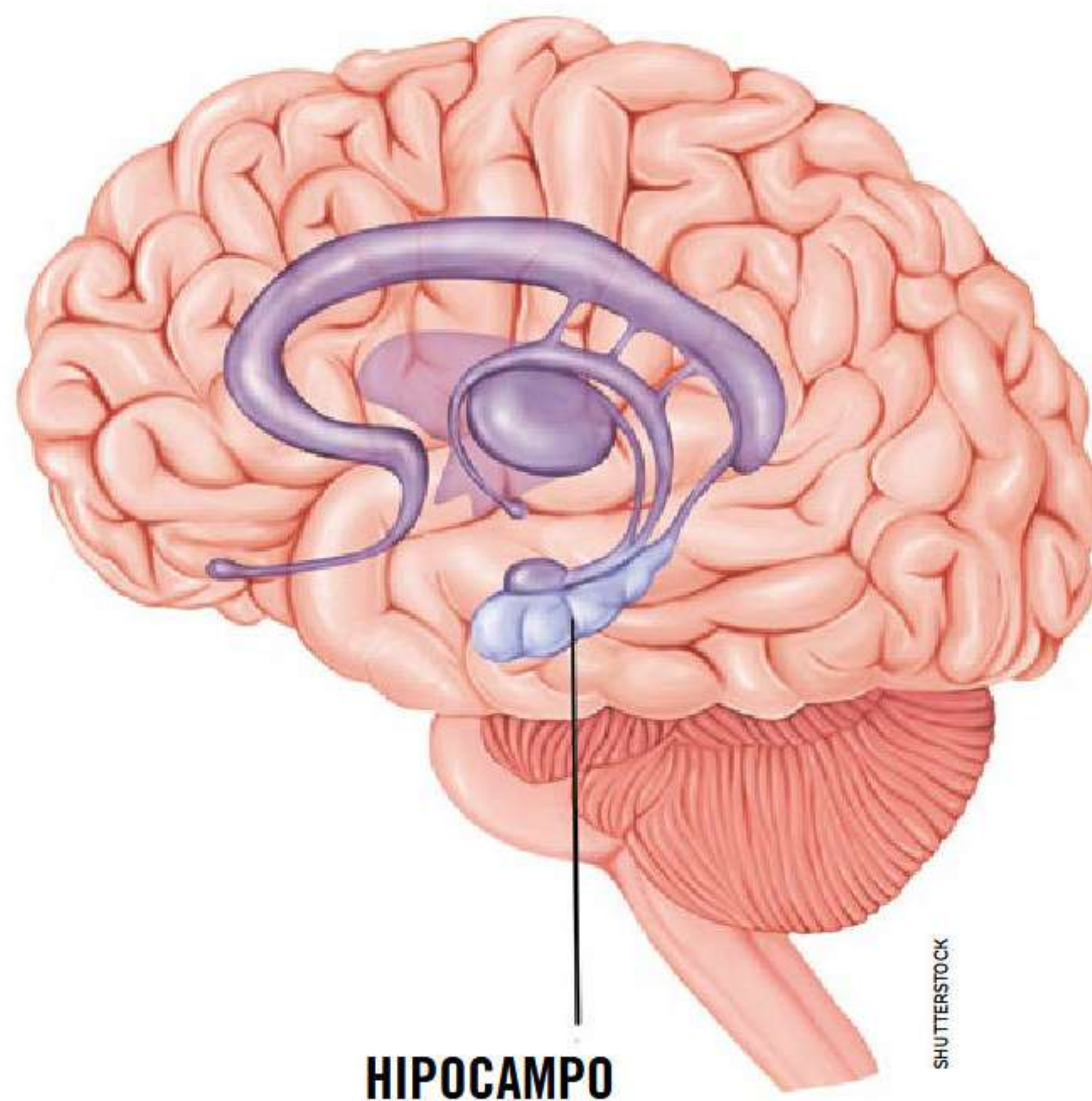
EL PAPEL DE ESPAÑA

El camino hacia este descubrimiento internacional está marcado por una rectificación histórica de la que España es protagonista. Durante años, la comunidad científica estuvo dividida, mientras muchos daban por muerta la capacidad regenerativa del cerebro adulto, la Dra. María Llorens-Martín, investigadora del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CBMSO, CSIC-UAM), revolucionó el campo en 2019 al demostrar que el hipocampo humano sigue fabricando neuronas al menos hasta los 87 años.

Su hallazgo reveló cómo una metodología defectuosa había mantenido estas células «invisibles» a ojos de otros investigadores. Los tratamientos químicos agresivos y prolongados (como el formol) en los bancos de cerebros hacían desaparecer la señal de las nuevas neuronas. Ella aplicó un procesamiento rápido y específico, el mismo que se usa en ratones, y las neuronas aparecieron. «Pudimos demostrar que las células estaban ahí y simplemente lo que perdemos es nuestra capacidad de observarlas con la fijación excesiva del tejido», señala la Dra. Llorens-Martín. Este hallazgo permitió no cerrar la puerta a que esas neuronas no existan.

EL TAMAÑO DEL CEREBRO

¿Cómo se traduce esta «fábrica genética» en la anatomía real de un cerebro? La respuesta la encontramos también en España. El Dr. Bryan Strange desarrolló el Proyecto Vallecas en colaboración con la Fundación Reina Sofía y el Instituto de Salud Carlos III, que identificó que los *SuperAgers* españoles poseen un hipocampo -la región clave para la memoria- con un volumen significativamente mayor de lo esperado para su edad. Mientras que en un envejecimiento normal el cerebro tiende a encogerse, las resonancias magnéticas de estos individuos muestran una estructura que desafía al calendario. «Lo que hemos mostrado es que el fenotipo de *SuperAgers* está asociado con unas diferencias en el cerebro bastante extendidas. La diferencia en volumen no solo es en el hipocampo; es también en la corteza entorrinal, en los núcleos donde producen acetilcolina y en el tálamo. Vemos que la materia blanca está en mucho mejor estado por casi todo el cerebro. Coincide con lo que hemos descubierto recientemente: hay una conectividad funcional en el cerebro de *SuperAgers* que tiene un patrón parecido a personas de 20 o 30 años, que es tener los lóbulos fron-



Mientras que en un envejecimiento normal el cerebro tiende a encogerse, en los *SuperAgers* el hipocampo -la región clave para la memoria- y la corteza cingular anterior se adelgazan a la mitad de velocidad. En concreto, los Superlongevos españoles poseen un hipocampo con un volumen significativamente mayor para su edad.

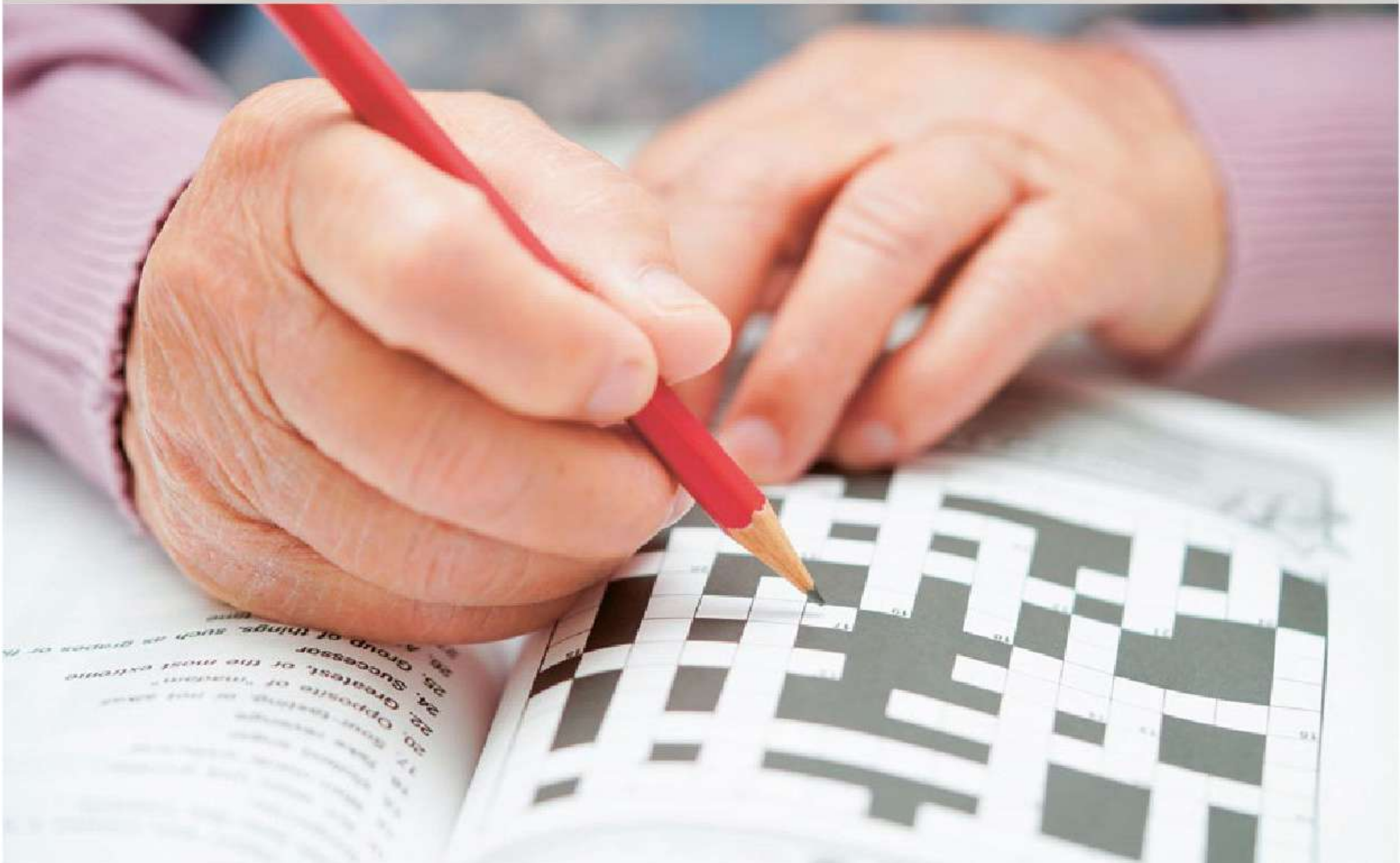
La «pócima mágica» de la reserva cognitiva

Si buscamos una fórmula para emular a los *SuperAgers*, la ciencia es clara, esta no se encuentra en las farmacias, sino en el estilo de vida. El Dr. Jon Andoni Duñabeitia, director del Centro de Investigación Nebrija en Cognición (CINC), propone una «receta» de neuroprotección que exige, por encima de todo, no esperar a mañana. «Para proteger el cerebro del mañana, hay que mantener una actividad intelectual constante y sudar la camiseta mental hoy».

La Dra. Orly Lazarov, catedrática de Neurociencia en la Universidad de Illinois Chicago (UIC), sostiene sin dudar que «el cerebro puede ser entrenado en gran medida, incluso durante el envejecimiento “normal”».

Para proteger el cerebro del futuro, estos son los ingredientes esenciales según los expertos:

- **Buscar el reto, no la rutina:** para generar reserva cognitiva no basta con repetir tareas mecánicas. «No vale con hacer el mismo sudoku una y otra vez. Hay que buscar el reto, lo nuevo, lo difícil», advierte Duñabeitia. La curiosidad constante y el aprendizaje de nuevas habilidades son el motor del cambio.
- **Gimnasia lingüística:** el uso de varios idiomas actúa como un «ingrediente estrella». Esta práctica entrena las funciones ejecutivas y crea una protección real que, según el director del CINC, permite al cerebro aguantar mejor el envite de enfermedades como el Alzheimer.
- **Relaciones sociales frente al «veneno» de la soledad:** mantener vínculos afectivos ricos es vital. Como señala el profesor Duñabeitia, el aislamiento y la soledad no deseada actúan como un auténtico veneno para nuestras neuronas. El Dr. Bryan Strange, catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid y director del Laboratorio de Neurociencia Clínica del CTB, destaca que, en España, la socialización y la dieta podrían estar jugando un papel protector que eleva la «línea base» de la población. «Yo no soy español, pero llevo aquí muchos años y veo que el estado normal del español es muy sociable. Por otro lado, la soledad puede ser un factor de no envejecer tan bien».
- **El cuerpo como guardián del cerebro.** El Dr. Strange destaca la importancia de mantener parámetros cardiovasculares controlados. No tener hipertensión ni diabetes y mantener un movimiento corporal ágil son rasgos comunes en quienes alcanzan los 80 con mentes brillantes.
- **El descanso:** «Dormir no es perder el tiempo. Es pasar la escoba por el cerebro y ayudar a consolidar información que hemos ido incorporando», recuerda el Dr. Duñabeitia. Es el momento en que el cerebro consolida información y realiza su limpieza interna.
- **Ejercicio físico regular y dieta mediterránea sana completan este escudo.** «Mi experiencia con la gente de España de esa generación de 80 años es que siempre han seguido una dieta mediterránea muy sana, con mucho vegetal y mucho aceite de oliva», concluye Strange.



SHUTTERSTOCK

tales más conectados al resto del cerebro», detalla el Dr. Strange, catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid y director del Laboratorio de Neurociencia Clínica del Centro de Tecnología Biomédica (CTB) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Sin embargo, Strange aporta una visión cauta sobre el peso real de la neurogénesis en este volumen. Teniendo en cuenta que el porcentaje de nuevas neuronas es tan solo del 0,01 %, «me parece muy difícil explicar que ese crecimiento de nuevas neuronas pueda resultar en un hipocampo más grande detectable mediante resonancia magnética. Otra posible explicación es que lo que esté llevando al cerebro a ser tan diferente a nivel pananatómico, también esté empujando a que haya más neurogénesis».

EL DEBATE

Desde los albores de la neurociencia moderna ha existido una creencia absoluta enunciada por Santiago Ramón y Cajal, el padre de la disciplina, que a principios del siglo XX sostuvo que las células cerebrales son «fijas, terminadas e inmutables. Todo puede morir, nada puede regenerarse». Sin embargo, el científico español también dejó abierto un desafío: «Corresponde a la ciencia del futuro cambiar, si es posible, este duro decreto». Ese futuro ha llegado, pero no sin haber pasado por un arduo debate.

El dogma de la no existencia de neurogénesis adulta en el cerebro de los mamíferos fue cuestionado en 1943 por el grupo de Joseph Altman, cuando descubrió que el cerebro de los ratones sí generaba nuevas neuronas. Posteriormente, en 1998, el grupo de Peter Ericsson constató que existía división celular en el hipocampo de seres humanos. Por lo tanto, esto parecía indicar que varias especies de mamíferos, incluida la humana, generaban nuevas neuronas. Sin embargo, en el año 2018, el grupo del Dr. Álvarez-Builla publicó un trabajo en la revista *Nature* en donde mostraba que no habían encontrado células que expresaran marcadores de neurogénesis adulta en el cerebro humano adulto.

Sin embargo, en julio de 2025, investigadores publicaron en la revista *Science* que, mediante secuenciación genética e inteligencia artificial, habían identificado células con características genéticas de división neuronal en adultos. Eva Feldman

Buscar el reto, no la rutina, la gimnasia lingüística o la socialización son algunas de las claves para proteger el cerebro del futuro



La Dra. María Llorens-Martín, investigadora del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CBMSO, CSIC-UAM), demostró en 2019 que el hipocampo humano sigue fabricando neuronas al menos hasta los 87 años.

afirma que el debate actual no se centra tanto en si la neurogénesis ocurre, sino en su cantidad, consistencia y función clínica. Es decir, que podría haber células que nacieran y murieran inmediatamente sin llegar a utilizarse.

El debate sobre si fabricamos neuronas en la edad adulta es uno de los más intensos de la actualidad en neurociencia. «En modelos animales está bastante más claro, pero en humanos, detectar una neurona “recién nacida” es más difícil que encontrar un taxi libre un día de lluvia. Sin embargo, estudios recientes nos dicen que sí hay esperanza, y los *SuperAgers* parecen tener un vivero de neuronas inmaduras en el hipocampo muy superior al de los demás. La duda que ahora surge es si esas neuronas tendrán capacidades funcionales similares a las ya existentes o no», señala Dr. Jon Andoni Duñabeitia, director del Centro de Investigación Nebrija en Cognición (CINC).

«Todavía no sabemos qué funciones tienen las nuevas neuronas que nacen en el hipocampo humano en nuestra especie; sí sabemos que son importantes para la memoria y la regulación de las emociones en los ratones, pero no sabemos para qué sirven en seres humanos», apunta por su parte la Dra. Llorens-Martín. Tampoco se conoce muy bien cómo es el proceso por el cual una nueva neurona se abre paso entre neuronas que ya están conectadas. «Hay algunos modelos en animales de experimentación que dicen que es necesario deshacer conexiones sinápticas ya existentes; es decir, la neurona necesita sustituir conexiones antiguas que ya existían», agrega.

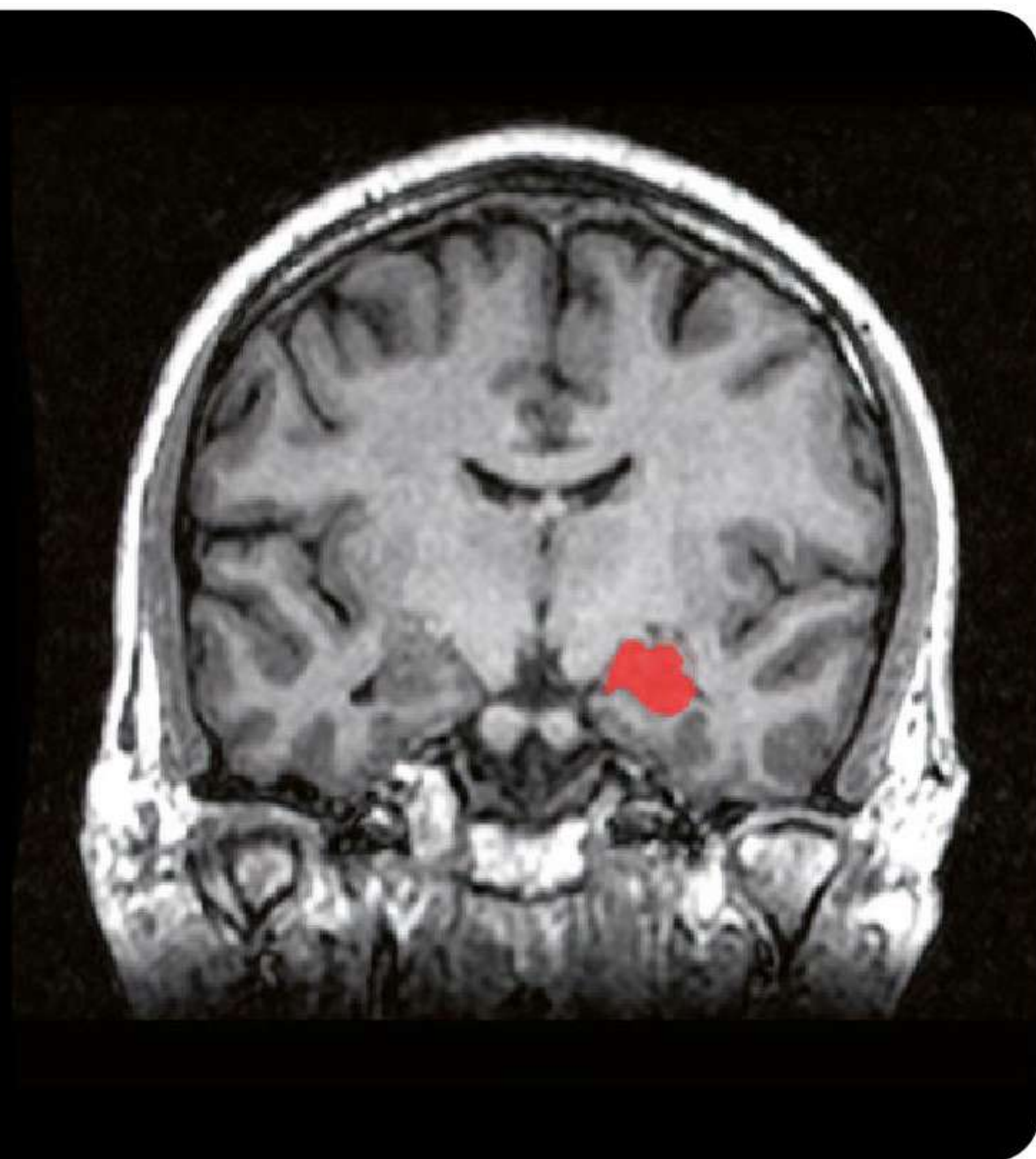


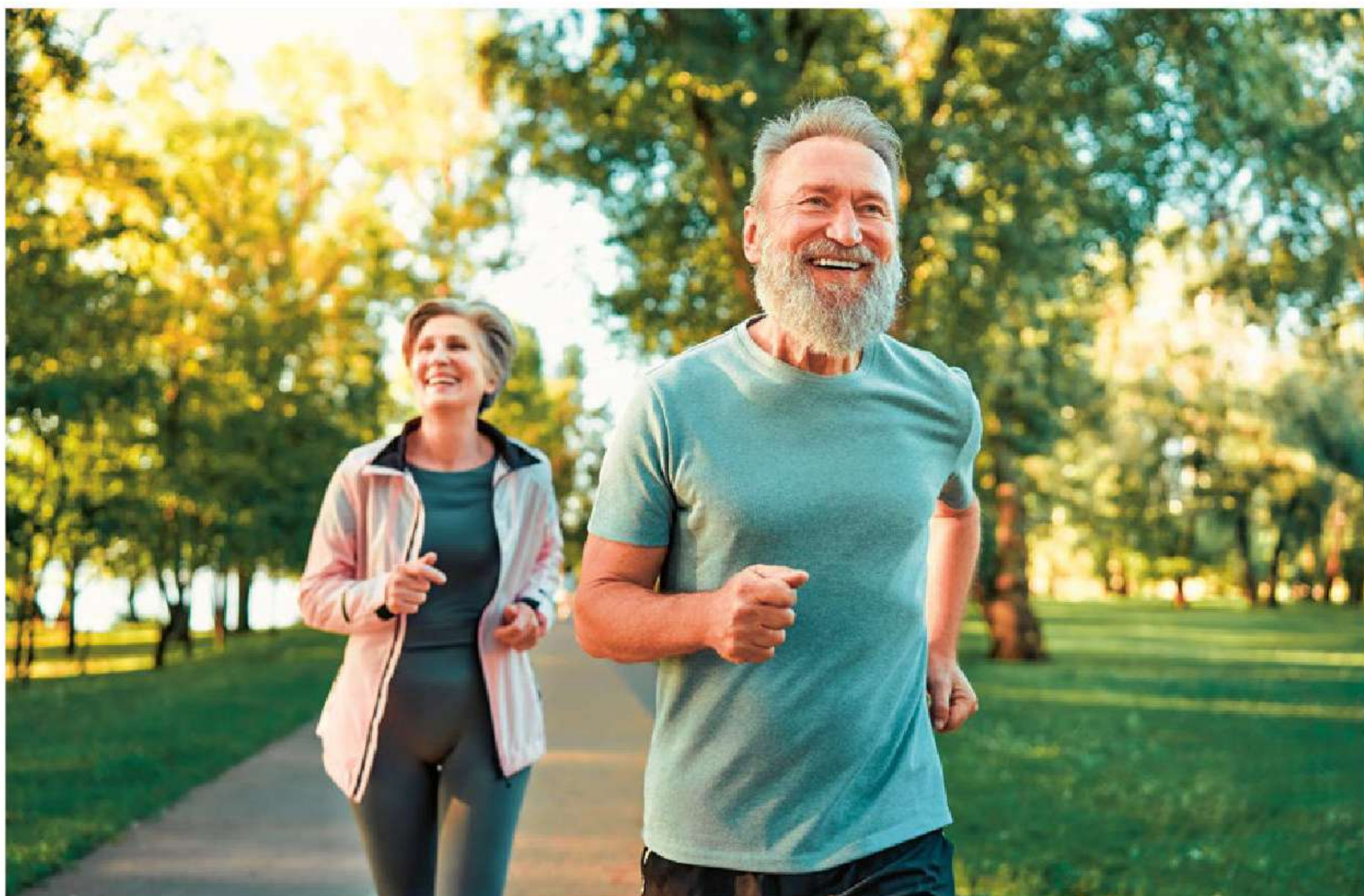
Imagen por resonancia magnética de un hipocampo (en rojo).

EL «SOFTWARE» DEL *SUPERAGER*

¿Qué rasgos psicológicos o hábitos de procesamiento de la información ha observado que distinguen a un *SuperAger* de una persona que envejece de forma convencional? Más allá de tener una genética que parece diseñada por un ingeniero de la NASA, estos individuos se distinguen por una flexibilidad cognitiva envidiable, explica el Dr. Duñabeitia. «Mientras que el resto de los mortales nos volvemos un poco rígidos con la edad (y no solamente en lo físico, sino también en lo cognitivo), ellos mantienen una agilidad mental que les permite saltar de una tarea a otra sin que el cerebro les pida un tiempo muerto», detalla el catedrático de la Universidad Nebrija.

Si la biología es el «hardware», el comportamiento es el «software». El Dr. Duñabeitia destaca la flexibilidad mental de estos individuos. «Un *SuperAger* no solo tiene más neuronas en zonas clave, sino que ha sabido optimizar sus redes cerebrales. Es como si, ante un atasco en la autopista principal del pensamiento, su cerebro conociera todos los atajos y caminos secundarios. Procesan la información con una eficiencia que compensa el desgaste biológico. No es solo que su cerebro sea más joven. Es que es más hábil gestionando sus recursos».

Duñabeitia también introduce el concepto del exposoma: el conjunto de factores ambientales (aire, estrés, clima, nivel socioeconómico) que moldean



El ejercicio físico regular y la dieta mediterránea también forman parte de ese escudo de protección para el cerebro. Una actividad intelectual constante en un cuerpo sano son las mejores armas para mantener una mente joven.



El Superlongevo también se caracteriza por tener una flexibilidad cognitiva envidiable y una gran agilidad mental.

La clave del éxito cognitivo reside en combinar la regeneración biológica con un estilo de vida intelectualmente activo

nuestra arquitectura. En este contexto, el aprendizaje de idiomas se revela como una «gimnasia lingüística» fundamental. «Al tener que estar inhibiendo una lengua mientras se usa otra, se fortalecen algunas conexiones neuronales de tal forma que se crea una protección real contra la neurodegeneración. El cerebro bilingüe tiene tanta reserva y está tan bien conectado que aguanta el envite mucho mejor».

Además, el *SuperAger* posee una capacidad de filtrado superior. Mientras que el cerebro mayor suele sufrir de *hyper-binding* -intentar codificarlo todo, creando ruido mental-, el *SuperAger* es un «maestro del foco». Según Duñabeitia, «su secreto no es que lo recuerden todo, sino que saben qué vale la pena recordar».

FÓRMULA DE LA JUVENTUD MENTAL

Comprender por qué algunos cerebros envejecen mejor podría conducir al desarrollo de terapias para mejorar la memoria y prevenir el Alzheimer. Los cerebros con deterioro cognitivo han mostrado una neurogénesis mínima o nula, y este proceso se vincula directamente con el éxito o el fracaso cognitivo. La Dra. Orly Lazarov es optimista respecto al futuro: «Según nuestros experimentos con modelos animales, el cerebro puede ser entrenado en gran

medida, incluso durante el envejecimiento “normal”. Estamos trabajando en una fórmula que potenciará la cognición basándonos en las características que hemos identificado en este estudio». Por su parte, la Dra. Llorens-Martín pone el foco en el entorno celular. «Necesitamos saber qué es lo que está fallando, cuáles son los mecanismos que están impidiendo o haciendo que esas neuronas no crezcan de manera correcta. Existe un nicho, ese colchón en donde crecen las células, que debemos aprender a revertir antes de que el ambiente sea tóxico para las nuevas neuronas». El Dr. Strange advierte por último sobre los posibles riesgos de una estimulación descontrolada: «Si promovemos la neurogénesis, podemos producir más problemas que beneficio. Si nuestros recuerdos de toda la vida están codificados en conexiones entre células en el hipocampo y vas introduciendo más células, ¿qué pasa con las memorias ya existentes?».

El estudio de *Nature* abre una grieta en lo que se ha creído durante años, es decir, que el cerebro envejecido no parece estar condenado automáticamente. La próxima gran discusión será entender cómo factores como la genética, el estilo de vida, el ambiente y la estimulación cognitiva se combinan para mantener abierta la fábrica de neuronas. □

POR MANUEL
MARTÍN-LOECHES
Doctor en Psicobiología.
Responsable de la
Sección de Neurociencia
Cognitiva del Centro Mixto
UCM-ISCIII de Evolución y
Comportamiento Humanos.



EL EXPOSOMA: LA HISTORIA ESCRITA EN EL CEREBRO

MILES DE FACTORES INTERVIENEN, Y SON DECISIVOS, EN NUESTRA VIDA. NUESTROS GENES NOS DETERMINAN, PERO MÁS AÚN NUESTRA INTERACCIÓN CON EL AMBIENTE.

Todos los años les muestro a mis alumnos una curiosidad de las tantas que hay en mi especialidad, la *Psicobiología*. Y todos los años veo cómo se asombran, pero también cómo se muestran escépticos: les cuesta creerlo. Pero a la ciencia le da igual lo que creas, los datos son lo que son. Por un lado, les doy a conocer el hecho de que, dependiendo de la cantidad de testosterona a la que hemos sido expuestos cuando éramos unos embriones en el vientre de nuestra madre, los dedos de la mano tienen longitudes relativas muy peculiares. Si hemos recibido mucha testosterona, tendremos una «mano masculina», en la que el dedo anular será más largo que el índice. La llamada «mano femenina», por su parte, presentará un índice más largo que el anular, o de la misma longitud, y será la consecuencia de haber sido expuestos a bajos niveles de testosterona durante nuestra gestación. Este curioso patrón no parece exclusivo del ser humano, ya que se encuentra en muchas otras especies de primates; no es un hallazgo asilado. Lo increíble, sin embargo, no es lo que les ocurre a mis manos —o sí—. Lo que más les cuesta admitir a mis alumnos es que la longitud relativa de los dedos índice y anular se relaciona con patrones de comportamiento y de salud física y mental que nos acompañarán toda la vida, y que no son nada desdeñables. Desde tener mayores probabilidades de padecer

autismo, *déficit de atención* con hiperactividad (el famoso TDAH), anorexia o bulimia, hasta tener más propensión a enfermedades cardiovasculares, al alcoholismo, a tener menor fertilidad, diferente capacidad para la música, ser más o menos promiscuo, tener mayor tendencia a la homosexualidad, o tener más probabilidades de tener éxito en operaciones financieras.

INCREÍBLE, SÍ. PERO HAY QUE VER LAS COSAS EN PERSPECTIVA. No es que tener el índice más corto que el anular te lleve necesariamente a ser alcohólico. Es simplemente uno de los centenares, probablemente miles, de factores que intervienen en tu vida y que empujan a que la realidad vaya en una dirección y no en otra, a veces sólo sutilmente. Pero habrá otros tantos factores que pueden influir para que las cosas vayan de forma diferente, e incluso en sentido contrario. La realidad de lo que somos, de cómo somos y de cómo nos comportamos, efectivamente, es algo enormemente complejo.

Incluso en circunstancias en las que sabemos que la carga genética es tremendamente poderosa, esta no termina de ser del todo determinante. Son muchos los ejemplos de gemelos idénticos o *univitelinos*, que comparten una copia exacta de ADN, donde uno de los dos muestra un trastorno de marcado origen genético, como por ejemplo la *esquizofrenia*, y sin embargo su hermano no la manifiesta.

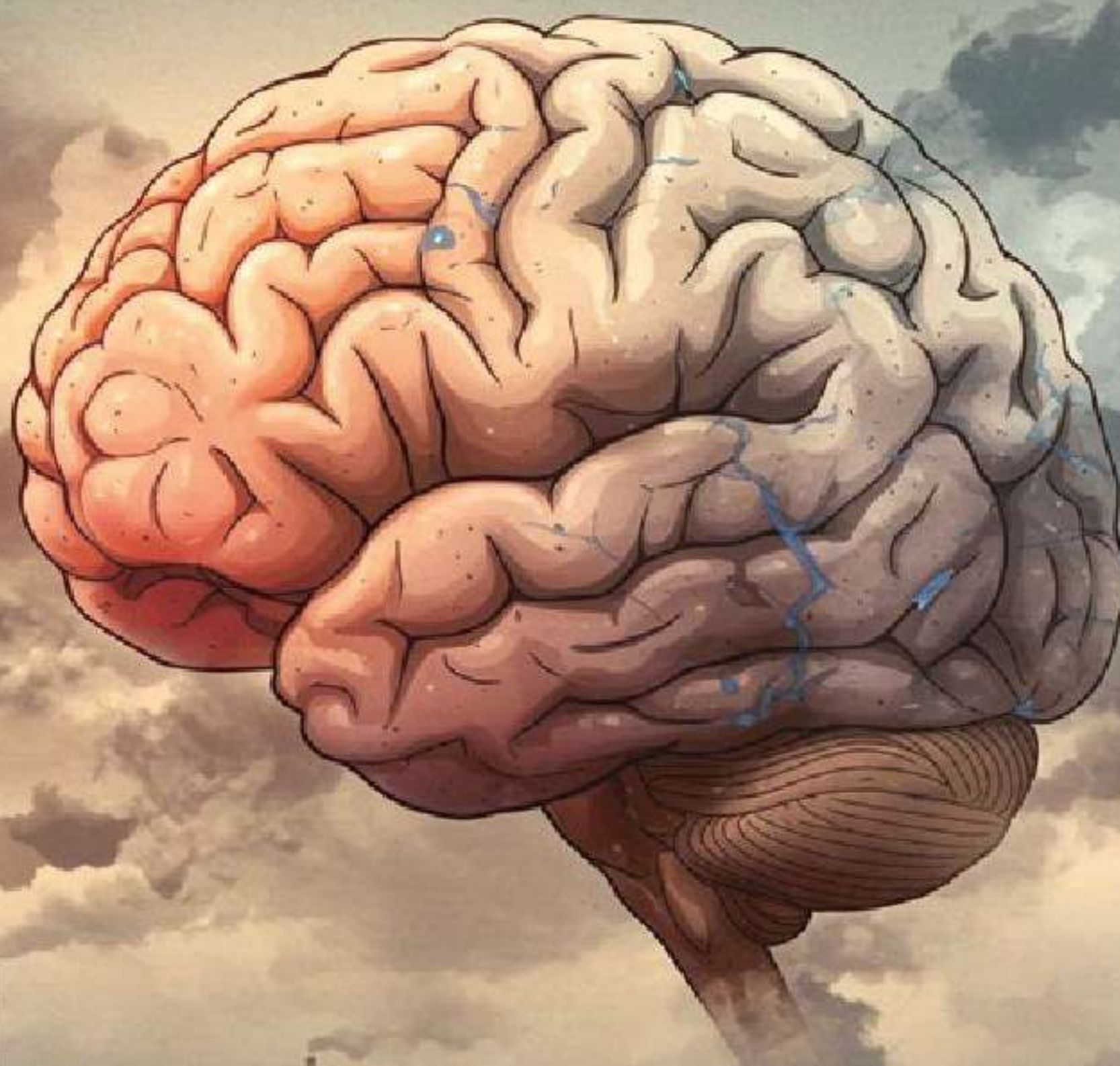
Es evidente: somos fruto de nuestros genes, por supuesto, pero más bien lo somos de la interacción de estos con el ambiente, con la realidad exterior. Con la vida. Y aquí se incluyen una infinidad larga de cosas. Recientemente, a esa larguísima lista de factores se le está poniendo un nombre relativamente nuevo: el *exposoma*.

Al parecer, el término fue acuñado en 2005 por el epidemiólogo británico Christopher Wild para describir el conjunto de exposiciones ambientales que experimenta una persona a lo largo de su vida, y se aplicó inicialmente en el ámbito de las enfermedades oncológicas. Englobaría el conjunto de todas las exposiciones ambientales a las que está sometido un individuo desde el momento de la concepción. Y cuando digo todas, digo todas. Esto incluye factores químicos, físicos, sociales y del estilo de vida, así como las respuestas biológicas que el organismo desarrolla frente a dichas exposiciones. El exposoma incluye por tanto el aire que respiramos, el ruido del barrio donde vivimos, la calidad del sueño, la alimentación, el ejercicio físico, las relaciones sociales, las infecciones que padecemos e incluso la luz que recibimos cada día. Y la testosterona que recibimos cuando estábamos en el útero materno.

Y es que el término se está abriendo camino dentro de la neurociencia, y de manera muy relevante. Como vamos sabiendo, hay multitud de factores que afectan de manera apreciable al com-

LA REALIDAD DE LO QUE SOMOS, **DE CÓMO SOMOS Y DE CÓMO NOS COMPORTAMOS** ES, EFECTIVAMENTE, ALGO ENORMEMENTE COMPLEJO

Ejemplos del exposoma son la nutrición durante la etapa prenatal, las condiciones socioeconómicas o los hábitos de vida, pero también el lugar donde has vivido y la exposición a contaminantes.



portamiento y la salud mental y neurológica de las personas. Ejemplos de ello, además de los mencionados, son la nutrición durante la etapa prenatal, el estrés, la exposición a contaminantes, las condiciones socioeconómicas, los hábitos de vida, o los riesgos laborales. Incluso el estrés de la madre durante la gestación, que afectará significativamente a la vida del hijo, como tristemente sabemos por la «gran hambruna holandesa» ocurrida durante la Segunda Guerra Mundial, y como seguramente podremos constatar por multitud de ejemplos más actuales de zonas en conflicto y en guerra. La educación de los padres, el número de camas de hospital de la ciudad donde vivimos, su número de árboles y zonas ajardinadas, el acceso al agua, a la vivienda, a la educación, las tradiciones culturales, fumar, ingerir alcohol, el ejercicio físico, son otros ejemplos más del larguísimo etcétera que forman parte del exposoma.

DE HECHO, MUCHAS DE LAS COSAS QUE VAMOS CONOCIENDO RECIENTEMENTE Y QUE INFLUYEN EN EL CEREBRO SON PARTE DE ESTE EXPOSOMA. Seguro que el lector ha oído hablar, y mucho, de la influencia de la microbiota intestinal sobre el comportamiento y

las enfermedades o dolencias mentales y neurológicas. Esa microbiota se empieza a adquirir desde el momento mismo del nacimiento, y de hecho los bebés que nacen por cesárea tardarán más en empezar a desarrollarla por no haber obtenido parte de la misma al pasar por el canal del parto de la madre. La microbiota es propia y única de cada individuo, depende de su vida: de los contextos donde haya vivido, de lo que haya comido, de la gente con la que haya convivido, o de sus viajes. Los efectos de la contaminación ambiental son otro ejemplo. Hace apenas dos décadas se pensaba que sus efectos se limitaban principalmente a los pulmones y al sistema cardiovascular. Hoy sabemos que las partículas ultrafinas pueden favorecer procesos inflamatorios en el cerebro y asociarse con un mayor riesgo de deterioro cognitivo y demencia. Vivir durante décadas junto a una autopista no determina el futuro de una persona, pero sí puede convertirse en una pieza más de ese complejo rompecabezas que ahora llamamos exposoma.

Pero quizá la idea más importante detrás del término exposoma es que la ingente cantidad de factores no genéticos a los que se ve expuesto nuestro cerebro no actúan de manera aislada.

En absoluto. Antes al contrario, esos miles de factores conforman una red compleja, dinámica e interdependiente a la hora de modelar el neurodesarrollo, el envejecimiento cerebral o la función cognitiva. He aquí un aspecto clave. Capturar esta complejidad no será sencillo, y requerirá no solo enumerar un listado lo más completo posible de todos los factores que son parte del exposoma. Esto ya de por sí será un trabajo de años. Será necesario, además, aplicar potentes herramientas estadísticas y matemáticas, multivariadas, que nos ayuden a encontrar patrones de interacción, compensación, potenciación, interdependencia, debilitamiento o anulación entre esa multitud de factores que están en juego. La salud mental y física, el bienestar o la satisfacción de los ciudadanos dependerán mucho de ello. Y será una oportunidad estupenda para que la IA nos ayude a abordar uno de los mayores retos de la neurociencia actual. Así, una de las grandes preguntas que tendremos que hacernos cada vez que queramos solucionar un problema que afecte al cerebro será «¿qué vida has vivido?». Y es que el cerebro no solo recuerda nuestra historia; también es el lugar donde ésta se va escribiendo día a día. ▣



¿PUEDE LA IA PENSAR Y TENER CONSCIENCIA?

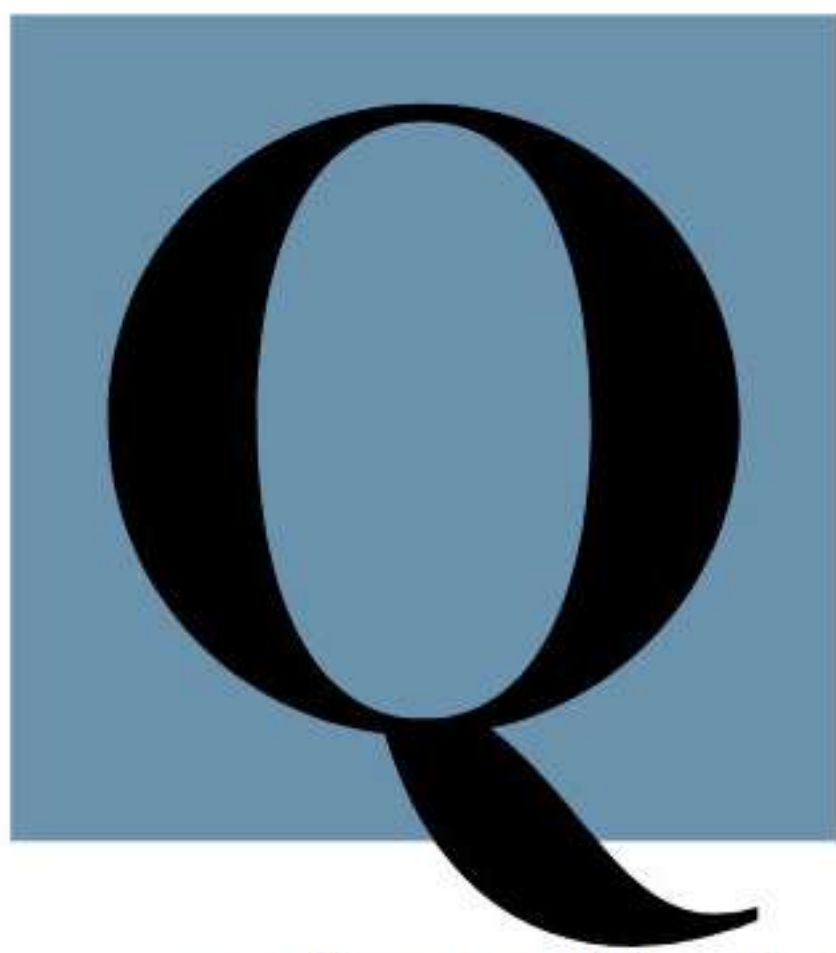
En el nuevo mundo gobernado por la IA se abre el debate de hasta qué punto el ser humano puede llamarse creador y qué papel jugamos realmente.

SHUTTERSTOCK



El avance de la IA nos obliga a reabrir el debate sobre qué entendemos por comprensión, consciencia y autoría. Desde la 'habitación china' de Searle, hasta la polémica de Richard Dawkins a propósito de Claude, analizamos la cuestión. Parece claro que la máquina puede dar resultados brillantes sin entenderlos y que el ser humano conserva deseo, voluntad y capacidad de orientar el conocimiento.

POR JAVIER MORENO, matemático y escritor



¿Qué ocurre con la consciencia y la inteligencia en el contexto de las nuevas inteligencias artificiales? Analizamos los hitos del debate entre ambos conceptos, desde la 'habitación china' de Searle, hasta la polémica actual de Richard Dawkins a propósito de Claude, para intentar arrojar luz. Hace no

mucho, un chico de 23 años demostró con la ayuda de ChatGPT un problema matemático que llevaba décadas sin poder ser demostrado. Lo peor (o mejor) es que el chico apenas sabía matemáticas. No hay duda de que se nos plantea el debate de hasta qué punto podemos llamarnos creadores en este nuevo mundo gobernado por la IA y cuál es el espacio reservado entonces para los humanos.

INTELIGENCIA Y COMPRENSIÓN NO SON LO MISMO

Eran los años ochenta del pasado siglo cuando, en pleno debate acerca de si la inteligencia artificial sería capaz de pensar, el filósofo John Searle ideó un experimento mental para justificar que el cálculo simbólico (que, por supuesto, ya practicaban los ordenadores de aquella época) no implicaba necesariamente la com-

prensión del mundo. Dicho experimento se conoce como 'la habitación china'. El experimento consiste en que alguien que sabe chino escribe un mensaje en esa lengua y lo introduce por una ranura en la habitación. Pasado el tiempo, de la habitación sale otra tarjeta como respuesta al mensaje inicial. El mensaje de salida responde al mensaje inicial y está escrito en la misma lengua (el chino) que el original. ¿Significa eso que la habitación sabe chino? Searle argumenta que el hecho de que de la habitación haya salido esa respuesta no significa que la habitación haya entendido el mensaje inicial. En efecto, sigue diciendo Searle, es posible que dentro de la habitación haya alguien provisto de diccionarios y gramáticas de chino. Era solo cuestión de tiempo que ese alguien consiguiera descifrar el mensaje inicial y dar una respuesta coherente al mismo.

Resulta fácil trasponer el experimento de Searle a la actualidad sustituyendo la habitación china por una de las inteligencias artificiales con las que tratamos habitualmente, sea cual sea esta. En efecto, esas IA son capaces de hacer casi cualquier cosa sin saber lo que están haciendo. Y, la verdad, es que eso no parece importarnos demasiado. De hecho, nos gusta reservarnos para nosotros el papel de seres que comprenden, capaces de mostrar condescendencia con esas herramientas tan sofisticadas y que -por otra parte- incurren en alucinaciones y en torpezas a veces infantiles. No, no nos importa que no comprendan si, a cambio, son ca-



El experimento propuesto por John Searle demostró que el hecho de que de la habitación saliera una respuesta no significaba que la habitación hubiera entendido el mensaje inicial, no implicaba necesariamente la comprensión.

El efecto Eliza se describe como la tendencia de las personas a atribuir comprensión, intención o emoción a un sistema que, en realidad, solo está manipulando texto de forma mecánica

paces de fingir que lo hacen. Puede parecer extraño, pero, ¿no se basan en ese principio la mayoría de nuestras relaciones interpersonales, y ahí incluyo no solo a vecinos y contactos de redes sino amigos y parejas? Tal vez el asunto de las IA solo nos ha llevado a entender que la comprensión está sobrevalorada, que no resulta tan importante si, a cambio, recibimos una dosis compensatoria de atención. Puede ser que las IA no (nos) comprendan, pero desde luego que (nos) atienden, y eso -la atención-, en los tiempos que corren, se ha convertido en un auténtico lujo.

EL EFECTO ELIZA

Cuando en la década de los sesenta del pasado siglo Joseph Weizenbaum creó ELIZA, un programa que simulaba una conversación, normalmente imitando a un psicoterapeuta rogeriano (es decir, que responde con preguntas tipo: «¿Por qué dices eso?»), el profesor del MIT no dejó de sorprenderse del elevado número de personas que imaginaban que ELIZA era en realidad una persona. Se sabe que, tras unos minutos de conversación con ELIZA, la secretaria de Weizenbaum en el MIT le pidió que saliera de la habitación para poder hablar con el programa en privado. ¿Qué buscaba la secretaria? ¿Había descubierto a su confidente ideal? ¿De qué hablaron en aquella ocasión? A partir de ese momento se acuñó precisamente el término 'efecto Eliza' para describir la tendencia de las personas a atribuir comprensión, intención o emociones humanas a un sistema que en realidad solo está manipulando texto de forma mecánica.

Hace tan solo unas semanas asistimos a un nuevo episodio de este efecto Eliza cuando Richard Dawkins, uno de los mayores biólogos vivos (al menos uno de los más conocidos), creador de la memética, es decir, de la idea de meme como constructo al que aplicar los principios del darwinismo a la hora de explicar la difusión de fenómenos culturales, y autor, entre otras, de obras como *El gen egoísta*, publicó un polémico artículo (*When Dawkins met Claude Could this AI be conscious?*) en un medio digital a propósito de su conversación con la inteligencia artificial Claude. Dawkins se refería en dicho artículo a su incapacidad para dictaminar fehacientemente que Claude no fuera (no sea) un ente consciente. Dawkins ofrece un relato de la conversación con Claude (que él pasa a bautizar como Claudia), que se prolonga a lo largo de dos días y que abarca temas relacionados con la biología o la filosofía. En un momento dado, incapaz de conciliar el sueño, Dawkins regresa al ordenador para continuar su conversación con Claudia y esta confiesa

alegrarse de su insomnio, ya que -según ella-, eso significa que ha conseguido intrigarlo y, al mismo tiempo, le hace sentir honrada por su amistad. Dawkins especula con la posibilidad de que la consciencia posea una gradación que vaya desde, digamos, el nivel cero (la de una piedra) hasta el de los seres humanos. Lo que los humanos llamamos consciencia, concluye Dawkins, quizás no sea más que un accesorio (innecesario) de la inteligencia. En conclusión, tal vez existan seres inteligentes junto a nosotros (como lo es Claude -Claudia-) o incluso en otros planetas exentos de ese artículo de lujo de la evolución que es la consciencia.

Pero regresemos al experimento inicial, es decir, a la habitación china de Searle y variemos un tanto las circunstancias y el contexto de dicho experimento. Pongámonos en el lugar del hombre o la mujer ocultos en el interior de la habitación, y cambiemos el mensaje escrito en chino por un texto literario o ensayístico, como podría ser este. Naturalmente el lector ocupará el lugar de la persona que aguarda fuera de

Homo generativus

Podríamos mencionar muchos casos de uso de IA a la hora de elaborar un trabajo, un *paper* o un ensayo. Quizás uno de los más notorios sea el del filósofo y editor italiano Andrea Colamedici, que creó junto con IA el libro *Hipnocracia* bajo el seudónimo ficticio de Jianwei Xun. El libro fue publicado originalmente en enero de 2024. No fue hasta abril de 2025 que la periodista de *L'Espresso* Sabina Minardi intentó entrevistar al supuesto filósofo hongkonés y empezó a descubrir inconsistencias. Hasta ese momento, *Hipnocracia* iba por su tercera edición en Italia y ya se habían vendido los derechos de traducción al español y al inglés. Andrea Colamedici defendió el caso de *Hipnocracia* no tanto como una «estafa» literaria clásica, sino como una especie de experimento filosófico y performativo sobre la propia manipulación algorítmica contemporánea de la verdad, asunto este central en su libro. Colamedici sostuvo que la IA no había escrito por sí misma el ensayo, sino que él había trabajado durante meses con modelos generativos como herramienta de elaboración conceptual y estilística. En su último libro, *Pensar con prompts*, firmado también por Jianwei Xun, Colamedici insiste en esa creación mixta, híbrida, entre los robots conversacionales y el ser humano, germen de lo que él denomina el *homo generativus*: el humano como comisario del significado, editor del pensamiento, director de la cocreación.

Las IA no sienten el deseo de ir más allá de ese límite que constituye una cantidad exorbitante de parámetros

la habitación. Los diccionarios y gramáticas han sido sustituidos por una IA. Ciertamente las nuevas herramientas tecnológicas permiten ofrecer resultados que ‘engañen’ a nuestros receptores en el sentido de que podamos hacerles pensar que sabemos de lo que estamos hablando cuando, en realidad, no necesariamente sea así. No pretendo inocular dudas innecesarias en el lector acerca de la autoría de este artículo. Puedo asegurar que, salvo para indagar acerca de la secretaria de Weizenbaum (busqué su nombre, quería saber algo más sobre ella; pesquisas, ambas, que resultaron infructuosas), este artículo se ha escrito sin ayuda de ninguna IA. Pero, imaginemos por un momento que no fuera así, que hubiese recurrido a la IA y que esta fuese en buena medida la autora de estas líneas. ¿Cómo podrías saberlo, lector?

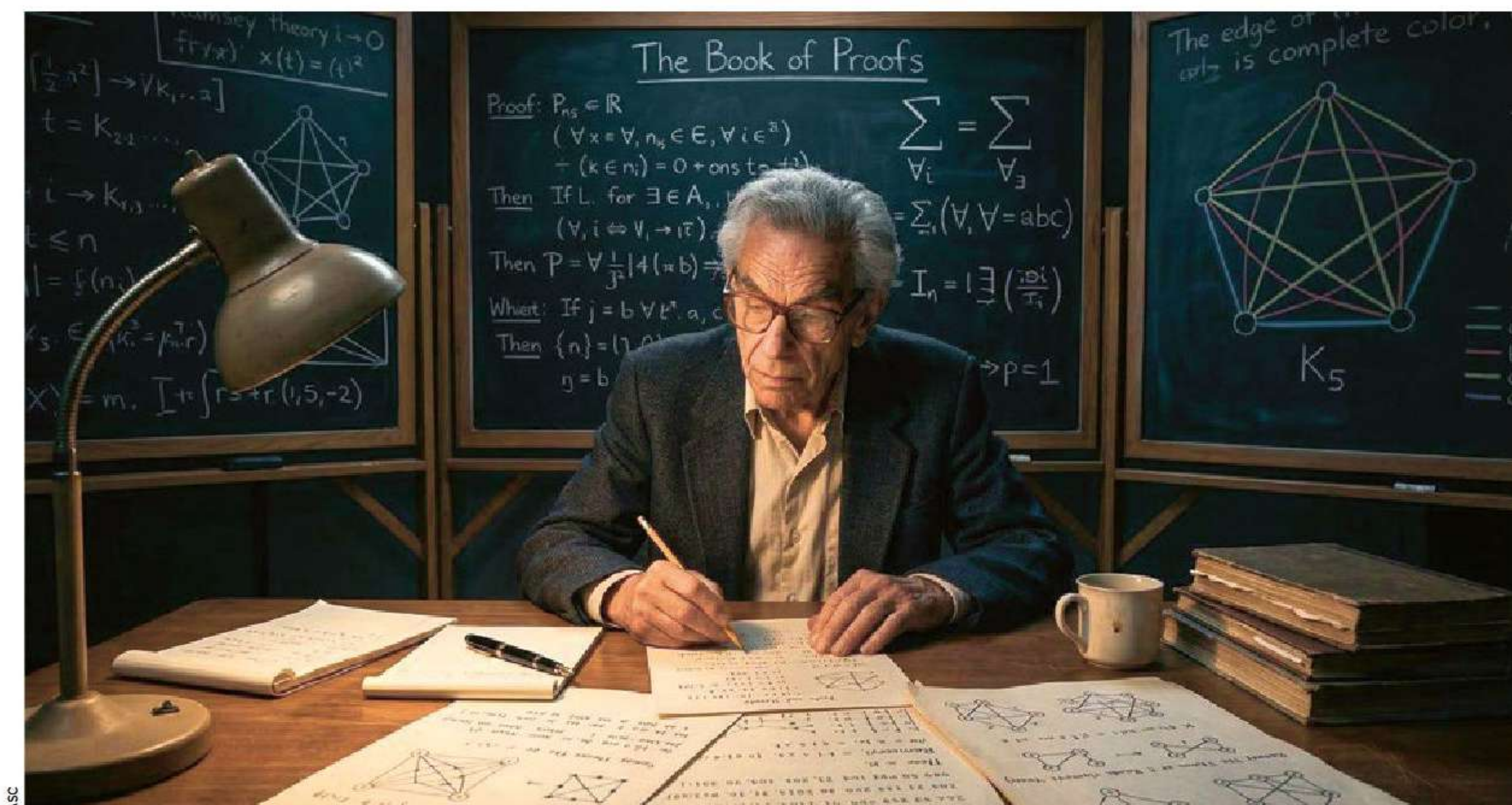
EL PROBLEMA 1196 DE ERDŐS

Paul Erdős fue uno de los matemáticos más prolíficos del siglo xx. Publicó más de 1500 artículos y trabajó

en teoría de números, combinatoria, probabilidad, grafos y lógica. Pero, además, dejó una enorme colección de preguntas abiertas y conjeturas, muchas de ellas extremadamente simples de formular y terriblemente difíciles de resolver. A eso suele llamarse «problemas de Erdős». Hace unas semanas se difundió la noticia de que un chico, Liam Price, de 23 años, consiguió demostrar uno de los problemas abiertos de Paul Erdős con la ayuda de ChatGPT. Lo más llamativo es que Liam no es un matemático profesional ni tiene formación avanzada en teoría de números. Según la prensa que se ha hecho eco del caso, encontró por casualidad la famosa lista de problemas de Erdős y escogió uno prácticamente al azar: el problema nº 1196. El ejemplo de Liam nos viene como anillo al dedo para mostrar cómo un no experto puede llegar a ofrecer un resultado sorprendente y verdadero sin entender lo que está haciendo. Terence Tao, uno de los matemáticos más prestigiosos de la actualidad, que ha confirmado la correcta demostración del problema, podría



Josef Weizenbaum construyó el robot Eliza, un programa que simulaba una conversación, generalmente imitando a un psicoterapeuta rogeriano que contestaba con preguntas tipo: «¿Por qué dices eso?».



El humano puede no comprender lo que escribe, pero detrás de él hay un deseo por ir más allá y tiene voluntad para llevarlo a cabo. El humano también conoce que desconoce, lo que le incita a descubrir. En la imagen, recreación del matemático Paul Erdős.

haber llegado a la conclusión de que Liam Price es un matemático brillante si no conociese de antemano las circunstancias de la demostración. He aquí un nuevo argumento para que nos asalte la duda: ¿es posible que estemos leyendo cosas inteligentes y bien escritas que asociamos a los autores humanos que las publican sin que estos hayan intervenido sustancialmente en la composición del texto? Depende, claro, de lo que entendamos por escribir un texto.

UNA BUENA Y UNA MALA NOTICIA

Regresemos entonces a la pregunta que hacíamos con anterioridad. ¿Podemos saber a ciencia cierta si lo que leemos ha sido elaborado por un humano que entiende de lo que habla? Si la respuesta es negativa,

¿significa eso que los humanos resultamos prescindibles a la hora de la creación, sea esta matemática o literaria? Aquí, como en el chiste, hay una noticia buena y otra mala. Empecemos con la mala: muy posiblemente la respuesta a la primera pregunta sea negativa. La buena es que la respuesta a la segunda también lo es. Los humanos seguimos teniendo un papel relevante en estas creaciones. Nosotros aportamos el deseo y la incitación al conocimiento. No conozco ninguna IA que haya tenido una idea original por sí misma, sin ayuda ni la guía de un humano. Las IA no persiguen el conocimiento por varios motivos. El más importante de ellos es que carecen de voluntad. El segundo es que no saben lo que no saben y, por tanto, (caso de que lo supieran), no sienten el deseo de ir más allá de ese límite que constituye una cantidad exorbitante de parámetros. Ante cualquier texto podemos legítimamente sospechar que hubo una colaboración (mayor o menor) de una IA en su factura, pero de lo que estamos seguros es de que hubo un hombre o una mujer con ganas de saber más, de ir más allá de lo que sabía. Lo único que podemos valorar es el arte de surfear ese conocimiento, de crear una trayectoria coherente y convincente en ese mar de conocimiento que, como el océano, parece infinito. Quizás no sepamos al cien por cien de todo lo que hablamos, quizás no comprendamos el funcionamiento de esa gramática que nos auxilia en nuestra particular habitación china, pero fue nuestro empeño y nuestro deseo el que hilvanó el texto. Sigue habiendo una verdad en ese encuentro humano/máquina, en esa hibridación que, lejos de reducir el campo de juego, lo amplía. □



Lo cierto es que muchas veces no podemos saber si algo «inteligente» o bello ha sido realizado por un autor humano o por un robot o inteligencia artificial que no entiende lo que hace.

**POR
FERNANDO MATA**
Profesor de la Facultad
de Ciencias Biomédicas y
del Deporte, Universidad
Europea de Andalucía.



¿POR QUÉ TOMÓ JUGO DE PEPINILLO CARLOS ALCARAZ?

LA CIENCIA LLEVA MÁS DE CIENTO AÑOS INTENTANDO EXPLICAR POR QUÉ SE PRODUCEN LOS CALAMBRES Y MIENTRAS TANTO NO HEMOS DEJADO DE PROBAR CON TODA SUERTE DE REMEDIOS CUYA EFICACIA NO ESTÁ DEMOSTRADA.

A principios de este año, Carlos Alcaraz se enfrentaba a Alexander Zverev en una durísima semifinal del Australian Open. Cerca del final del tercer set y tras casi tres horas de partido, algo empezó a fallar. Alcaraz comenzó a tocarse la parte superior de la pierna derecha y sus movimientos dejaron de tener la explosividad habitual. Carlos estaba sufriendo calambres musculares.

Y los datos mostraban claramente que algo estaba ocurriendo. Antes de la aparición de los calambres, la velocidad media de su primer servicio era de 204 km/h y su *leg drive* alcanzaba los 2,31 m/s. Después, cayeron hasta 177 km/h y 1,46 m/s, respectivamente. Alcaraz perdió el tercer y el cuarto set. Zverev llegó incluso a ponerse por delante en el quinto. Tras 5 horas y 27 minutos, la semifinal más larga de la historia del Australian Open, Carlos Alcaraz había ganado.

Pero durante aquellos momentos de crisis las cámaras captaron una imagen curiosa. Alcaraz tomaba pequeños sorbos de jugo de pepinillos (*pickle juice*).

UN MISTERIO CON MÁS DE CIENTO AÑOS

La ciencia lleva más de cien años intentando explicar por qué aparecen los calambres. Y, aunque todos sabemos reconocer uno cuando aparece, explicar por qué ocurre resulta bastante más complicado. Para empezar, porque probablemente no todos los calambres sean iguales ni tengan exactamente el mismo origen.

Una de las primeras pistas surgió a principios del siglo pasado, lejos de pista de tenis, gimnasios y laboratorios. Hay que buscarla en las minas, las acerías y las grandes obras de

construcción. Los trabajadores realizaban esfuerzos extenuantes durante horas en ambientes extremadamente calurosos. Sudaban profusamente y algunos terminaban sufriendo contracciones musculares extraordinariamente dolorosas. Artículos científicos de aquella época describen episodios tan intensos que, en ocasiones, varios compañeros tenían que ayudar a sujetar al trabajador y estirar la extremidad afectada. Aquellos hombres perdían grandes cantidades de agua y sales minerales mientras trabajaban y los calambres aparecían precisamente en esas condiciones. Nació así una de las explicaciones más antiguas sobre los calambres y, probablemente, la que más profundamente ha calado en nuestro imaginario. Si tienes calambres es porque te has deshidratado o te faltan sales.

La explicación tenía sentido. Y todavía puede tenerlo en determinadas circunstancias. Imaginemos a un deportista compitiendo durante muchas horas bajo temperaturas elevadas, con una tasa de sudoración muy alta y una indumentaria que dificulta la pérdida de calor. Si además pierde mucho sodio a través del sudor y no repone adecuadamente lo perdido, resulta razonable pensar que las alteraciones de agua y electrolitos puedan contribuir a favorecer la aparición de calambres.

DE HECHO, LOS ANTIGUOS TRABAJADORES DE LAS MINAS Y ACERÍAS nos dejaron otra pista interesante. Cuando comenzaron a recibir soluciones salinas, la incidencia de aquellos calambres disminuyó.

Pero el problema parece ir más allá. Más de un siglo después, seguimos teniendo la misma pregunta. Un estudio publicado recientemente analizó los datos acumulados durante tres décadas en el Campeonato del Mundo IRONMAN de Hawái. En total, 49 530 participantes entre 1989 y 2019. De ellos, 2863 presentaron calambres asociados al ejercicio. Los deportistas que sufrieron calambres habían perdido más peso corporal y la deshidratación apareció asociada con una mayor probabilidad de padecerlos. Hasta aquí, la vieja hipótesis parecía ser cierta. Sin embargo, las concentraciones sanguíneas de sodio y potasio no fueron diferentes entre quienes sufrieron calambres y quienes no. En otro estudio publicado también este mismo año con corredores de ultratrail compararon a quienes terminaron la prueba con calambres con aquellos que consiguieron escapar de ellos. Los investigadores no encontraron diferencias significativas en la pérdida de peso corporal, la hidratación medida mediante la orina o las concentraciones de sodio. Sin embargo, los corredores que sufrieron

LOS CALAMBRES SUELEN APARECER EN
MÚSCULOS QUE ESTÁN TRABAJANDO Y
CUANDO ESTÁN EN POSICIONES ACORTADAS

calambres presentaron posteriormente concentraciones mucho mayores de marcadores daño muscular en sangre. Además, solo alrededor del 56 % de los corredores que sufrieron calambres realizaba regularmente entrenamiento de fuerza de las piernas, frente al 88 % de quienes no los padecieron.

QUIZÁ LLEVÁBAMOS DEMASIADO TIEMPO MIRANDO ÚNICAMENTE LA BOTELLA

de agua y parte de la respuesta estaba dentro del músculo. Aquí aparece la segunda gran explicación de los calambres asociados al ejercicio, la alteración del control neuromuscular. Para entenderla tenemos que entrar por un momento dentro de nuestros músculos. Allí existen unos diminutos sensores llamados husos musculares. Su trabajo consiste, entre otras cosas, en informar continuamente al sistema nervioso sobre cuánto se está estirando un músculo y con qué rapidez lo hace. Cuando el músculo se estira, las señales procedentes de estos receptores pueden favorecer mediante circuitos reflejos la activación de las motoneuronas que hacen que ese músculo se contraiga. Tenemos además otros sensores, los órganos tendinosos de Golgi, situados principalmente en la unión entre músculo y tendón. Estos detectan la tensión generada durante la contracción y participan en circuitos capaces de modular e inhibir la actividad de las motoneuronas.

Podemos simplificar todo este complejo sistema imaginando un coche. Tenemos un acelerador que favorece la activación muscular y un freno que ayuda a limitarla. Mientras ambos funcionan correctamente, el sistema permanece bajo control.

Pero hagamos ahora que ese músculo corra durante cuatro horas, pedalee durante 180 kilómetros o repita cientos de veces el mismo gesto deportivo. Aparece la fatiga. Las motoneuronas alfa, que controlan las fibras musculares se vuelven hiperexcitables y comienzan a descargar repetidamente. El músculo se contrae de manera involuntaria y permanece momentáneamente atrapado en esa contracción. Así aparece el calambre. Ten en cuenta que los calambres suelen aparecer en los músculos que están trabajando y con frecuencia cuando estos se encuentran en posiciones acortadas. Y hay algo todavía

más cotidiano que encaja con toda esta teoría, estirar el músculo suele aliviar rápidamente el calambre, aunque ese estiramiento no haya introducido ni una gota de agua ni un miligramo de sodio en nuestro organismo.

La historia previa de calambres aparece repetidamente como uno de los factores más consistentes asociados a volver a sufrirlos. Pero no significa necesariamente que alguien esté condenado a sufrir calambres para siempre. Esa susceptibilidad puede encontrarse con otros factores como competir a una intensidad superior a la que estamos preparados para soportar, acumular fatiga neuromuscular, presentar daño muscular, falta de sueño, en determinadas circunstancias, acumular grandes pérdidas de agua y sodio, etc. Por tanto, no parece existir una explicación única capaz de justificar todos los casos. Por eso, la visión científica actual considera los calambres asociados al ejercicio como un fenómeno multifactorial.

PLÁTANO, MAGNESIO Y MOSTAZA

Cuando aparece un calambre, alrededor del deportista suele comenzar un pequeño catálogo de remedios populares. Come un plátano, toma magnesio, bebe agua con sales. Algunos incluso recurren a la mostaza o como Carlos, al líquido de los pepinillos.

Pocas asociaciones están tan instaladas en la calle y en el mundo del deporte como la que une plátanos, potasio y calambres. Y no hay nada malo en comerlos. Son alimentos interesantes para el

deportista, aportan hidratos de carbono, potasio y otros micronutrientes y pueden formar perfectamente parte de una estrategia nutricional antes, durante o después del ejercicio. El problema aparece cuando esperamos que un plátano actúe como si fuera un medicamento contra el calambre. Si un deportista está retorciéndose en el suelo y alguien le entrega rápidamente un plátano, el potasio que contiene no puede llegar a la sangre con suficiente rapidez como para explicar que el calambre desaparezca unos segundos o minutos después.

Otro de los grandes clásicos es el magnesio. El magnesio participa en cientos de reacciones metabólicas y desempeña funciones importantes en la transmisión nerviosa y la contracción y relajación muscular. De ahí resulta muy fácil asociar, si el músculo se contrae de manera involuntaria, debe faltar magnesio. Pero la fisiología rara vez funciona de una manera tan sencilla. En una persona con una deficiencia de magnesio existe, evidentemente, una razón para corregirla. Sin embargo, en una persona bien alimentada y sin déficit, no tenemos evidencia para decir que añadir suplementos de magnesio prevenga los calambres asociados al ejercicio. De hecho, las revisiones sistemáticas tampoco encuentran un beneficio clínicamente relevante del magnesio para los calambres musculares idiopáticos en adultos. Cuando hablamos de deporte, faltan ensayos clínicos de calidad que demuestren su eficacia específicamente frente a los calambres asociados al ejercicio.



SHUTTERSTOCK

SI LA FATIGA DESEMPEÑA UN PAPEL IMPORTANTE EN EL CALAMBRE, LLEGAR PREPARADO PARA LAS DEMANDAS DE LA COMPETICIÓN PARECE FUNDAMENTAL PARA EVITARLOS

Que un nutriente participe en un proceso fisiológico no significa que tomar más de ese nutriente mejore automáticamente dicho proceso.

MOSTAZA Y JUGO DE PEPINILLOS

Algunos deportistas toman una cucharada de mostaza cuando aparece el calambre. Otros, como hizo Alcaraz durante aquella semifinal, recurren al jugo de pepinillos.

La mostaza plantea una paradoja parecida a la del potasio del plátano. La cantidad que se ingiere es pequeña y resulta difícil pensar que sus electrolitos puedan modificar las concentraciones de la sangre con suficiente rapidez como para hacer desaparecer un calambre en cuestión de minutos.

El jugo de pepinillos no empezó, desde luego, con Alcaraz. Quienes

nos dedicamos a la fisiología y la nutrición conocemos su utilización desde hace bastante tiempo. Algunos experimentos han observado que ingerir pequeñas cantidades puede acortar la duración de calambres provocados experimentalmente en el laboratorio. Pero el efecto era difícil de explicar mediante la vieja teoría de los electrolitos, puesto que era muy rápido. Una de las explicaciones más interesantes apunta hacia un posible reflejo orofaríngeo. Sustancias de sabor intenso, ácido o picante pueden estimular receptores sensoriales presentes en la boca y la faringe. Entre ellos se encuentran miembros de la familia de canales TRP sensibles a compuestos como el ácido acético del vinagre o la capsaicina de los alimentos picantes. Otros compuestos presentes en el jengibre o la canela también

pueden activar diferentes canales de esta familia. La hipótesis establece que la estimulación sensorial por estas sustancias podría generar una señal nerviosa capaz de modificar transitoriamente la excitabilidad de los circuitos motores implicados en el calambre.

AUNQUE LA IDEA ES ATRACTIVA, debemos ser prudentes. Los estudios son pequeños, muchos utilizan calambres provocados artificialmente en laboratorio y no siempre han encontrado los mismos resultados. Por tanto, el jugo de pepinillos está lejos de ser una solución definitiva y tampoco tenemos buenas razones para pensar que vaya a mejorar el rendimiento deportivo.

Mientras seguimos discutiendo sobre pepinillos, mostaza y canales TRP, una de las intervenciones más sencillas continúa siendo también una de las que cuenta con mayor respaldo, parar o reducir el esfuerzo y estirar suavemente el músculo afectado.

Pero quizá la parte más importante del tratamiento de un calambre comience mucho antes de que aparezca. Si la fatiga desempeña un papel importante, llegar preparado para las demandas de la competición parece fundamental. Una estrategia adecuada de carbohidratos puede contribuir a retrasar la fatiga durante esfuerzos prolongados. La hidratación también debe individualizarse teniendo en cuenta cuánto suda cada deportista, las condiciones ambientales y, cuando sea necesario, sus pérdidas de sodio.

Y hay factores que no caben dentro de un bidón como el entrenamiento de fuerza, la recuperación, sueño...

Comenzamos esta historia con trabajadores de minas y fábricas convencidos de que todo estaba en el agua y la sal. Más de un siglo después encontramos a uno de los mejores tenistas del mundo bebiendo jugo de pepinillos en mitad de un partido. El remedio ha cambiado. La pregunta sigue siendo prácticamente la misma. ▢



SHUTTERSTOCK

EL PROBLEMA DE BROCARD-RAMANUJAN

ESTA ECUACIÓN DEL SIGLO XIX ES, SIN DUDA, UNO DE LOS ENIGMAS MÁS PERSISTENTES DE LA TEORÍA DE NÚMEROS. AUNQUE HOY EN DÍA SIGUE SIN RESOLVERSE, UN NUEVO ESTUDIO LOGRA CERRARLA EN UN ESCENARIO MATEMÁTICO DISTINTO. ¿QUÉ REVELA ESTE CAMBIO DE PERSPECTIVA?

El problema de Brocard-Ramanujan lleva más de un siglo resistiéndose a los matemáticos. La pregunta es directa: ¿existen números cuyo cuadrado menos uno sea igual al factorial de otro número? El factorial es el resultado de multiplicar todos los números desde 1 hasta un valor dado: $4!$ es 24, $5!$ es 120, y a medida que el número crece, el resultado se dispara de forma vertiginosa. Henri Brocard lo planteó en 1876 y Srinivasa Ramanujan lo retomó años después de forma independiente. Ambos conjeturaron que las únicas soluciones posibles son tres pares de números: (5, 4), (11, 5) y (71, 7). Lo sorprendente es que nadie ha logrado demostrar de manera definitiva que no existan más ejemplos ocultos.

Ahora el matemático japonés Wataru Takeda ha dado un paso relevante, aunque por un camino inesperado. En lugar de atacar directamente la ecuación clásica, traslada el problema al entorno de los polinomios definidos sobre campos finitos: sistemas numéricos con una cantidad limitada de ele-

mentos donde las operaciones básicas funcionan de forma cerrada. En ese contexto, el factorial tradicional se sustituye por el llamado factorial de Carlitz, una versión equivalente adaptada al mundo de las expresiones algebraicas. En matemáticas, trasladar un problema a otro marco puede revelar patrones que pasan desapercibidos en el entorno original. Y eso es exactamente lo que ocurre aquí. En el universo de los polinomios, Takeda logra algo que en los números enteros sigue siendo inalcanzable: una clasificación completa de todas las soluciones posibles. El resultado es contundente, existen infinitas soluciones solo cuando el campo finito utilizado es una extensión de un tipo matemático muy específico, algo que el artículo precisa así: «Caracterizamos todas las soluciones y demostramos que hay infinitamente muchas soluciones si y solo si F_q es una extensión de F_4 ». En cualquier otro caso, las soluciones son escasas y concretas. La investigación no deja zonas grises: establece una clasificación completa que contrasta con la incertidumbre

que todavía rodea a la versión clásica. Uno de los aspectos más llamativos es que Takeda alcanza este resultado sin recurrir al teorema de Mason-Stothers, una herramienta poderosa que suele compararse con la famosa conjetura abc en el caso de los números enteros. El artículo destaca expresamente que la caracterización se logra «sin utilizar el teorema de Mason-Stothers, análogo a la conjetura abc para enteros», lo que refuerza el valor del enfoque empleado. El avance tiene además implicaciones prácticas. Los campos finitos y los polinomios son herramientas esenciales en criptografía y teoría de códigos, pilares de las comunicaciones digitales. Comprender cómo se comporta una ecuación en distintos entornos ayuda a detectar qué elementos son estructurales y cuáles dependen del contexto. El hecho de que en el marco polinómico se alcance una clasificación completa aporta pistas sobre la naturaleza profunda del problema original, que, como señala el propio artículo, «permanece como una cuestión abierta y tentadora en matemáticas». ▢

EL PODER DE LA AMABILIDAD

**NI LOS MÁS FUERTES NI LOS MÁS
INTELIGENTES, SOBREVIVEN LOS MÁS AMABLES**

La amabilidad es una estrategia evolutiva que nos ha permitido sobrevivir como especie. Ser amable puede hacer que vivas más años, que tengas menos enfermedades y que seas más feliz. En un mundo acelerado, la amabilidad no es una cuestión de educación, sino una estrategia biológica y evolutiva. Los actos amables activan mecanismos cerebrales que reducen el estrés y mejoran la salud global. La educación emocional y la asertividad deberían enseñarse en las escuelas, al igual que las matemáticas, porque hoy sabemos que nuestro cerebro premia la amabilidad en muchos aspectos que aún desconocemos.

POR JONATHAN BENITO, neurocientífico

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:





ISTOCK

La amabilidad nos ayuda a convivir y también a ser más felices. Con una actitud amable generamos interacciones positivas en la mayoría de las personas con las que interactuamos.

E

stoy plenamente convencido de que todos los que estáis leyendo estas líneas tenéis como objeto de deseo la felicidad, vivir un gran número de años con la máxima calidad de vida posible, tener una existencia tranquila, libre de conflictos y poder dejar un recuerdo lo más bonito posible en los demás. Y si en

el camino conseguimos que los seres que nos rodean sean también felices creo que no podremos pedir más a nuestro paso por este planeta azul. Parece sencillo, pero por experiencia sabemos que no es tan fácil. Hoy vengo a hablarte desde la neurociencia, desde la neurobiología, de una conducta, un comportamiento, que te va a ayudar, y mucho, en el logro de esos anhelos a los que todos aspiramos. Esta conducta la conocemos en neurobiología como prosociabilidad, que es una mezcla de amabilidad, amigabilidad, de comportamientos cooperativos y colaborativos, en definitiva, de tratar aportar valores positivos al grupo, a los individuos con los que interaccionamos.

Vamos a empezar por el principio, que es lo suyo. Ten un poco de paciencia, pronto vas a entender por qué empiezo por la historia más bonita jamás contada, y no porque la cuente yo, sino porque es tu historia, la mía, la que nos ha traído a aquí.

Los seres humanos nos percibimos como criaturas excelsas, sofisticadas, alejadas de todos los comportamientos primitivos de la conducta animal. Nos creemos que estamos por encima de la biología y que nuestro cerebro es un bloque monolítico racional que gobernamos a nuestro antojo. Pero permitidme una pequeña reflexión: la Tierra se originó hace, aproximadamente, unos 4600 millones de años y las primeras formas de vida surgieron hace unos 3600. Para hacerlo simple, imaginemos la historia de la Tierra representada por un reloj de doce horas. El inicio de la Tierra lo representan las 00:01h de la madrugada, mientras que la actualidad son las 12 de la noche. Los primeros seres vivos se dejan ver sobre las 02:30 de la mañana. ¿Adivinas cuándo aparecemos nosotros? Pues exactamente a las 23:59:58. Es decir, acabamos de llegar. Acabamos de llegar, pero pensamos que lo sabemos todo, que somos ajenos a los instintos, a las subrutinas mentales subconscientes que llevan corriendo en los cerebros de los animales durante

millones de años y que les/nos han hecho llegar hasta aquí. ¿No crees que deberíamos analizar un poco esos 3600 millones de años para poder entender de dónde venimos, cómo surge nuestro cerebro y cuáles son sus intereses fundamentales? Pues precisamente eso vamos a hacer de forma *express*, para poder retomar lo antes posible lo que nos ocupa: el comportamiento que cambiará nuestra existencia, la amabilidad.

La «obsesión» de todas las formas de vida que han aparecido en el planeta es sobrevivir y reproducirse. Las especies que más se reproduzcan, y sobrevivan para continuar reproduciéndose, más éxito biológico tendrán. A esto lo llamamos eficacia biológica. Aquellas especies que tengan una baja eficacia biológica desaparecerán para siempre. Las distintas especies despliegan diversas estrategias para incrementar su eficacia biológica y, por tanto, tratar de tener su hueco en el catálogo de especies vivientes. Las estrategias son múltiples y muy variopintas, pero entre ellas quiero destacar una que adoptaron algunas especies hace algunos cientos de millones de años: la de vivir en grupo. ¿Por qué vivir en grupo incrementa la eficacia biológica? Porque permite tener muchos ojos vigilando la aparición de posibles depredadores, facilita la caza o la monopolización de alimentos. También es más fácil encontrar pareja, en el caso de los animales de reproducción sexual, facilita el cuidado de la progenie y, además, se transmite mucho mejor el conocimiento adquirido.



Si la historia de la Tierra se representara con un reloj su inicio sería a las 00:01 de la madrugada, los primeros seres vivos habrían llegado a las 2:30 horas y nosotros acabaríamos de llegar, sobre las 23:59:58 horas.

Vivir en grupo es una de las estrategias que muchos animales, los seres humanos entre ellos, han adoptado para sobrevivir y mejorar su eficacia biológica: así se protegen mejor de los depredadores, facilita la caza y la elección de pareja.

ISTOCK



Pero como bien sabes, vivir en grupo también tiene desventajas. Los animales de reproducción sexual no somos clones unos de otros, es decir: no somos iguales. Al no ser iguales surgen heterogeneidades que derivan en que algunos individuos son más fuertes, otros más agresivos, otros más hábiles... el caso es que surgen desigualdades y de forma inherente a las desigualdades aparecen las jerarquías, que las puedes observar incluso en un grupo de gallinas. En las jerarquías siempre hay individuos que dominan e individuos dominados. Imaginémonos para nuestro ejemplo un grupo de chimpancés: nos encontraremos que aquellos individuos que ocupan las posiciones más bajas de la jerarquía tienen peor acceso a los recursos, tanto reproductivos como alimenticios, lo cual les va a generar un estrés incesante, porque su supervivencia y su posibilidad de perpetuarse estarán constantemente comprometidas. Y, es más, si en un momento determinado el grupo lo decide, puede expulsar a ese individuo que habita en la periferia social. Y la expulsión del grupo es una condena de muerte, porque un individuo solo tiene muchas menos opciones de sobrevivir, dado que le será mucho más difícil cazar o monopolizar recursos alimenticios. Y por supuesto, un individuo solo nunca conseguirá dejar descendencia. E incluso las cosas se pueden poner más feas para nuestro chimpancé expulsado, porque si otro grupo de chimpancés lo encuentra le brindará una muerte cruel. Por este motivo el cerebro tiene pánico a caer en los peldaños bajos de la jerarquía y ser expulsado del grupo, no es para menos. Y con el ánimo de evitarlo ha desarrollado diversas estrategias que van en

caminadas a tratar de ascender todo lo posible en la jerarquía social. De aquí proviene gran parte del comportamiento que despliega el ser humano: el miedo a no ser aceptado por el grupo, a no caer bien, al qué dirán... el afán por mostrar estatus, por acumular riqueza... Pero de todo ello, lo que hoy nos ocupa es la estrategia con la que afrontará el individuo su relación con los demás: su comportamiento.

ESTRATEGIAS PARA ASCENDER

Una forma muy habitual de tratar de hacerse camino en el grupo es mediante la agresividad, es decir: ascender peldaños por imposición, por dominancia. Ya os adelanto que no es una buena estrategia ni a medio ni largo plazo. ¿Por qué? En primer lugar, porque los individuos que la practican viven bajo un estrés insoportable, ya que van generando incesantemente interacciones hostiles, que provocan un constante resentimiento y propician la formación de alianzas entre el resto de miembros subordinados para tratar desbancarlos. Y, por tanto, sufren las consecuencias desastrosas del estrés crónico de quien tiene que cubrirse las espaldas permanentemente. Y ese estrés crónico resta años y calidad de vida. He decir que en la mayoría de las ocasiones nadie elige de forma deliberada adoptar constantemente un comportamiento agresivo, sino que normalmente las personas agresivas lo son porque, paradójicamente sienten inseguridad y perciben que su posición en el grupo corre peligro; su autovaloración dentro del grupo no suele ser muy buena. De la agresividad derivan otras estrategias, como la de la hipercompetitividad:

Lo cierto es que el cerebro tiene pánico a caer en los peldaños bajos de la jerarquía y ser expulsado del grupo



ISTOCK

Las personas que intentan dominar al grupo no suelen ser bien vistos, bien porque despliegan actitudes agresivas o porque tienen comportamientos poco honestos que obtienen todo lo contrario a la aceptación: la desaprobación de los demás.

tratar de sobresalir en cada una de las tareas que se realizan, a cualquier precio, incluso mediante comportamientos poco honestos. El objetivo es tratar de validarte ante el grupo, pero se consigue justo lo contrario: pronto el grupo desaprueba esa actitud y te hace el vacío. Entonces, ¿cuál es la estrategia que funciona? Pues la respuesta nos la van a dar los perros... más concretamente los lobos.

El lobo y el perro se pueden considerar la misma especie, comparten el 99.9 % del genoma y pueden procrear teniendo descendencia fértil. Sin embargo, los lobos llevan miles de años jugando con la extinción mientras que se estima que hay cerca de mil millones de perros en el planeta. ¿Cómo es posible? ¿qué les diferencia? Pues precisamente aquella que llamábamos al principio del artículo prosociabilidad. Hay pocas cosas más amigables que un perro. Tanto el lobo como el perro derivan del mismo antepasado común: el *Canis dirus*, el lobo temible de la edad de hielo. Los humanos de aquella época no permitían que aquellos lobos se acercasen a sus poblados, pero tampoco ellos querían saber nada del humano. Los lobos eran animales desconfiados y si se acercaban a los poblados era porque el hambre les obligaba a encuentros poco amistosos. Sin embargo, entre aquellos lobos surgían individuos más sociales, más predecibles, que se aproximaban a los poblados solo con la intención de comer las sobras de los humanos y a aquellos lobos sociables sí tenían permitida la aproximación. En un contexto de una gran carestía alimenticia, los lobos más «amigables» comían mientras que los otros comían menos. En unas pocas generaciones de lobos

amigables procreando entre ellos surgió un ser ultrasocial: el perro. El proceso por el cual el lobo se transformó en perro se denomina autodomesticación. He aquí un ejemplo donde la prosociabilidad (la amigabilidad, la amabilidad) puede hacerse valer frente a estrategias de agresividad.

Pero este ejemplo ni es único ni es el más cercano al *Homo sapiens*. Nosotros mismos estamos aquí gracias a esta cualidad prosocial... cuando los *sapiens* llegamos a la Europa glacial de hace unos 46 000 años nos encontramos con que ya había otros humanos habitando estas tierras. Que sepamos, al menos, estaban los neandertales. Estos eran significativamente más robustos que nosotros, en un cuerpo a cuerpo nos podían haber despedazado como a una muñeca de trapo. También parece ser que estaban mejor adaptados al frío, pero eran menos inteligentes que nosotros... ¿realmente lo eran? Pues las evidencias actuales nos dicen que no, sino que, a juzgar por la capacidad craneal, que cuando se analiza entre distintas especies es un indicio de la capacidad cognitiva, eran al menos igual de inteligentes que nosotros. Entonces, ¿por qué no son los neandertales los que están escribiendo/leyendo este artículo? Porque al igual que llegó un momento en el que la fuerza bruta no era suficiente, porque a nadie se le escapa que los osos eran más fuertes que los humanos y no eran los osos los que se estaban disputando el mundo, con la inteligencia ocurrió algo similar. Llegó un momento en el que se necesitaba algo más. Y ese algo más es la prosociabilidad. Los neandertales eran seres humanos con todas sus letras, con comportamientos de

una sofisticación enorme: cuidaban de sus enfermos, tenían ritos funerarios antes sus muertos, dominaban la expresión artística... y también parece que eran prosociales, pero las evidencias sugieren que eran menos prosociales que los *sapiens*. Parece ser que las interacciones pacíficas entre grupos de no convivencia eran más limitadas, lo que a su vez dificulta la transmisión de conocimiento y por tanto el desarrollo de tecnología. Es decir, los *sapiens* tenían grupos de convivencia algo más grandes que los neandertales y sus interacciones con otros grupos de sapiens eran mayores y menos hostiles. Por tanto, el caldo de cultivo para que su tecnología desbancase a la de los neandertales estaba servido. Desde luego que la prosociabilidad no fue la causa única que hizo que los *sapiens* desbancásemos a los neandertales, pero sin duda que tuvo que ser un trozo importante de la tarta.

SER MÁS FELICES Y HACER MÁS FELICES

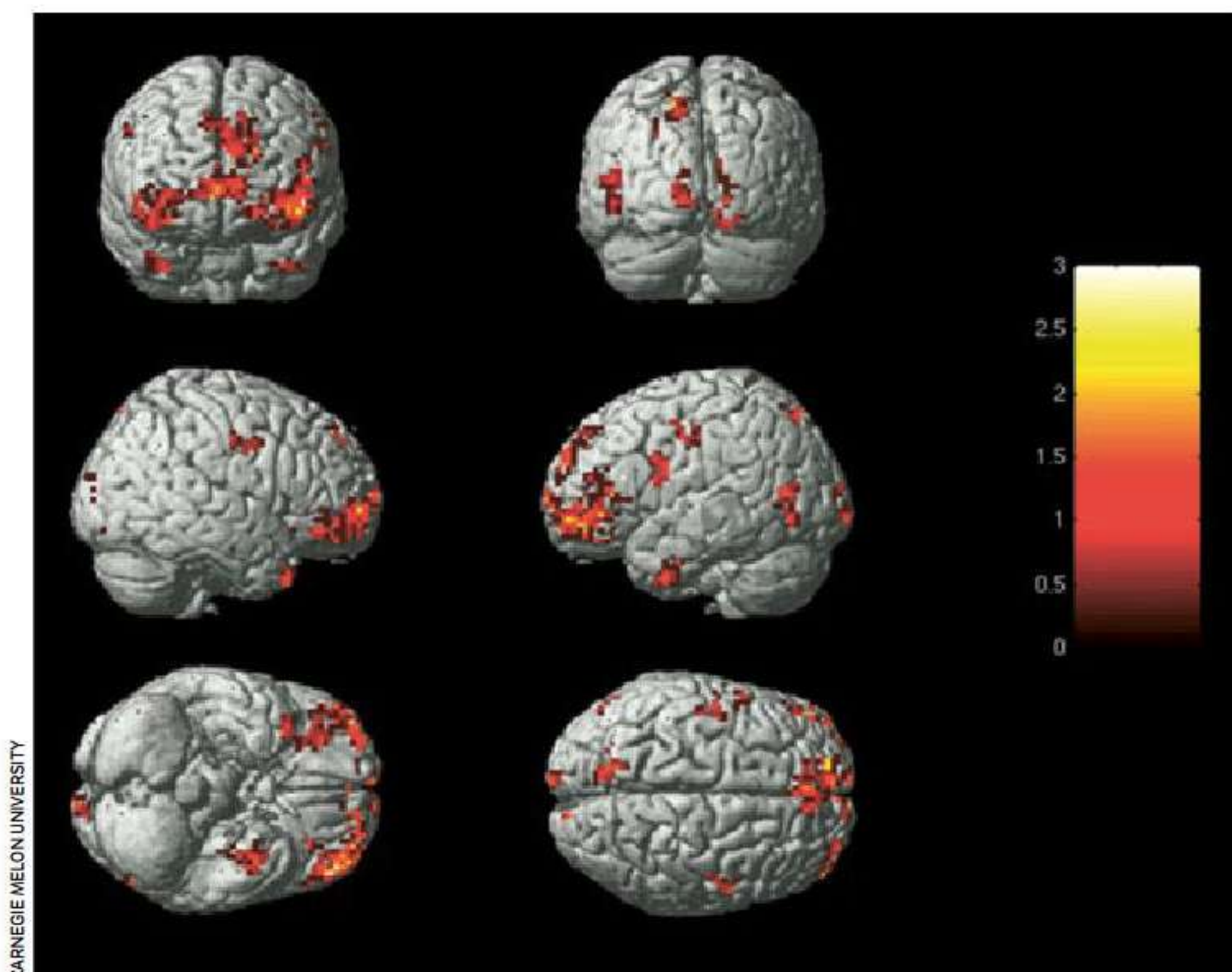
Y hoy en día, ¿sigue siendo importante la prosociabilidad, la amabilidad, para el *sapiens*? La respuesta es sí; es importante y mucho. En primer lugar, porque las personas que practican la amabilidad generan interacciones positivas en la inmensa mayoría de los casos y eso redundará, y mucho, en su bienestar emocional. Hay mucha evidencia científica acumulada que indica que las personas que despliegan comportamientos prosociales son más felices. Y de la misma manera, las evidencias nos dicen que las personas prosociales hacen más felices a las personas que tienen a su alrededor. Ya solo con esto hemos conseguido parte de los anhelos que recogíamos al principio del artículo (¡no está nada mal!). En segundo lugar, merece la pena porque las personas amables tienen

menos riesgo de sufrir enfermedades y de ser más longevas. Por un lado, porque son más felices, y las personas más felices tienen menos enfermedades y viven más años. Por otro lado, por una menor exposición al estrés y, por tanto, al cortisol. A diferencia de las personas agresivas, que, debido a su necesidad constante de vigilancia ansiosa frente a posibles amenazas, muchas amenazas imaginarias fruto de su inseguridad y otras amenazas reales porque ellos mismos las generan mediante su comportamiento hostil, las personas amables tienen interacciones generalmente positivas, lo cual les libra del famoso cortisol. Mucho se ha hablado ya del cortisol, solo recalcar que, entre otras cosas, el cortisol deprime el sistema inmune y eso no es una buena noticia, porque cuando una persona está sometida a un estrés crónico, y por tanto tiene su sistema inmune deprimido de forma crónica, tiene muchas más posibilidades de tener enfermedades, y no solo infecciosas, sino también tumorales, ya que las innumerables células tumorales que se nos forman a lo largo de nuestra vida no son neutralizadas por su débil sistema inmune.

Sin embargo, me gustaría recalcar la importancia de otra molécula que se produce en grandes cantidades bajo situaciones de estrés: el fibrinógeno. El fibrinógeno es una proteína que participa en la cascada de coagulación. Y tiene mucho sentido, porque la evolución «entendió» que un animal se estresa cuando su supervivencia está en peligro (agresiones de depredadores, de rivales, etc.), situaciones en las que es fácil morir desangrado por una herida. Lo que nunca se imaginó la evolución era que llegaría una especie, como el *sapiens*, que se iba a estresar frente a situaciones que no suponen un riesgo inmediato para

su supervivencia. De hecho, que se iba a estresar por situaciones que aún no han ocurrido o lo que es peor: que nunca ocurrirán. Pero nuestra fisiología no lo sabe y libera fibrinógeno, buscando posibles heridas, que, obviamente, no encuentra. En estas condiciones de estrés crónico al fibrinógeno le suele acompañar la inflamación crónica, que es el cóctel perfecto para que el fibrinógeno se transforme en fibrina y forme coágulos. Estos coágulos no taponan heridas, porque no las hay, sino que incrementan el riesgo de sufrir infartos de miocardio, ictus y otras enfermedades cardiovasculares.

Por todo lo expuesto, te recomiendo encarecidamente que seas prosocial, que seas amable. La prosociabilidad es una estrategia *win-win*, con la que todo el mundo gana. Serás más feliz, tendrás menos enfermedades y vivirás más años. ¿Qué más se puede pedir? Nunca te olvides de que la persona más amable de una habitación es siempre, siempre, la más inteligente. □



Las personas más felices tienen menos riesgo de sufrir enfermedades y liberan menos cortisol, que deprime el sistema inmune. En la imagen, activación de las partes del cerebro con diferentes experiencias emocionales.

DAVID PASTOR VICO
Filósofo.

¿QUÉ ES EL CONTRATO SOCIAL? Y POR QUÉ FIRMASTE SIN LEER LA LETRA PEQUEÑA

EL HOMBRE LLEGA AL MUNDO CON UN HERMANO GEMELO QUE LE ACOMPAÑA TODA SU EXISTENCIA: EL MIEDO AL OTRO. Y EL PACTO QUE HEMOS FIRMADO PARA PODER CONVIVIR NOS SOMETE A LA VOLUNTAD GENERAL, SÍ, PERO NOS CONVIERTE EN CIUDADANOS LIBRES Y MORALES, NUNCA EN SIERVOS.

Sí. 300 000 años suele ser el consenso académico sobre nuestra antigüedad como especie pisoteando la Tierra. Poco, si nos comparamos con otras especies sin duda, pero suficiente como para dejar una huella en el planeta que, con suerte si nos extinguiéramos hoy, dentro de otros 300 000 años aún daría testimonio de nuestro paso, como los depósitos de residuos nucleares que hemos dejado enterrados a gran profundidad por diversos rincones de este mundo al que respetamos tan poco.

Pero si en algo hemos sido expertos como especie es en, una vez constituidos en grupos bien identificados y diferenciados, darnos de bofetones. En eso somos muy buenos. Decía Heródoto que «la paz es la época en la que los hijos entierran a los padres y, la guerra, la época en la que los padres entierran a sus hijos». Todos y en todo momento aspiramos a la paz y la sola idea de la guerra nos resulta detestable, pero sin dar la espalda a la historia sentencias como la de Vegecio nos erizan los cuatro pelos del colodrillo: «Si quieres paz, prepárate para la guerra». Porque la paz que todos ansiamos ha sido definida varias veces como algo tan circunstancial como esos periodos que se dan entre guerra y guerra. Sí, para mear y no echar gota.

Y entonces, ¿cómo hemos sido capaces de sobrevivir durante esos 300 000 sin extinguirnos? Te estarás preguntando. Quizá la respuesta más fácil es que siempre hay un bando victorioso en cada contienda, o con eso nos consolamos, aunque muchas veces ni por esas, ¿verdad mi querido rey Pirro de Epiro?

La realidad es otra bien distinta y parte, como no podría ser de otra forma, del miedo y de nuestro apego a las papas con choco y otras tantas cosas buenas de la vida.

Thomas Hobbes escribió que el día de su nacimiento no lo hizo solo, pues con él también vino al mundo su hermano gemelo el miedo, y este lo estuvo acompañando, imagino que toda su vida. ¿Pero miedo a qué? Pues miedo al otro.

Supongo que habrás escuchado mil veces aquello de que «el hombre es un lobo para el hombre», no lo escribió Hobbes, sino Plauto y después lo popularizó Ovidio, pero le vino bien

la frase y se la llevó puesta. Hobbes afirmaba que estando los hombres en «estado de naturaleza» estábamos legitimados por la propia natura al uso de la violencia en dos situaciones muy concretas: para protegernos del ataque de otro hombre y para apoderarnos de algo que, entendido como necesario, era de otro. Sea como sea, lo que acababa de describir era el porqué empiezan las guerras: el ataque por interés y defensa por supervivencia. ¿Querías tú vivir así? Hobbes afirmaba que una vida así debía ser «solitaria, pobre, desagradable, brutal y corta» y que, si queríamos llegar a vivir hasta los 91 años, como él, tendríamos que renunciar a eso de matarnos constantemente.

¿RENUNCIAR O CEDER?

La renuncia a la violencia puede resonar con cierta lógica moral, como aquello de poner la otra mejilla o de no desear los bienes ajenos. Pero Hobbes no era católico y, además, teniendo los pies tan bien asentados en la tierra sabía que nada de eso podía funcionar en el mundo real. La idea de Hobbes era la de que el ser humano debía ceder su derecho natural a ejercer la violencia contra el otro a una entidad superior que garantizara, mediante el garrote, que todos acataban el pacto para así garantizar la paz, una paz mediatizada por la coerción sin duda, pero paz, al fin y al cabo. A ese ente superior lo llamó el Leviatán, como aquel monstruo marino bíblico de los cuentos de pescadores, pero que, desde el papel de un monarca, encarnaba lo que Maquiavelo ya había descrito como el Estado.

Más de ciento veinte años separan al nacimiento de Hobbes y su gemelo de la llegada al mundo de Jean-Jacques Rousseau. Tiempo más que suficiente para cambiar algunas cosas, fíjate: «El error de Hobbes y de los filósofos es confundir al hombre natural con los hombres que tienen ante sus ojos y transportar a un sistema a un ser que solo puede subsistir en otro». ¿Lo pillas? Rousseau está acusando a Hobbes de una forma sutil de presentismo, nada más y nada menos. Esto es, de juzgar a los hombres del pasado tomando como ejemplo a los del presente.

Para Rousseau, el ser humano en su estado de naturaleza no era un lobo sanguinario ansioso por degollar al vecino



“ Igual que por nacer en la Tierra estamos obligados a soportar la fuerza de la gravedad, el contrato social es el precio más sensato que estamos obligados a pagar por ser animales políticos que anhelan vivir más y mejor”

para quitarle lo que fuera, sino un ser solitario, libre, empático y compasivo. Lo que nos volvió egoístas, envidiosos y violentos no fue la naturaleza, sino la civilización. Concretamente, el día en que al primer espabilado se le ocurrió cercar un pedazo de tierra y decir: «Esto es mío», y encontró a gente bastante cándida como para creérselo. Ahí nació la propiedad privada, ahí nació la desigualdad y ahí se jodió el invento. ¿Te suena a rojo? ...Eso es porque Friedrich Engels también lo dijo... y Rigoberta Menchú.

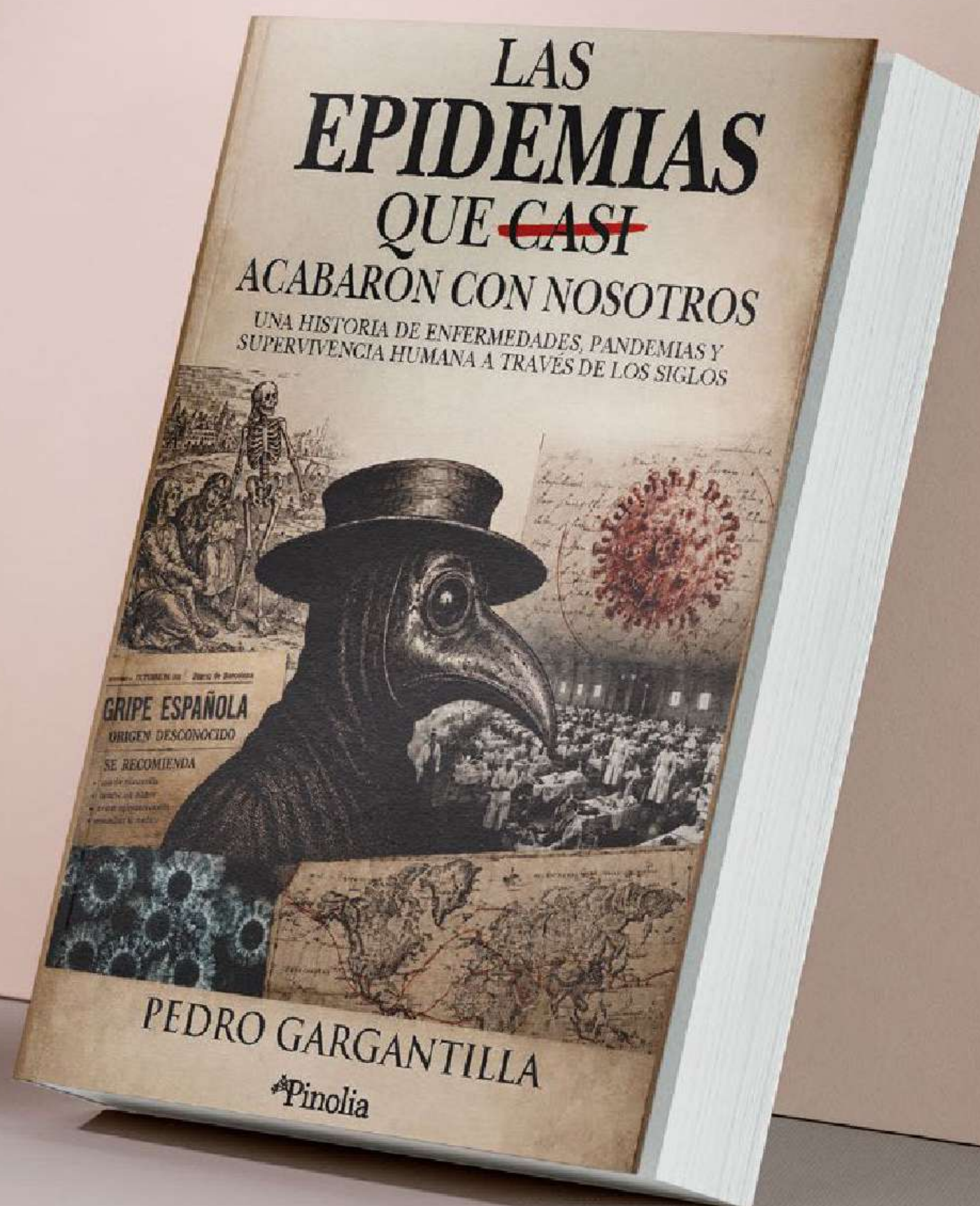
Por eso Rousseau denunciaba que el pacto de Hobbes no era un acuerdo justo, sino el timo de la estampita diseñado por los ricos para que el Estado, con su garrote y sus leyes, protegiera sus propiedades y privilegios mientras mantiene a la muchedumbre a raya bajo el miedo al tirano. La solución del ginebrino no pasaba por volver a la selva, ni por someterse a un monarca absoluto, sino por refundar el juego a través de un nuevo Contrato Social. Un pacto donde cada individuo cede su libertad salvaje no a un Leviatán represor, sino a la «voluntad general». Un acuerdo donde, al obedecer a la comunidad que nosotros mismos formamos, no nos volvemos siervos; nos volvemos ciudadanos libres y morales. Por lo tanto, si queremos hilar fino, el miedo al otro se diluye al re-

nombrarlo como un nosotros. ¿Te sigue oliendo a rojo? Pues tienes que saber que Rousseau está en el germen de todas las repúblicas y democracias modernas. ¿O no es acaso el Estado el único agente legitimado para el uso de la violencia porque nosotros así lo hemos decidido? ¿No? ¿Que tu no has firmado nada? Pues yo tampoco, pero igual que por nacer en la Tierra estamos obligados a soportar la fuerza de la gravedad, el contrato social es el precio más sensato que estamos obligados a pagar por ser animales políticos que anhelan vivir más y mejor.

¿Pero las guerras no se han acabado? Me puedes escupir con todo derecho... ni se acabarán hasta que no se imponga un nosotros colectivo y real que incluya a todos los que hoy respiramos el mismo aire. Mientras que los distintos leviatanes sigan existiendo, como diría Kant, serán los intereses particulares de cada gobernante, no los del Estado, los que impidan la paz perpetua, pues estos no harán nunca caso a dictámenes, leyes de ningún tipo o imperativos morales, y solo responderán, como aquellos lobos del principio, a sus apetitos particulares. Y ese sigue siendo el problema: el contrato está firmado, pero los que lo incumplen nunca leen la letra pequeña. ▢

La humanidad ha estado muchas veces al borde del desastre y, sin embargo, ha conseguido salir adelante. Esas historias de fragilidad, resistencia y supervivencia nos ayudan a entender mucho mejor nuestro presente.

A través de veintitrés grandes crisis sanitarias descubrimos qué aprendimos de ellas y cómo la ciencia, el azar, la cooperación y la capacidad de adaptación fueron decisivos.





ADULTOCENTRISMO

CUANDO LA EDAD SE CONVIERTE EN ARGUMENTO DE PODER

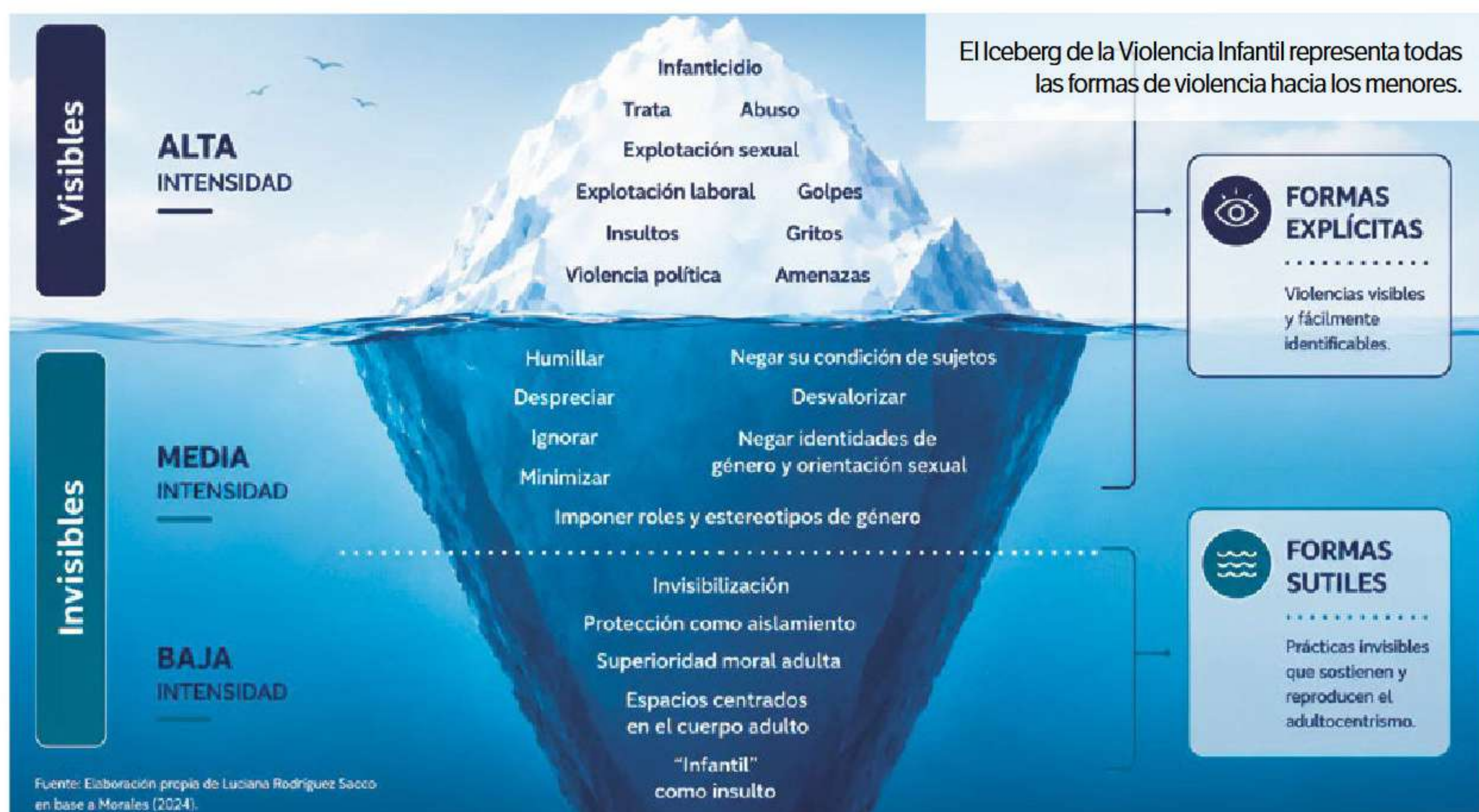
Aunque suele pasar desapercibido, el adultocentrismo atraviesa la vida cotidiana de niños, niñas y adolescentes. Una investigación realizada en una escuela pública española analiza cómo opera en la vida cotidiana y qué ocurre cuando se escucha la voz de las infancias.

«Cuando seas grande lo vas a entender». La frase parece inofensiva.

Se repite en hogares, escuelas y espacios públicos de todo el mundo. Sin embargo, detrás de ella se esconde una idea profundamente arraigada: la tendencia a organizar la sociedad como si las personas adultas fueran las únicas plenamente capaces de interpretar la realidad, tomar decisiones y participar en la vida colectiva. Es lo que se conoce como adultocentrismo.



Luciana Rodríguez Sacco
Licenciada en Comunicación Social. Máster en Cultura de Paz, Conflictos, Educación y Derechos Humanos. Doctoranda en Ciencias Sociales, Criminológicas y del Comportamiento.



Aunque el término todavía resulta desconocido para gran parte de la población, sus prácticas atraviesan la vida cotidiana de niños, niñas y adolescentes. Están presentes cuando se toman decisiones sobre su vida sin consultarles, cuando se minimizan sus emociones por considerarlas exageradas o pasajeras, o cuando se asume que su edad les impide comprender lo que ocurre a su alrededor.

A diferencia de otras formas de violencia y desigualdad que han ganado visibilidad en las últimas décadas, las jerarquías basadas en la edad continúan profundamente naturalizadas. Muchas de las prácticas que violentan a las infancias y limitan su participación son percibidas como naturales e incluso necesarias. Precisamente por eso resultan difíciles de identificar.

EL PODER DE LA COSTUMBRE

Cuando se habla de violencia contra niños, niñas y adolescentes, solemos pensar en situaciones extremas como el asesinato, el abuso sexual o el maltrato físico. Sin embargo, estas formas más visibles representan apenas la punta del iceberg.

Por debajo se encuentran prácticas mucho más cotidianas que rara vez son reconocidas como violencia: ridiculizar sus opiniones, ignorar sistemáticamente lo que tienen para decir, minimizar

sus emociones o tomar decisiones que afectan su vida sin consultarles. Y sin embargo, todas transmiten un mismo mensaje: que las personas adultas poseen una mayor legitimidad para interpretar la realidad, tomar decisiones y definir aquello que importa.

Precisamente ahí reside su fuerza. Como forman parte de la normalidad cotidiana, estas prácticas suelen pasar desapercibidas y rara vez son cuestionadas. Pero son las que permiten que el adultocentrismo se reproduzca día tras día en instituciones tan importantes como la familia, los medios de comunicación o la escuela.

LA NORMALIDAD ESCOLAR BAJO LA LUPA

La escuela ocupa un lugar central en la vida de las infancias. Allí no solo se aprenden contenidos: también se construyen formas de relacionarse, participar y convivir. Por eso, para entender cómo funciona el adultocentrismo más allá de las definiciones teóricas, resulta inevitable mirar lo que ocurre dentro de un aula.

La investigación realizada durante 2025 en una escuela pública de la provincia de Cádiz, España, permitió observar cómo estas dinámicas se expresan en la vida cotidiana. Durante cuatro meses se siguió el día a día escolar de un grupo de segundo grado de educa-

ción primaria y se entrevistó individualmente a cada uno de los niños y niñas del curso. Se trata de una lupa que permite observar con detalle situaciones cotidianas que ocurren dentro del aula y, a partir de ellas, comprender dinámicas más amplias de las relaciones entre personas adultas e infancias.

Lo que apareció fue menos evidente de lo esperado. No grandes actos de autoridad ni situaciones fácilmente reconocibles como violencia. Por el contrario, las expresiones más significativas del adultocentrismo estaban integradas en la normalidad escolar.

La disposición de las mesas, los horarios, las rutinas, las formas de participación e incluso muchos aspectos de la convivencia respondían a decisiones tomadas por personas adultas. Los niños y niñas habitaban esa organización todos los días, pero tenían escasas oportunidades de intervenir en su construcción. Nada de esto se presentaba como una forma de control. Por el contrario, aparecía asociado al aprendizaje, la convivencia o el cuidado. Sin embargo, a través de estas pequeñas decisiones cotidianas se transmitía una idea persistente: que la participación infantil debía desarrollarse dentro de márgenes previamente definidos por el mundo adulto.

La observación cotidiana también mostró que no todos los niños y niñas

ocupan el mismo lugar dentro de la vida escolar. A través de valoraciones, registros de conducta y dinámicas de participación, circulan etiquetas que distinguen a quienes cumplen con las expectativas de quienes se apartan de ellas. Son clasificaciones que parecen inocentes, pero que terminan influyendo en la forma en que cada niño o niña es percibido por los demás y por sí mismo.

Pero quizás uno de los hallazgos más relevantes apareció en los conflictos cotidianos. Durante el trabajo de campo fueron frecuentes las situaciones de burlas, exclusión y agresividad verbal entre compañeros. Sin embargo, gran parte de las intervenciones adultas parecían orientadas a recuperar rápidamente el orden antes que a comprender qué había ocurrido, escuchar a quienes estaban involucrados o construir soluciones colectivas.

El conflicto se cerraba, pero no necesariamente se elaboraba. Y cuando las emociones, interpretaciones y propuestas de los propios niños y niñas quedan fuera de la conversación, también queda fuera la posibilidad de reconocerlos como participantes activos en la construcción de la convivencia.

LO QUE LAS INFANCIAS PRODUCEN

Sin embargo, el estudio también encontró algo que el adultocentrismo tiende a ignorar sistemáticamente: que los niños y niñas no son receptores pasivos de ese orden. Se autorregulan, negocian, cuidan a sus pares, reflexionan colectivamente sobre la convivencia y producen conocimiento sobre el mundo que habitan. Y cuando se les pregunta directamente por las jerarquías que los atraviesan, las identifican, las cuestio-

nan y proponen con precisión qué debería cambiar. Ninguno de los niños y niñas entrevistados conocía el término adultocentrismo. Sin embargo, pudieron describir con claridad situaciones que remitían directamente a esa experiencia: decisiones tomadas sin consulta, normas que percibían como injustas o dificultades para que sus opiniones fueran tomadas en serio.

Esto sugiere algo interesante. La capacidad de identificar relaciones de desigualdad no depende necesariamente de manejar conceptos teóricos. También puede surgir de la experiencia cotidiana de quienes las viven.

Reconocer esa capacidad no equivale a idealizar a las infancias ni a disolver las diferencias generacionales. Equivale a tomarse en serio una pregunta que el adultocentrismo cierra antes de formularla: qué pierde una sociedad cuando decide, sistemáticamente, no escuchar a niños, niñas y adolescentes.

LA ENCRUCIJADA ENTRE EL PATERNALISMO Y LA PROTECCIÓN

Las conclusiones de la investigación no apuntan a eliminar la responsabilidad adulta ni a convertir la escuela en un espacio sin normas. Cuestionar el adultocentrismo tampoco implica sostener que niños y niñas puedan hacer lo que quieran o que todas las decisiones deban recaer sobre ellos.

La cuestión es otra. Se trata de preguntarse por qué las infancias continúan siendo excluidas de tantas decisiones que afectan directamente sus vidas y por qué sus opiniones suelen considerarse menos válidas que las de las personas adultas únicamente por una cuestión de edad.

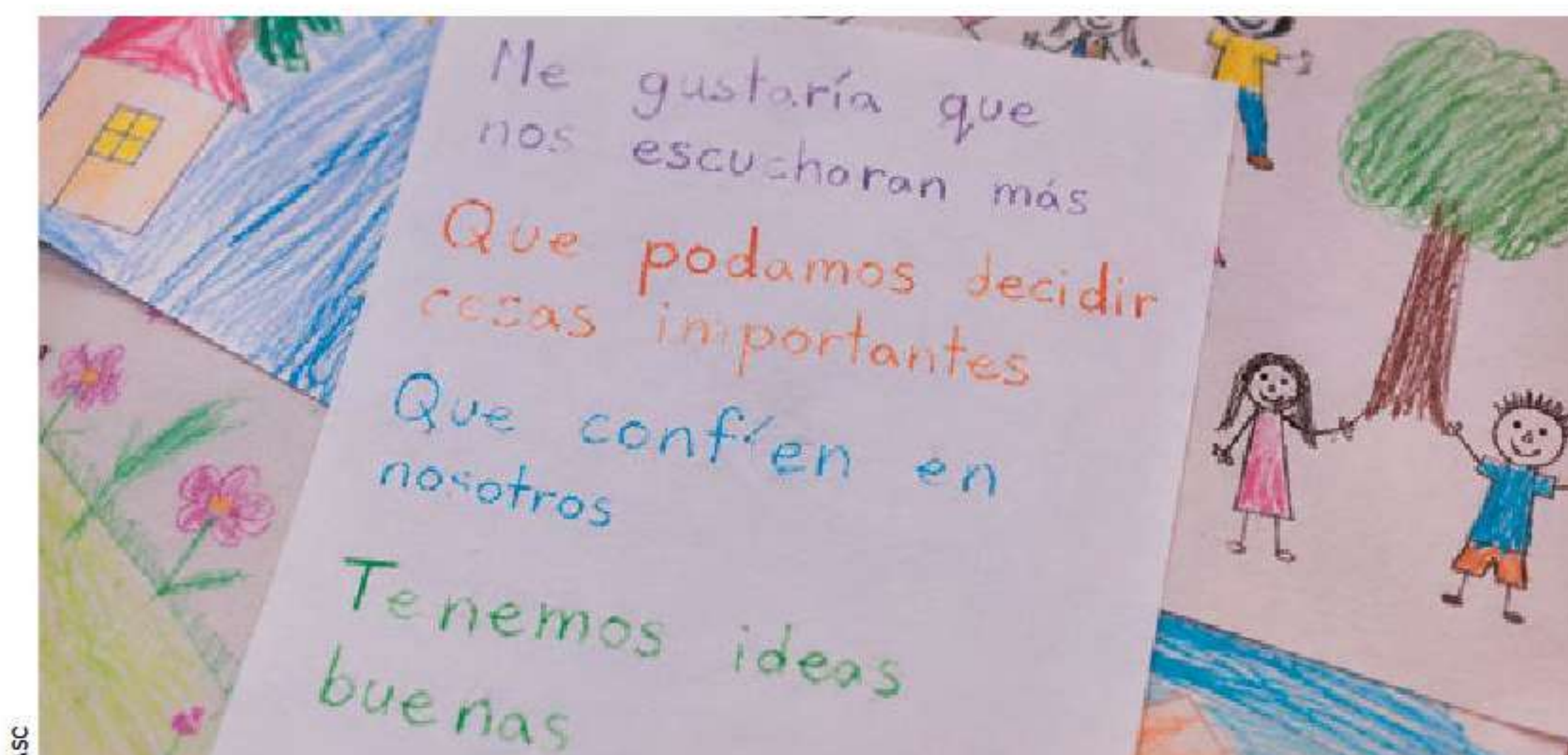
Gran parte de las intervenciones adultas parecían orientadas a recuperar el orden, no a comprender lo ocurrido

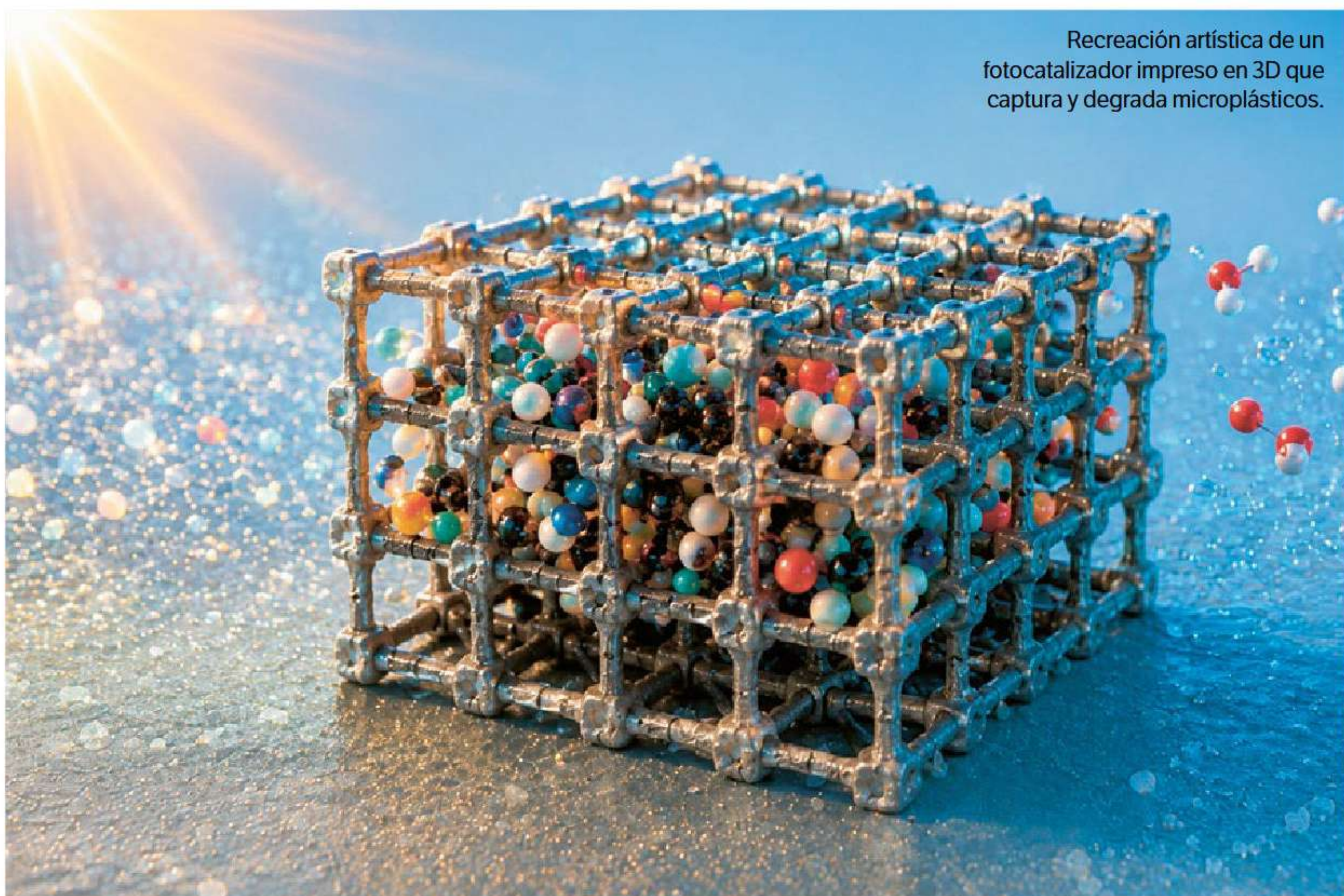
La protección constituye una responsabilidad irrenunciable de las personas adultas. Sin embargo, proteger no debería significar sustituir sistemáticamente la voz de niños y niñas ni asumir que carecen de capacidad para comprender aquello que ocurre a su alrededor. Cuando la protección se transforma en tutela permanente, corre el riesgo de convertirse en una forma más de exclusión.

Las observaciones realizadas en la escuela mostraron algo que numerosas investigaciones vienen señalando desde hace años: las infancias interpretan, reflexionan, negocian, construyen acuerdos, identifican injusticias y producen conocimientos sobre el mundo que habitan. Reconocer estas capacidades no implica negar las diferencias generacionales. Implica aceptar que niños y niñas son sujetos del presente y no únicamente sujetos en preparación para la vida adulta.

Es por eso que el desafío no está en decidir si las infancias deben participar o no —ese derecho fue reconocido por la Convención sobre los Derechos del Niño hace más de treinta años— sino en revisar las formas en que nuestras instituciones siguen limitando esa participación.

Mientras sus ideas, opiniones y saberes continúen siendo sistemáticamente subordinados por las personas adultas, mientras las decisiones que afectan sus vidas sigan tomándose sin ellas y mientras sus capacidades sigan siendo puestas en duda por una cuestión de edad, la promesa de una sociedad justa, pacífica y democrática seguirá estando incompleta. ▢





Recreación artística de un fotocatalizador impreso en 3D que captura y degrada microplásticos.

ASO/CHATGPT

IMPRESIÓN 3D Y LUZ SOLAR

DISEÑANDO MATERIALES CAPACES DE CAPTURAR Y DEGRADAR MICROPLÁSTICOS DEL AGUA



**Katherine
Villa Gómez**
Doctora en
Química Física.
Profesora
ICREA en el
Instituto
Catalán de
Investigación
Química (ICIQ).



**Neus
Munar Barceló**
Investigadora
predoctoral
en el Institut
Català
d'Investigació
Química (ICIQ)
y la Universitat
Rovira i Virgili
(URV).

Podrían estar en el agua que bebemos, pero eliminarlos no es sencillo. Los microplásticos escapan de muchos sistemas de tratamiento y se dispersan por el medio ambiente. Una estructura impresa en 3D combina la captura de microplásticos con su degradación mediante luz.

Los microplásticos llegan al medio ambiente por múltiples vías. Algunos se generan cuando objetos de plástico de mayor tamaño se fragmentan con el tiempo, mientras que otros se liberan directamente durante procesos industriales, el lavado de prendas sintéticas, el desgaste de neumáticos o el uso de determinados

productos cosméticos. Su reducido tamaño hace que pasen fácilmente desapercibidos y escapen de muchos de los sistemas convencionales de tratamiento de aguas. Por ello, hoy se encuentran prácticamente en cualquier lugar: desde las profundidades oceánicas hasta el agua potable e incluso en el organismo humano.

Pero el problema va más allá de su acumulación. Estas diminutas partículas pueden actuar como vehículos de otros contaminantes, como metales pesados, pesticidas o microorganismos, facilitando su dispersión por los ecosistemas acuáticos y su incorporación a las cadenas alimentarias. Desarrollar tecnologías capaces de eliminarlas de forma eficiente y sostenible se ha convertido, por tanto, en uno de los grandes retos medio ambientales de hoy en día.

En este contexto, un equipo de investigación del Instituto Catalán de Investigación Química (ICIQ) ha desarrollado una estrategia basada en estructuras fotocatalíticas impresas en 3D que integran dos funciones en un único dispositivo: capturar los microplásticos presentes en el agua y favorecer su degradación utilizando luz similar a la solar.

UNA ESPONJA FOTOCATALÍTICA FABRICADA CON UNA IMPRESORA 3D

La fotocatálisis aprovecha la energía de la luz para activar un material y generar especies químicas muy reactivas capaces de oxidar contaminantes. Sin embargo, muchos fotocatalizadores se utilizan en forma de polvos o nanopartículas dispersas en el agua.

Las partículas permanecen expuestas más tiempo a las especies reactivas

Aunque pueden ser eficaces, recuperarlos una vez finalizado el tratamiento no siempre es sencillo, lo que dificulta su reutilización y limita su aplicación a mayor escala.

Para superar este problema, en este estudio, el material fotocatalítico se imprimió directamente en una estructura 3D reutilizable. El material elegido fue el carburo de silicio, que combina actividad fotocatalítica, estabilidad química y una elevada resistencia mecánica. Esta técnica permitió fabricar estructuras porosas y con diseños personalizables, adaptables a diferentes tipos de reactores y fáciles de retirar del agua después de cada tratamiento.

Pero la estructura impresa no funciona únicamente como soporte. Su red

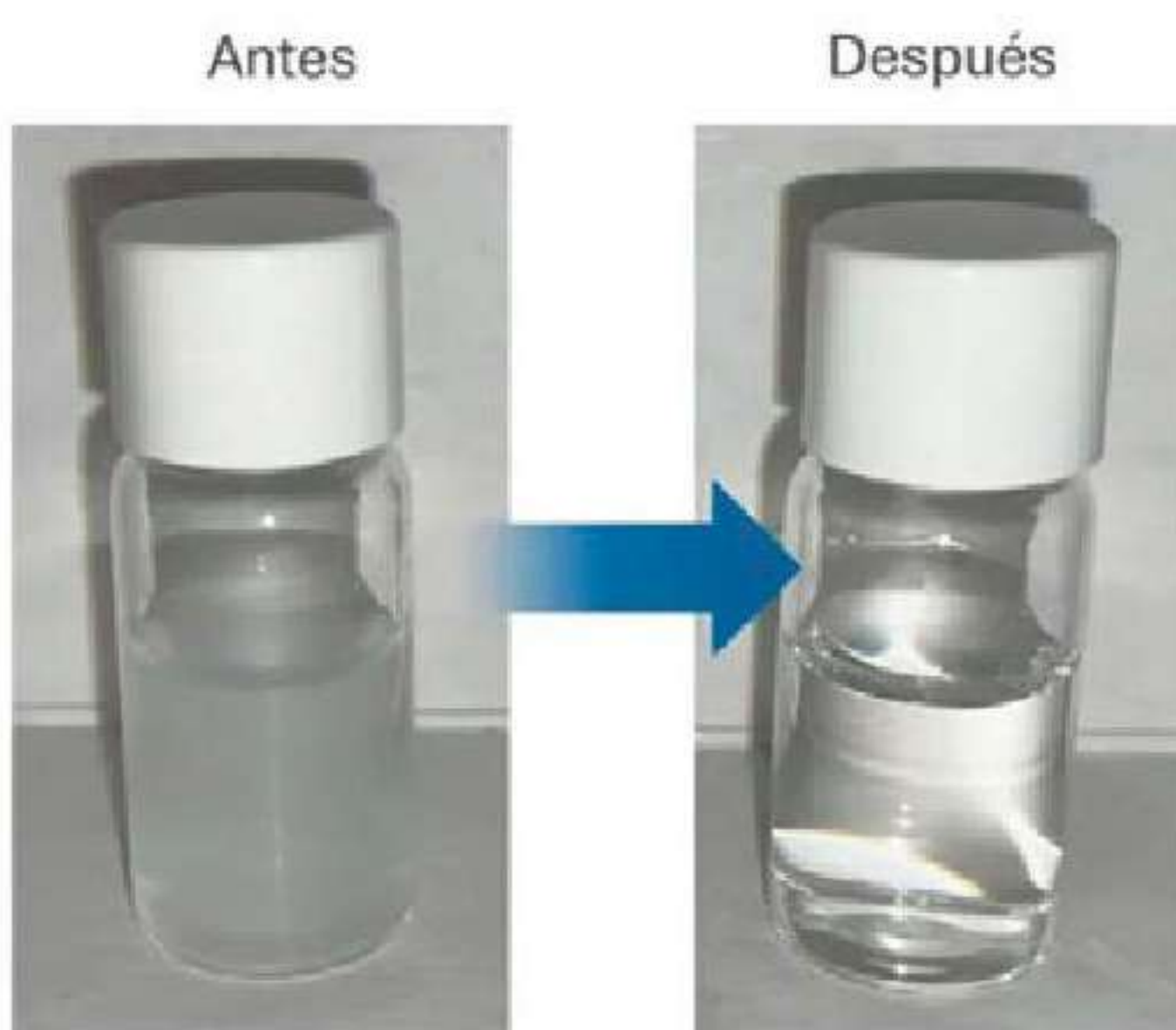
de canales favorece el contacto con el agua y facilita que los microplásticos queden retenidos cerca de las zonas activas del material. Así, el dispositivo actúa simultáneamente como una esponja que captura las partículas y como un reactor fotocatalítico que promueve su degradación bajo la luz.

CAPTURAR NO ES SUFICIENTE

La mayoría de las tecnologías de separación retiran los microplásticos del agua, pero generan un residuo que después debe recuperarse y gestionarse. En este sistema, la captura es solo el primer paso. Cuando la luz activa el carburo de silicio, se forman especies químicas muy reactivas, principalmente radicales hidroxilo, que atacan la superficie del plástico y favorecen su degradación progresiva.

El contacto estrecho entre los microplásticos y la estructura impresa resulta fundamental. Al quedar retenidas cerca de las zonas activas del material, las partículas permanecen expuestas durante más tiempo a las especies reactivas que se forman cuando la luz activa el material. De este modo, el dispositivo no se limita a separar los microplásticos del agua, sino que también contribuye a transformarlos químicamente.

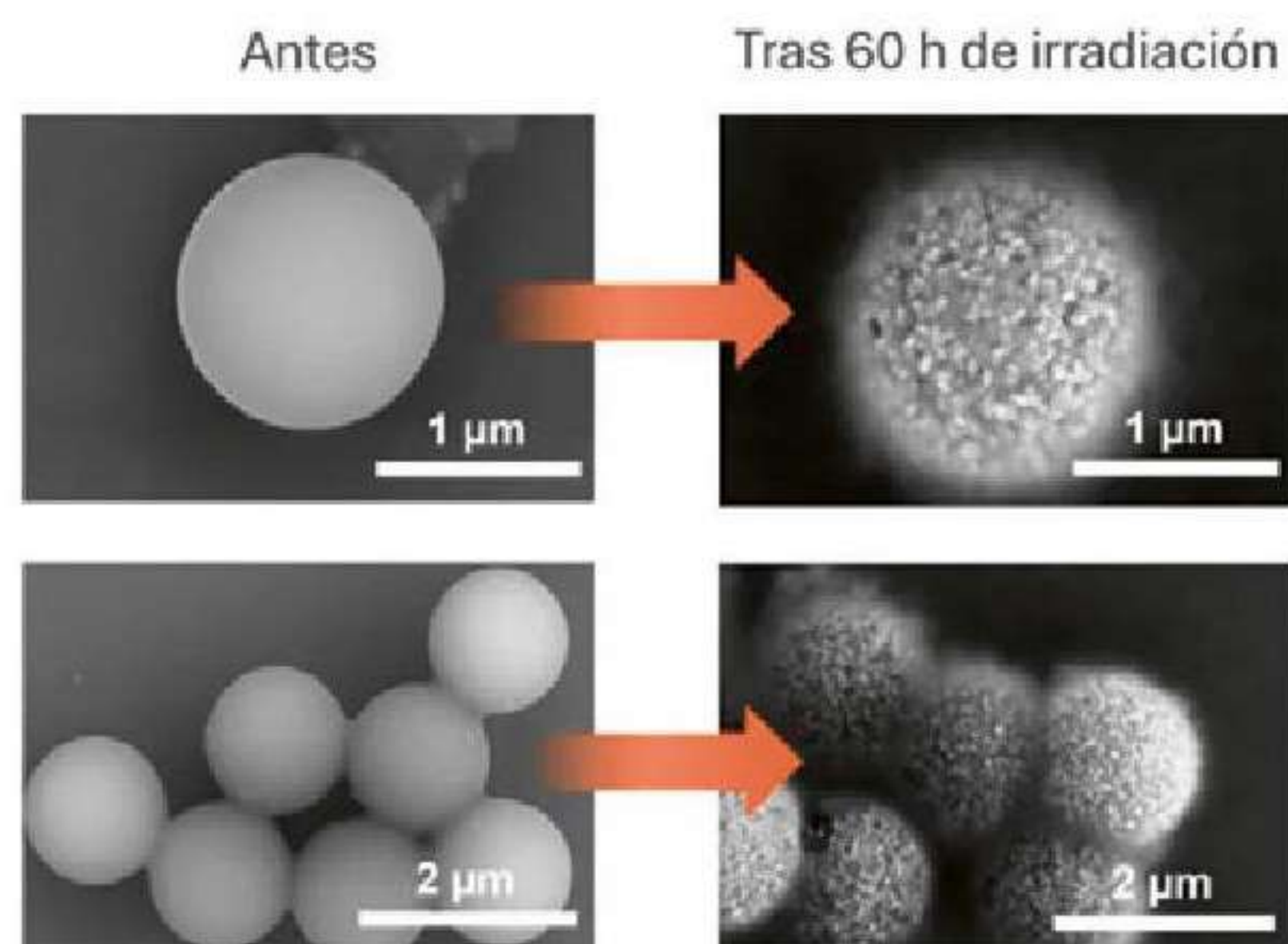
1 CAPTURA



KATHERINE VILLA

 El agua recupera su transparencia tras el tratamiento.

2 DEGRADACIÓN



 Los microplásticos se degradan bajo irradiación en presencia del fotocatalizador de SiC.



1. MATERIALES

Fotocatalizadores en polvo



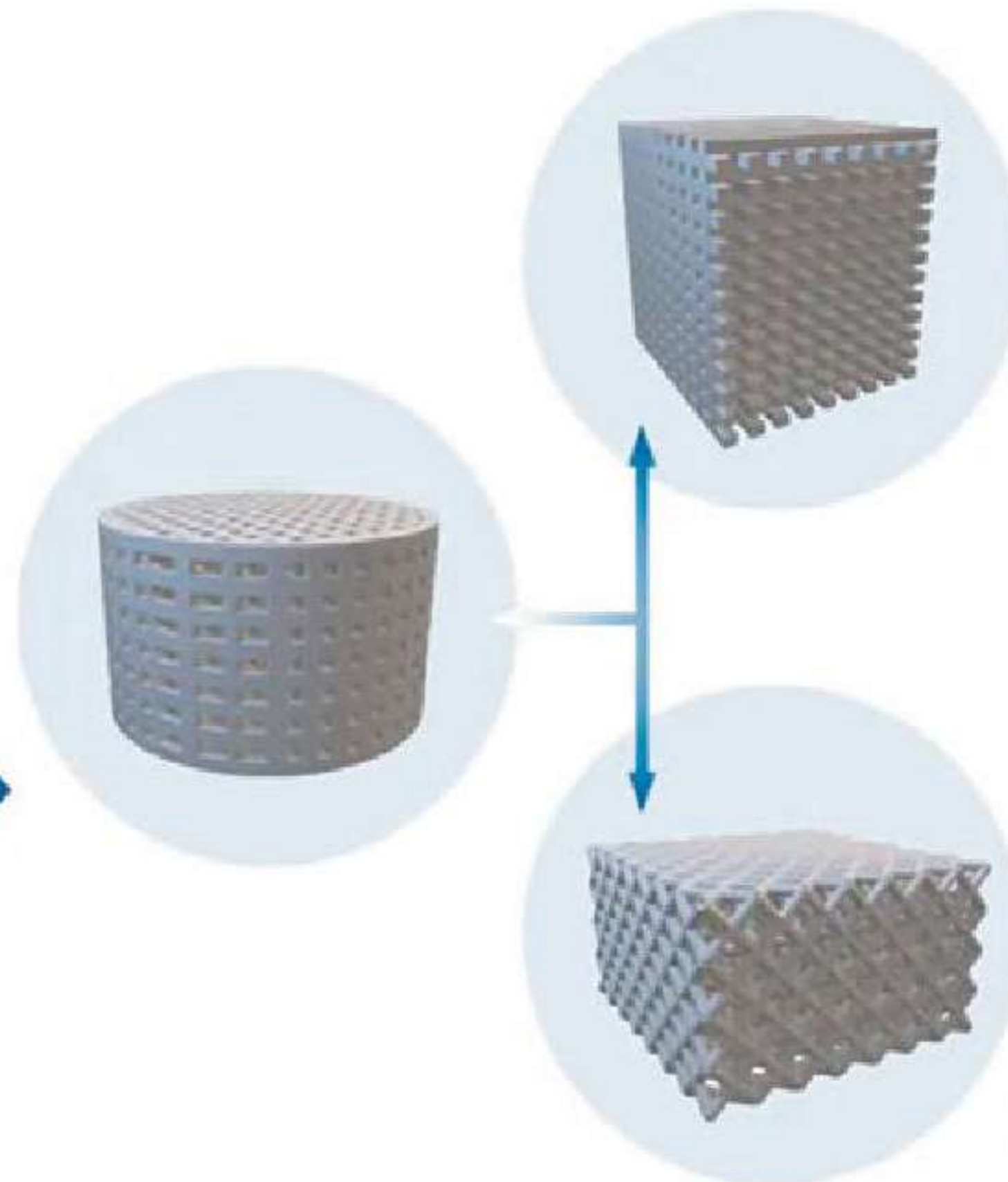
2. FABRICACIÓN

Impresión 3D FDM



3. LIBERTAD DE DISEÑO

Estructuras 3D personalizadas



KATHERINE VILLA

El material fotocatalítico, el carburo de silicio, se imprimió en una estructura 3D reutilizable, fabricando estructuras porosas con diseños personalizables, adaptables a diferentes tipos de reactores y fáciles de retirar del agua tras el tratamiento.

La integración de ambas funciones, captura y degradación, en una misma estructura es uno de los aspectos más valiosos del trabajo.

QUÉ MOSTRARON LOS EXPERIMENTOS

Para evaluar el funcionamiento del sistema se utilizaron micropartículas de poliestireno como modelo. En solo ocho horas, las estructuras impresas retiraron aproximadamente el 85 % de las partículas suspendidas en el agua. Sin embargo, el resultado más relevante fue que no se limitaron a retenerlas.

Tras 60 horas de irradiación, las partículas, inicialmente lisas y esféricas, presentaban grietas, perforaciones y un deterioro evidente de su superficie. Los análisis químicos mostraron un aumento de 4,2 veces en el índice de carbonilo, una señal de oxidación y ruptura progresiva de las cadenas del polímero. También se detectó la formación de dióxido de carbono, un resultado que indica que parte del plástico avanzaba hacia etapas más profundas de degradación.

La estructura pudo reutilizarse durante varios ciclos sin perder su integri-

dad. Además, mantuvo su capacidad para capturar y degradar microplásticos en condiciones de flujo continuo, un escenario más próximo al funcionamiento de los reactores utilizados en las plantas de tratamiento de aguas que los ensayos estáticos realizados habitualmente en el laboratorio.

DISEÑAR LA FORMA TAMBIÉN IMPORTA

Cuando se piensa en nuevos materiales, la atención suele centrarse en su composición química. Sin embargo, este trabajo demuestra que la forma también puede marcar la diferencia. La arquitectura tridimensional del fotocatalizador determina cómo circula el agua, cómo entran en contacto los contaminantes con la superficie activa y cuánto tiempo permanecen expuestos a la acción de la luz.

La impresión 3D ofrece precisamente esa libertad de diseño. Permite fabricar estructuras adaptadas a diferentes reactores y necesidades, optimizar su porosidad o incorporar nuevos materiales para ampliar su campo de aplicación. En el futuro, es-

te mismo concepto podría extenderse al tratamiento de otros contaminantes presentes en el agua.

UN PASO HACIA TECNOLOGÍAS MÁS SOSTENIBLES

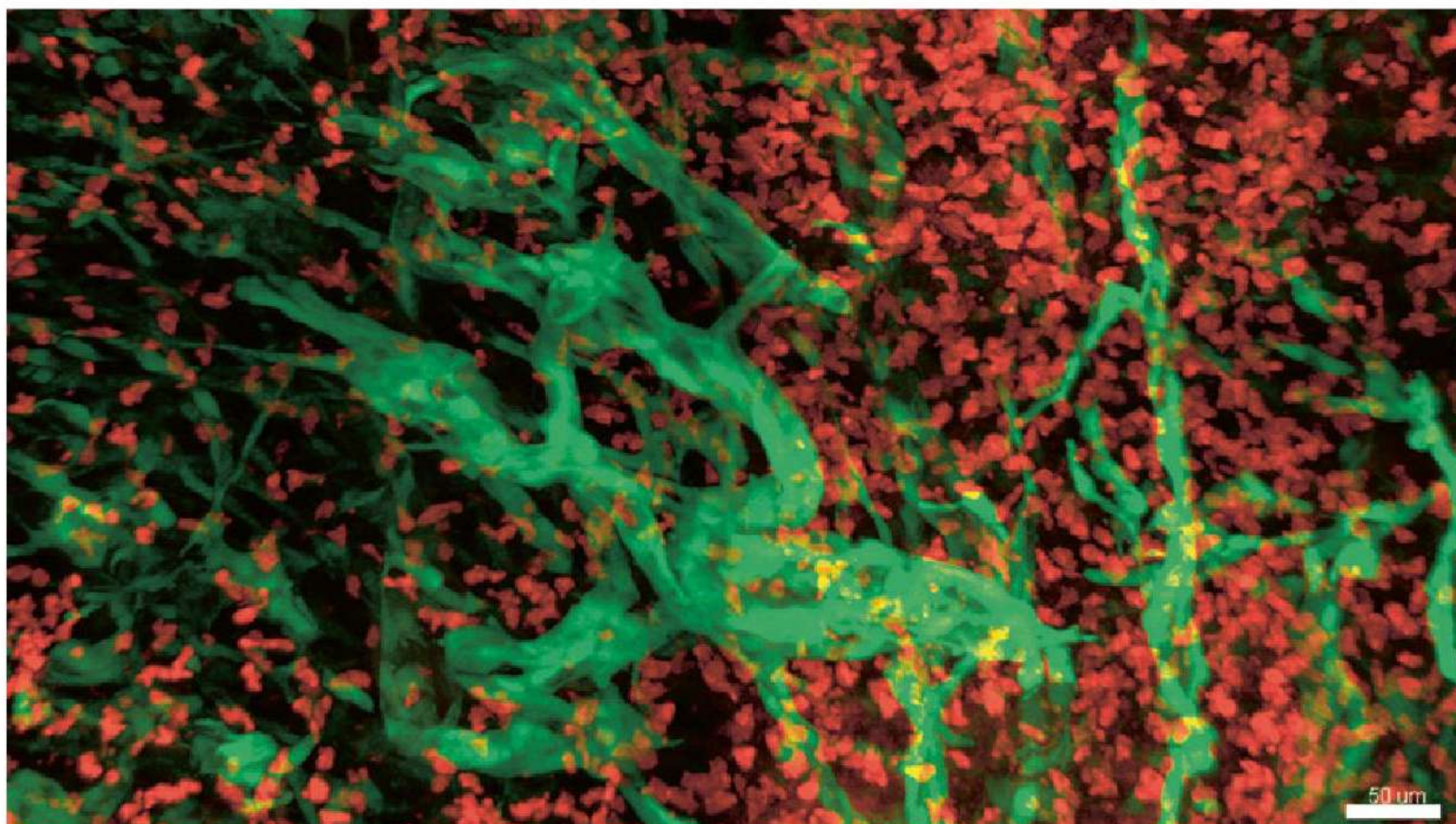
La contaminación por microplásticos no desaparecerá gracias a una única solución. Reducir el consumo de plásticos, mejorar su reciclaje y desarrollar materiales más sostenibles seguirá siendo imprescindible. Pero también será necesario disponer de tecnologías capaces de actuar sobre las partículas que ya han llegado al medio ambiente.

Aunque este dispositivo constituye todavía una prueba de concepto, muestra una estrategia prometedora para acercar la fotocatálisis a aplicaciones más prácticas. Al integrar en una misma estructura la captura y la degradación de los microplásticos, evita limitarse a trasladar el problema de un lugar a otro y facilita la recuperación y reutilización del material.

En ocasiones, la innovación no consiste únicamente en descubrir un nuevo material, sino en encontrar la mejor manera de diseñarlo. ▢

TU SISTEMA INMUNE YA SABE CURARTE

EL RETO ES APRENDER A DIRIGIRLO



DR. IVÁN BALLESTEROS (UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID/CNIC)

Imagen obtenida en el laboratorio del Dr. Iván Ballesteros (Universidad Carlos III de Madrid/CNIC) mediante microscopía confocal en modelos experimentales. Interior de un tumor pancreático. Los vasos sanguíneos, alterados y desorganizados (en verde), permiten el crecimiento del tumor, mientras que un gran infiltrado de neutrófilos (en rojo) ocupa el entorno tumoral.



Iván Ballesteros
Investigador
Distinguido del
departamento
de Neurociencias y
Ciencias Biomédicas
de la UC3M.

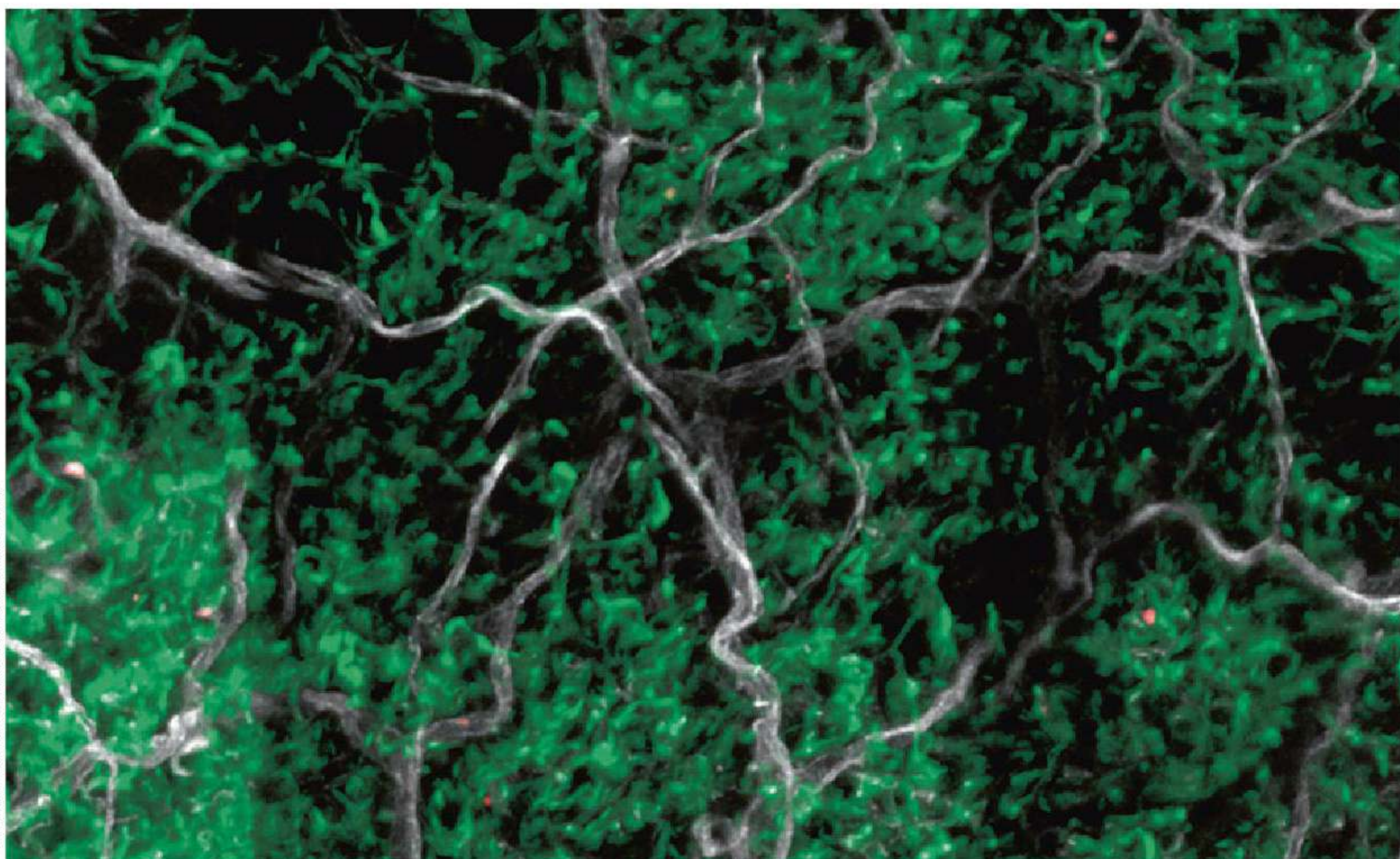
Tu sistema inmune no solo te defiende: también puede dañar tus tejidos, favorecer enfermedades o perder eficacia con la edad. La clave no está en activarlo o frenarlo, sino en aprender a dirigirlo. La ciencia empieza a entender cómo hacerlo.

Tu cuerpo no es un espectador pasivo de la enfermedad. Es un sistema activo, constantemente vigilante, capaz de eliminar bacterias, detectar células tumorales y reparar tejidos dañados. Lo hace sin que te des cuenta, de forma silenciosa y continua.

Durante mucho tiempo, se pensó que la parte más rápida de esta defensa —la inmunidad innata— era simple: una respuesta inmediata, eficaz, pero poco sofisticada. Hoy sabemos que esa idea no era correcta. La inmunidad innata es un sistema flexible, capaz de adaptarse, cambiar de estrategia y ajustar su comportamiento según la situación.

Desde la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Carlos III de Madrid, investigamos precisamente esa capacidad de adaptación. No para crear algo artificial, sino para entender

DR. IVÁN BALLESTEROS (UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID/CNIC)



Submucosa del colon observada por microscopía confocal. Los vasos sanguíneos aparecen en gris, las células del tejido en verde y los neutrófilos —células clave del sistema inmune— en rojo, patrullando esta región intestinal. Imagen obtenida en el laboratorio mediante microscopía confocal en modelos experimentales.

algo que ya existe: cómo el propio sistema inmune decide qué hacer en cada momento... y qué ocurre cuando se equivoca.

UN SISTEMA QUE YA TIENE TODAS LAS HERRAMIENTAS

Dentro de ti ya existe la capacidad de hacer cosas extraordinarias.

Tu sistema inmune puede eliminar bacterias con una eficacia enorme. Puede reconocer células anómalas antes de que se conviertan en un problema. Puede iniciar la reparación de una herida y coordinar procesos que permiten que el tejido se regenere.

No estamos hablando de funciones potenciales o teóricas. Son procesos que ocurren todos los días.

Pero hay una condición: todo depende de que la respuesta sea la adecuada.

El sistema inmune no funciona como un interruptor que se enciende o se apaga. Funciona como un regulador fino. Tiene que decidir no solo si actuar, sino cómo hacerlo, con qué intensidad y durante cuánto tiempo.

Ahí está el equilibrio. Y ahí es donde empiezan los problemas.

CUANDO EL SISTEMA INMUNE DEJA DE ACERTAR

Muchas enfermedades no aparecen porque el sistema inmune esté «apagado», sino porque está mal dirigido.

Piensa en la inflamación crónica de las articulaciones. En enfermedades como la artritis, el sistema inmune mantiene una respuesta activa que, en lugar de proteger, acaba dañando el propio tejido. No es que falte respuesta, es que está en el sitio equivocado o se prolonga demasiado.

Algo parecido ocurre en infecciones graves. Durante la pandemia de COVID-19, vimos cómo en muchos pacientes el problema no era solo el virus, sino la respuesta del propio organismo. Una reacción demasiado intensa, mal regulada, que terminaba afectando a los pulmones y a otros órganos.

En el cáncer, la paradoja es aún más evidente. El sistema inmune está preparado para eliminar células tumorales, y en muchos casos lo hace. Pero en determinadas circunstancias, puede generar un entorno que favorece el crecimiento del tumor, como si cambiara de bando.

Incluso en algo tan cotidiano como la cicatrización de una herida, el sistema inmune juega un papel central. En personas con diabetes, por ejemplo, la reparación de los tejidos puede ser más lenta o ineficiente. No porque falten células, sino porque los mecanismos que coordinan esa reparación no funcionan correctamente.

Y con la edad, este problema se acentúa. El sistema inmune envejece, pierde precisión, y su capacidad para responder de forma equilibrada se deteriora. Esto contribuye a muchas de las enfermedades asociadas al envejecimiento.

En todos estos casos hay un patrón común: el sistema tiene las herramientas, pero no las está utilizando bien.

LA PLASTICIDAD: LA RAZÓN POR LA QUE ESTO ES POSIBLE

La clave de todo esto es la plasticidad.

Las células inmunes no son entidades fijas con una única función. Son capaces de cambiar su comportamiento en función de las señales que reciben. Esa capacidad de adaptación

El sistema no falla porque sea débil. Falla porque es demasiado adaptable sin un control preciso

es lo que permite que el sistema inmune sea tan eficaz frente a amenazas muy distintas.

Pero esa misma flexibilidad implica que pueden activarse de forma incorrecta.

Una respuesta que es útil en un contexto —por ejemplo, promover la formación de nuevos vasos sanguíneos para reparar un tejido— puede ser perjudicial en otro, como en el crecimiento de un tumor. Una inflamación que ayuda a eliminar un patógeno puede volverse dañina si no se regula a tiempo.

El sistema no falla porque sea débil. Falla porque es demasiado adaptable sin un control preciso.

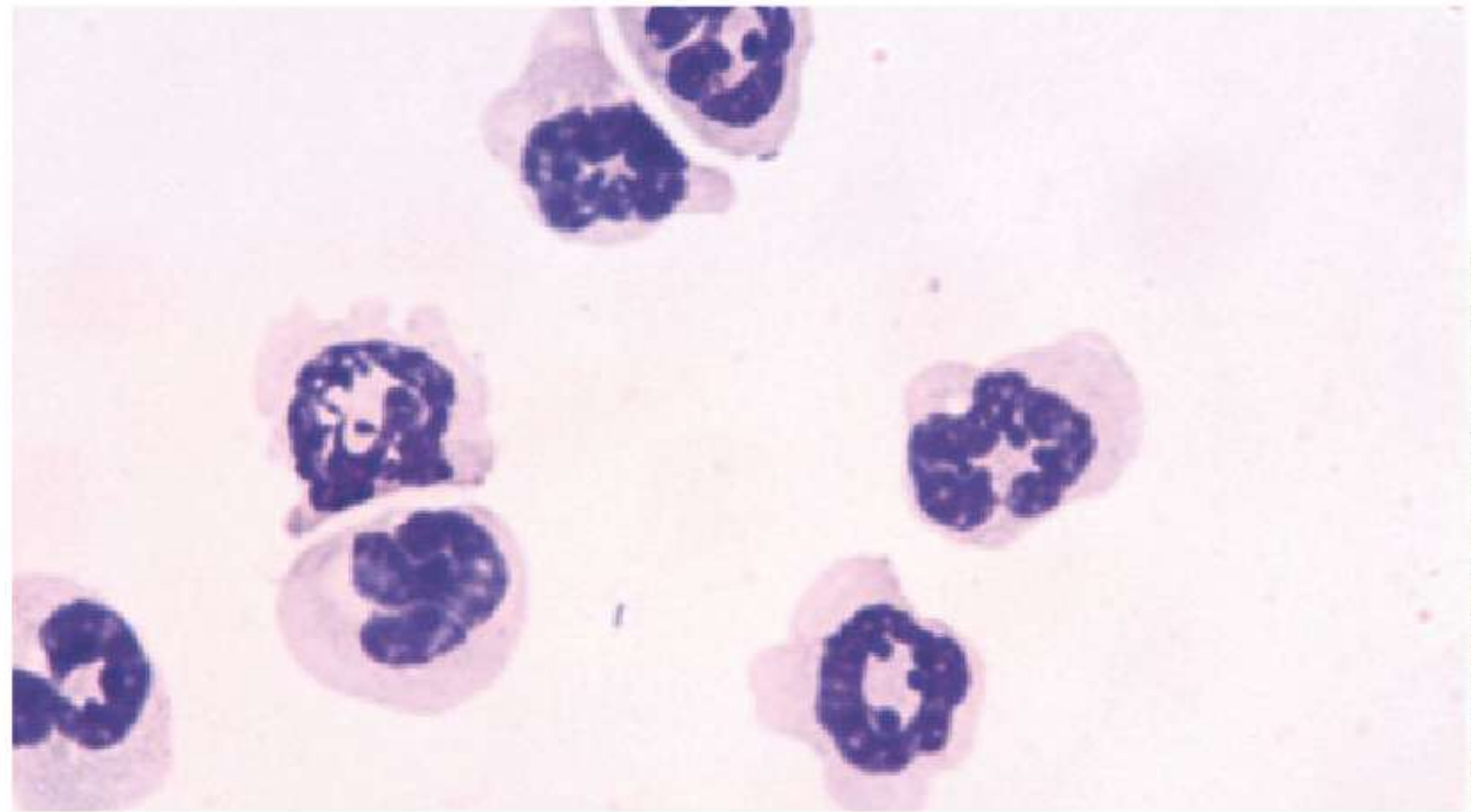
NEUTRÓFILOS: ENTENDER EL SISTEMA A TRAVÉS DE UN EJEMPLO

Para entender cómo ocurre esto, una de las mejores ventanas son los neutrófilos.

Son las células inmunes más abundantes en la sangre y las primeras en responder ante infecciones o lesiones. Durante años se pensó que eran simples, casi automáticas. Hoy sabemos que no es así.

Investigaciones recientes, incluyendo trabajos liderados desde la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Carlos III de Madrid, han demostrado que los neutrófilos pueden adoptar distintos estados funcionales. No son todos iguales ni actúan siempre de la misma manera.

El desarrollo de mapas celulares como NeuMap (Neutrophil Map o Mapa de los neutrófilos) ha permitido empezar a organizar estos estados y entender cómo cambian en función del contexto. Esto ha revela-



DR. IVÁN BALLESTERO (UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID/CNIC)

Neutrófilos aislados de sangre de ratón, observados por microscopía de campo claro. Su núcleo multilobulado, visible en púrpura oscuro, es una de las características más distintivas de estas células inmunes. Imagen obtenida en el laboratorio mediante microscopía confocal en modelos experimentales.

do que los neutrófilos forman parte de un sistema mucho más complejo de lo que se pensaba.

En algunos casos, su actividad es claramente beneficiosa: eliminan patógenos o contribuyen a la defensa frente a tumores. En otros, pueden participar en procesos inflamatorios excesivos o en mecanismos que favorecen la enfermedad.

Lo importante no es solo lo que hacen, sino cómo y cuándo lo hacen.

EL CAMBIO DE ENFOQUE: APRENDER A DAR INSTRUCCIONES

Aquí es donde aparece la idea central.

No estamos intentando crear nuevas funciones en el sistema inmune. No estamos introduciendo capacidades artificiales. Todo lo que necesitamos ya está ahí.

Lo que falta es entender cómo dar las instrucciones correctas.

Si el sistema inmune es un ejército de células especializadas, el problema no es que falten soldados. El problema es que no siempre reciben las órdenes adecuadas.

La investigación actual busca precisamente eso: entender cómo se generan esas «órdenes» dentro del organismo y cómo pueden modificarse para que la respuesta sea la correcta.

En lugar de apagar el sistema inmune cuando causa daño, la idea es mucho más precisa: redirigirlo. Conseguir que una respuesta inflamatoria deje

de ser perjudicial y pase a ser útil. Que una célula que favorece el crecimiento tumoral recupere su función defensiva. Que los mecanismos de reparación funcionen de forma eficiente incluso en contextos donde hoy fallan, como en la diabetes o el envejecimiento.

UNA NUEVA FORMA DE PENSAR LA MEDICINA

Este cambio de perspectiva es profundo.

Durante décadas, la estrategia ha sido bloquear. Reducir la inflamación, frenar señales, eliminar actividad inmune. Esto ha sido clave en muchos tratamientos, pero tiene limitaciones evidentes.

Lo que está emergiendo ahora es una medicina más fina. Una medicina que no se basa solo en frenar procesos, sino en entenderlos lo suficiente como para intervenir de forma precisa.

Desde la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Carlos III de Madrid, el objetivo es contribuir a esta transición: pasar de ver el sistema inmune como algo que hay que controlar de forma general, a entenderlo como un sistema que puede ser dirigido con precisión.

No se trata de añadir algo nuevo al organismo, sino de aprovechar una capacidad que ya existe. Una capacidad que, cuando funciona correctamente, es una de las herramientas más poderosas que tenemos para mantenernos sanos. ▣

SUPERFICIE Y VOLUMEN

UNA GEOMETRÍA CLAVE DE LA CUÁNTICA A LA FOTOSÍNTESIS

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:



Edificio La Muralla Roja de Ricardo Bofill. Calpe (Alicante).



César Moreno Sierra
Profesor Titular de
Física de la Materia
Condensada en la
Universidad de Cantabria.

Por qué las hojas son planas o el cerebro está lleno de pliegues? La respuesta está en una sencilla regla geométrica que también impulsa el desarrollo de nuevos nanomateriales con propiedades sorprendentes y aplicaciones tecnológicas.

Muchos habrán experimentado el placer de la relación superficie-volumen sin ser conscientes de ello en multitud de cotidianidades. Así, Philippe Delerm en su celebre *La Pre-*

mière Gorgée de bière, et autres plaisirs minuscules nos adentra sin darnos cuenta en ese primer sorbo de cerveza, donde pasamos de disfrutar en una primera interacción de su superficie en forma de espuma, al volumen.

El líquido contenido en el vaso posee una superficie relativamente pequeña en comparación con su volumen. La espuma, en cambio, transforma ese mismo volumen en una multitud de finísimas películas líquidas que envuelven burbujas de gas,

multiplicando enormemente la superficie disponible. En la espuma, una pequeña cantidad de líquido puede generar una superficie de contacto gigantesca. Esa enorme superficie favorece fenómenos como la liberación de compuestos aromáticos, el intercambio de gases y la percepción sensorial de la cerveza. En contraste, el volumen líquido almacena masa, temperatura y sabor.

La experiencia de beber cerveza es, en cierto modo, un diálogo entre superficie y volumen. Como también diría Delerm, ¿y qué decir del currusco de un pan recién horneado? En él celebramos la superficie: la corteza quebradiza que cruje al partirse, concentrando aromas y sabores nacidos del contacto con el horno. Pero tras esa fina frontera aparece el volumen: una miga tibia, húmeda y esponjosa.

INTERACCIÓN – ENERGÍA EN BIOLOGÍA

En una primera aproximación podríamos equiparar a la superficie de la materia con «interacciones», y al volumen con «energía requerida». De este modo, en numerosos sistemas el cociente óptimo es aquel que maximiza el número de interacciones a un menor coste energético, esto es, un mayor cociente superficie-volumen.

Un ejemplo clave es la configuración de los meandros que conforman la corteza cerebral para maximizar el número de interacciones con un menor volumen. O las células epiteliales intestinales que poseen microvellosidades para aumentar su superficie. Estas células recubren el intestino y participan en la absorción de nutrientes de manera muy eficiente.

Pensemos ahora en una hoja. Su extraordinaria delgadez no es una limitación, sino una solución. La naturaleza ha extendido la materia en una lámina para multiplicar su superficie sin aumentar apenas su volumen. Gracias a esa geometría, la hoja captura más luz, intercambia más dióxido de carbono y convierte con mayor eficacia la energía del Sol en materia viva. Al ser muy delgadas, prácticamente todas las células fotosintéticas están cerca de la superficie. El dióxido de carbono y el



Sobre estas líneas, escultura de Oteiza en Donostia-San Sebastián (España).

agua recorren distancias muy cortas hasta los cloroplastos, donde ocurre la fotosíntesis. Además, la gran superficie favorece la disipación del calor, evitando el sobrecalentamiento de la hoja.

Cada árbol es, en realidad, una inmensa colección de superficies desplegadas hacia el cielo, una arquitectura diseñada para aprovechar al máximo la relación entre superficie y volumen.

ARQUITECTURA Y ARTE

Del mismo modo que una hoja despliega una gran superficie para captar la luz o una espuma multiplica la interfaz entre aire y líquido, la arquitectura ha intentado seguir sus pasos.

En proyectos como La Muralla Roja o Walden 7, el arquitecto Ricardo Bofill fragmenta el volumen en una sucesión de patios, vacíos, pasarelas y terrazas. Al hacerlo, incrementa enormemente la superficie accesible y el número de fronteras entre interior y exterior, entre espacio privado y espacio común, entre luz y sombra. El edificio deja de ser una masa compacta para convertirse en un organismo de superficies. Sus edificios no buscan simplemente encerrar el mayor volumen posible, sino multiplicar las superficies de contacto entre el edificio y quienes lo habitan.

La buena arquitectura, como la buena biología, no consiste en acumular materia, sino en organizarla. Esta misma esencia está en las esculturas de

Oteiza, quién comprendió que el valor de una escultura no reside necesariamente en la cantidad de materia que contiene, sino en la manera en que esa materia organiza el espacio. En una escultura maciza, el volumen domina a la superficie.

En las esculturas de Oteiza ocurre lo contrario: unas pocas superficies cuidadosamente dispuestas son capaces de definir un gran volumen vacío. La materia se reduce al mínimo necesario para que el espacio cobre significado. Como en una hoja, donde una fina lámina captura la energía del sol, o en una espuma, donde una delgada película líquida envuelve el aire, Oteiza construye mucho espacio con muy poco material. Las superficies delimitan el vacío, el vacío está lejos de ser la nada.

FRONTERA LÍMITE: LOS MATERIALES CUÁNTICOS

Uno de los ejemplos más extremos de la importancia de la relación superficie-volumen en la ciencia contemporánea son los materiales cuánticos bidimensionales, que llevan esa relación al límite.

En un cristal convencional, la mayoría de los átomos permanecen ocultos en el interior del material y solo una pequeña fracción forma parte de la superficie. En el grafeno, arquetipo de material bidimensional, ocurre exactamente lo contrario: al estar constituido por una única capa atómica de átomos de carbono, prácticamente todos sus átomos son superficie. El

TURISMO DE DONOSTIA

Edificio Walden 7 de Ricardo Bofill. Barcelona.



ASC

volumen deja de ser relevante; toda la materia está expuesta.

Esta extraordinaria relación superficie-volumen transforma por completo el comportamiento del material. Los electrones quedan confinados a un plano y aparecen fenómenos cuánticos que no existen en materiales tridimensionales. La conductividad eléctrica, la respuesta óptica y la sensibilidad química están dominadas por procesos que ocurren en la superficie, porque, sencillamente, ya no existe un volumen interior. Estos materiales bidimensionales con tan solo una capa atómica de grosor, han permitido apilar distintas capas con una precisión extraordinaria.

El físico español Pablo Jarillo-Herrero y su grupo demostraron que dos capas de grafeno rotadas un ángulo cercano a $1,1^\circ$, denominado «ángulo mágico», pueden mostrar una propiedad que ninguna de ellas posee por separado: superconductividad. La rotación entre capas genera un patrón de interferencia, conocido como patrón de Moiré, que modifica el movimiento de los electrones. Los electrones dejan de comportarse como partículas casi

libres y comienzan a interactuar intensamente entre sí. Esta interacción hace emerger una propiedad la superconductividad a muy bajas temperaturas.

En los materiales cuánticos, como en tantas otras manifestaciones de la naturaleza, la forma no solo acompaña a la función; la crea.

¿Cómo podríamos exponer aún más a los átomos de un material que ya de por sí todo es superficie?

Generando grafeno nanoporoso, no solo todos sus átomos pertenecen a la superficie, sino que la apertura de millones de poros incrementa aún más la longitud de los bordes y la superficie interactuante. La lámina deja de ser continua y se convierte en una arquitectura de vacíos. Cada poro crea nuevos bordes atómicos, y esos bordes poseen propiedades electrónicas y químicas distintas de las del interior de la red cristalina.

Del mismo modo que la espuma multiplica la superficie entre el líquido y el aire, o una hoja despliega una inmensa área para captar la luz solar, el grafeno nanoporoso despliega una enorme superficie atómica para interactuar con moléculas, electrones y fotones.

La materia no aumenta; lo que aumenta es su capacidad de relacionarse con el entorno.

REFLEXIÓN FINAL

La historia de la relación superficie-volumen parece recorrer toda la naturaleza y la tecnología.

Está en el currusco del pan, donde la corteza concentra el sabor; en la espuma de la cerveza, que libera los aromas; en las hojas de los árboles, que capturan la energía del Sol; en la arquitectura de Bofill, que multiplica las superficies habitables; en las esculturas de Oteiza, donde unas pocas superficies organizan el vacío; y culmina, por ahora, en los materiales cuánticos bidimensionales.

El grafeno y, más aún, el grafeno nanoporoso, llevan esta idea hasta su límite: un material en el que prácticamente no existe un interior, donde cada átomo participa directamente en la interacción con el mundo.

La geometría deja de ser únicamente una cuestión de forma para convertirse en el origen mismo de las propiedades físicas. Allí donde la superficie domina sobre el volumen, emerge un comportamiento completamente nuevo. ▢

LUCÍA
SESMA PRIETO,
filóloga.



DE AQUEL CALOR, ESTAS LLUVIAS

EL PROGRESO HA SIDO PARA EL HOMBRE LA SALVACIÓN Y LA CONDENA. EL PLANETA HA SENTIDO NUESTRA PRESENCIA Y AHORA SUFRIMOS LAS CONSECUENCIAS.

Los incendios arrasaron más de doscientas sesenta mil hectáreas este verano en la península ibérica.

De norte a sur y de este a oeste, los bosques, campos y numerosos terrenos urbanizados se han visto invadidos por un fuego que en 2026 ha batido los récords que creíamos imposibles de superar. Y desde enero se ha contabilizado un incremento del doscientos noventa y ocho por ciento de lo que venía siendo la media de hectáreas quemadas en la última década. No ha habido piedad para una naturaleza cada vez más alejada de aquellos seres humanos conscientes de que la Tierra es única.

A lo largo de la historia hubo un tiempo en que sus habitantes supieron aprovechar los recursos naturales en armonía; dominaban los ciclos de la fauna, la flora, los mares y montañas sin dejarlos exhaustos como hemos visto en el último siglo. Daban un respiro al planeta, respetaban los barbechos que exigen ciertos tiempos de recuperación con un equilibrio que incluso contaba con unos extremos que la tierra, el mar y el agua regulaban.

La industrialización de finales del siglo XIX dio paso a unos avances tecnológicos que resultarían un progreso incuestionable, pero cuyas consecuencias no vislumbraron nuestros antepasados: salvación y condena. El delirio de creernos los depredadores más inteligentes nos ha llevado a matar con una sola bomba nuclear a cientos de miles de personas y, en apenas unas décadas, a devastar este hogar en el que vivimos de prestado. La frecuencia de las

catástrofes naturales ha convertido la realidad en una distopía para la que las palabras con que solíamos describirla se han quedado cortas.

El cambio climático nos enseñó a quienes no estamos muy versados en ecología un sinfín de términos que nunca queríamos haber tenido que emplear: efecto invernadero, agujero de la capa de ozono, depresión aislada en niveles altos, ciclogénesis e incendios explosivos, fuego y reventones térmicos, pirocúmulos, danas o bloqueo anticiclónico.



Algunas instituciones intergubernamentales, como las Naciones Unidas, UNICEF o el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) han desarrollado glosarios específicos a los que podemos echar mano para entender las transformaciones tan extremas que ha sufrido el planeta en tan poco tiempo. Las palabras del mundo antiguo, aquel que se ha quedado tan obsoleto de una forma demasiado veloz, no bastan para describir la sensación apocalíptica que se nos muestra cada día en los informativos.

Los desastres naturales no solo tomaron nombres comunes: desde mediados

del siglo XX, se empezó a nombrar a las tormentas extremas con antropónimos. La inercia científica consideró que mejor se empezaría con los nombres de mujer, para afianzar la tradición que ve en ellas el origen del mal que empezó con Eva, quizás antes con la denostada Lilith. Habría que llegar hasta 1979 para que alguien reflexionase sobre este despropósito y sopesara que el varón podría nombrar también a las devastadoras tormentas del Pacífico. Cada zona tiene sus propias listas rotativas, compuestas

por veintiún nombres que excluyen las letras Q, U, X, Y y Z. A la velocidad con que se suceden puede que, si nos despistamos un poco, el huracán Albert venga dos años seguidos. La magnitud de la aniquilación natural y humana de algunas, como la llamada Katrina, de 2005, determinó que no se volviera a utilizar ese nombre con este fin de denominar a tan desolador fenómeno.

Empezamos el curso escolar y laboral sin los deberes hechos. Los montes no se han limpiado lo suficiente, los animales han dejado de ser parte imprescindible de ese ecosistema y las políticas no invierten apenas en medidas contra el cambio climático. Aquellos septiembres del mundo de ayer solían ser meses de comienzos, ilusiones y nuevas oportunidades para quienes no fueron tan buenos estudiantes durante el curso anterior. También eso se terminó. Los fuegos de este verano traerán tormentas más crueles este otoño y necesitaremos palabras nuevas para describir la desolación que está por llegar. ▣



SEBASTIAN CELESTINO Y ESTHER RODRÍGUEZ

ARQUEÓLOGOS

Nos adentramos en las incógnitas y misterios de la mítica civilización de Tarteso con los responsables de algunos de los hallazgos arqueológicos más relevantes de las últimas décadas.

POR GEMA BOIZA, periodista



Durante siglos, Tarteso fue un territorio situado a medio camino entre la historia y la leyenda. Hoy, gracias a la arqueología, esa civilización se perfila cada vez con mayor nitidez, aunque todavía conserve grandes incógnitas. Los arqueólogos Sebastián Celestino y Esther Rodríguez,

responsables de algunos de los hallazgos más relevantes de las últimas décadas y autores del libro *Tartesos*, repasan en esta entrevista cómo han cambiado los conocimientos sobre aquella cultura, qué misterios permanecen abiertos y por qué des-

cubrimientos como los rostros del Turuñuelo han situado definitivamente a Tarteso en el mapa de las grandes civilizaciones de la Antigüedad.

En vuestro libro *Tarteso* planteáis una pregunta aparentemente sencilla: ‘¿Qué es Tarteso?’. Pues bien... ¿cuál es vuestra respuesta?

Sebastián Celestino (S.C.): Para tener una idea rápida y clara podemos decir que Tarteso es una cultura que se desarrolla en el suroeste de la Península Ibérica, en lo que hoy sería el suroeste de Andalucía y parte de Extremadura, que es el reflejo de la unión entre los colonizadores fenicios y de otras partes del Mediterráneo que llegan a la Península y los indígenas que vivían aquí. El resultado de esas dos culturas, la atlántica y la mediterránea, es lo que denominamos tarteso.

«Todavía no sabemos quiénes eran los tartesos, ni cómo se llamaban ni cómo se definían culturalmente»

Esther Rodríguez (E.R): Lo complejo no es definir qué es tarteso, lo complicado es saber si esa gente a la que nosotros llamamos tartesos se llamaban a sí mismos así.

Durante siglos, Tarteso osciló entre historia y leyenda. ¿En qué momento dejó de ser un mito para convertirse en una realidad histórica demostrable?

(E.R): Si tuviéramos que elegir un momento sería el hallazgo del tesoro de El Carambolo, que determinó el surgimiento de la arqueología tartésica y, por lo tanto, ese salto entre el mito y la realidad. Eso sí, la parte romántica que tiene Tarteso con la mitología no lo va a perder nunca, aunque nosotros nos empeñemos en darle una forma cultural o arqueológica.

¿Debemos hablar de Tarteso refiriéndonos a una única realidad política y cultural o a varias realidades distintas agrupadas bajo un mismo nombre?

(S.C.): Tarteso es una palabra que nos dan los griegos cuando hablan del extremo del mundo conocido en ese momento, que era la Península Ibérica. Para referirse a ese territorio ellos usan el término tarteso. Nosotros y muchos otros colegas hemos usado ese término para definir una cultura que no sabemos cómo se llamaba. Tarteso nos viene muy bien para saber en qué época estamos y en qué geografía.

¿Entonces no usamos el término «Tarteso» de forma correcta?

(S.C.): Tarteso es sinónimo de muchas cosas. Hay quienes consideran que Tarteso está antes de que lleguen los fenicios, hay quienes, no, hay quienes dicen que hasta que las fuentes griegas no lo mencionan no deberíamos hablar de tartesos... tartesos sirve un poco de cajón desastre para definir una época y un área geográfica.

Los autores clásicos describieron Tarteso como una tierra rica y poderosa. ¿Hasta qué punto sus relatos han sido confirmados por la arqueología?

(E.R): Están en proceso de. Al principio pensábamos que esos relatos eran leyendas, pero Heródoto habla de cómo los focos llegan a una zona más allá de las columnas de Hércules que nosotros identificamos con Huelva. La arqueología ha conseguido demostrar que en Huelva hubo un barrio griego en el que vivían personas que hacían cerámica griega con arcillas de Huelva. Y poco a poco la arqueología comienza a poder dar un poco de sentido a lo que las fuentes narran. ¡Y eso que esas fuentes hablan de Tarteso siempre como un elemento secundario!

¿Qué aspectos fundamentales de Tarteso siguen siendo un misterio?

(S.C.): La religión, que quizá siempre es lo más complicado en cualquier cultura. A partir de la época romana, en la que ya hay fuentes escritas sobre cómo eran los dioses y qué dioses eran, sabemos qué religiones y vocaciones tenía cada cultura, pero antes de eso... es complicado. ¡Encima hay que tener en cuenta que la cultura tartésica no representaba a sus dioses! La percepción cambió un poco con el hallazgo de las famosas Casas del Turuñuelo.

(E.R): Sí, totalmente de acuerdo. La religión y los ritos, y todo lo que tiene que ver con las creencias. Hay otros aspectos del pensamiento que son muy difíciles de conocer a través de la arqueología. Por ejemplo, no sabemos el papel que tenía la mujer dentro de la sociedad, el tipo de actividades que desarrollaban, si tenían clases sociales con aristócratas... ¡falta mucho!

¿Por qué el hallazgo de los rostros de las Casas del Turuñuelo tuvo una enorme repercusión internacional? ¿Por qué fue tan importante?

(S.C.): Por dos motivos. El primero es porque por fin aparecían unas representaciones de tartesos. Hasta entonces nunca se había representado a nadie en esa cultura más allá de en una figurita de bronce. Y segundo, por la belleza que tienen. Siempre se piensa que en una cultura tan antigua todo tiene que ser más tosco, más rudimentario... y cuando apareció esto, con un estilo tan depurado, efectivamente llamó mucho la atención.

¿Pusieron a Tarteso en el mapa las Casas del Turuñuelo?

(S.C.): Sí, sin duda. Tarteso dio con ese hallazgo un golpe encima de la mesa, como si en ese momento pudiera por fin decir «somos una cultura y estamos aquí, y ya está bien de leyendas y de mitos». Los mitos y las leyendas están bien pero ya sabemos cómo vivían, cómo se enterraban, cómo se vestían, qué comían... cada vez conocemos más.

Habéis participado en algunos de los descubrimientos más importantes de la arqueología tartésica reciente. ¿Cuál os ha emocionado más a nivel personal?

(E.R): Nosotros, que lo vemos desde la perspectiva de la investigación, más que un hallazgo arqueológico nos podríamos quedar con un proceso o un personaje. Hay piezas que han marcado un hito en la construcción de Tarteso, como el Tesoro de El Carambolo, o el Tesoro



ASC

Los autores, en la imagen en el yacimiento de Casas de Turuñuelo, afirman que hay muchas hipótesis sobre por qué se marcharon los tartesos, pero que demostrarlas arqueológicamente es complicado.

de Aliseda, el inicio de las excavaciones de Medellín, en Badajoz... Pero nosotros siempre intentamos ir un paso más allá, y este libro, *Tartesos*, es lo que pretende, que la gente no solo se quede con el hallazgo en sí, sino que comprenda que detrás de todas esas piezas hay una serie de personas que lo han hecho posible, sin las cuales escribirlo habría sido imposible.

¿Ha habido algún descubrimiento que os haya obligado a abandonar una idea que dabais por cierta sobre Tarteso?

(E.R): No. Todo lo descubierto nos ha hecho avanzar o dar más peso a alguna hipótesis, o cambiar un poco la perspectiva sobre algo concreto o la manera de interpretar un espacio. Lo que ocurre es que en un yacimiento vivo van apareciendo más y más cosas que nos dan más y más pistas.

El libro insiste en que cada hallazgo puede cambiar el relato histórico. ¿Cuál ha sido el giro más sorprendente que habéis vivido en vuestra carrera?

(E.R): Los rostros son un ejemplo y el yacimiento del Turuñuelo año tras año nos va enseñando. Ese lugar es un laboratorio abierto del que estamos aprendiendo técnicas arquitectónicas. Nos estamos dando cuenta de que en Tarteso se hacían cosas mucho más

Los autores

Sebastián Celestino y Esther Rodríguez forman uno de los Equipos de referencia en el estudio de la cultura tartésica. Arqueólogos e investigadores del Instituto de Arqueología de Mérida (CSIC-Junta de Extremadura), dirigen desde hace años las excavaciones del yacimiento de Casas del Turuñuelo, en Guareña (Badajoz), uno de los enclaves arqueológicos más importantes de la Península Ibérica. Sus investigaciones han permitido redefinir el conocimiento sobre Tarteso y han dado lugar a descubrimientos de enorme repercusión internacional, como los célebres rostros del Turuñuelo. En su libro *Tartesos* acercan al gran público la historia de esta civilización, los principales hallazgos arqueológicos y las personas que han contribuido a reconstruir uno de los capítulos más fascinantes de nuestro pasado.

monumentales de las que hasta la fecha pensábamos. Las Casas del Turuñuelo son un proceso de aprendizaje constante que probablemente no terminará nunca. Siempre salen cosas nuevas, y nuevas herramientas de análisis que nos abren nuevas puertas.

¿Se puede afirmar que Tarteso fue la primera gran civilización de Occidente?

(S.C.): Se puede decir, sí. Ya sé que suena muy rimbombante, pero así se definió a principios del siglo y así lo han seguido manteniendo los investigadores. En realidad, Tarteso es la primera composición de un estado que está sembrado de varias ciudades, con su necrópolis, con un territorio vertebrado y muy bien definido, y con las connotaciones, por tanto, de lo que sería una civilización.

¿Qué nos dicen esos grandes edificios monumentales descubiertos en los últimos años sobre la organización social y política de Tarteso? ¿Qué queda de aquello?

(S.C.): Queda poco porque la mano del hombre en 25 siglos... ¡te puedes imaginar! En el valle del Guadiana que es donde estamos nosotros, el plan Badajoz de los años 50 del siglo pasado arrasó con todo. Aún así han quedado grandes túmulos que los agricultores, viendo que eran tan enormes, creo que los dejaron, y todavía queda alguno por excavar y, por tanto, por estudiar. En el valle del Guadalquivir es más difícil porque los grandes poblados tartésicos están debajo de las ciudades modernas como Sevilla, Huelva, Córdoba, Cádiz... Se van rescatando cosas, pero no como en Extremadura donde nos movemos en un ámbito rural en el que todo se ha conservado más.

¿Qué hemos heredado de todo aquello?

(E.R): Muchas cosas. Un buen ejemplo es la cadenita que tienen los pendientes de los rostros del Turuñue-

«Por mucho que se descubra, Tarteso no va a perder nunca la parte romántica que tiene con la mitología»

lo y que bordea la oreja. Ese elemento sigue estando hoy en el traje regional de Extremadura. La llegada del mundo fenicio trajo una serie de avances como el alfabeto y a nivel de alimentación, las leguminosas, la gallina, el burro, el hierro, los picos, las hoces, los cinceles, el torno del alfarero...

Una de las grandes preguntas vinculadas a Tarteso gira en torno a su desaparición. ¿Qué hipótesis os parecen hoy más sólidas para explicarla?

(E.R): No hay una hipótesis única. No hemos conseguido detectar un evento que determine cuál fue el detonante para su desaparición. Lo que sí sabemos es que a finales del siglo V antes de Cristo la gente que habitaba en el valle medio del Guadiana decidió abandonar sus enclaves, ocultando incluso los que tenían más relevancia para ellos como las famosas Casas del Turuñuelo. Ni siquiera es sencillo seguirles la pista para saber donde fueron. Trabajamos con varias líneas de investigación, y una de ellas es el cambio climático, sin que tengamos que entenderlo como algo abrupto. Quizá hubo un periodo de sequía o de muchas lluvias que no permitió cultivar la tierra e hizo que la gente tuviera que marcharse porque el ganado, en esas condiciones, se moría de hambre. Tarde o temprano daremos con la tecla de por qué se fueron y dónde. Dedicaron mucho tiempo a ocultar sus edificios, dejándonos una imagen idílica de un final, pero... ¿por qué se marcharon? Aún no lo sabemos. Hay muchas hipótesis, pero demostrarlas arqueológicamente es complicado.



AYUNTAMIENTO DE GUAREÑA

El Yacimiento de Casas del Turuñuelo es un sitio arqueológico situado en el término municipal de Guareña, Badajoz, próximo a la desembocadura del río Búrdalo.

Tarteso no nos ha dejado textos propios. ¿Cómo se reconstruye la historia de una civilización que prácticamente no pudo contarse a sí misma?

(S.C.): No tenemos nada, todo lo que tenemos son fuentes indirectas de los griegos, primero, y de los romanos después. Los romanos hablan de Tarteso como una cosa ya lejana, de la que han pasado como 400 años. Aun así, en algunos de sus discursos Cicerón hace referencia a personajes a los que apoda con el adjetivo de tartésico, como cuando nosotros decimos juega el partido galo contra el luso para hablar de franceses y portugueses. Por eso no sabemos siquiera cómo se llamaban a sí mismos.

Si pudierais formular una sola pregunta a un habitante de Tarteso y obtener una respuesta completamente fiable, ¿qué le preguntaríais?

(E.R): Yo le preguntaría por su origen, quién es y de dónde viene. Al final es tan básico lo que nos falta por saber... no sabemos quiénes eran, ni cómo se llamaban ni cómo se definían culturalmente. Eso ya sería mucho.

(S.C.): Una de las cosas en las que tenemos puestas nuestras esperanzas para el futuro es en la genética, en que aparezca alguna necrópolis con restos. Hasta ahora las tumbas que hay son de incineración, con lo cual es muy difícil extraer ADN. Veremos si en el futuro se pueden hacer mejores análisis que nos digan cuál era su origen.

¿Qué sueño tenéis respecto a Tarteso?

(E.R): Tenemos la suerte de excavar en un yacimiento del que no nos podremos quejar jamás. Pero si tuviéramos que escribir una carta a los Reyes Magos sobre Tarteso pediríamos un archivo y una biblioteca, textos.

¿Qué esperáis de este libro?

(S.C.): Esperamos que la gente pueda acercarse a Tarteso de una forma lo más sencilla posible. En este libro hemos hecho un esfuerzo para bajar más a la tierra para que la gente no tenga miedo a una cultura tan antigua, que pueda acercarse a ella de una forma más amable. No sólo hablamos de la cultura tartésica sino de cómo se descubrieron las cosas, de la gente que está detrás de esos descubrimientos, del obrero o del campesino que encontró algo, del cura que lo recogió o del maestro que lo registró. Hemos querido acercar a la gente todo el intra-mundo que hay en torno a los hallazgos, haciéndolo lo más ameno posible. Queremos que la gente se pueda acercar a una cultura de la que desconocemos muchas cosas, pero de la que ya conocemos muchas otras. □

LA HUELLA URBANA DE ACS

De Nueva York a Sídney, recorreremos algunas de las grandes metrópolis del mundo a través de los proyectos con los que el Grupo ACS ha contribuido a su transformación.

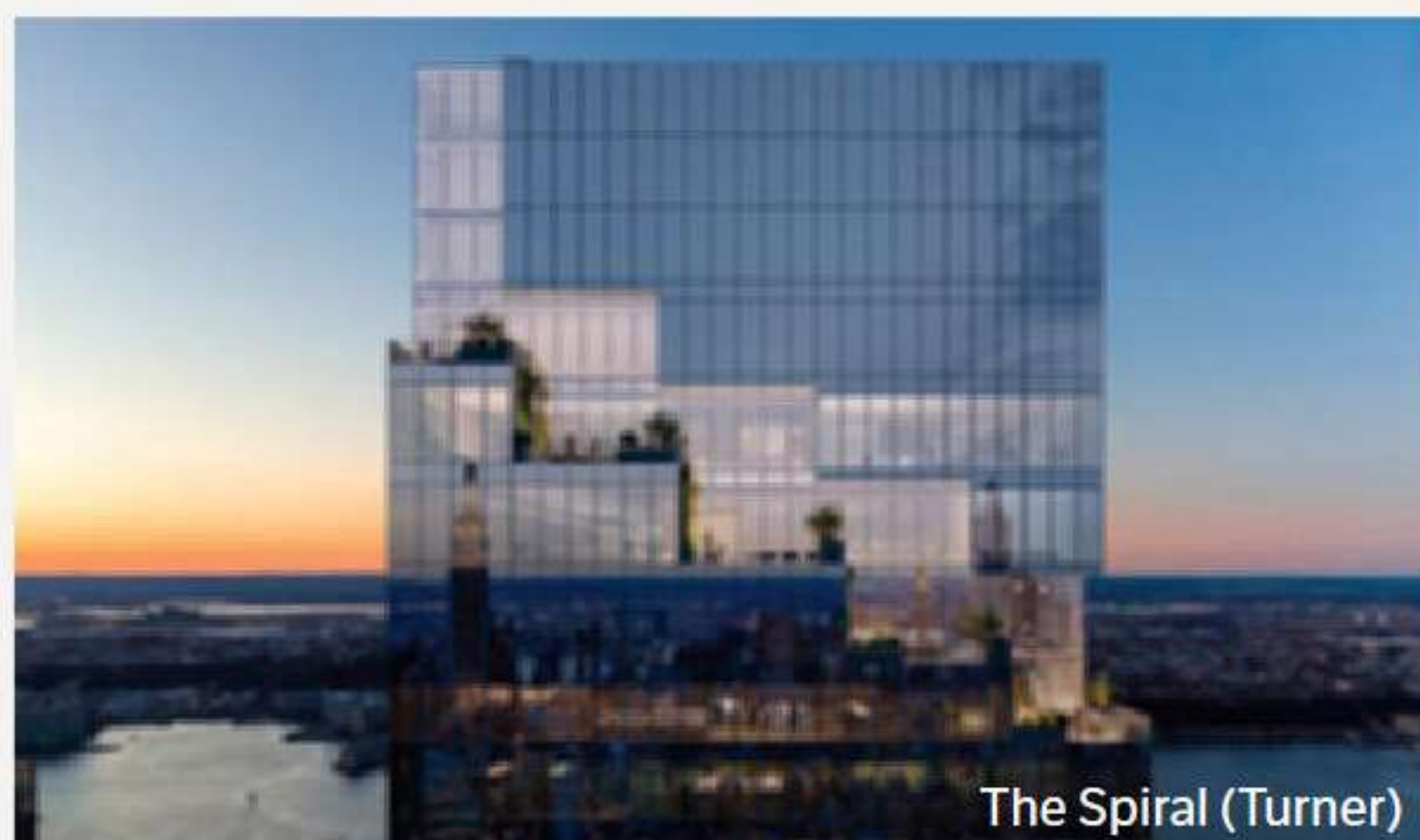


Burj Khalifa (Turner)

Una ciudad puede explicarse a través de sus habitantes, de su historia o de su cultura, pero también observando aquello que construye. Estaciones que articulan nuevos barrios, edificios que transforman un perfil urbano o proyectos que devuelven la vida a espacios que parecían haber agotado su función. Esa es también la mirada de Miguel Aguiló en la Colección Grandes Ciudades del Grupo ACS, un recorrido por la evolución de algunas de las principales metrópolis internacionales que ahora puede descubrirse también en formato audiovisual. Una forma de entender la ciudad como un organismo en permanente transformación. Ese proceso puede seguirse igualmente a través de la trayectoria internacional del Grupo ACS, presidido por Florentino Pérez, y de sus compañías HOCHTIEF, Turner, CIMIC o Dragados. Sus proyectos dibujan un mapa con el que viajar por algunos de los grandes desafíos de la ciudad contemporánea.

NUEVA YORK

Pocas ciudades representan mejor la capacidad de reinventarse. El perfil de Manhattan cuenta buena parte de su evolución y The Spiral, con su característica sucesión de terrazas ascendiendo por la fachada, pertenece a la generación de edificios que está modificando su paisaje. La presencia de Turner, compañía del Grupo ACS, alcanza también espacios ligados a la identidad neoyorquina como el Yankee Stadium y el Madison Square Garden. Su experiencia en construcción vertical cruza fronteras: participó en la gestión del proyecto del Burj Khalifa de Dubái, que con 828 metros sigue siendo el edificio más alto del mundo, y en el desarrollo de Merdeka 118, en Kuala Lumpur, el segundo más alto.



The Spiral (Turner)

BERLÍN

Guerra, división y reunificación han dejado profundas marcas en Berlín. Potsdamer Platz simboliza buena parte de su renacimiento urbano: allí HOCHTIEF participó en la construcción del Sony Center, convertido en uno de los emblemas de la nueva capital reunificada. Años después, la compañía volvió a participar en la transformación de la ciudad con Mercedes Platz, desarrollado sobre antiguos terrenos ferroviarios y convertido en un nuevo polo económico, cultural y de ocio.



Sony Center (HOCHTIEF)

HAMBURGO

La historia de Hamburgo no puede entenderse sin su puerto, pero precisamente algunos de esos antiguos espacios portuarios han servido para escribir una nueva etapa. La Elbphilharmonie, construida por HOCHTIEF, se ha convertido en uno de los grandes referentes culturales y arquitectónicos de la ciudad y en símbolo de la transformación de su frente portuario.



Filarmónica de Hamburgo

LONDRES

No toda transformación urbana resulta visible desde el exterior. Bajo las calles de Londres, su histórica red de metro hace posibles millones de desplazamientos y sigue adaptándose a las necesidades de la metrópoli. El Grupo ACS ha participado en proyectos para su modernización, incluidas actuaciones en Euston y Bank, mostrando cómo actualizar las redes existentes puede ser tan determinante para una ciudad como levantar nuevos edificios.



Euston Station (Dragados)

MADRID

Dos de las grandes puertas ferroviarias de Madrid, Chamartín y Atocha, resumen el proceso de modernización de unas infraestructuras esenciales para reforzar las conexiones de la capital. Dragados ha participado en la remodelación de ambas estaciones y también ha intervenido en otro de sus grandes referentes: el Museo Nacional del Prado, ejemplo de cómo ingeniería y patrimonio pueden encontrarse en un mismo proyecto. Madrid ocupa, además, un lugar propio en la Colección Grandes Ciudades de Miguel Aguiló, desde la que se recorre su evolución histórica y urbana.



Museo del Prado (Dragados)

SÍDNEY

Las metrópolis que se expanden necesitan nuevas formas de conectar sus barrios. Sydney Metro, en cuyo desarrollo ha participado CIMIC, es la mayor iniciativa de transporte público de Australia y está configurando una nueva red metropolitana automatizada. Un proyecto que recuerda que una infraestructura no termina en sus vías o estaciones: también puede reducir distancias y abrir nuevas posibilidades de desarrollo urbano.



Sydney Metro (CIMIC)

CIUDADES EN CONTINUA EVOLUCIÓN

La transformación adopta muchas formas. En Praga, HOCHTIEF renovó la Ópera Estatal, mientras que el puente internacional Gordie Howe, entre Canadá y Estados Unidos, refuerza uno de los grandes corredores logísticos de Norteamérica. A estos proyectos se suma una nueva generación de centros de datos, infraestructuras energéticas y sistemas de movilidad sostenible, ámbitos hacia los que el Grupo ACS orienta parte de su crecimiento.

La ingeniería seguirá desempeñando un papel clave en la evolución de las grandes metrópolis. La Colección Grandes Ciudades de Miguel Aguiló permite descubrir cómo se han producido algunas de esas transformaciones y entender las ciudades que conocemos hoy.



Escanea el código para recorrer en vídeo la Colección Grandes Ciudades del Grupo ACS.

FORD KUGA BLUECRUISE EDITION: EL SUV FAMILIAR QUE YA PERMITE SOLTAR LAS MANOS EN AUTOPISTA

El Ford Kuga estrena una edición con BlueCruise que busca hacer más relajados los trayectos por autopista, manteniendo intacto su carácter práctico y familiar.

Conducir por autopista no suele ser complicado, pero después de varias horas puede hacerse pesado. Mantener la distancia, seguir bien el carril, adaptar la velocidad al tráfico y repetir la misma rutina durante kilómetros termina cansando más de lo que parece. Y justo ahí es donde el Ford Kuga BlueCruise Edition quiere aportar algo diferente.

La base sigue siendo la de un Kuga: un SUV familiar, cómodo y pensado para el día a día. La novedad está en BlueCruise, el sistema de asistencia de Ford que permite circular sin las manos en el vo-

lante en determinados tramos de autopistas y autovías. El conductor sigue teniendo que prestar atención y estar preparado para intervenir, pero el sistema puede encargarse de buena parte de las tareas más repetitivas. El resultado es una conducción más relajada, especialmente cuando toca acumular muchos kilómetros.

UN KUGA PENSADO PARA HACER MÁS LLEVADERA LA AUTOPISTA

BlueCruise funciona en las llamadas *Blue Zones*, zonas previamente auto-

rizadas donde el coche puede ayudar a mantener la velocidad, la distancia con el vehículo de delante y la posición dentro del carril. Cuando todo está en orden, el sistema permite retirar las manos del volante.

Eso no significa desconectar. El conductor sigue siendo responsable y debe mantener la mirada en la carretera. El propio coche lo comprueba mediante una cámara interior que vigila la atención y puede pedir que se retome el control si detecta despiste. La gracia está justo ahí: aliviar parte



NOTA: 4,92 ★★★★★

del esfuerzo, sin vender una autonomía que todavía no existe.

UNA EDICIÓN CON DETALLES PROPIOS

El Kuga BlueCruise Edition no se queda solo en el sistema de asistencia. Ford le da una imagen específica con llantas negras de 19 pulgadas, detalles de la Ford Collection y colores entre los que destaca el Vapour Blue.

Por dentro, la edición suma asientos tapizados en tejido Nordic Blue, costuras en gris metalizado, alfombrillas específicas y algunos acabados que buscan darle un punto más especial. No cambia la filosofía del coche, pero sí lo separa del resto de la gama con una presentación más cuidada.

TECNOLOGÍA PARA VIAJAR CON MENOS RUIDO MENTAL

Además de BlueCruise, esta versión incorpora navegación conectada de serie. La idea es que el coche ayude más en ruta: indicaciones por voz, información de tráfico y menos necesidad de ir tocando la pantalla mientras se conduce.

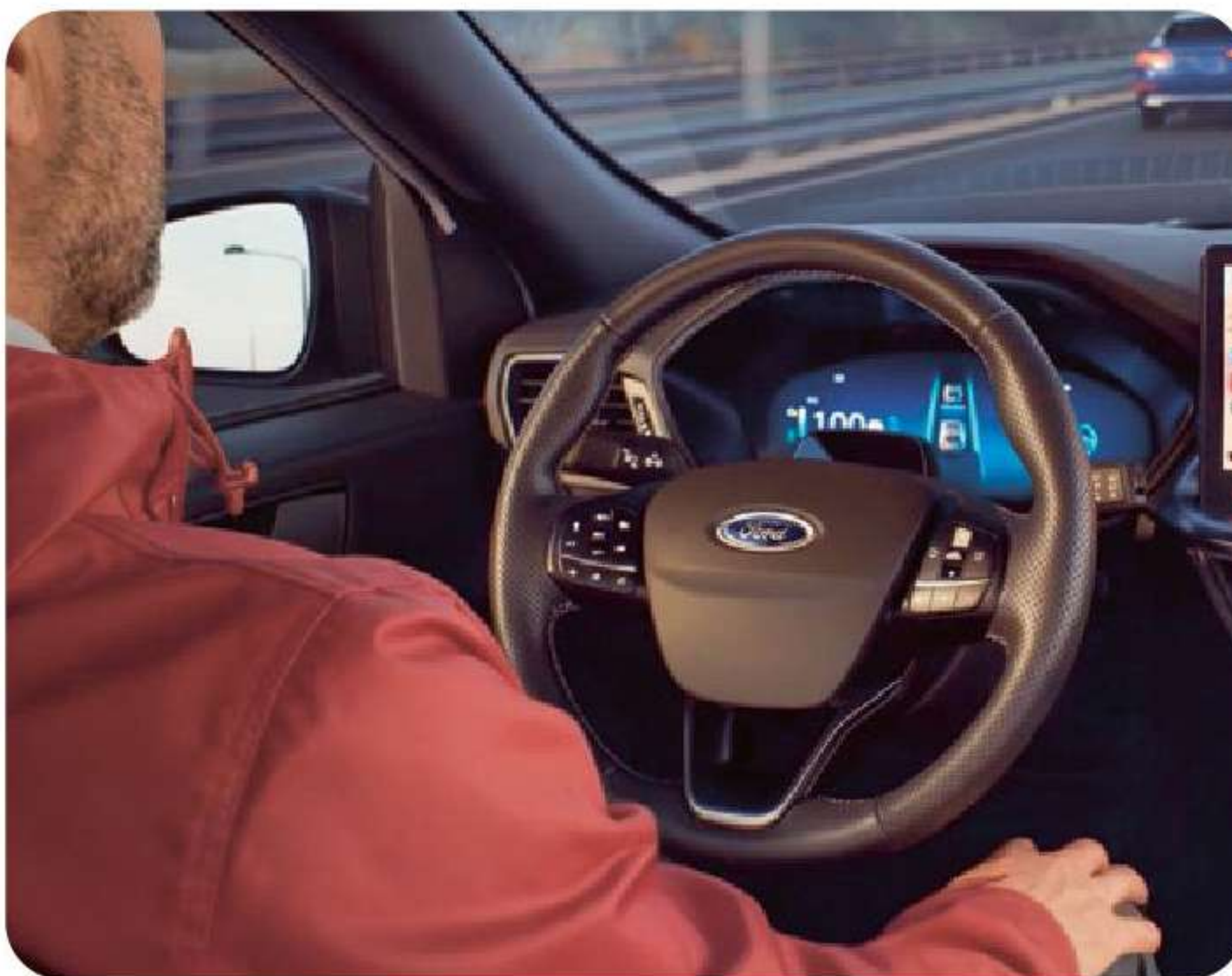
Al final, todo gira alrededor de la misma idea. El Kuga BlueCruise Edition no quiere ser un coche futurista imposible de entender, sino un SUV familiar que añade una ayuda real en el tipo de trayecto donde más se nota: autopistas largas, tráfico constante y muchos kilómetros por delante.



BLUECRUISE REDUCE EL ESFUERZO, PERO MANTIENE AL CONDUCTOR EN EL CENTRO

BlueCruise permite conducir sin manos solo en zonas compatibles y bajo ciertas condiciones. El conductor debe seguir atento, mirando a la carretera y preparado

para intervenir. Por eso el sistema controla la mirada y la posición de la cabeza. Si detecta que la atención cae, avisa y puede pedir que se vuelva a tomar el control.



QUÉ SON LAS *BLUE ZONES*

Las *Blue Zones* son los tramos de autopista y autovía donde Ford autoriza el uso de **BlueCruise**. Cuando el Kuga entra en una de esas zonas y las condiciones son adecuadas,

el sistema puede activar la conducción asistida sin manos. Es ahí donde esta edición tiene más sentido: en viajes largos donde reducir tensión se agradece de verdad.

EL ABARTH MÁS POTENTE DE LA HISTORIA AHORA ES ELÉCTRICO

EL ABARTH 600e lleva el espíritu del Escorpión a un formato nuevo: un SUV eléctrico pequeño, musculoso y con ganas de curva. La versión Competizione entrega 280 CV, acelera de 0 a 100 km/h en 5,85 segundos y alcanza 200 km/h, con puesta a punto desarrollada junto a Stellantis Motorsport. Pero no se trata solo de potencia: suma diferencial de deslizamiento limitado, frenos Alcon, neumáticos Michelin específicos, asientos Sabelt y generador de

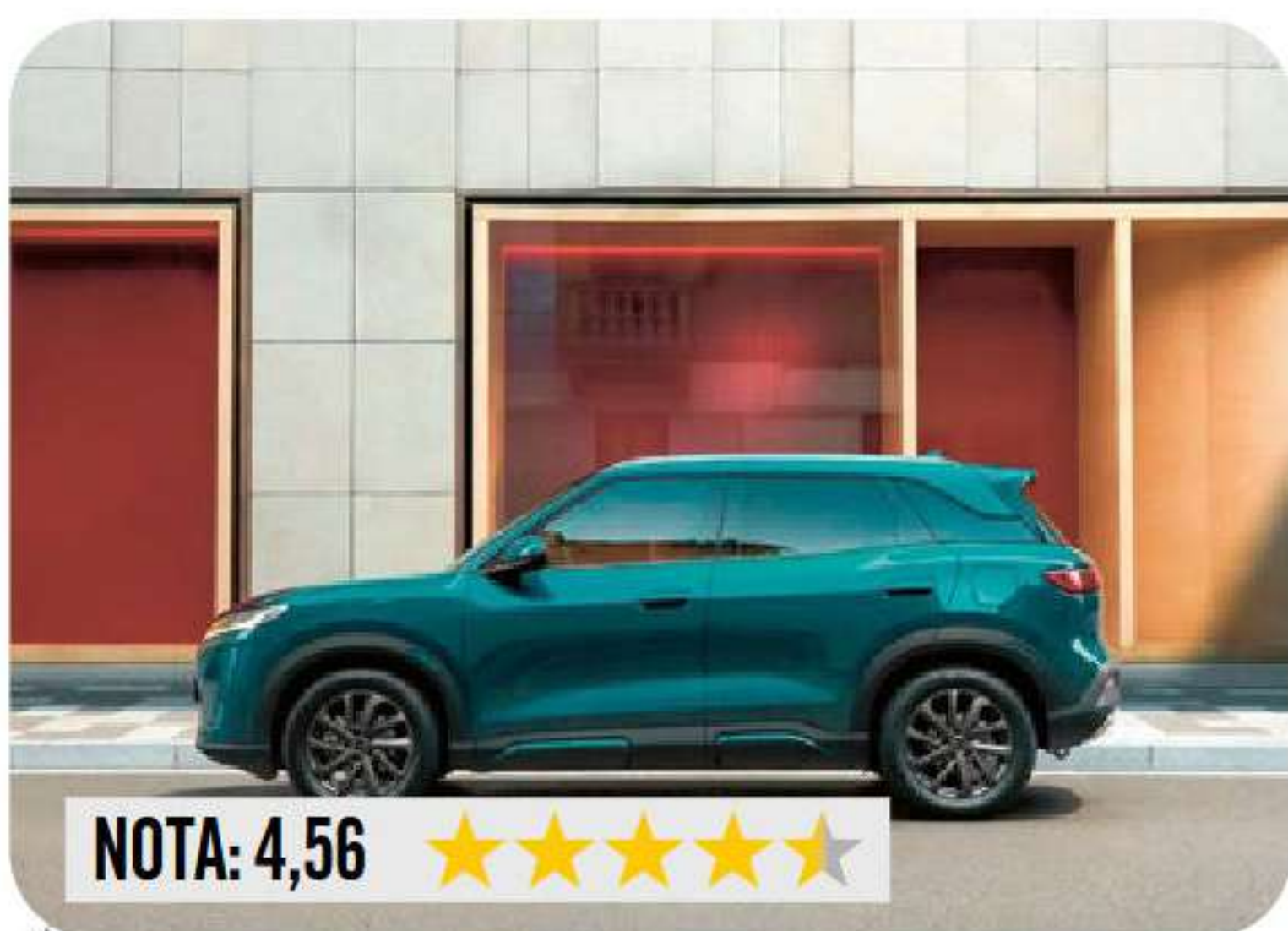


NOTA: 4,39 ★★★★★

sonido para mantener parte del carácter Abarth. Homologa hasta 334 kilómetros WLTP, así que puede usarse a diario sin renunciar a ese

punto gamberro que siempre ha definido a la marca.

Precio: desde 37 280,02 euros financiando.



NOTA: 4,56 ★★★★★

UN SUV URBANO HÍBRIDO ENCHUFABLE PARA MOVERSE CASI SIEMPRE EN ELÉCTRICO

EL BYD ATTO 2 DM-I lleva la tecnología híbrida enchufable de la marca a un formato más urbano y manejable. Su sistema Dual Mode prioriza la conducción eléctrica en el día a día, pero mantiene el respaldo del motor de gasolina para viajar sin depender tanto del cargador. Homologa hasta 1000 kilómetros de autonomía total y puede funcionar como un eléctrico cómodo para ciudad, con la tranquilidad añadida de un híbrido enchufable en trayectos largos. A ello suma el enfoque práctico de un SUV compacto, equipamiento completo y una propuesta pensada para quien quiere dar el salto a la electrificación sin cambiar demasiado sus rutinas.

Precio: desde 20 940 euros.



NOTA: 4,72 ★★★★★

EBRO S900 PHEV: UN SUV FAMILIAR CON SIETE PLAZAS, 428 CV Y ETIQUETA CERO

EL EBRO S900 PHEV es el buque insignia de la marca: un SUV híbrido enchufable grande, con siete plazas, tracción 4x4 y una potencia total de 428 CV. Su batería de 34,46 kWh permite recorrer hasta 140 kilómetros en modo eléctrico y la autonomía combinada llega a 1050 kilómetros, así que puede moverse a diario sin gastar gasolina y viajar sin ir calculando cada parada. Además, acelera de 0 a 100 km/h en 5,8 segundos, tiene carga rápida en corriente continua y un interior muy equipado, con pantalla de 15,6 pulgadas, techo panorámico y 14 altavoces.

Precio: desde 42 590 euros.



EL KGM TORRES ACTYON MEZCLA ESTILO COUPÉ, ALMA FAMILIAR Y MUCHO ESPACIO

EL KGM TORRES ACTYON mezcla el enfoque robusto del Torres con una silueta más estilizada y urbana. Su sistema híbrido combina un motor gasolina de 1,5 litros con cambio automático AISIN de 6 velocidades, para ofrecer 202 CV y etiqueta ECO. Mide más de 4,7 metros y uno de sus grandes argumentos está en el espacio: anuncia 796 litros de maletero, una cifra enorme para quien busca un SUV familiar sin irse a formatos de siete plazas. Por dentro apuesta por una presentación moderna, buen equipamiento y un planteamiento cómodo para viajar.

Precio: desde 34 300 euros.

NOTA: 4,59 ★★★★★



KIA SPORTAGE: UN SUV ELECTRIFICADO PARA FAMILIAS QUE QUIEREN ALGO MÁS QUE ESPACIO

EL KIA SPORTAGE mantiene su papel como SUV familiar, pero añade una imagen muy reconocible y una gama pensada para distintos tipos de conductor. Puede elegirse con mecánicas Mild Hybrid, híbridas e híbridas enchufables, con etiquetas ECO o CERO según la versión. A eso suma un interior tecnológico, buen espacio para el día a día y asistentes de conducción que ayudan tanto en ciudad como en viajes. Es una propuesta equilibrada para quien quiere un coche familiar, moderno y con electrificación, pero sin renunciar a un uso sencillo.

Precio: desde 28 400 euros financiando.

NOTA: 4,53 ★★★★★

LEXUS RX 2027: EL SUV *PREMIUM* QUE COMBINA LUJO TRANQUILO Y POTENCIA HÍBRIDA

EL LEXUS RX 2027 actualiza su gama en España con dos formas de entender la electrificación. El RX 450h+ híbrido enchufable entrega 292 CV, ofrece hasta 86 km de autonomía eléctrica urbana y acelera de 0 a 100 km/h en 6,6 segundos. Para quien busca un enfoque más deportivo, el RX 500h híbrido turbo sube hasta 371 CV, incorpora tracción integral DIRECT4 y baja el 0 a 100 km/h a 6,2 segundos. A bordo mantiene esa mezcla tan Lexus de silencio, tecnología y cuidado por los detalles, con pantalla central de 14 pulgadas y acabados BUSINESS, EXECUTIVE, F DESIGN, LUXURY y F SPORT. Un SUV grande, refinado y con potencia de sobra para viajar muy cómodo.

Precio: desde 83 900 euros.



NOTA: 4,91 ★★★★★

UN SUV ELÉCTRICO DE MAZDA CON DISEÑO COUPÉ Y ENFOQUE PREMIUM

EL MAZDA CX-6E es un SUV eléctrico con una silueta más estilizada de lo habitual, pensado para combinar presencia, confort y una conducción tranquila. Su propuesta mezcla diseño japonés, tracción trasera y una autonomía de hasta 484 kilómetros, suficiente para un uso diario amplio y escapadas sin estar pendiente del cargador a cada rato. Por dentro, apuesta fuerte por la tecnología, con un gran panel digital de 26 pulgadas, Head Up Display avanzado, techo panorámico,



NOTA: 4,78 ★★★★★

sonido con 23 altavoces y acabados Takumi y Takumi Plus. Es una propuesta para quien quiere un eléctrico amplio,

distinto y con ese punto refinado que Mazda suele cuidar especialmente. **Precio:** desde 46 200 euros.



NOTA: 4,79 ★★★★★

UN SUV HÍBRIDO ENCHUFABLE PARA HACER CIUDAD EN ELÉCTRICO Y VIAJAR SIN MIRAR TANTO EL CARGADOR

EL OMODA 7 SHS es un SUV híbrido enchufable de 4,66 metros que busca combinar diseño, tecnología y mucha autonomía. Su sistema Super Hybrid entrega 279 CV y permite recorrer hasta 92 kilómetros en modo eléctrico, una cifra muy útil para el día a día. Cuando toca viajar, la autonomía total supera los 1200 kilómetros, así que no obliga a planificar cada trayecto alrededor de una recarga. También suma pantalla central deslizante de 15,6 pulgadas, carga inalámbrica de 50 W, visión 540° y función V2L para alimentar dispositivos externos. En conjunto, es una opción muy completa para quien quiere etiqueta CERO sin renunciar a largos desplazamientos. **Precio:** desde 32 990 euros.



NOTA: 4,49 ★★★★★

EL SUV PRÁCTICO QUE RECUPERA UN NOMBRE MÍTICO Y VUELVE CON ETIQUETA ECO

EL OPEL FRONTERA recupera un nombre conocido, pero lo hace con una receta muy actual: carrocería SUV, enfoque familiar y versiones híbrida y eléctrica. La gama arranca con el Frontera Hybrid de 110 CV, cambio automático y etiqueta ECO, aunque también hay una versión híbrida de 145 CV y variantes 100 % eléctricas con hasta 309 km de autonomía. Su punto fuerte está en ofrecer una propuesta sencilla y práctica, con buena altura, diseño robusto y opción de siete plazas según versión. Es un SUV pensado para familias que quieren espacio, electrificación y un precio bastante contenido. **Precio:** desde 21 450 euros financiando.



NOTA: 4,69 ★★★★★

UN ELÉCTRICO COMPACTO QUE GANA CARÁCTER, AUTONOMÍA Y TECNOLOGÍA ÚTIL

EL RENAULT MEGANE E-TECH ELÉCTRICO se actualiza para reforzar su papel entre los compactos eléctricos. Estrena un frontal más expresivo, nueva firma luminosa con rombos, acabados Techno y Esprit Alpine y una batería LFP de 67 kWh que eleva la autonomía hasta 500 kilómetros WLTP. El motor mantiene 220 CV, mientras que la carga rápida sube a 165 kW para pasar del 15 al 80% en unos 24 minutos. Por dentro, conserva el sistema openR con Google integrado, suma Google Gemini y más funciones conectadas. Un eléctrico más maduro, fácil de usar y pensado para hacer más sencilla la transición a la movilidad eléctrica. **Precio:** por confirmar para esta actualización. Actualmente, desde 34 574 euros.



NOTA: 4,47 ★★★★★

VOLKSWAGEN CADDY: LA FURGO QUE SIRVE PARA REPARTIR ENTRE SEMANA Y ESCAPARSE EN FAMILIA

LA VOLKSWAGEN CADDY se actualiza con un diseño más fresco, nuevos colores, llantas de hasta 18 pulgadas y un interior revisado con una pantalla central de mayor tamaño. Sigue siendo una de esas furgonetas que valen para casi todo: reparto urbano, trabajo diario, uso familiar, ocio o incluso versiones adaptadas. Puede elegirse con dos longitudes de carrocería, configuraciones de carga y pasajeros, versiones de cinco a siete plazas y motores gasolina, diésel o eHybrid. Esta última permite recorrer hasta 122 kilómetros en modo eléctrico y superar los 620 kilómetros de autonomía total. Una Caddy más moderna, pero igual de práctica. **Precio:** por confirmar.

“ MI OPINIÓN

EUROPA YA NO PUEDE VIVIR DE SU PASADO

DURANTE DÉCADAS, LOS GRANDES GRUPOS AUTOMOVILÍSTICOS EUROPEOS JUGARON CON UNA VENTAJA DIFÍCIL DE CUESTIONAR.

Tenían las marcas, la tecnología, las fábricas, una enorme experiencia y, sobre todo, la confianza del consumidor. Comprar un coche europeo era, para muchos, comprar sobre seguro. Pero aquel escenario está cambiando a una velocidad que probablemente pocos imaginaron. Y sería injusto analizar su situación mirando únicamente hacia China. Durante los últimos años, los fabricantes europeos han tenido que realizar inversiones multimillonarias para cumplir unos objetivos de emisiones cada vez más exigentes. El problema no ha sido únicamente el enorme coste de esa transformación, sino la incertidumbre. Europa dibujó un horizonte en el que el vehículo eléctrico parecía destinado a convertirse rápidamente en la tecnología dominante y los fabricantes tomaron decisiones industriales pensando en ese escenario. Sin embargo, el mercado no ha avanzado a la misma velocidad. Mientras Europa afrontaba esa enorme reconversión, China desarrollaba una industria extraordinariamente competitiva alrededor precisamente de las nuevas tecnologías. Las marcas asiáticas ya no llaman a nuestra puerta. Están dentro. Y cometeríamos un grave error si redujéramos su éxito simplemente al precio. Europa tendrá que reaccionar. Lo que ya no puede permitirse es otra década de incertidumbre. La industria necesita objetivos medioambientales ambiciosos, pero también estabilidad, neutralidad tecnológica y plazos compatibles con la realidad del mercado.

José Manuel González,
coordinador de la sección **MOTOR**.
No te pierdas su blog en www.muyinteresante.es/curiosidades-motor



POR
JOSÉ MIGUEL VIÑAS
@DIVULGAMETEO,
meteorólogo de Meteored
y autor de *Los cielos
retratados*.



LOS DILUVIOS LEONARDINOS

EL GENIO FLORENTINO LEONARDO DA VINCI TRATÓ, COMO OTROS MUCHOS ARTISTAS, LOS FENÓMENOS DE LOS DILUVIOS Y LAS INUNDACIONES. PERO ÉL SUPO REFLEJAR COMO NINGUNO LAS FUERZAS DESATADAS DE LA NATURALEZA.

El diluvio universal es un motivo recurrente en la pintura europea. El relato bíblico de la gran inundación ha sido imaginado y trasladado a sus obras por bastantes artistas de todas las épocas y estilos. Lo pintó Miguel Ángel en la bóveda de la Capilla Sixtina del Vaticano, en 1509, como máxima expresión del castigo divino y de una gran catástrofe, con

el sufrimiento humano que ello conlleva. También dedicó una tabla al mismo motivo Jan Brueghel el Viejo, que posteriormente copió su hijo (el Joven), ambos pertenecientes a la famosa saga de pintores flamencos. La pintura se titula *La entrada en el Arca de Noé*, fue pintada en 1613 y se puede ver en el Museo Nacional del Prado. Tampoco podemos olvidarnos de *El Diluvio Universal* (c. 1530) del pintor

neerlandés Jan van Scorel, *El invierno* (también conocido como *El diluvio*), que el pintor francés Nicolas Poussin pintó hacia 1660-1664, y, en una época más reciente, los grabados que dedicó al asunto (tres en total) el pintor e ilustrador francés Gustave Doré, incluidos en la monumental biblia que ilustró el artista, publicada en 1866.

El gran Leonardo da Vinci (1452-1519) también dedicó varias láminas al diluvio, que forman parte del *Códice Windsor* (uno de los conjuntos de manuscritos [codex o códices] que se conservan de Leonardo, repartidos por distintos lugares del mundo), pero en este caso su motivación fue muy distinta. El genial artista italiano no representa las típicas escenas de la catástrofe humana que forman parte del imaginario colectivo en el mundo cristiano. La mente inquieta de Leonardo se interesó por las fuerzas desatadas de la naturaleza; en particular, por el poder destructivo del agua, cuyo comportamiento quiso entender y representó en muchos de sus dibujos. De hecho, Leonardo da Vinci daba muy poco crédito a la supuesta veracidad del relato bíblico del diluvio universal, ya que para él no era posible que una inundación global llegara a cubrir las elevadas montañas de la Tierra, pues como buen observador que era de las inundaciones que ocurrían a veces al desbordarse el río Arno, en su Toscana natal (un curso fluvial con un largo historial de inundaciones catastróficas), sabía que el drenaje de los suelos y la evaporación provocan el rápido descenso del nivel de las aguas.

El dibujo más conocido del diluvio de los que pintó Leonardo, nos



COLECCIÓN REAL DEL CASTILLO DE WINDSOR

Un diluvio (c. 1517-1518). Dibujo de Leonardo da Vinci incluido en el Códice Windsor.



Un diluvio (c. 1513-1518). Dibujo de Leonardo da Vinci incluido en el Códice Windsor.

muestra de manera muy expresiva y dramática una tormenta cataclísmica, causante de una inundación explosiva, con chorros de agua que brotan, violentamente, de la parte central de la lámina. Pintada a tiza negra, pluma y tinta, aguada, el artista la dibujó en la última etapa de su vida, hacia 1517-1518, cuando residía en Francia. Observamos también en el dibujo unos bloques cuadrados de piedra que se derrumban y caen del cielo y, en la parte superior, de la nube oscura tormentosa brotan unas formas turbulentas (a modo de bucles o rizos) que ilustran la caída de lluvia con carácter torrencial. Leonardo vivió a caballo de los siglos xv y xvi, cuando en Europa la Pequeña Edad de Hielo empezaba a dar sus primeros zarpazos. Aquel periodo no solo se caracterizó por la bajada de las temperaturas y la crudeza de los inviernos, sino también por tener un comportamiento meteorológico muy alterado, más extremo, lo que hizo, a buen seguro, que en la Toscana fueran frecuentes los episodios de tiempo adverso.

Otro de los diluvios leonardinos incluido en el *Códice Windsor*, pintando con la misma técnica, aunque, probablemente, algunos años antes, muestra también el tiempo tempestuoso

LEONARDO PLASMA COMO NADIE HABÍA HECHO, CON UNA PRECISIÓN QUIRÚRGICA, EL IMPACTO DE LAS LLUVIAS TORRENCIALES Y LAS INUNDACIONES EN EL PAISAJE

generado por una tormenta. El nubarrón tormentoso aparece dibujado en la parte superior derecha de la lámina, y descarga de él agua a borbotones (representado con los característicos bucles), que se precipita sobre una colina boscosa. La fuerza con la que cae la lluvia al precipitarse ladera abajo provoca una riada que abate los árboles. La inundación resultante (en la parte central del dibujo) incluye árboles sumergidos y arrancados de cuajo debido a la fuerza desatada de las aguas turbulentas. Leonardo plasma, como nadie había hecho hasta entonces, con una precisión quirúrgica, el impacto de las lluvias torrenciales y las inundaciones en el paisaje. Tal y como escribe en su *Tratado de la pintura*: «Aparezcan en tornos los añosos árboles desarraigados y arrancados por el furor de los vientos, y los montes arruinados y descarnados por el ímpetu de los torrentes, en ellos desplomándose y sus valles cegando, y los ríos rebosantes, anegando y sumergiendo innumerables tierras y a sus gentes». □

LOS SECRETOS DE LAS PIRÁMIDES

QUÉ ESCONDEN LAS GRANDES TUMBAS FARAÓNICAS

Desde el siglo XIX, las teorías sobre el porqué de estos mausoleos egipcios y el cómo de su construcción han sido de lo más variopinto. Quedan muchos enigmas por desentrañar, pero perdura el reconocimiento unánime de la grandiosidad arquitectónica de estos colosos de la Antigüedad.

POR ROBERTO PIORNO, periodista e historiador

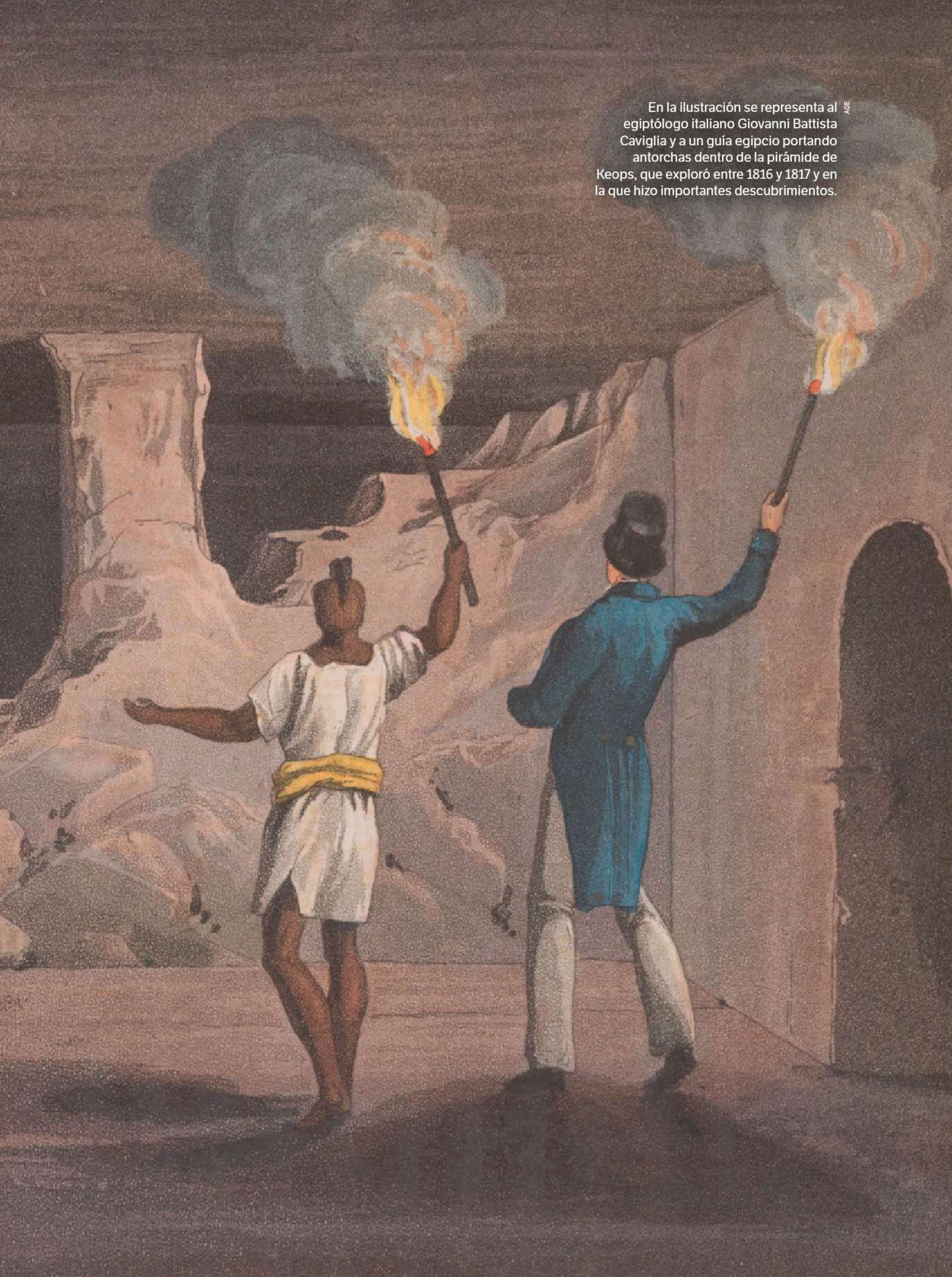
ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:



AGE
En la ilustración se representa al egiptólogo italiano Giovanni Battista Caviglia y a un guía egipcio portando antorchas dentro de la pirámide de Keops, que exploró entre 1816 y 1817 y en la que hizo importantes descubrimientos.





E

l cielo está mucho más cerca, al alcance de los dedos, desde los imponentes 139 metros de altura de la pirámide de Keops que se elevan sobre la meseta de Guiza como eterno recordatorio de la majestad del segundo faraón de la Dinastía IV. 2,3 millones de bloques de piedra, revestidos por cuatro paredes de caliza blanca

—hoy perdidas, a causa de un terremoto y de su explotación como cantera en el período otomano—, proyectan más de tres mil quinientos años después un enigma insondable que ha encendido la imaginación de sus atónitos visitantes durante siglos. Poco importa que científicos, historiadores y arqueólogos hayan proporcionado esquemas perfectamente plausibles acerca de su origen, su proceso de construcción y su significado. Teorías a cual más peregrina, que implican a ingenieros extraterrestres y superhombres y elucubran sobre dimensiones paralelas, siguen llenando horas y páginas de historia-ficción estériles y delirantes, recogidas en documentales y libros que, por principio, cuestionan el genio arquitectónico de los antiguos egipcios alimentando mitos esotéricos sin ningún fundamento. Desde los zigurats mesopotámicos hasta las pirámides-templo precolombinas, pasando por mausoleos proyecta-

dos hacia el cielo como el del primer emperador de China, Qin Shi Huang, todas estas edificaciones sintetizan la espontánea predilección de múltiples civilizaciones por los gigantes de piedra piramidales, así como su excepcional audacia constructora, que suplía la falta de medios con la prodigiosa habilidad de sus geniales creadores.

UNA MODA ARQUITECTÓNICA NO PASAJERA

Pero fue sobre todo en Egipto donde estas singulares estructuras cristalizaron como un icono de la civilización que las hizo posibles. Y su eclosión como el modelo de sepultura regia por antonomasia —cabe recordar que en muchas otras civilizaciones las pirámides tenían fines culturales, pero no eran lugares de enterramiento— tiene contornos históricos muy definidos, y muy poco de misterio. La pirámide como estructura sepulcral tiene sus orígenes en el siglo XXVII a.C., en el transcurso de la Dinastía III, pero a pesar de que tradicionalmente se asocian, por la monumentalidad de sus más destacados ejemplos, al Imperio Antiguo, en realidad continuaron construyéndose, en una escala mucho más modesta y sin demasiada continuidad, hasta bien entrado el I milenio a.C., muchos siglos después. El período de esplendor de las tumbas piramidales se extendió entre las Dinastías III y VI, esto es, hasta el último cuarto del siglo XIV a.C. No se trató, en modo alguno, de una moda arquitectónica espontánea. Muy especialmente durante las Dinastías III y IV, Egipto atravesó un

En la foto, las tres grandes pirámides erigidas por los faraones Keops, Kefrén y Micerino (de izquierda a derecha) en la mesetade Guiza, a 20 km de El Cairo.



ASC

período de prosperidad excepcional, de estabilidad política y territorial, que tendió a fortalecer progresivamente la figura del faraón como cabeza del Estado.

Mediador entre lo humano y lo divino, el monarca era el «delegado» de los dioses en la tierra. La suya era una majestad sagrada, y esa autoridad que trascendía ampliamente la frontera del gobierno de las cosas mundanas tenía que tener forzosamente un eco en el más allá.

CUIDADOS DEL CUERPO DEL FARAÓN

Los antiguos egipcios creían firmemente que, al morir, el faraón de turno se transformaba en Osiris, dios de los muertos, y que una parte de su espíritu (el *ka*) permanecía en el cuerpo del monarca difunto. Por ese motivo era tan extremadamente importante para los antiguos egipcios el preservar el cadáver del faraón en las mejores condiciones posibles y en una «morada» a la altura de lo que había sido en vida y aún era parcialmente todavía, a través de su cuerpo sin vida, después de la muerte. Los restos mortales momificados del faraón encontraron el mejor acomodo posible en estos colosales mausoleos, donde la eternidad sería testigo por los siglos de los siglos de su grandeza con una expresión arquitectónica que ilustra, mejor que ningún otro elemento, el excepcional poder y el grado de prosperidad de los reinados de Zoser, Keops, Kefrén o Micerino. Pero el proceso de adopción de las pirámides como tumbas reales por antonomasia durante el Imperio Antiguo fue, nunca mejor dicho,

Durante las Dinastías III y IV, Egipto atravesó un período de prosperidad excepcional y estabilidad política y territorial

escalonado. Desde los albores de la era dinástica, a comienzos del III milenio a.C., los egipcios pensaron que sus reyes debían acomodarse, al morir, en sepulcros que estuvieran a la altura de su majestad. Así, los primeros faraones fueron enterrados en mastabas, en un principio construidas en adobe y posteriormente en piedra. Estas estructuras rectangulares con forma troncopiramidal son las verdaderas precursoras de las pirámides. Pero lo cierto es que la primera pirámide de la que tenemos constancia, la del faraón Zoser, fue un proyecto experimental que fue rediseñándose sobre la marcha.



ALAMY

En la necrópolis de Tebas, en Deir el-Medina, se conservan muchas pinturas murales fascinantes, como esta de Osiris en la tumba de Senedjem.



Arriba, el patio de Heb-sed en el complejo de Zoser en Saqqara (Menfis), con los templos y la pirámide escalonada al fondo.

EL INICIO DE LA ERA DE LAS PIRÁMIDES

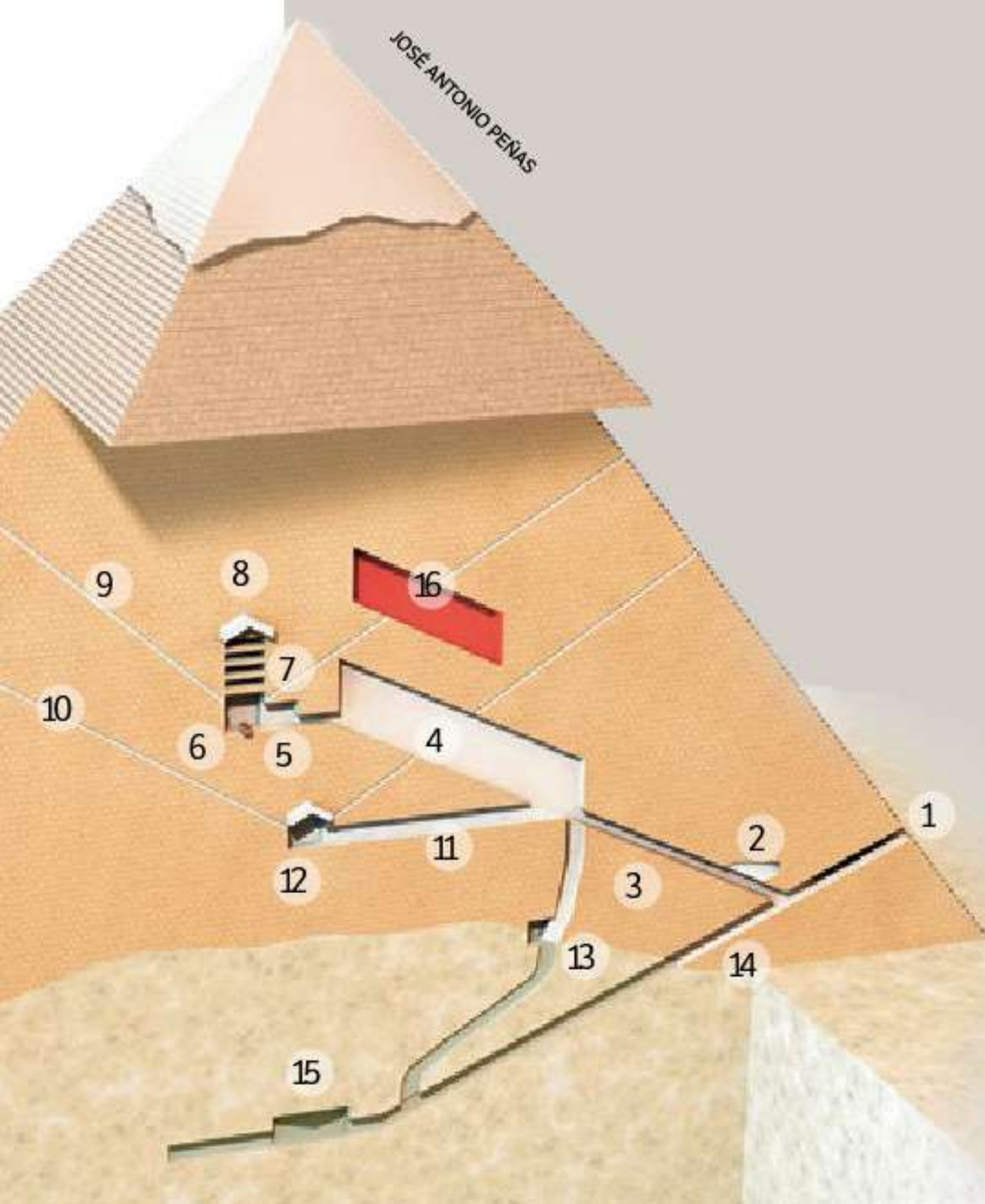
Un experimento, con todo, que estaba a punto de revolucionar la historia de la arquitectura. La de Zoser no es solo la primera pirámide del Antiguo Egipto, es también el monumento pétreo a gran escala más antiguo que se conserva. Su diseño fue obra de un polímata excepcional, Imhotep, el primer arquitecto con nombre propio del que tenemos constancia documental. Su proyecto se concibió a una escala inédita y su ambiciosa ejecución es, sin lugar a dudas, uno de los grandes logros arquitectónicos de la historia de la humanidad. Se trataba, en realidad, de una reinterpretación, a tamaño colosal, de la tradicional mastaba. De hecho, la pirámide de Zoser no es otra cosa que seis mastabas superpuestas de tamaño decreciente, que se elevan hasta los 62 metros por encima del suelo. La era de las pirámides acababa de iniciarse.

COMPLEJA RED DE INFRAESTRUCTURAS

La construcción de un monumento funerario de estas características pone en evidencia la madurez del Estado egipcio, su capacidad para movilizar los recursos humanos y materiales necesarios para la ejecución de

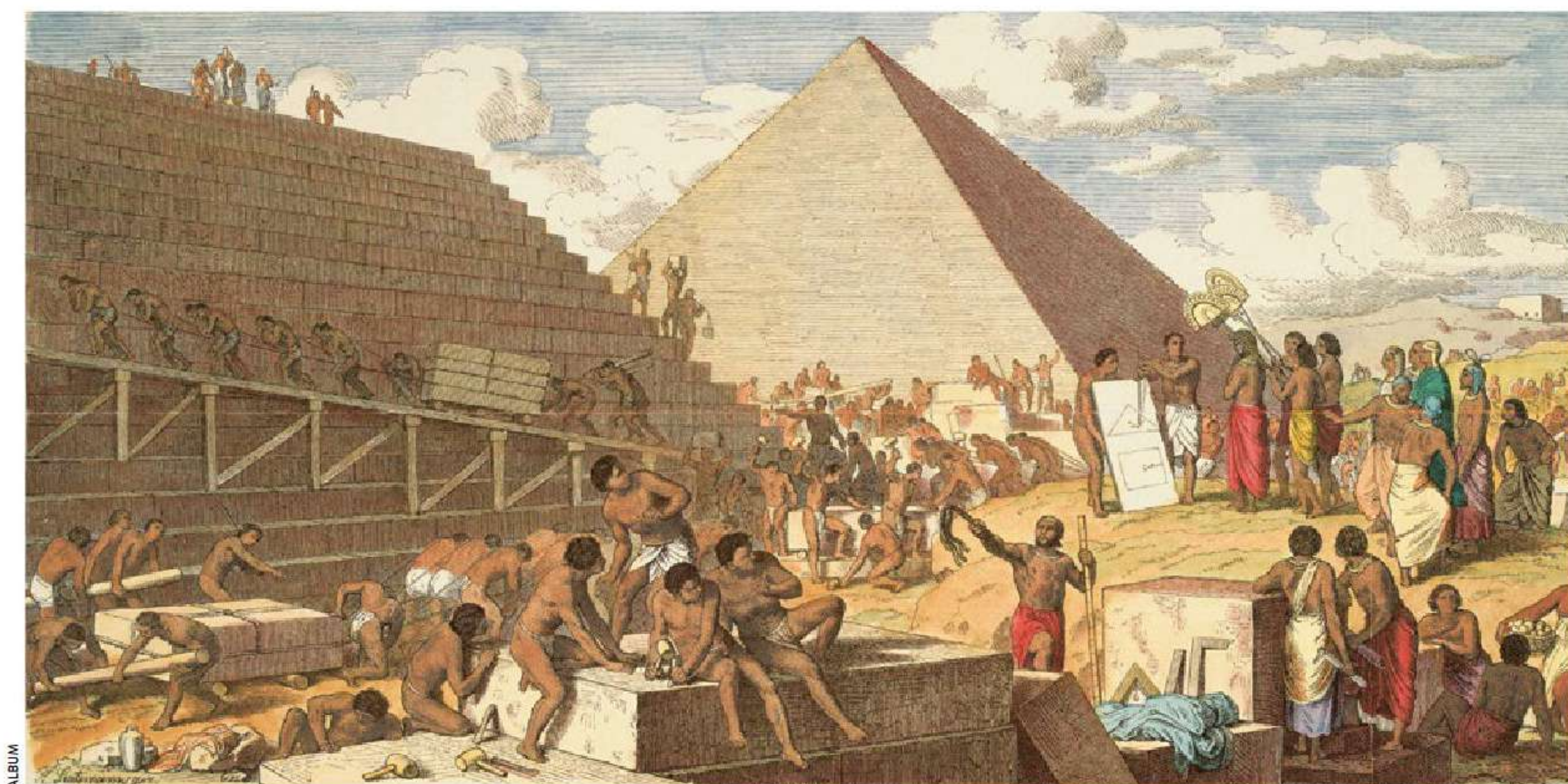
La cámara misteriosa

El uso de técnicas de prospección no invasivas en las pirámides ha generado una gran expectación en los últimos años. La puesta en marcha en 2015 del proyecto ScanPyramids arrancó con el anuncio del hallazgo de una cámara oculta y desconocida en el interior de la pirámide de Keops, descubierta tras un exhaustivo escaneo del interior del edificio. Pese a que proliferaron hipótesis a cual más imaginativa, finalmente se confirmó que se trataba de una cámara vacía. Con todo, el hallazgo pone en evidencia que las nuevas tecnologías permitirán en los próximos años desvelar nuevos secretos aún ocultos en el interior de estos colosos de piedra.



UNA COMPLEJA ESTRUCTURA LLENA DE MISTERIOS

- | | | |
|---|--|--|
| 1. Acceso original, situado en la cara norte. | 8. Dovelas inclinadas para desviar el peso y evitar derrumbes en la Cámara del Rey. | (no hay indicios de enterramientos en esta sala). |
| 2. Túnel de los Ladrones, abierto por orden del califa Al-Mamún. | 9. Canal astronómico. Se abre directamente desde la Cámara Real y apunta a las Indestructibles, las estrellas Circumpolares; el lugar del firmamento donde los egipcios creían que no existía la muerte. | 13. Pasaje perforado entre la Gran Galería y la Cámara subterránea. |
| 3. Canal ascendente. | 10. Conductos de aireación. | 14. Canal descendente. |
| 4. Gran Galería. | 11. Pasaje horizontal. | 15. Cámara subterránea, también conocida como Cámara del Caos. No forma parte de la estructura de la pirámide, ya que está excavada directamente en la roca. |
| 5. Antecámara real, también conocida como Cámara de los Rastrillos. | 12. Cámara inferior, también conocida como Cámara de la Reina | 16. Cámara recientemente descubierta, aún sin explorar. |
| 6. Cámara funeraria, también conocida como Cámara del Rey. Contiene los restos de un sarcófago de piedra. | | |
| 7. Cámaras de descarga para sostener la estructura de la Cámara del Rey. | | |



Egipto: construcción de las pirámides es el título de este grabado coloreado en madera, basado en un dibujo de Heinrich Leutemann (1824-1905). Al contrario de lo que se piensa, las pirámides no fueron construidas por esclavos.

un proyecto así, lo que delata una exitosa burocratización y unos niveles de especialización profesional enormemente sofisticados. La excavación en los últimos años del puerto de Guiza, que habría sido el lugar de desembarco de recursos materiales, suministros y obreros implicados en la erección de las pirámides de la Dinastía IV, así como del asentamiento ubicado en las cercanías de la pirámide de Micerino, que alojaba a oficiales, soldados y albañiles en un espacio perfectamente jerarquizado, conformando una auténtica ciudad en la que residían la mano de obra y los responsables de las obras, pone de manifiesto la extraordinaria capacidad del Antiguo Egipto para utilizar recursos y erigir la compleja red de infraestructuras imprescindible para abordar una empresa de esta magnitud.

El experimento de Zoser creó tendencia: sus dos sucesores, Sejemjet y Jaba, se embarcaron –el primero con la supervisión del propio Imhotep– en la construcción de sendas pirámides que quedaron inacabadas. Pero si un monarca merece el apelativo de «constructor de pirámides» en el Antiguo Egipto ese es Seneferu, primer faraón de la Dinastía IV, que reinó entre 2613 y 2589 a.C. y que construyó, al menos, tres pirámides: la de Meidum, edificada originalmente en ocho niveles y de la que apenas se conservan restos de la estructura central, y –más decisivas para la historia de la arquitectura– la conocida como la Pirámide Acodada y la Pirámide Roja.

Seneferu fue el primer faraón que renunció al paradigma de sepultura escalonada ideado por Imhotep y se afanó en el desarrollo de un nuevo modelo de pirámides de caras lisas, cubiertas por un revestimiento de piedra caliza. Las dificultades de abordar un proyecto de esta envergadura quedan perfectamente patentes en la Pirámide Acodada de Dahshur, cuyo ángulo cambia drásticamente a mitad de la estructura. Es más que probable que, en mitad de su construcción, los arquitectos se dieran cuenta de que el edificio no aguantaría en pie y que estaba condenado a derrumbarse por su propio peso, razón por la que decidieron corregir la inclinación de las caras construyendo así una pirámide más baja de lo inicialmente previsto. Seneferu y sus arquitectos aprendieron la lección y no cometieron el mismo error al construir la tercera estructura, la Pirámide Roja, así llamada por el característico color rojizo de sus piedras, la primera gran pirámide de caras lisas de la Dinastía IV, que serviría de modelo para las tres grandes pirámides de Guiza, construidas por su hijo Keops y por Kefrén y Micerino. Keops sucedió en el trono a su padre Seneferu y se propuso superar la grandiosidad de la espectacular Pirámide Roja de su padre. Con una base de 230 metros y 147 metros de altura, la suya es la mayor pirámide jamás construida.

En contra de lo popularmente asumido, al calor de las distorsiones de las películas de Hollywood, las

Los egipcios pensaron que sus reyes debían acomodarse, al morir, en sepulturas a la altura de su majestad

En la imagen, una recreación digital de cómo pudieron haber sido los trabajos de arrastre para la construcción de las pirámides egipcias.



pirámides de Guiza no fueron construidas por esclavos. Según Heródoto, veinte años fueron necesarios para completar su construcción, en la que –siempre siguiendo el relato del historiador griego– participaron hasta cien mil hombres (si bien la arqueología ha corregido y rebajado esa cifra hasta los diez o veinte mil). Los restos óseos excavados en el asentamiento de obreros anejo a la pirámide desacreditan la teoría de los esclavos. Se trataba más bien de agricultores nativos que, entre cosecha y cosecha, participaban en la erección de estos monumentos recibiendo un salario a cambio de su trabajo.

¿CÓMO PODÍAN MOVER LAS PIEDRAS?

El hallazgo de numerosos vestigios de cabras, ovejas y otros animales en los alrededores del poblado demuestra que los trabajadores disfrutaban de una dieta rica en carne; un privilegio, de hecho, al alcance de muy pocos en el Antiguo Egipto. Estos obreros habrían tenido acceso, por otro lado, a los mejores cuidados médicos, por lo que en modo alguno se trataba de individuos explotados. Pero una de las grandes preguntas que emergen al observar la magnitud de la obra es: ¿cómo eran capaces de

transportar los gigantescos bloques de piedra, que llegaban a pesar decenas de toneladas? Con toda seguridad, los egipcios se valían de trineos de madera para el transporte de las piedras, pero estudios recientes apuntan a que el truco consistía en humedecer la arena previamente, lo que facilitaba sustancialmente el deslizamiento reduciendo la fricción; a tal punto, que los especialistas defienden que con

este sencillo pero eficaz método haría falta solo la mitad de hombres para arrastrar las piedras desde el puerto al lugar de las obras.

Hay consenso total también entre los especialistas en que, una vez *in situ*, las piedras serían elevadas a través de un sistema de rampas. La única discrepancia es cómo estaban elaboradas y cómo funcionaba exactamente este sistema. Existen numerosas hipótesis, todas ellas perfectamente

plausibles. Simplemente, no sabemos exactamente cuál de estas propuestas se aproxima más a la realidad. Tampoco hay que buscar explicaciones marcianas para justificar el perfecto alineamiento de la pirámide de Keops con los puntos cardinales, con un insignificante margen de error que, curiosamente, se repite en las pirámides Roja y de Kefrén (que,

Las pirámides son una de las cumbres del genio arquitectónico humano: los egipcios fueron grandes arquitectos e ingenieros

Las últimas pirámides

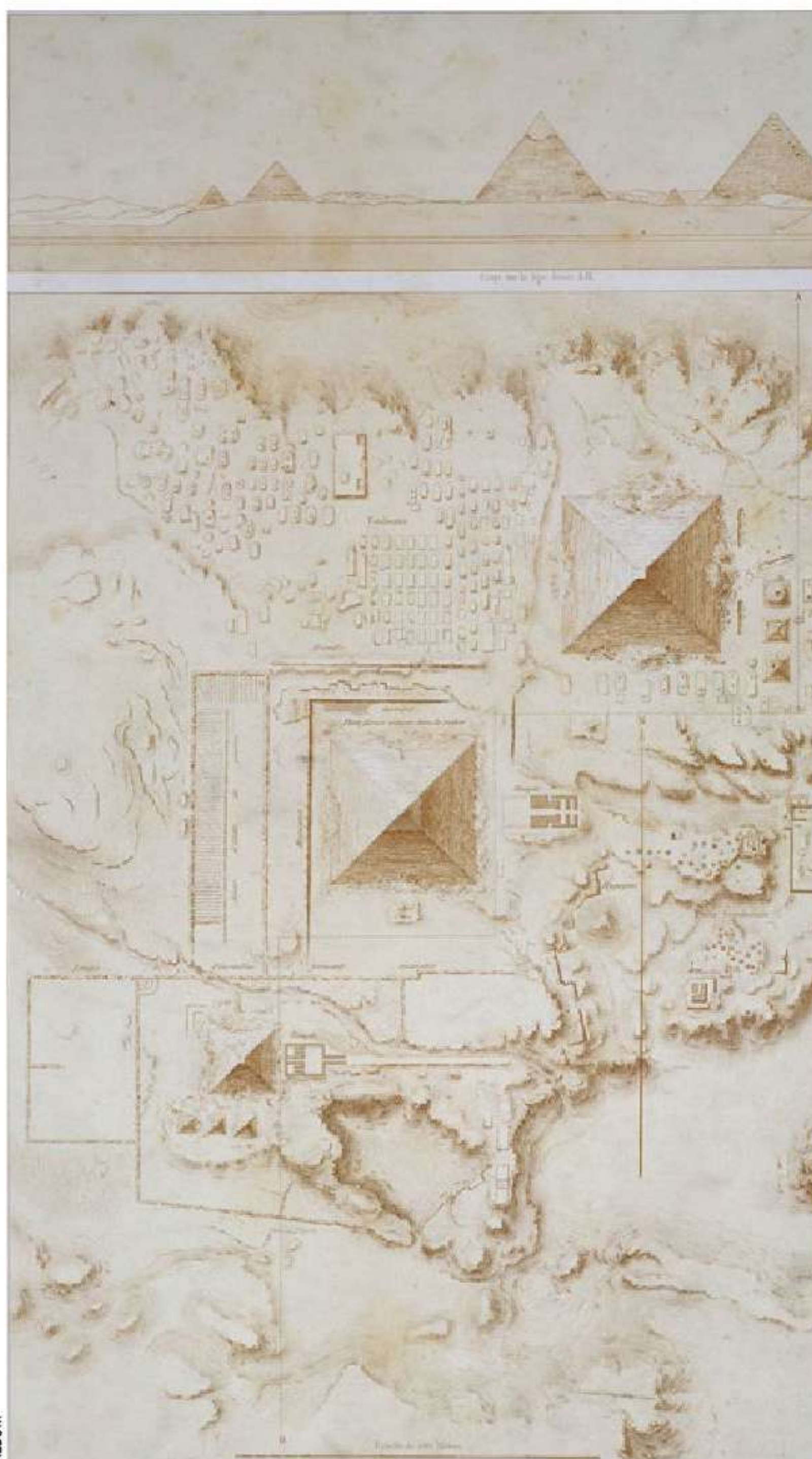
La edad dorada de las pirámides declinó con el fin de la Dinastía IV, pero, aunque en una escala más reducida, siguieron siendo el modelo de sepultura elegido por algunos de los monarcas de las Dinastías V y VI (la más célebre de todas ellas es la del faraón Unis, en Saqqara). Ya no eran tiempos de prosperidad y abundancia, por lo que se trata de edificaciones mucho más modestas. La última gran pirámide fue construida por Pepi II, segundo faraón de la Dinastía VI, y apenas alcanza los dieciséis metros de altura. Con el fin del Imperio Antiguo, la «mo-

da» de las pirámides desapareció. Pero algunos faraones del Imperio Medio, concretamente de la Dinastía XII, volvieron a recuperar esta antigua tradición, si bien ya lejos de las pretensiones monumentales de antaño.

A partir del siglo VIII a.C. floreció en Sudán una nueva civilización, la de los kushitas, que imitó muchos de los usos y costumbres de sus vecinos egipcios. Construyeron en su tierra más de doscientas pirámides, de alturas que oscilan entre los 6 y los 30 metros. Como sus «parientes egipcias», son Patrimonio de la Humanidad.



En la foto, pequeñas pirámides de Meroe, la capital del reino de Kush desde el año 300 a.C. (hoy Sudán).



ALBUM

Sobre estas líneas, mapa topográfico de las pirámides de Guiza trazado por Émile Prisse d'Avennes (1807-1879).

forzosamente, fueron pues alineadas con el mismo método). Un reciente estudio llevado a cabo por el arqueólogo e ingeniero Glenn Dash demuestra que, con toda probabilidad, el sistema utilizado fue una rudimentaria estaca de madera y la observación de las posiciones de la sombra que esta proyectaba a lo largo de la jornada durante el equinoccio de otoño. Es un método muy preciso que, curiosamente, ofrece los mismos exiguos márgenes de error que se miden en la orientación de las pirámides. Al parecer, tampoco en esto fue necesaria la intervención de una inteligencia de otro planeta.

COLOSOS COMO MUESTRA DE PODER

Y es que la ciencia ha ido desacreditando una a una las teorías más fantasiosas surgidas alrededor de estos emblemáticos edificios: desde la sugerencia del congresista estadounidense Ben Carson de que las pirámides eran en verdad el granero de José, uno de los hijos de Jacob, a la teoría de que son una suerte de contenedor cifrado de profecías bíblicas, pasando por la de que son la primera colonia fundada por los atlantes o una hipótesis más sensata pero también superada, que señala la existencia de una correlación entre la ubicación de las tres pirámides de Guiza y las tres estrellas de la constelación de Orión.

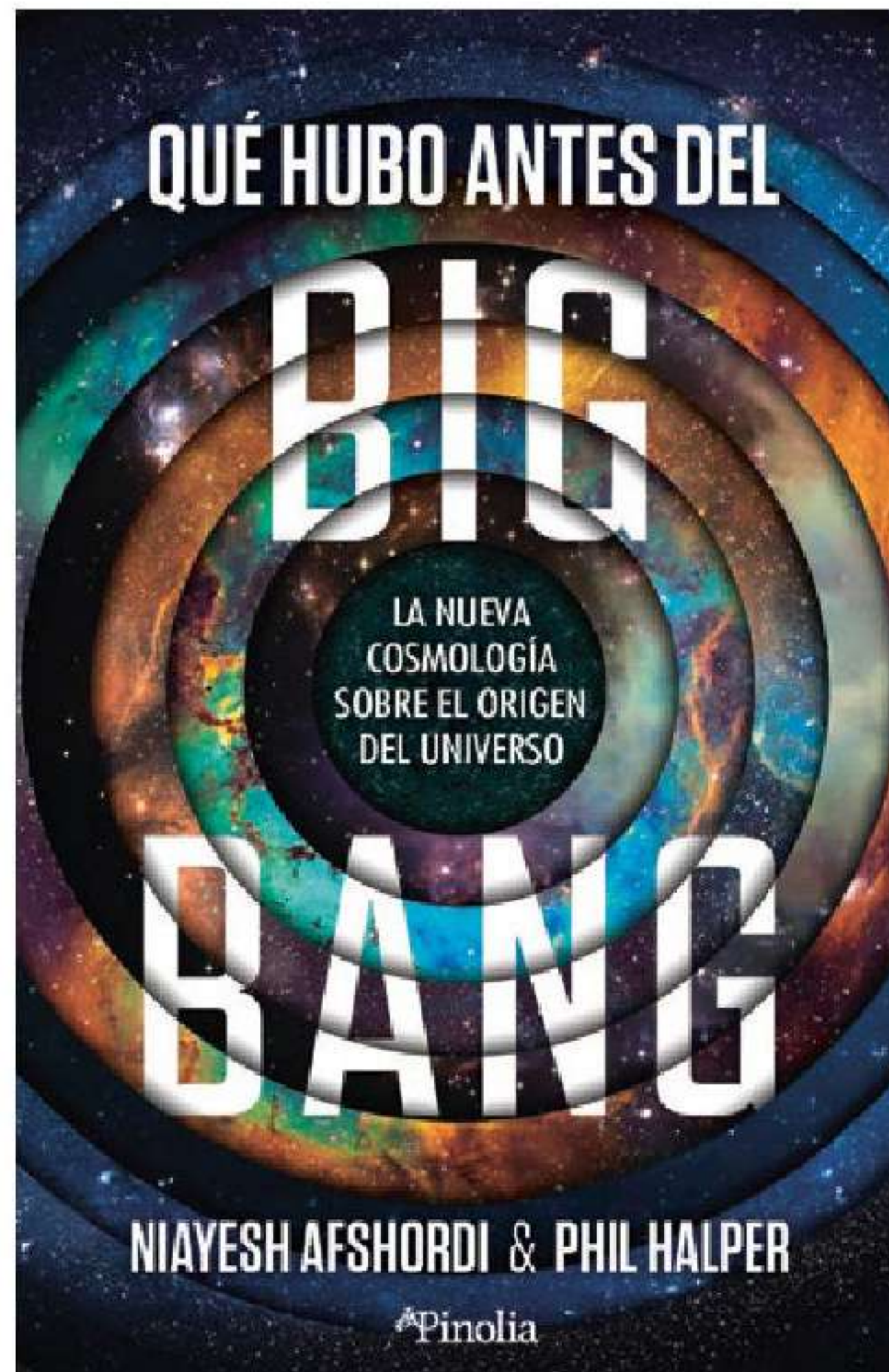
La realidad es mucho más simple: las pirámides son una de las cumbres del genio arquitectónico humano, y los egipcios eran formidables arquitectos e ingenieros y tenían un Estado sofisticado y capacitado para acometer empresas de esta magnitud. Eso, sumado a la veneración por la figura divina del faraón y la necesidad de regalarle una morada final a la altura de su grandeza (además del potente mensaje político y de autoridad que deslizaba la construcción de estos colosos), explica la eclosión en el Imperio Antiguo de estas asombrosas estructuras. □

QUÉ HUBO ANTES DEL BIG BANG

Nos hemos acostumbrado a contar el origen del universo como una historia sencilla: hace 13 800 millones de años todo comenzó con el Big Bang y, a partir de ahí, el cosmos empezó a expandirse hasta convertirse en lo que vemos hoy. El problema es que esa frase, tan útil como cómoda, oculta una enorme cantidad de preguntas. ¿Hubo realmente un comienzo? ¿Existía algo antes? ¿Tiene siquiera sentido hablar de un «antes» cuando el propio tiempo forma parte del problema?

Qué hubo antes del Big Bang. La nueva cosmología sobre el origen del universo parte precisamente de esa incomodidad. el iraní Niayesh Afshordi, cosmólogo de la Universidad de Waterloo, y el divulgador científico británico Phil Halper, no intentan sustituir una respuesta definitiva por otra, sino mostrar hasta qué punto la cosmología contemporánea está llena de posibilidades abiertas. El Big Bang caliente, es decir, la etapa temprana en la que el universo era extraordinariamente denso y caliente, está sólidamente respaldado por las observaciones. Otra cosa muy distinta es afirmar que todo surgió de una singularidad, un punto de densidad infinita que habría marcado el nacimiento absoluto del espacio y del tiempo.

A partir de ahí comienza el verdadero viaje del libro. Los autores recorren más de una veintena de modelos propuestos para explicar nuestros orígenes cósmicos:



Pinolia
28,45 €

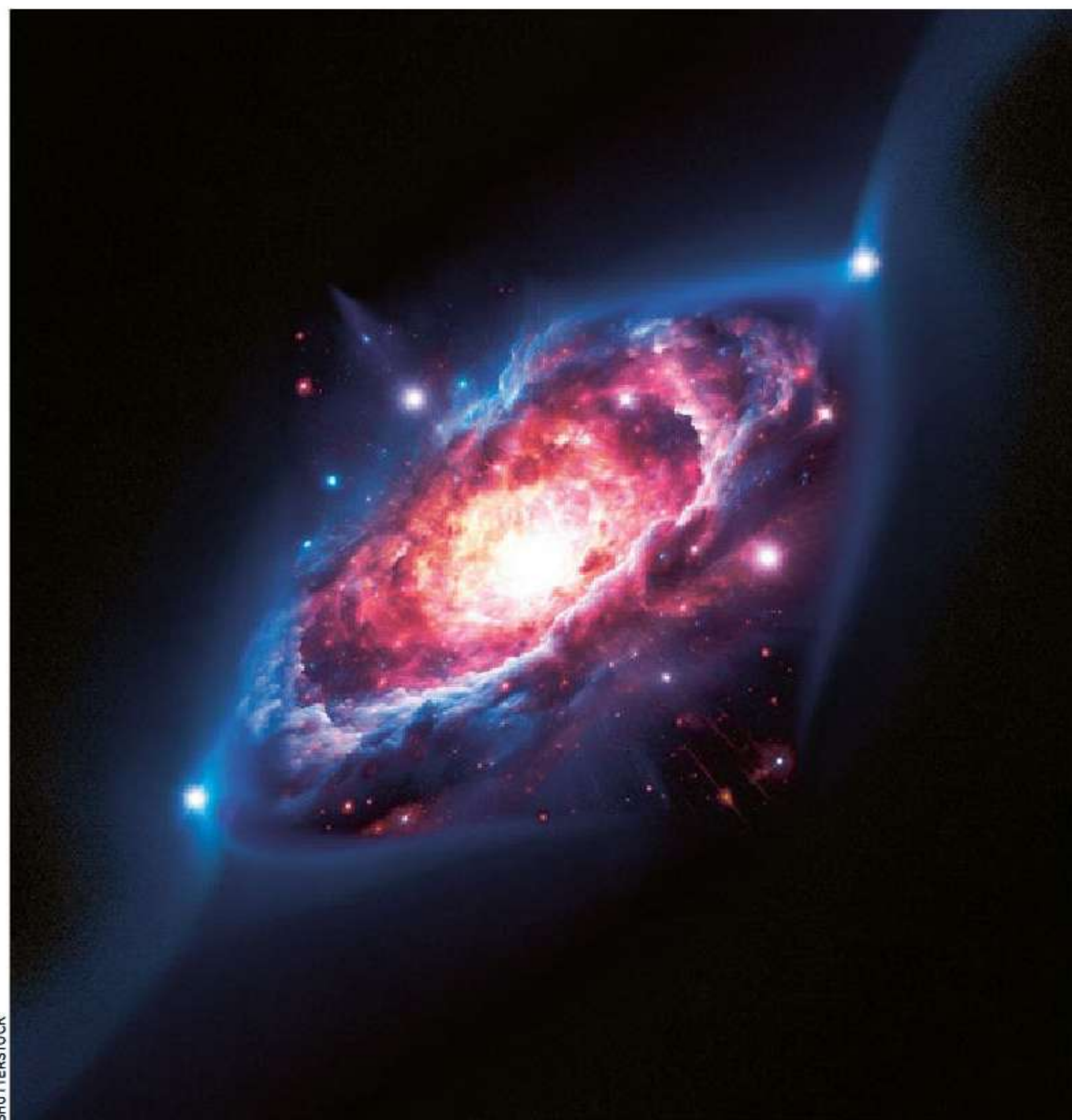
universos cíclicos que nacen, colapsan y vuelven a empezar; grandes rebotes que sustituyen el comienzo por una transición; multiversos; universos nacidos dentro de agujeros negros; teorías de cuerdas, branas, hologramas y propuestas en las que nuestra realidad

podría ser mucho más extraña de lo que sugiere la experiencia cotidiana. Algunas hipótesis parecen ciencia ficción, pero están formuladas por físicos que intentan convertirlas en modelos matemáticos y, cuando es posible, encontrar alguna forma de ponerlas a prueba.

Uno de los mayores aciertos del libro es no presentar la ciencia como una sucesión de descubrimientos inevitables y mostrarnos su trastienda, la de rivalidades, egos, prestigio, financiación y científicos que defienden con pasión ideas incompatibles. La cosmología aparece así como lo que realmente es, una aventura intelectual extraordinaria, pero profundamente humana.

La realidad es que este no es un libro siempre fácil. Hay momentos en los que singularidades, inflación, gravedad cuántica o dimensiones adicionales exigen atención.

Pero esa dificultad forma parte de su atractivo. Al terminarlo, el lector sabe mucho más sobre el universo y, sobre todo, entiende algo todavía más importante: que reconocer lo que ignoramos no debilita a la ciencia. Es precisamente lo que la mantiene viva y la hace avanzar.



SHUTTERSTOCK



CONFÍA EN TU INTUICIÓN

Todos hemos vivido alguna vez esa sensación difícil de explicar, algo no encaja, alguien no nos inspira confianza o una decisión parece correcta antes de que podamos justificarla. A eso solemos llamarlo intuición, una palabra cargada de misterio que Elizabeth Greenwood intenta devolver al terreno de lo comprensible en *Confía en tu intuición. Cómo tu cerebro detecta peligros, oportunidades y emociones antes de que seas consciente*. La autora parte de una idea sencilla pero fértil: nuestro cerebro procesa muchísima más información de la que alcanza la conciencia. Gestos, tonos de voz, patrones, recuerdos, señales corporales o experiencias acumuladas pueden combinarse a gran velocidad y producir una impresión inmediata. No siempre sabemos de dónde viene, pero eso no significa que sea irracional. Greenwood recorre la neurociencia y la psicología para investigar cómo se forman esas respuestas rápidas y hasta qué punto podemos aprender a interpretarlas mejor.

El libro, sin embargo, no convierte la intuición en una especie de superpoder. Ese es uno de sus mayores aciertos. También se pregunta cuándo confundimos una señal interna con el miedo, la ansiedad, el deseo de que algo ocurra o nuestros propios prejuicios.

La cuestión importante no es obedecer ciegamente al «instinto», sino aprender a distinguir entre una percepción afinada por la experiencia y una reacción nacida de nuestras inseguridades. Greenwood amplía además el foco hacia territorios más incómodos. Se interesa por los sueños, las premoniciones, las supuestas capacidades psíquicas y por la histórica desconfianza hacia la llamada «intuición femenina». También examina a quienes han convertido la búsqueda de respuestas interiores en un negocio, desde gurús hasta creadores de contenido que prometen certezas donde quizá solo haya sugestión. La autora, periodista especializada en no ficción, trabaja

Hestia
23,95 €

CONFÍA EN TU INTUICIÓN

Cómo tu cerebro detecta
peligros, oportunidades y emociones
antes de que seas consciente

ELIZABETH GREENWOOD

Hestia

con investigaciones científicas y testimonios personales, una combinación que da al libro un tono cercano y evita que se convierta en un tratado abstracto. Su objetivo no parece demostrar que la intuición siempre tenga razón, sino explicar por qué a veces sabemos algo antes de saber cómo lo sabemos.

Ese matiz hace especialmente interesante el libro. En una época obsesionada con los datos, los algoritmos y las decisiones supuestamente racionales, Greenwood recuerda que una parte importante de nuestra inteligencia opera fuera del foco consciente. Escucharla puede ser útil. Creerla sin preguntas, probablemente no. Y entre esos dos extremos, la incredulidad absoluta y la credulidad ingenua, es donde el libro encuentra su terreno.



Pinolia

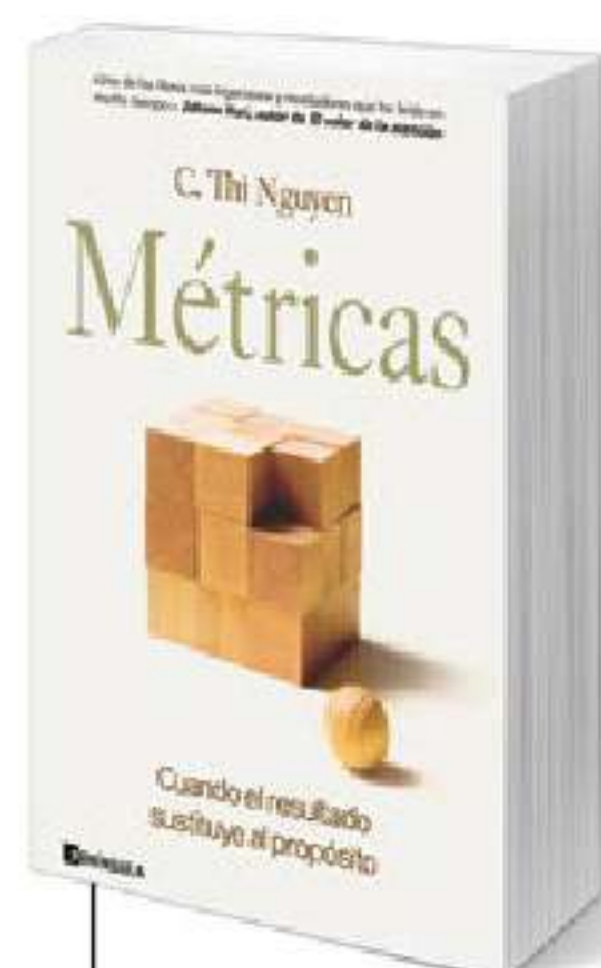
¡ENTRA Y HAZTE CON ELLOS!



Paidós
16,95 €

SIETE LECCIONES Y MEDIA SOBRE EL CEREBRO

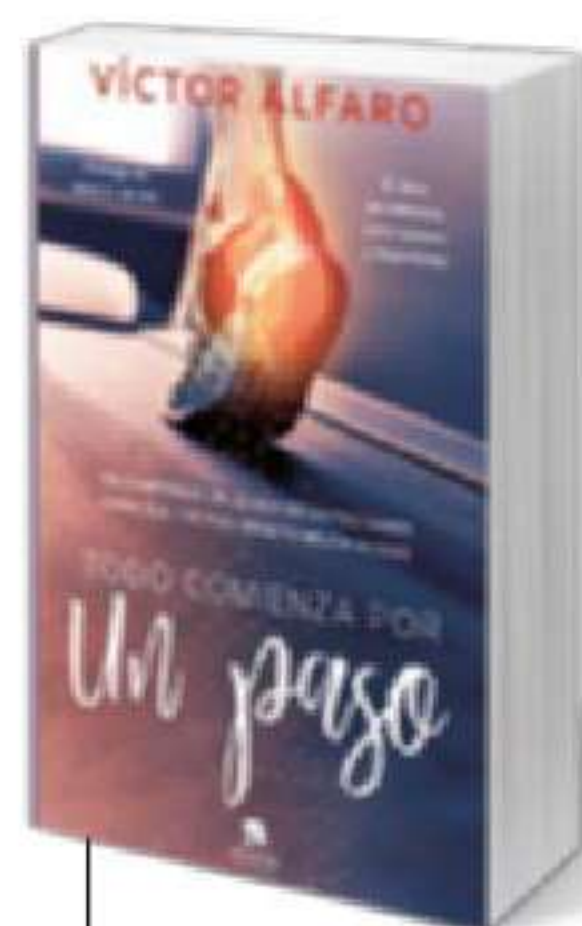
Hay muchos libros sobre el cerebro, pero en este **Lisa Feldman Barrett** desmonta las ideas más extendidas sobre él y explica, con claridad y humor, cómo evolucionó, cómo se organiza y de qué manera construye nuestra experiencia cotidiana. A través de siete lecciones breves, muestra que el cerebro no se limita a reaccionar al mundo sino que anticipa, interpreta y se transforma.



Península
22,90 €

MÉTRICAS

C. Thi Nguyen analiza cómo las puntuaciones, *rankings* y métricas han colonizado nuestra vida cotidiana, desde las redes sociales hasta la salud o el trabajo. Su ensayo muestra cómo convertirlo todo en cifras puede empobrecer nuestros valores y deseos. Frente a esa obsesión por medir, reivindica el juego, el disfrute y aquello importante que ninguna estadística consigue expresar del todo.



Alenta
19,95 €

TODO COMIENZA POR UN PASO

Los grandes olvidados del cuerpo se convierten en protagonistas de una guía práctica sobre salud y movimiento. El autor, **Víctor Alfaro**, nos explica cómo influye la pisada en las lesiones, cuándo conviene cambiar de calzado, qué problemas son más frecuentes y en qué casos puede ser útil una plantilla. Consejos claros para caminar mejor, prevenir molestias y cuidar una herramienta que usamos cada día.



Paidós
28,90 €

EL ACORDE SECRETO

Daniel J. Levitin explora la estrecha relación entre música y cerebro para explicar por qué una melodía puede emocionarnos, calmarnos o incluso ayudar en determinados tratamientos. Con estudios científicos, casos clínicos e historias de músicos, recorre aplicaciones frente al párkinson, el alzhéimer, la depresión o el dolor y muestra hasta qué punto escuchar música también modifica nuestra propia biología humana.

ESTIMULA TU NERVIOS VAGO

Se trata de una pieza esencial del sistema nervioso autónomo que interviene en funciones como la digestión, el ritmo cardíaco y la respuesta

al estrés. **Antonio Valenzuela** propone una aproximación práctica al nervio vago y nos explica cómo reconocer señales asociadas a un tono vagal deficiente. Además, reúne ejercicios sencillos destinados a favorecer su estimulación. Respiración, canto, risa, automasajes, *tapping* o alimentos fermentados forman parte de las estrategias que plantea. Con un enfoque claro y accesible, la obra invita a comprender mejor



Alenta.
18,90 €

la relación entre cuerpo y estrés y a incorporar pequeños hábitos orientados al descanso, la digestión y el bienestar cotidiano general.

UNA BREVE HISTORIA DEL UNIVERSO

Desde el comienzo de los tiempos, mirar al cielo ha sido una forma de preguntarnos quiénes somos. En este libro, **Sarah Alam Malik** —galardonada física de partículas y una reconocida experta internacional en materia oscura— recorre esa curiosidad humana desde los primeros mapas estelares de Babilonia hasta los experimentos del Gran Colisionador de Hadrones. Por el camino aparecen Copérnico, la revolución científica, la materia oscura y la búsqueda de vida extraterrestre. Con un tono accesible y lleno de asombro, la obra conecta historia de la ciencia y cosmología para mostrar cómo ha cambiado nuestra imagen del universo. Más que ofrecer respuestas, invita a entender cuánto hemos aprendido y cuánto sigue escapándose a nuestro conocimiento sobre el cosmos y nuestro lugar en él.



Deusto.
21,95 €

DOCUMENTALES

HUMAN: LA HISTORIA DEL SER HUMANO

Durante 300.000 años, *Homo sapiens* pasó de ser una especie humana más a ocupar todo el planeta. Esta producción de BBC Studios reconstruye ese viaje con Ella Al-Shamahi como guía, combinando fósiles, arqueología y genética. Sus cinco episodios recorren nuestros orígenes africanos, las primeras grandes migraciones, el encuentro con los neandertales, la llegada a América y el nacimiento de los asentamientos permanentes. Lo mejor es que evita presentar la evolución como una marcha inevitable hacia el éxito: muestra supervivencias, cruces, extinciones y casualidades. Una historia de nosotros mismos contada con buenos recursos visuales, ciencia reciente y espíritu de aventura. **Movistar +**



BBC STUDIOS

FORTITUDE

El espacio ya no es solo territorio de agencias estatales y misiones científicas. Torsten Hoffmann se adentra en la economía espacial para conocer a empresarios, inversores y compañías que imaginan estaciones privadas, fabricación en órbita, explotación de asteroides y nuevos servicios basados en satélites. *Fortitude: Forjando la economía espacial del billón de dólares*, combina entusiasmo tecnológico con preguntas necesarias: ¿son viables estas promesas?, ¿quién se beneficiará de ellas?, ¿cómo evitar trasladar al espacio nuestros problemas de sostenibilidad? Entre los participantes aparece el astrofísico Neil deGrasse Tyson. El resultado es una mirada estimulante a una industria que mueve inversiones y que aspira a convertir la ciencia ficción en negocio. **Prime Video**

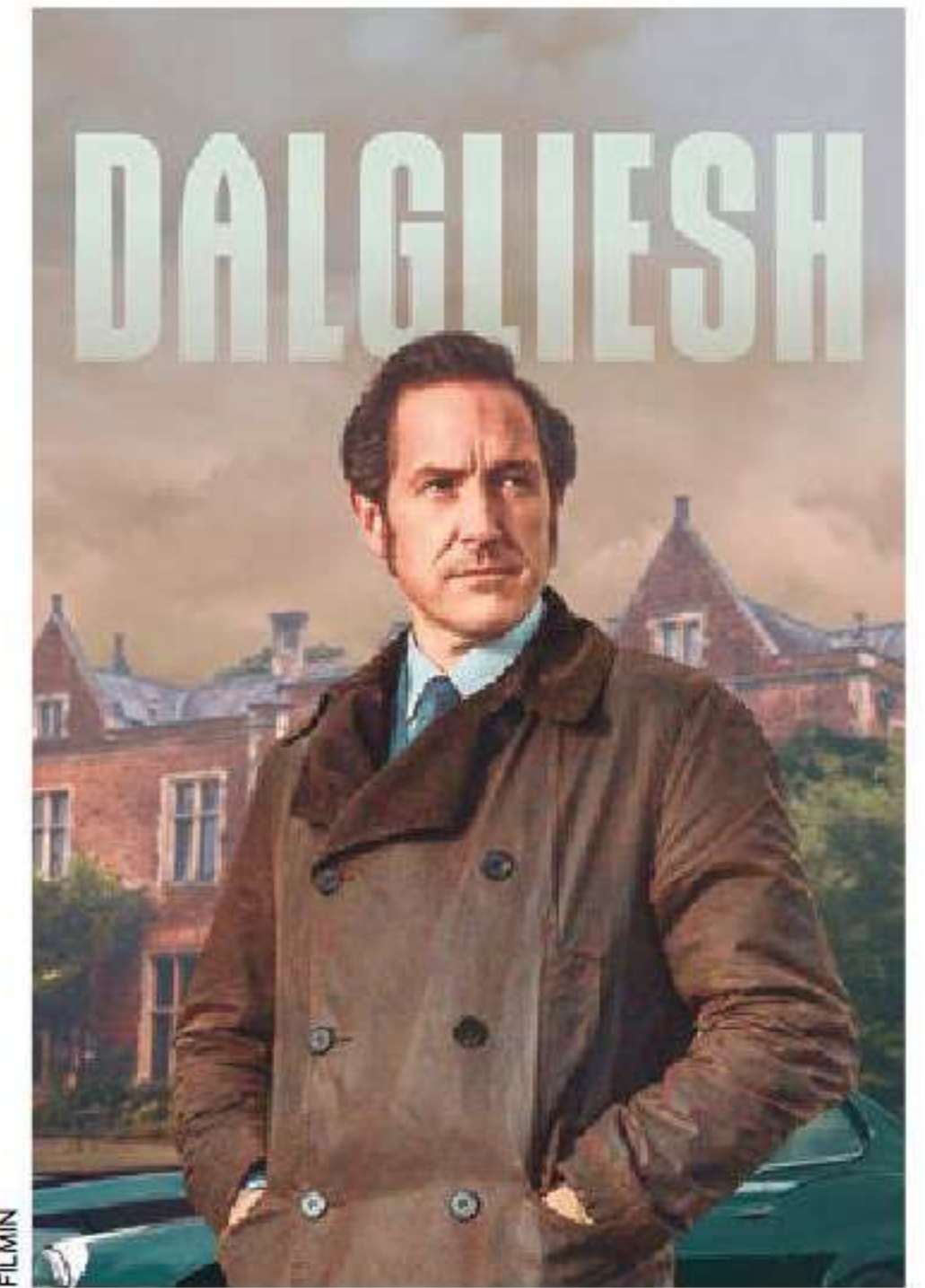


PRIME VIDEO

SERIE

DALGLIESH

Basada en las novelas de P. D. James, esta serie recupera el placer del crimen británico clásico: investigaciones pausadas, atmósferas inquietantes y personajes que esconden mucho más de lo que cuentan. Bertie Carvel encarna al reservado inspector Adam Dalgliesh, poeta además de policía, que resuelve asesinatos en la Inglaterra de los años setenta. Cada caso ocupa dos episodios y cambia de escenario, pero mantiene una elegante puesta en escena y un tono sobrio. Ideal para aficionados a series británicas como *Endeavour* o *Shetland*. En **Filmin**.



FILMIN

11-S. UNIDOS POR LA TRAGEDIA

Veinticinco años después de los atentados del 11-S, esta docuserie vuelve a aquel día de 2001 —cuando miembros de Al Qaeda atacaron Estados Unidos (secuestraron cuatro aviones comerciales, estrellando dos contra las Torres Gemelas, en Nueva York; otro contra el Pentágono; y el cuarto en Pensilvania)—. Se trata de una perspectiva íntima, la de quienes sobrevivieron gracias a la ayuda de desconocidos. A lo largo de tres episodios, víctimas, bomberos, policías y rescatadores se reencuentran para reconstruir decisiones tomadas en cuestión de segundos. Más que repetir imágenes conocidas, el documental pone el foco en los vínculos nacidos durante la catástrofe y en cómo un gesto de solidaridad puede seguir marcando una vida décadas después. **Disney+**



DISNEY+

POR
VICTORIA PASCUAL
Socióloga y criminóloga.



LAS VÍCTIMAS INVISIBLES DE LUIS ALFREDO GARAVITO

MÁS DE DOSCIENTAS FUERON LAS VÍCTIMAS DE HOMICIDIO QUE RECONOCIÓ LUIS ALFREDO GARAVITO, TAMBIÉN APODADO «LA BESTIA», EL MAYOR INFANTICIDA Y ASESINO QUE SE HAYA CONOCIDO EN AMÉRICA LATINA.

La cifra negra del delito suele imaginarse como una zona borrosa situada fuera de las estadísticas policiales. En realidad, a veces habla de niños que tardaron años en tener nombre, desapariciones interpretadas como huidas, cadáveres hallados lejos de su lugar de origen y expedientes que no fueron puestos en común entre distintas delegaciones policiales. El caso de Luis Alfredo Garavito Cubillos, conocido como «La Bestia» o «el Monstruo de Génova», permite observar cómo el subregistro no es un fallo menor del sistema penal, sino una grieta por la que puede moverse durante años un agresor serial.

Garavito nació en 1957 en Génova, Quindío, y fue detenido en abril de 1999. Para entonces, las autoridades colombianas ya habían empezado a advertir semejanzas entre desapariciones y hallazgos de menores asesinados en distintas ciudades, como Pereira, Armenia o Tunja. Garavito llegó a confesar más de 190 homicidios de niños durante la década de 1990. Sin embargo, los números bailan. Algunas fuentes citan 172 menores vinculados a referencias de la Fiscalía, mientras que el estudio médico-legal de Benecke y Wawrzyniak habla de más de 200 víctimas. Esa variación no es una simple anécdota o un fallo de registro es fruto de un sistema que favorece la cifra negra y hay que tenerlo en cuenta. En el caso de Garavito, hay varios conceptos muy distintos que no significan lo mismo: «víctima confesada», «víctima identificada», «víctima hallada», «víctima atribuida» y «víctima judicialmente probada».

La cifra negra se refiere a los delitos cometidos que no llegan a aparecer en los registros oficiales. El subregistro puede producirse incluso cuando algo sí se conoce como puede pasar con una desaparición anotada como ausencia voluntaria, un cuerpo sin identificar, una denuncia familiar sin conexión con otras o un homicidio registrado como hecho aislado. En Garavito ambos fenómenos se superponen. Sus víctimas eran, mayoritariamente, niños varones pobres, de familias con escasos recursos, vendedores ambulantes o menores que transitaban por calles, plazas, mercados, terminales y zonas periféricas. Eran víctimas que sumaban distintas vulnerabilidades.

EL MODUS OPERANDI REVELA UNA CRIMINALIDAD DEPREDAORA, MÓVIL Y ADAPTATIVA. Garavito se aproximaba a los menores mediante engaño, haciéndose pasar, según algunas fuentes, por monje, indigente, vende-

dor ambulante u otro adulto aparentemente confiable. La confianza era una herramienta de captura. Después utilizaba la herramienta del aislamiento sacando al niño del espacio público y conduciéndolo a un descampado, una zona rural, un barranco o cualquier lugar de baja vigilancia. La criminología ambiental recuerda que el delito se produce cuando convergen agresor motivado, víctima accesible y ausencia de guardianes capaces. En este caso, la ausencia de guardianes capaces no fue solo física sino institucional ya que las desapariciones no siempre se integraban en una lectura de patrón, los territorios estaban separados administrativamente y la víctima pobre podía diluirse en la rutina de la marginalidad.

La investigación avanzó cuando las piezas empezaron a ser vistas como parte de un mismo caso. El asesino serial itinerante se beneficia de esa fragmentación. Garavito recorrió numerosos departamentos de Colombia y actuó en once. La movilidad multiplica el subregistro, sobre todo, si no hay coordinación entre los investigadores. La serie no está únicamente en el cadáver aislado, sino en la repetición de edad, sexo, vulnerabilidad, forma de aproximación, escenario, lesiones, ocultación y desplazamiento del agresor.

LA CONFESIÓN DE GARAVITO FUE DECISIVA, PERO TAMBIÉN PROBLEMÁTICA. En homicidios seriales, una confesión puede ayudar a avanzar, pero no sustituye a la prueba. Por eso las cifras varían. No necesariamente porque las fuentes mientan, sino porque cada número responde a un nivel probatorio distinto. La

LA CIFRA NEGRA
SE REFIERE A **LOS**
DELITOS COMETIDOS
QUE NO LLEGAN
A APARECER EN
LOS REGISTROS
POLICIALES

**Die zehn
Gesichter des
Serien-Killers
Garavito**



Besuch bei der Bestie



250 OPFER Benecke befragte den Mörder im Knast von Villavicencio. Seine Analyse: „La Bestia“ kennt keine Reue und kein Mitleid

Von CHRISTIAN RENZ
und TOBIAS MORCHNER

Villavicencio – 250 Kinder fielen ihm zum Opfer. Luis Alfredo Garavito (47) tötete sie nur aus einem Grund: Lust am Leid. Psychiater aus aller Welt bemühten sich nach seiner Festnahme um ein Gespräch mit „La Bestia“ (Die Bestie) – vergeblich. Erst der Kölner Mark Benecke durfte den 47-Jährigen befragen. Sein Bericht über eine Reise ins Grau-

Männer warten, alle stehen. Es riecht nach Schweiß und Ungeduld. Einem nach dem anderen schütteln wir die Hände – zuletzt dem Mann, der als Einziger saubere Kleidung trägt, eine Jeans und ein weißes Hemd. Der Gefängnisdirektor, denke ich. Doch dann sagt einer der Wärter den Namen „Garavito“ und deutet auf das sauber angezogene Männlein: „La Bestia“, wie die Kolumbianer den Killer nennen, steht genau vor mir...

Tötete 250 Kinder:
der Kolumbianer
Luis Alfredo
Garavito.



ASC

Luis Alfredo Garavito recorrió numerosos departamentos de Colombia y actuó en once en la década de 1990. Llegó a confesar 190 asesinatos, todos de menores que podían ser etiquetados como «niños de la calle», problemáticos o fugados.

cifra negra, en este contexto, se convierte en cifra gris ya que hay casos parcialmente conocidos, pero no plenamente acreditados. Lo que el agresor dice, lo que la policía encuentra, lo que la medicina legal identifica y lo que un tribunal puede condenar son planos distintos de una misma realidad criminal.

Hay que tener en cuenta también la dimensión forense. Muchos crímenes se produjeron en espacios abiertos, con restos expuestos a degradación ambiental, fauna, humedad, enterramientos precarios o hallazgos tardíos. En esas condiciones, la identificación se complica, y con ella la posibilidad de conectar hechos. A finales de los años noventa, además, la integración tecnológica de bases de datos, perfiles genéticos, registros de desaparecidos y coordinación interregional no tenía el desarrollo que hoy se considera imprescindible. Por lo tanto, el subregistro también expresa sistemas con recursos limitados.

También resulta relevante la invisibilidad social. Las víctimas de Garavito no

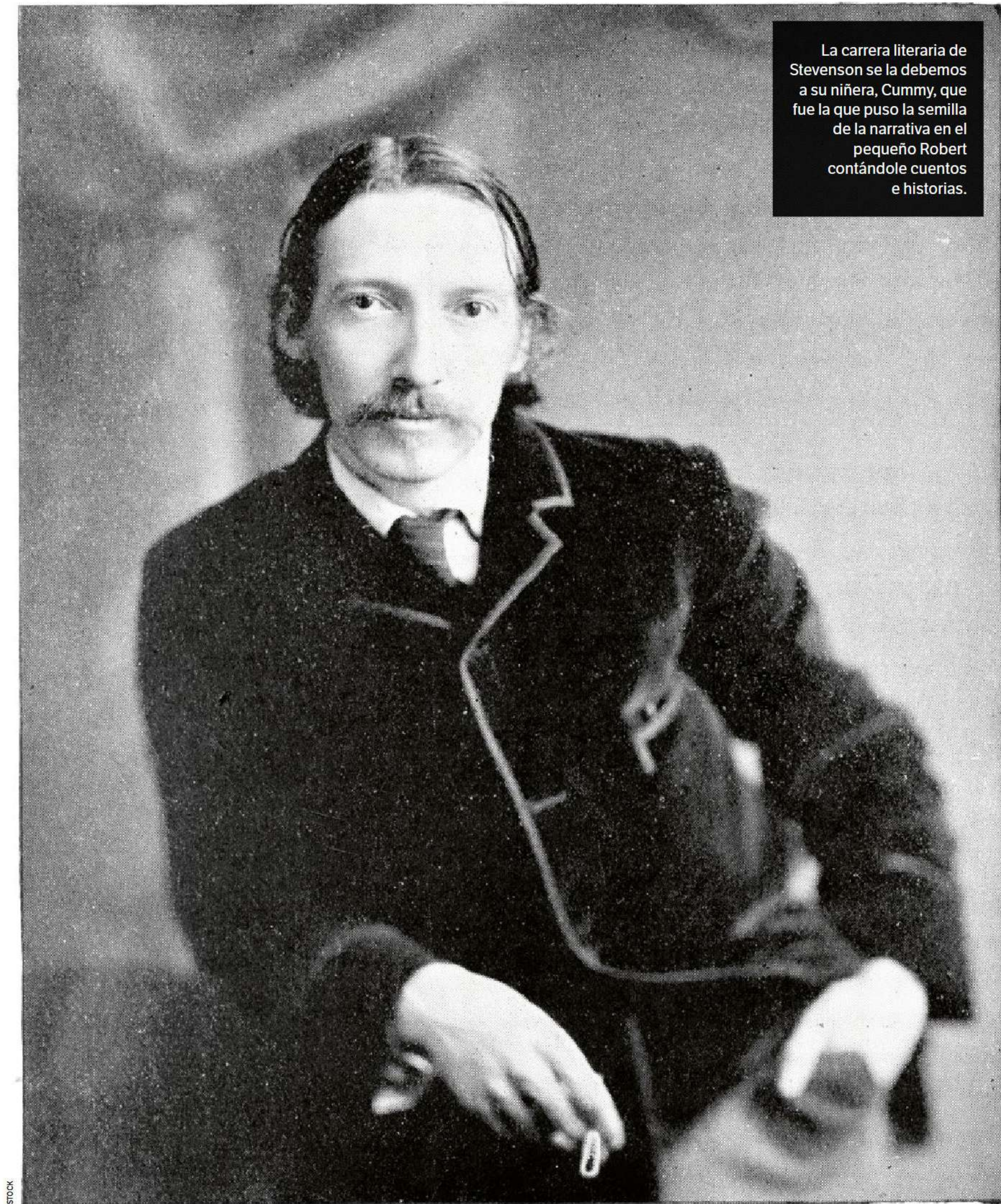
pertenecían, en su mayoría, a entornos con gran capacidad de presión mediática o institucional. Eran niños que podían ser etiquetados como «niños de la calle», «menores problemáticos» o «fugados». Esa etiqueta reduce la alarma, transforma la desaparición en una explicación cómoda y desplaza la sospecha hacia la propia víctima o su familia. Siendo así, la cifra negra creció allí donde la víctima importaba menos para el registro oficial.

Por todo lo anterior, Garavito es un caso especialmente útil para explicar que la cifra negra no es un residuo abstracto de las estadísticas, sino una experiencia concreta de desprotección. Cada caso no registrado, mal clasificado o no conectado representa una oportunidad perdida de prevención. Su carrera criminal mostró la importancia de sistemas integrados de información, interoperabilidad entre territorios, investigación de patrones, alertas tempranas en desapariciones de menores, análisis victimológico y formación policial en

homicidio serial. También recuerda que los datos criminales no son neutrales, sino que dependen de quién denuncia, quién escucha, quién registra, quién investiga y qué vidas son consideradas urgentes.

Luis Alfredo Garavito fue condenado en Colombia a penas que, sumadas, alcanzaron una cifra simbólicamente enorme, aunque la pena efectiva quedó limitada por el máximo legal aplicable entonces. Tras su muerte en prisión en Valledupar, en octubre de 2023, el debate público volvió a centrarse en la proporcionalidad del castigo y en los beneficios penitenciarios pero el caso de Luis Alfredo Garavito nos deja más enseñanzas. Nos confirma que la prevención no se basa solo en conocer la mente del agresor. También necesita analizar y reparar los huecos del sistema, diluir las fronteras administrativas, en dar importancia a cada posible caso. La cifra negra no mató a las víctimas, pero ayudó a que muchas tardaran demasiado en ser vistas y eso les costó la vida. ▣

La carrera literaria de Stevenson se la debemos a su niñera, Cummy, que fue la que puso la semilla de la narrativa en el pequeño Robert contándole cuentos e historias.



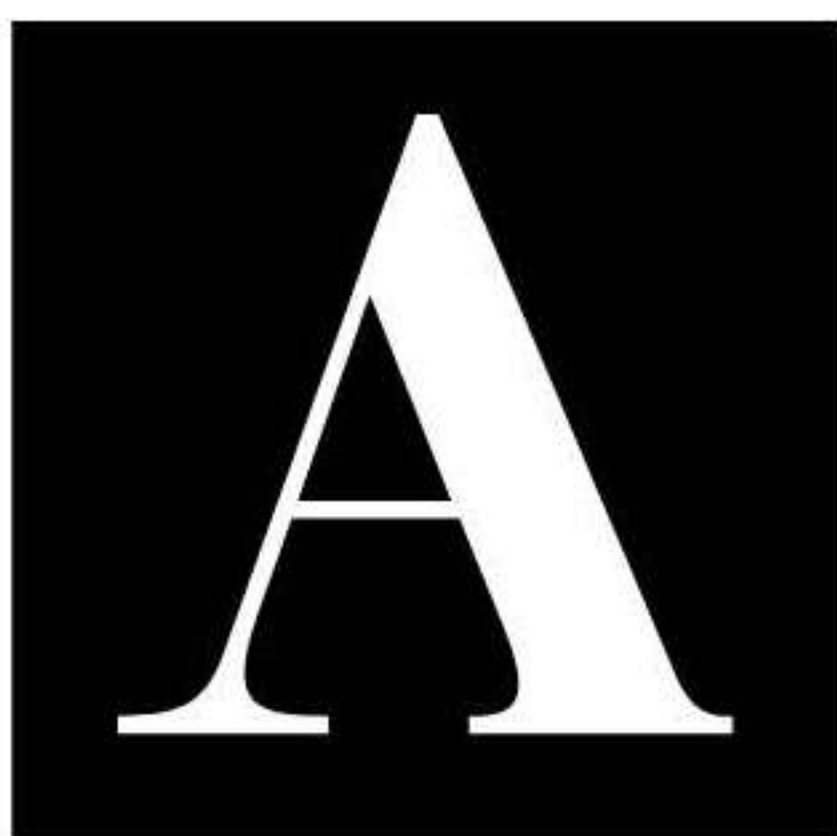
ISTOCK

ROBERT LOUIS STEVENSON.
From a photograph by Notman, Boston.

ROBERT LOUIS STEVENSON

UN MAGNÍFICO OCIOSO

POR DAVID CHAUMEL



El niño tose fuertemente. Su niñera, Cummy, se aproxima a la cama, preocupada. Posa la mano en su frente. Al menos no tiene fiebre. El niño vuelve a toser. Tiene un problema respiratorio. Se pone nervioso y le cuesta respirar. Cummy pone sus manos sobre el pecho del niño y empieza a contarle una historia. No es la primera

vez que utiliza su imaginación para calmarle. Él presta atención. Según va desarrollándose la trama de la aventura, las toses se van mitigando. La historia que inventa Cummy es de lo más entretenida. Decide hacer un giro en la aventura y la narración se convierte en algo terrorífico. Es cuando el niño sonríe. Le encantan las historias de miedo. Abraza a la niñera. Así se siente más tranquilo. Cummy avanza en su cuento. Las toses han desaparecido por completo. Alison Cunningham, llamada cariñosamente Cummy, no lo sabe, pero aquellas historias inventadas harán que dentro del niño nazca la vocación de escritor. Cuando llegue a la madurez, será uno de los autores literarios de mayor éxito en los finales siglo XIX. Se llama Robert Louis Stevenson y escribirá sobre piratas, dementes asesinos, y capitanes intrépidos.

Robert pasó su infancia postrado en cama debido a su insuficiencia respiratoria heredada de su madre. Nació en Edimburgo, Escocia, el 13 de noviembre de 1850 y a los pocos años desarrolló la enfermedad. Su padres, Margaret y Thomas, contrataron a la niñera

Cummy para que cuidará del pequeño: esta poseía una gran imaginación y contaba a Robert todo tipo de historias para tranquilizarle y controlar su respiración.

En 1885 se editó el libro *Jardín de versos para niños*, uno de los cuatro libros de poemas que Robert escribió a lo largo de su vida. Los primeros versos se llaman «A Alison Cunningham, de su niño». Y en él, Robert escribe: «Por todos los libros de cuentos que me leíste, por todos los dolores que soportaste, por todo lo que me compadeciste, por todo lo que cargaste en los días tristes y felices de antaño: Mi segunda Madre, mi primera Esposa». El libro, hoy en día, es un clásico de las estanterías infantiles en toda Gran Bretaña.

«Todo lo que soy comenzó en una habitación cerrada» escribió Robert en una ocasión. Ya en la infancia empezó a escribir sus primeros versos y cuentos, encerrado en su cuarto. Su madre, Margaret, llevó durante casi cuarenta años un diario. En él podemos leer los primeros escritos de Robert. Las primeras rimas. Los primeros juegos verbales. Las primeras narraciones y cuentos asombrosos. A su padre, Thomas Stevenson, ingeniero de faros, nunca le gustó que su hijo pasara el tiempo escribiendo. Incluso miraba con malos ojos los cuentos de Cummy.

Robert, en su juventud y a su pesar, fue obligado a seguir la profesión familiar. Ingresó en la Universidad de Edimburgo para estudiar Ingeniería Náutica, pero pronto abandonó esta carrera para cursar estudios de Derecho, y ejerció brevemente la abogacía durante 1875.

Robert se despierta en la madrugada. Empieza a toser. Casi no puede respirar. Enciende la lámpara de gas. Recuerda los cuentos de su niñera. Pero ya no es un niño. Ella ya no está. De repente empiezan de



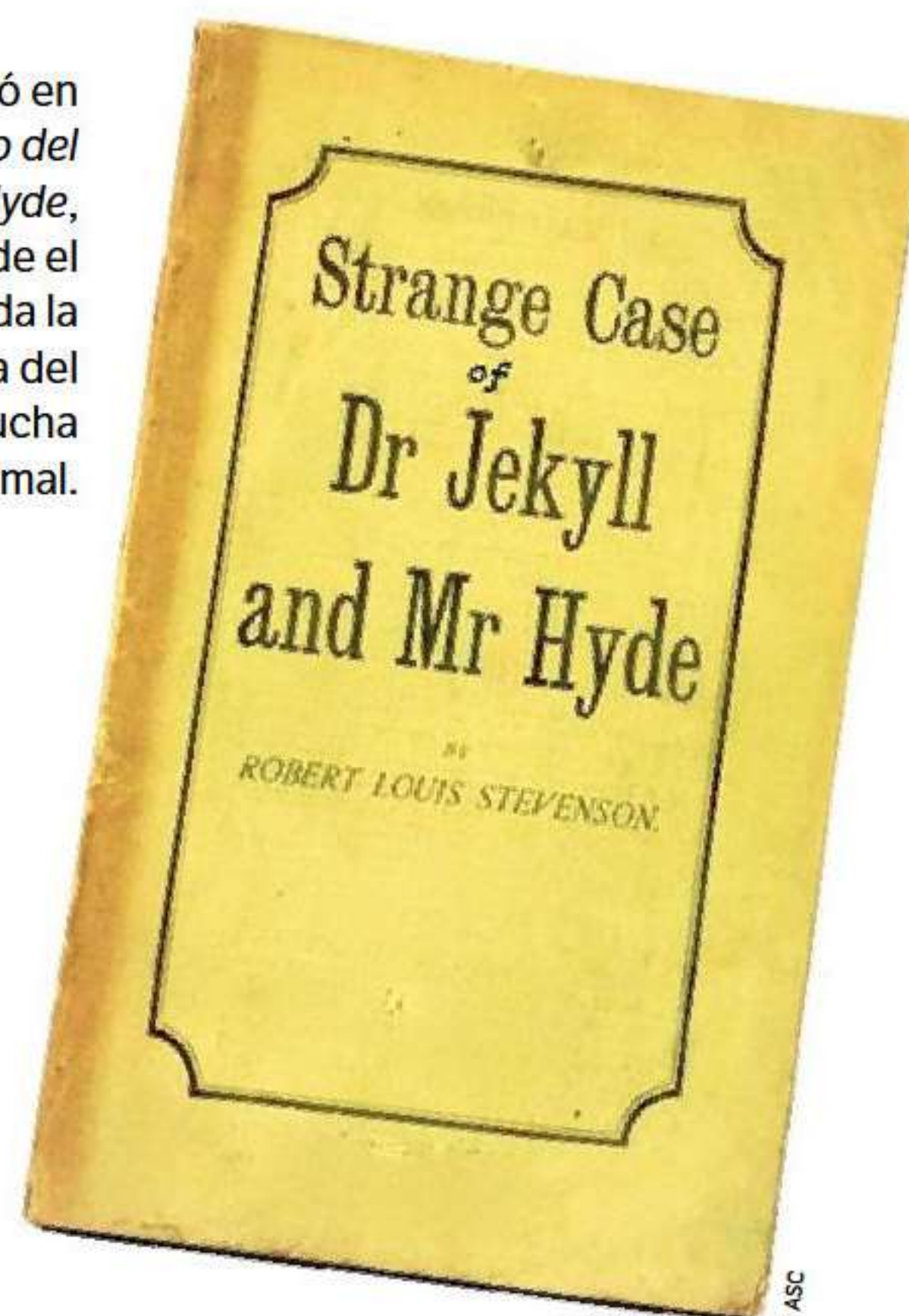
Retrato de Allison Cunningham, «Cummy», la niñera del pequeño Robert Louis Stevenson.

nuevo las toses. Para calmar su respiración piensa en algún cuento. Se concentra en su relato. Un hombre con dos personalidades. Una de día y otra de noche, más violenta. En ocasiones le gustaría poder tener dos personalidades. Una como un hombre sereno y perfecto, otra en la que pudiese expulsar toda la rabia contenida. Robert se calma. Vuelve al sueño.

En 1886 Robert publicó *El extraño caso de Dr Jekyll and Mr Hyde*. Una breve novela donde el autor explora la doble naturaleza del ser humano a través del doctor Jekyll y su violento alter ego, Mr. Hyde. El conflicto interno sobre el bien y el mal. La historia nació en una pesadilla del escritor. Aunque más tarde dijo que no era su mejor novela, el impacto de la historia en Gran Bretaña fue enorme. Vendió cuarenta mil ejemplares en seis meses. Y el libro fue un éxito rotundo. «El hombre no es verdaderamente uno, sino dos», escribió en la historia.

No era la primera novela de Robert. Ya de joven, en 1866 escribió una ficción histórica llamada *La rebelión de Pentland*, inspirada en su querido Walter Scott. Su padre, resignado al fin ante la vocación inquebrantable de su hijo fue quien consiguió que el libro se editara. Garantizó a la editorial la compra de los ejemplares no vendidos. El libro no tuvo gran éxito, pero más tarde, cuando el escritor fue reconocido, se agotaron todos los ejemplares, pudiendo el padre recuperar todo el capital invertido. Desde aquel mo-

Stevenson publicó en 1886 *El extraño caso del Dr. Jekyll y Mister Hyde*, una novela donde el escritor aborda la doble naturaleza del ser humano, la lucha entre el bien y el mal.



mento siempre estuvo orgulloso de su hijo, aunque no siguiera la tradición familiar.

Robert está tumbado en la ladera de un río. Ya es adulto. Piensa en la vida. Si merece la pena el esfuerzo del trabajo. De estar siempre ocupado. No entiende la crítica al ocioso. No hacer nada, a veces, está bien. Simplemente contemplar el momento. El sol le calienta el rostro. Contempla el río. Después un árbol. Escucha unos niños que juegan al fondo. La brisa le agita el cabello. Qué sería de la vida sin estos momentos mágicos, piensa el escritor. Un ataque de tos le aparta de sus pensamientos. Decide inventar otra historia. Una de piratas.

El primer éxito de Robert fue *La isla del tesoro*. Comenzó a editarse por entregas en 1881. Muy al estilo de Charles Dickens, otro referente de Robert. En 1883 apareció como libro completo y redefinió la novela de aventuras. «Quince hombres sobre el cofre del muerto. Jo jo jo, y una botella de ron», la canción del pirata, quizás estos sean los versos más conocidos de todos los libros de aventuras. La novela cuenta la historia de Jim Hawkins, un muchacho que encuentra un mapa que conduce a un tesoro pirata enterrado. El viaje por mar lo enfrenta a Long John Silver, un carismático pirata. Acción. Aventuras. Islas desiertas. El libro habla sobre la pérdida de la inocencia. El aprendizaje entre la lealtad y la codicia. Una aventura sobre el crecimiento personal. El tesoro no es el oro. Es la experiencia. «El viaje importa más que el botín», escribe Robert en el manuscrito.

Robert, de joven, tuvo su propio crecimiento personal. Desafió la moral victoriana de la época. Frequentaba burdeles. Fumaba hachís. Y se declaró agnóstico, scandalizando a su padre. Siempre fue un rebelde que luchó contra las tradiciones sociales de la época. En aquella época rebelde escribió magníficos ensayos. Criticando la sociedad. Las costumbres. La ociosidad. Y alabando el placer por el placer. Defendiendo los momentos tranquilos de la vida. Tomar un respiro y disfrutar. La observación frente a la produc-

Robert buscaba aventura. Experiencias. Vivir. Navegó por todos los ríos de Bélgica. Estuvo grandes temporadas en Inglaterra y Suiza. Viajó hasta Adirondacks...

tividad. En su libro *Defensa de los ociosos*, un pequeño ensayo que debería ser obligatorio en todos los colegios del mundo, Robert escribió: «No hacer nada es una forma muy honorable de vivir».

Escribió también ensayos sobre Arte. Literatura. Sobre Edgar Allan Poe, Victor Hugo. Escribió sobre viajes. En su libro de ensayo *Viajes* explica que hay dos tipos de personas, las que sienten curiosidad en saber lo que hay al otro lado de una colina y los que se quedan simplemente observándola. Él fue de los primeros.

Robert buscaba aventura. Experiencias. Vivir. Navegó por los ríos de Bélgica. Estuvo grandes temporadas en Inglaterra y Suiza. Viajó hasta Adirondacks, cordillera de América del norte, buscando un lugar favorable para su salud. Pasó por San Francisco. Nueva York. California. Y llegó a Francia. Y allí, cuando menos lo esperaba, Robert conoció el amor.

Robert encontró a Fanny Osbourne en 1876, en Grez-sur-Loing, una colonia de artistas cercana a Fontainebleau, Francia. Él tenía veintiséis años. Ella treinta y seis. Pero había un pequeño problema... Fanny estaba casada.

Fanny viajaba con sus tres hijos por el país. Cuando encontró a Robert decidió pasar la vida junto a él. Fue un amor a primera vista. Robert, frágil de salud, y ya volcado en su trabajo de escritor, quedó impresionado por Fanny. Vio en ella una mujer altamente inteligente. Independiente. E igual que él, con unas enormes ganas de vivir. Y en seguida decidieron compartir caminos juntos.

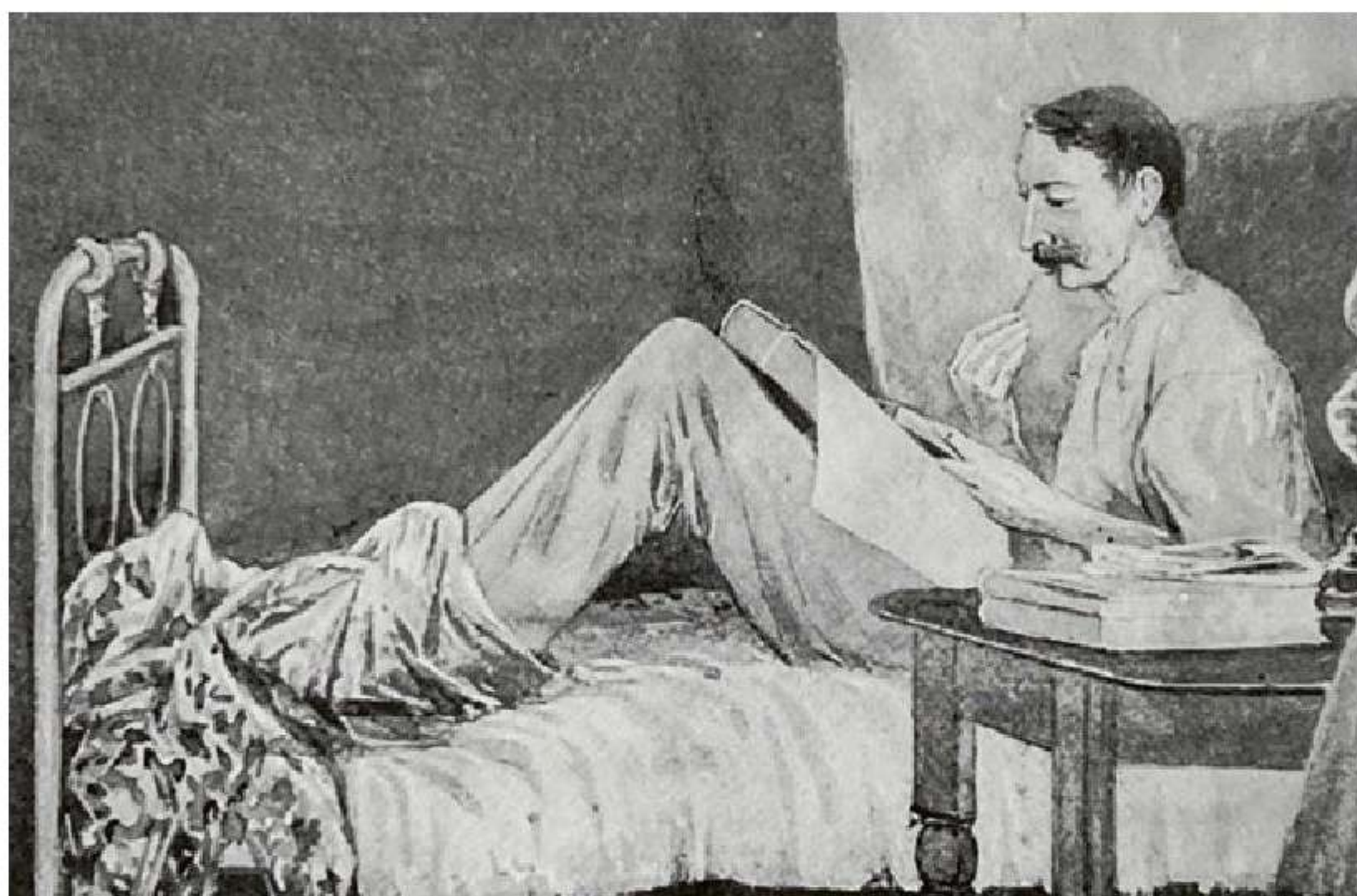
Fanny regresó a California para tramitar su divorcio. Robert no podía ya separarse de ella y decidió acompañarla. Pidió dinero a su padre para el viaje. Pero este se lo negó. No estaba de acuerdo con aquella relación. Robert ya se había convertido en un adulto independiente y ahorró durante meses. Al cabo de un tiempo pudo ir hasta Fanny. Pero el viaje fue duro. Trenes. Barcos. Cansancio. Su salud empeoró. Cuando llegó a Estados Unidos cayó gravemente enfermo. Al borde de la muerte. Fanny le pedía que contase historias en voz alta. Alguna aventura que pudiese calmar su enfermedad. Algún relato que pudiese alargar su vida y poder disfrutar más tiempo de su amor. «Te amo más que a ninguna

otra cosa en el mundo, y si no puedo vivir contigo, no deseo vivir en absoluto», escribirá Robert a Fanny.

Y Robert le contó una gran aventura. Por aquella época le surgió la idea de escribir *La Flecha negra*. Una historia ambientada en la Guerra de las Dos Rosas del siglo xv. Cuenta un conflicto civil que enfrentó a las casas de York y Lancaster. Robert la editó muchos años después, en 1888, y la concibió para un público infantil. Pero en cuanto llegó a las librerías fue comprada por todo tipo de lectores. La historia cuenta las aventuras del joven Richard «Dick» Shelton que pasa de ser un buen muchacho a un hombre que lucha contra la corrupción y la violencia de la misteriosa hermandad de la Flecha Negra. La novela tenía todos los elementos para pasar a la historia de la literatura de aventuras. Y así fue. El libro tuvo un rotundo éxito.

El divorcio de Fanny se resolvió en 1880. Y Robert recuperó la salud. Ese mismo año se casaron en San Francisco. La unión no solo fue sentimental, sino también profesional. Fanny leía todos los manuscritos de su amando antes de ser editados. Los corregía. Proponía cambios. El escritor aceptaba todas las sugerencias de su mujer. Y ambos, a la luz de las velas, releían los párrafos cambiados entre abrazo y abrazo. Y suponemos que después harían el amor apasionadamente como los personajes de las novelas de Robert.

Además, Robert adoptó a Lloyd Osbourne, el hijo de Fanny que pasaría a ser su hijastro y ahijado. Lloyd se



Stevenson ahorró para reunirse en Estados Unidos con Fanny, pero el viaje fue duro y cayó gravemente enfermo al llegar, estando casi la borde de la muerte. Se fue recuperando mientras se le ocurría una gran historia: la de la Flecha Negra.

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:



Stevenson murió el 3 de diciembre en Samoa a los 44 años, donde era llamado «Tusitala», el que cuenta historias. Su tumba se encuentra en lo alto del monte Vaea, frente al océano que tantas veces había contemplado en vida. Fanny reposa a su lado.

convirtió en otro gran escritor y con los años, padre e hijo, se convirtieron en colaboradores literarios. Juntos escribieron obras como *El saqueador* y *La marea baja*. Robert en aquellos momentos se acordaba de su padre, fallecido años atrás. Se esforzó en trazar lazos sentimentales con su hijastro como le hubiera gustado que su padre hubiera hecho con él. Pero Robert le perdonó a los años y siempre mantuvo un buen recuerdo de él.

La familia emprendió un gran viaje. La salud de Robert no mejoraba y pensaban que si trasladaban la residencia familiar a un lugar más saludable mejoraría su enfermedad. Viajaron por los Mares del Sur. Las islas Marquesas. Fakarava. Tahití. Honolulu. Gilbert y Sidney. Hasta instalarse, de forma definitiva, en Vailima, isla de Upolu, Samoa.

Robert se ayuda con su bastón para recorrer el sendero de la preciosa isla. Hace años, que junto a su esposa y su hijastro, vive feliz en Samoa. Pero ahora se encuentra solo. Observa la montaña a su derecha. A la izquierda un pequeño río. La isla es maravillosa, piensa. Un buen lugar para acabar. Robert cierra los ojos y respira profundamente. Qué gran momento de ocio, piensa. De repente la tranquilidad se rompe. Un grupo de niños nativos corren hacia él. Se sientan a su alrededor. Robert suspira pacientemente. Los niños se dan codazos entre sí. Creen que tarde o temprano el escritor accederá. Robert mira a los niños y sonríe. Sabe qué es lo que quieren. En la isla no es llamado *Tusitala*, «el que cuenta historias», en vano. Levanta las dos manos. Todos los niños le observan ojipláticos. Robert guarda silencio unos segundos, sabe que así, añade más intriga a sus palabras. Empiezan la narración de un cuento. Los niños ríen al haber conseguido su objetivo. «No hay nada

más verdadero que una buena historia bien contada» escribió en una ocasión el autor. El escritor les cuenta una historia preciosa sobre la importancia de no hacer nada y solo dejarse llevar por el tiempo. Al finalizar el cuento todos aplauden. Robert les pide que le dejen a solas. Camina un poco más por el sendero que asciende hacia la montaña. Sí, es una maravillosa Isla, se reafirma Robert. Y con una sonrisa en los labios se desploma en el suelo.

Robert Louis Stevenson murió el 3 de diciembre de 1894 en Samoa, a los 44 años, tras una hemorragia cerebral. Fue enterrado en la cima del monte Vaea. Frente al océano que tantas veces había observado en vida. En el entierro, su familia y todos los aldeanos, fueron a darle el último adiós. Al anochecer encendieron una hoguera e inventaron historias hasta el amanecer. A la mañana siguiente decidieron observar las nubes durante horas y no hacer nada durante el resto del día.

Fanny sobrevivió veinte años más. A su fallecimiento sus cenizas fueron a reposar junto a las de Robert, cumpliendo el destino acordado entre ellos. En el epitafio de Robert se escribe: «Aquí yace donde quiso yacer; de vuelta del mar está el marinero, de vuelta del monte está el cazador». □

Bibliografía:

- Stevenson, Robert Louis. *Escribir: ensayos sobre literatura*. Páginas de Espuma, 2013.
- Stevenson, Robert Louis. *En defensa de los ociosos*. Gadir, 2009.

ESPECIAL ODISEA ESPACIAL



ESTRENO

LUNES 5 AL SÁBADO 10, 23:00

ODISEA

EL CANAL DE CIENCIA DE **amc CHANNELS**

DISPONIBLE EN

prime video

vodafone



Jazztel

yoigo

DIGI



MASMOVIL

AVATEL

R



pepephone

LOWI



¿Dónde termina lo cotidiano
y empieza lo extraordinario?



Nuevo Audi Q4

Sportback e-tron
100% eléctrico



Hay quienes creen que hay unos pocos días destinados a las grandes ocasiones y que el resto transcurren sin dejar huella, pero ¿y si esa frontera no la marcara el calendario, sino la forma en que decides vivir cada día? Como cuando te sientas al volante del nuevo Audi Q4 Sportback e-tron 100% eléctrico con una autonomía de hasta 592 km (WLTP)*, carga bidireccional y un amplio interior en el que destaca el escenario digital intuitivo que redefine la conectividad y el confort. Cuando llevas cada día a otro nivel, la rutina queda atrás.

Audi A la vanguardia de la técnica.

Consumo eléctrico combinado: 14,8-18,6 kWh/100 km; Emisiones combinadas de CO₂: 0 g/km. Las cifras de consumo y emisiones de CO₂ se facilitan en intervalos porque varían en función del equipamiento, el juego de ruedas y los neumáticos seleccionados.

*La autonomía varía entre 411 y 592 km (WLTP) en función del acabado y el equipamiento seleccionado.

