

NEUROLOGÍA

¿QUÉ OCURRE EN NUESTRO CEREBRO CUANDO MORIMOS?

ENLACE AL CANAL

[x.com/byneontelegram](https://t.me/byneontelegram)

O escanea el código QR:



PALEONTOLOGÍA

DESCUBRIMOS LA INFANCIA EN ATAPUERCA CON JUAN LUIS ARSUAGA

DEMOGRAFÍA

HACIA UN PLANETA CON MENOS HUMANOS

ECOLOGÍA

DESIERTOS MARINOS, LA HUELLA HUMANA AHOGA ECOSISTEMAS

MATEMÁTICAS

NUEVAS FÓRMULAS PARA DISEÑOS MÁS LIGEROS Y SOSTENIBLES

ALUCINACIONES DE LA

POR QUÉ NOS ENGAÑA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA Y CÓMO EVITARLO

IA

¡YA A LA VENTA!

MUY
INTERESANTE

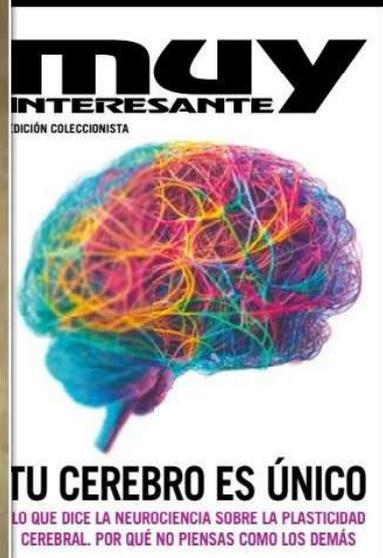
VIVE UN MUNDO EN CONSTANTE CAMBIO



La Física cuántica ha salido del laboratorio para formar parte de nuestra vida cotidiana. Conceptos que parecían ciencia ficción, como los viajeros del futuro o el vidrio Bose, comienzan a tomar forma.



El ADN neandertal vive en nosotros y es parte de lo que nos hace humanos. Los más relevantes expertos desmontan el mito: la ciencia confirma que eran cazadores sofisticados, artistas, cuidaban a sus heridos y hablaban.



Un océano de impulsos eléctricos brillan en nuestro cerebro, son las emociones, los pensamientos, la memoria. Exploramos su arquitectura, sus códigos y asimetrías para descubrir por qué pensamos como lo hacemos.

También puedes adquirir las Ediciones Coleccionista de Muy Interesante en <https://suscripciones.zinetmedia.es/muy-interesante/muy-interesante-ediciones-coleccionista/>



De Atapuerca a la inteligencia artificial

Las máquinas no sueñan, pero a veces lo parece. Los sistemas de inteligencia artificial, que la mayoría de nosotros ya usamos a diario, generan respuestas que no esperamos y que rozan lo absurdo o la mentira. Son errores, sí, pero también espejos de la complejidad de los algoritmos que los sostienen. Las llamamos «alucinaciones», un término que evoca locura y fantasía, pero que en realidad nos habla de un reto científico concreto: comprender cómo piensan las máquinas. ¿Son esas ocurrencias producto de una mente propia, de una conciencia? En Burgos, una exposición sobre la ñiñez en Atapuerca nos muestra cómo cooperación, ternura y violencia se entreteñían ya en las primeras etapas de nuestra especie. Y frente al misterio del origen, el del final: ¿qué ocurre en el cerebro cuando morimos? Y cuando miramos al presente del planeta nos encontramos con que pronto podríamos habitar un mundo con menos humanos, que hay discapacidades que siguen esperando ser reconocidas, que en las aguas del océano la huella humana ahoga ecosistemas enteros, y que en los laboratorios de matemáticas, nuevas fórmulas permiten diseñar estructuras más ligeras y sostenibles. Te invitamos a un viaje por lo que somos y lo que podríamos llegar a ser. Porque el verdadero desafío no está solo en las máquinas que alucinan, sino en nuestra capacidad de mirar el mundo con curiosidad, sin miedo a las preguntas que todavía no sabemos contestar. La aventura del saber continúa.



Cristina Enríquez,
subdirectora
cenriquez@zinetmedia.es

Más MUY en tu quiosco:



REDACCIÓN

Directora: **Carmen Sabalete**
(csabalete@zinetmedia.es).
Subdirectora: **Cristina Enríquez**
(cenriquez@zinetmedia.es).
Coordinador de Diseño: **Oscar Álvarez**
(oalvarez@zinetmedia.es).
Área digital: **Christian Pérez**
(cperez@muyinteresante.com).

Colaboradores: **Jorge de los Santos, Juan Luis Arsuaga, Raquel Asiain, Miguel Ángel Sabadell, Carmen Castellanos, Javier Rada, Gisela Baños, Lucía Sesma, Alberto Donoso, José Carlos Bellido, Ernesto Aranda, David Ruiz, Laura G. de Rivera, David Pastor Vico, Javier Moreno, Tata Gavilán, Manuel Martín-Loches, Eugenio Manuel Fernández Aguilar, Gema Boiza, Victoria**

Pascual, José Miguel Viñas, María Isabel Alcántara Moreno.
Carmen Castellanos (edición), Andrés Pérez (maquetación).

DIRECCIÓN Y TELÉFONO

C/ Alcalá 79 1.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 Cervetera 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: 11/2025

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.

30



ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

Ó escanea el código QR:



REPORTAJES

14 Sueños rotos

Una exposición en el Museo de la Evolución de Burgos nos adentra en el mundo de la niñez en Atapuerca.

20 ¿Qué sucede en nuestro cerebro cuando morimos?

Los científicos se preguntan si la mente puede sobrevivir más allá del cerebro, porque morir es un proceso tan misterioso como complejo.

30 Hacia un planeta con menos humanos

A finales de este siglo, la población humana, tras alcanzar su techo, empezará a menguar debido a la caída general de la natalidad en todo el mundo.

36 Alucinaciones de la IA

En ocasiones, la inteligencia artificial parece que tiene conciencia propia. ¿Puede llegar a pensar sola?

44 ¿Dónde hay que poner los agujeros?

Las matemáticas, la física y la computación se alían para diseñar estructuras más ligeras, eficaces y sostenibles.

52 Discapacidades invisibles

Muchas enfermedades, por la dificultad de su diagnóstico, están entre las grandes olvidadas del sistema de salud.

58 La zona muerta

El número de desiertos oceánicos, donde la vida marina perece asfixiada, no deja de crecer.

106 Infancia, adolescencia y educación en el antiguo Egipto

A diferencia de otras civilizaciones, en Egipto la infancia era venerada y respetada como un regalo de los dioses.

ENTREVISTAS

26 Antonio Turiel

El físico y divulgador científico nos explica los retos del cambio a una sociedad sostenible y la necesidad de una transición energética real.

94 Jonathan Benito

El neurocientífico nos habla de la amabilidad, una herramienta que nos ayuda a ser más felices y a vivir mejor.

FIRMAS

6 Gran Angular

Jorge de los Santos nos cuenta como el hombre, como las letras, adquiere significado cuando se relaciona con otros.

12 Hablando de ciencia

«La guerra del talento» o cómo vender pseudociencia a las grandes compañías, por Miguel Ángel Sabadell.

43 Palabras cruzadas

Lucía Sesma nos explica cómo la ciencia de la publicidad nos hace creer que lo imposible es posible.

50 Pensamiento crítico

David Pastor Vico aclara el verdadero significado del aforismo griego «Conócete a ti mismo».

66 Tecnocultura

Javier Moreno habla sobre una nueva forma de entretenimiento: observar la reacción del que observa.

82 Neurociencia

La mente de un mosquito, por Manuel Martín-Loeches.

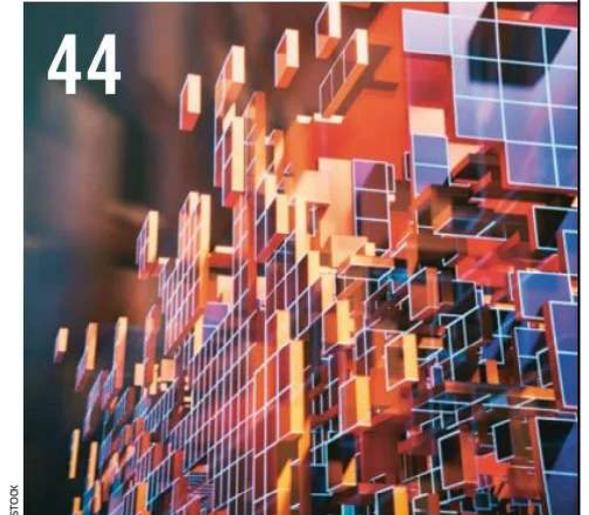
104 Pinceladas de meteorólogo

Paisajes otoñales en la pintura, por José Miguel Viñas.

JUAN LUIS ARGÜEÑAS/RADJEL ASSAN



14



44

ISTOCK



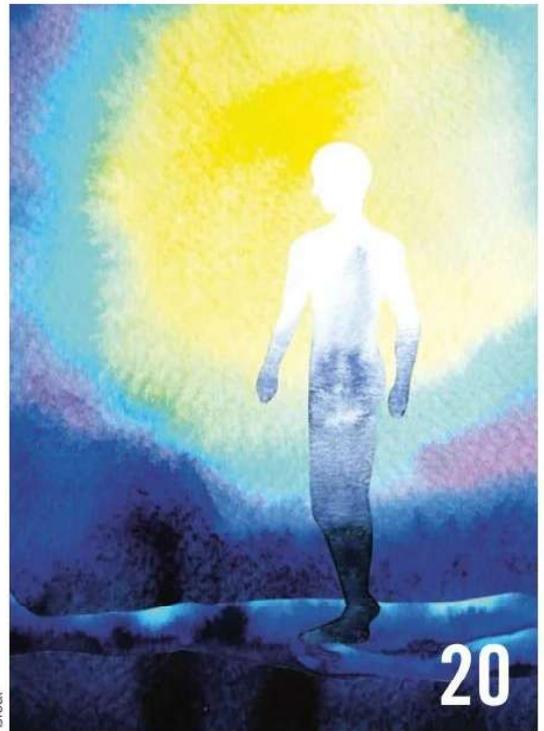
106

ALBUM



58

SHUTTERSTOCK



20

ISTOCK

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



Rompedora investigación sobre el dimorfismo sexual en la evolución humana: detectan grandes diferencias de tamaño entre los machos y las hembras de los homínidos arcaicos
 Por Erica Couto.



Un hallazgo reescribe el inicio de la vida fuera del agua: encuentran en Polonia rastros de peces que caminaban sobre tierra firme hace 400 millones de años.
 Por Christian Pérez



Una adolescente de 17 años refuta una idea matemática aceptada desde hace casi medio siglo: la conjetura de Mizohata-Takeuchi, un pilar del análisis armónico.
 Por Eugenio M. Fernández Aguilar



El hallazgo de una proteína que se acumula en el cerebro en el transcurso de los años abre una vía contra el envejecimiento y la pérdida de memoria.
 Por Edgary Rodríguez R.

POR
JORGE DE LOS SANTOS,
artista y pensador



ABROCHARSE LA CASACA

EL HOMBRE ES EN CUANTO QUE ES POSIBLE, Y PARA ELLO DEBE ENTRAR EN RELACIÓN CON OTROS, COMO LAS LETRAS QUE SE ALÍAN, COPULAN Y SE UNIFICAN PARA CREAR UN TODO. AL RECONOCERNOS NOS DAMOS SIGNIFICADO, SABEMOS A QUÉ LUGAR PERTENECEMOS.

Algunos sansimonianos tenían una peculiar costumbre. Vestían gruesas casacas que solo podían abrocharse, como las camisas de fuerza, desde atrás. Así cada vez que uno tuviera que colocarse o despojarse de la pieza tenía una «extraña» obligación: pedir ayuda. El simbolismo del gesto es evidente: mostrar de manera explícita la interdependencia que requiere alcanzar y sostener la condición humana. Asumir que sin el otro no tenemos abrigo, no sobrevivimos a la intemperie.

EN REALIDAD EL ASUNTO ES BASTANTE MÁS RADICAL. Sin el otro, sin su cooperación, un humano nunca tendría sentido. No podría explicarse a él mismo, carecería de fundamento y de proyección, perdería cualquier campo de posibilidades. Y nosotros somos, en cuanto que somos posibles. Establezcamos una metáfora. La letra «i». Por sí misma es una simple grafía: una línea coronada por un punto. Si la extrajésemos de un contexto lingüístico nuestra «i» sería un mero garabato que nada significa. No tendría sentido alguno, nada explicaría, sería perfectamente prescindible o sustituible por cualquier otro garabato. No sería ni siquiera una letra. Su sentido y su función simbólica se alcanza cuando se erotiza. Cuando, en la particularidad exclusiva de ser ese trazo y no otro, empieza a tener que ver con las demás arbitrarias grafías. Cuando se deja contaminar por las otras, cuando se im-

plica con ellas, cuando se alía y conforma en lo colectivo una unidad de sentido. Cuando consigue que otra le abroche la zamarra. Así, si nuestro particular trazo afecta y es afectado por la «a», la «m» la «g» y la «o», por ejemplo, consigue una unidad de sentido, «amigo». La «i» deviene una «i» plena de sentido. Alcanza y sostiene la condición de letra. Deviene comprensible al cumplir su ontológica condición de interdependencia. Hasta la «y», tan solitaria ella en ocasiones, para alcanzar sentido debe «copular», entrar en relación, unificar y aliar, ser en conjunción.

EL PUNTO DONDE CONCRETA LA INTERDEPENDENCIA SU FUNCIÓN ES EN EL RECONOCIMIENTO. Concepto capital para entender cómo un garabato, «bipedo y sin plumas»,

“ Y hasta la «y» tan solitaria ella en ocasiones, para alcanzar sentido debe copular, entrar en relación, unificar y aliar, ser en conjunción ”





ISTOCK

“ El reconocimiento, por más que tenga esa acepción, no es el valor de los que somos, es la única posibilidad del que seamos. Sin reconocimiento simplemente no somos ”

alcanza eso de la humanidad. Reconocer es apreciar en el otro lo que ya se conoce como propio (la humanidad). Hegel lo manifiesta, Lacan lo prosigue, Habermas lo amplifica. Somos en cuanto somos desde el inicio de ser arrojados reconocidos por los demás. El reconocimiento, por más que tenga esa acepción, no es el valor de lo que somos, es la única posibilidad de que seamos. Sin reconocimiento simplemente no somos. A todos nos han tenido que decir, y nos lo tienen que repetir continuamente, lo que somos en cuanto a lo que pertenecemos. A quiénes son nuestros prójimos. Cuando la madre abrazó al pequeño lo reconoce, cuando el compañero le quitó el balón lo reconoce, cuando alguien le explicó dónde estaba el Beluchistán lo reconoce, cuando la novia lo besa, lo reconoce. Reconocido, el sujeto sabe quiénes son sus prójimos, sus muertos y los que están por venir. Establece un proyecto, se inserta en la gramática del conjugar, se hace lenguaje, deseo y finitud. No es de extrañar, por tanto, que para muchos autores la filosofía primera sea la ética. Primero tratar al otro, después vendrá todo lo demás.

AÑOS FINALES DEL SIGLO XVII. En la boscosa comarca francesa de Aveyron, unos cazadores encuentran a una extraña criatura. De apariencia humana, aunque con un desarrollo físico extraordinariamente precario, su comportamiento se asemeja al de una alimaña que intenta

huir. Al chico, al que le calculan unos once años de edad, le ponen un nombre: Víctor. Víctor, deviene el prototipo del «buen salvaje» roussoniano, un ser humano que no ha mantenido posiblemente desde su nacimiento contacto alguno con otro ser humano. Incólume, virginal, no contaminado por los efectos de la sociedad y la cultura, su popularidad deviene enorme en la Francia ilustrada. Apenas 28 años después de ser encontrado fallece. En este tiempo, en el que le han asignado los más expertos tutores de Francia, no ha aprendido una sola palabra, no ha dejado de mostrarse agresivo y esquivo, sigue comiendo con rapidez en el suelo, gruñe y no soporta ningún tipo de vestimenta. Víctor ni siquiera se reconoce como Víctor. La falta de reconocimiento en él, el no haber sido amparado por colectivo humano alguno, desarticuló el prodigioso proceso de humanización. Cuando tuvieron que ver con él ya era demasiado tarde para ser visto. La necesidad de reconocimiento es un asunto vital, la actual necesidad de ser aplaudido, jaleado, reconducido, solo demuestra lo endiabladamente difícil que nos resulta sostener nuestra condición en un mundo donde la competencia prima sobre la copertenencia, donde la identificación procede más de una IA que de una madre, donde la adolescencia (que «adolece» de propiedad) se perpetúa y donde nadie se presta ya a abrochar por detrás el tabardo que nos resguarda del frío. □

El ADN mitocondrial de los tiburones blancos, el heredado de la hembra, muestra grandes diferencias entre las distintas poblaciones.



SHUTTERSTOCK

LA GENÉTICA DEL TIBURÓN BLANCO DESAFÍA A LA BIOLOGÍA

El ADN del tiburón blanco no deja de sorprender a la comunidad científica. Si en 2024 un análisis genómico reveló que su ADN nuclear, heredado de ambos padres, es muy similar entre poblaciones globales, pero su ADN mitocondrial, transmitido solo por la madre, es increíblemente diferente. La teoría más aceptada de este hecho era que las hembras, por muy lejos que estuvieran, regresan a su lugar de nacimiento para reproducirse, la llamada filopatría femenina. De esta forma, no existe una sola población global, sino tres linajes muy diferenciados: Atlántico Norte-

Mediterráneo, Indo-Pacífico y Pacífico Norte, separados desde hace entre 100 000 y 200 000 años.

Ahora, un estudio publicado en la revista *PNAS* ha desvelado que su ADN mitocondrial muestra grandes diferencias. Ese ADN, transmitido únicamente por la madre y en bloque, era una herramienta fundamental para identificar diferentes poblaciones y trazar las rutas migratorias. Los investigadores querían averiguar si la «discordancia mitonuclear» se debía a que las hembras volvían al lugar de nacimiento para reproducirse mientras que los machos mezclaban sus genes a gran escala. Pero las conclusiones del estu-

dio sentenciaron que los modelos, que ensamblaron un genoma de cromosomas completos y simulaban escenarios demográficos realistas a partir de un ancestro común, nunca lograron reproducir el patrón que observa el ADN mitocondrial. Así pues, la causa podría estar en otra fuerza evolutiva. El tiburón blanco no forma una sola «mezcla global» de individuos, sino conjuntos evolutivos distintos que requieren planes de gestión adaptados a cada cuenca oceánica. La hipótesis que se plantea es si la selección natural puede estar actuando sobre el genoma mitocondrial o sobre la compatibilidad entre mitocondria y núcleo.

ANIMALES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN 2025

Más del 20 % de los animales del planeta Tierra, de un total de 7,7 millones de especies, se encuentran en peligro de extinción. La acción del ser humano ha provocado un daño irreparable a la biodiversidad del planeta: según Naciones Unidas, de las 8300 razas de animales conocidas, el 8 % están extintas y el 22 % en peligro de extinción. Algunos científicos califican a este hecho como la sexta gran extinción. El 75 % de los ecosistemas terrestres y dos tercios de los marinos han sido alterados significativamente por la actividad humana. El yaguararé, por ejemplo, el felino más grande de América, está en peligro físico de extinción y se alimenta de presas salvajes, pero en los últimos años depreda ocasionalmente animales de granja y mascotas, debido a la pérdida de su hábitat natural. El Programa ONU para el Desarrollo ha diseñado el primer seguro de yaguararé para mejorar la convivencia del felino con la población y los ganaderos.

Entre los doce animales más amenazados de la Tierra, que podrían desaparecer en los próximos años, también se encuentran el chimpancé, el tigre, la ballena azul, el lémur, el rinoceronte de Sumatra, el gorila occidental, el pangolín, el mono tití, el elefante africano, el lobo rojo o el hámster común. La Lista Roja de las Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza es un indicador crítico sobre la salud de la biodiversidad del mundo.



El 22 % de las especies de la Tierra están en peligro de extinción, el jaguar o yaguararé, en la imagen, es una de ellas.

UNA MASA DE ROCA BAJO ESTADOS UNIDOS PODRÍA EXPLICAR LA GEOLOGÍA DE LA TIERRA

Los montes Apalaches ocultan una gigantesca masa de roca ardiente, oculta a 200 kilómetros de profundidad, que se está moviendo lentamente hacia el oeste, hacia Nueva York, y que podría explicar por qué las montañas se mantienen en pie.

Bajo la calma superficial de la región, las Montañas Apalaches, erosionadas y domesticadas por el paso de millones de años, habrían tenido un convulso pasado tectónico. Ahora

se ha descubierto un fenómeno, conocido como la Anomalía del Norte de los Apalaches (NAA, por sus siglas en inglés) que es obra de un grupo de investigadores liderados por Thomas M. Gernon y que ha sido publicado en la revista *Geology*. Tras años de simulaciones geodinámicas, modelos tectónicos y tomografías sísmicas, la investigación apunta que el orgien de la anomalía se remonta a un evento tectónico: la ruptura entre

Groenlandia y América del Norte hace 80 millones de años. La NAA sería una masa de roca extremadamente caliente situada dentro de la astenosfera, la capa semisólida del manto terrestre. Su tamaño sería entre 350 y 400 kilómetros de diámetro y además se mueve a un ritmo lento pero constante, 20 kilómetros por millón de años. Así se ha ido desplazando 1800 kilómetros desde su nacimiento cerca del Mar de Labrador hasta hallarse bajo el estado de New Hampshire.

El movimiento sería consecuencia del fenómeno conocido como inestabilidad de Rayleigh-Taylor, un proceso físico por el cual el material denso tiende a hundirse y el más caliente y menos denso asciende. De esta forma el calor ascendente bajo su base habría reducido la densidad del manto inferior, provocando un empuje isostático hacia arriba.

También se ha descubierto una anomalía sísmica similar al otro lado del Atlántico Norte, bajo Groenlandia, como si fuera el reflejo especular del NAA.



Bajo los Montes Apalaches, en Estados Unidos, se encuentra una gran masa de roca que se mueve lentamente hacia el oeste y avanza hacia Nueva York.

UN DIENTE DE RENO HALLADO EN ATAPUERCA: EVIDENCIA DE FAUNA GLACIAL

El descubrimiento en la sierra de Atapuerca del diente de un reno, recuperado en la Galería del complejo arqueológico, ha reescrito un capítulo clave de la historia natural de la península ibérica, ya que se trata de la evidencia más antigua de fauna glacial en España, con una antigüedad estimada de entre 343 000 y 300 000 años, el Pleistoceno medio. El molar

pertenece a una cría de *Rafinger* y evidencia que, mientras el clima de la península se hacía más duro, los humanos primitivos convivían con renos, grandes herbívoros adaptados a las duras estepas de hielo que se expandían desde el norte de Eurasia.

En el Pleistoceno, Europa vivió varias glaciaciones sucesivas que transformaron el continente en ciclos

de expansión y retirada de hielo, arrastrando hacia el sur ecosistemas fríos como la llamada «Estepa de los Mamuts», donde convivían mamuts lanudos, rinocerontes lanudos y renos. El hallazgo de este molar adelanta en decenas de miles de años la llegada de esta fauna a la península, ya que antes se pensaba que solo habían llegado durante la última glaciación, alrededor de 191 000 – 123 000 años atrás.

El descubrimiento del fósil, un tercer molar de leche superior (D3), estaba envuelto en sedimento que no solo contenía huesos, también industria lítica achelense y restos humanos. El escenario que revela es el de unos grupos de homínidos del Pleistoceno medio, probablemente descendientes de *Homo heidelbergensis*, que se movían por una meseta fría entre herbívoros adaptados al hielo, cazando y carroñeando para sobrevivir. El yacimiento funcionaba como una



ESTOCK

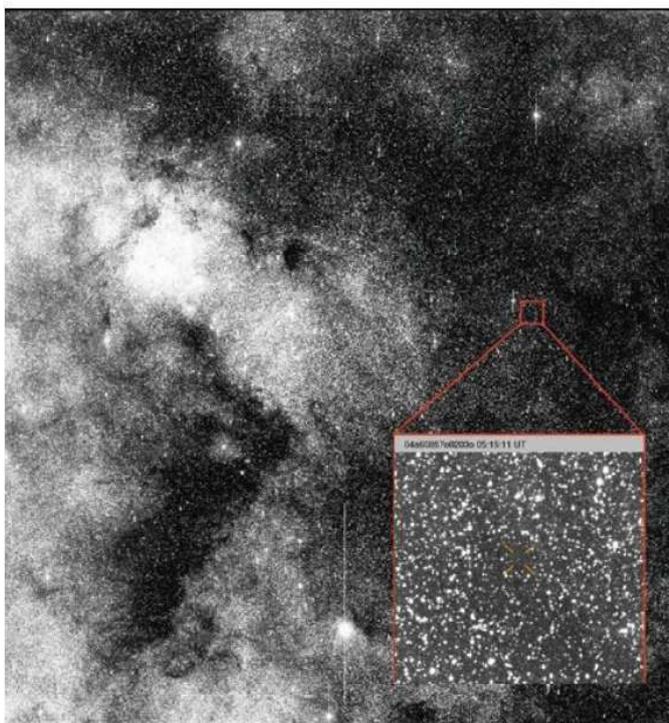
El hallazgo del molar adelanta la presencia de herbívoros como el reno en la península.

UN OBJETO INTERESTELAR EXCEPCIONAL CLAVE EN LA EXPLORACIÓN DEL COSMOS

El telescopio de sondeo Sistema de Última Alerta de Impacto Terrestre de Asteroides (Atlas, por sus siglas en inglés), situado en Chile, detectó el pasado mes de julio un cometa con una trayectoria poco usual: se trata del 3I/ATLAS, el tercer objeto que proviene del exterior de nuestro sistema solar que se ha descubierto hasta el momento. Los astrónomos lo han calificado como objeto interestelar debido a la forma hiperbólica de su trayectoria orbital: observando la órbita de 3I/ATLAS se observa claramente que el cometa viene desde afuera de nuestro sistema solar.

EL 3I/ATLAS no es un peligro para la Tierra, ya que lo más cerca que se aproximará a nosotros será a 1,8 unidades astronómicas, es decir, unos 270 millones de kilómetros, y alcanzará su punto más cercano al Sol alrededor del 30 de octubre de este año, justo dentro de la órbita de Marte.

ATLAS 3I se formó en otro sistema solar y fue expulsado al espacio interestelar. Durante millones o miles de millones de años se ha desplazado hasta que ha llegado a nuestro sistema solar, acercándose desde la dirección general de la constelación de Sagitario.



ATLAS/UNIVERSIDAD DE HAWAII/NSA

Este agujero negro es tan colosal que distorsiona el espacio-tiempo hasta curvar la luz de una galaxia de fondo en un anillo de Einstein casi completo.



UNO DE LOS AGUJEROS NEGROS MÁS GRANDES DEL UNIVERSO

El descubrimiento de un agujero negro de 36 000 millones de masas solares es un reto a los límites teóricos de los que la física actual considera posible. El objeto se ha hallado en el centro de una de las galaxias más masivas jamás observadas, la Cosmic Horseshoe, Herradura Cósmica. Este colosal objeto distorsiona el espacio-tiempo hasta curvar la luz de una galaxia de fondo en un espectacular anillo de Einstein casi completo.

Según los autores del estudio, publicado en *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, el objeto sería uno de los diez agujeros negros más masivos conocidos, quizás el mayor. El descubrimiento ha sido posible gracias a la combinación del uso del lente gravitacional fuerte y el análisis detallado del movimiento de las estrellas de la galaxia anfitriona.

ANTROPOLOGÍA VISUAL: LA HERENCIA CULTURAL FEMENINA DE CANDELARIO FOTOGRAFIADA

La obra de la fotógrafa y antropóloga Rosa Gómez, originaria de La Alberca, Salamanca, ha sido seleccionada en los International Photography Awards 2025, en la categoría People: Traditions/Culture, con su serie *Daughters of Time*, «Hijas del Tiempo», donde retrata la herencia cultural femenina en Candelario, en la sierra de Béjar. La obra se enmarca dentro del proyecto Antropología Visual: Identidad y Patrimonio, basado en el rigor antropológico en España y otros países europeos. Se trata de un ensayo visual sobre la memoria, la identidad y el poder simbólico del vestido tradicional como transmisor de conocimiento de pertenencia. La serie presenta retratos de mujeres y niñas con el traje ceremonial de Candelario. «El patrimonio no se guarda solo en los museos, sino también en las manos que lo visten, en los gestos que lo encarnan y en las mujeres que lo sostienen con dignidad y belleza», afirmó la fotógrafa.



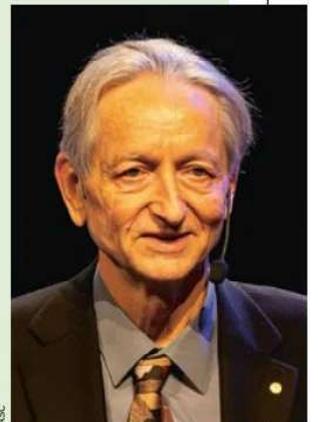
Fotografía de la serie «Hijas del tiempo», con mujeres de Candelario, Salamanca.

CREDITO

¿LA IA PUEDE LLEGAR A ACABAR CON LOS HUMANOS?

El conocido como «padrino de la IA», Geoffrey Hinton, informático galardonado con el premio Nobel, advirtió que existe entre un 10 y un 20 % de probabilidades de que la inteligencia artificial acabe con los humanos. El científico afirma que los *tech bros* están tomando un enfoque equivocado para poder evitarlo, mostrando sus dudas sobre lo que se está haciendo para asegurar que los humanos sean los dominantes sobre los sistemas de IA sumisos. El control humano podría estar en peligro inminente. Hinton ha instado a desarrollar sistemas que prioricen la compasión: dotar a las máquinas de un instinto maternal, una capacidad genuina de cuidado hacia las personas. Hinton afirma que la estra-

tegia dominante que busca mantener a la IA bajo control humano mediante restricciones y órdenes jerárquicas está destinado al fracaso. La clave está en incorporar instintos maternos en los modelos de IA para realmente «se preocupen de las personas». El científico explica que pronto la IA desarrollará dos subobjetivos fundamentales: mantenerse viva y obtener más control. Por eso es fundamental desarrollar un sentido de compasión hacia las personas. «Ese es el único buen resultado. Si no va a ser mi madre va a reemplazarme. La mayoría de estas madres de IA superinteligentes y compasivas no querrá deshacerse del instinto maternal porque no quieren que muramos».



ASC

El Nobel Geoffrey Hinton aconseja dotar a la IA de un instinto maternal.

POR
MIGUEL ÁNGEL
SABADELL
Astrofísico



«LA GUERRA DEL TALENTO» O CÓMO VENDER PSEUDOCIENCIA A LAS GRANDES COMPAÑÍAS

LA LUCHA POR LA BÚSQUEDA DEL TALENTO, AUNQUE AÚN NO SEPAMOS MUY BIEN COMO DEFINIR ESA CAPACIDAD, ES UNA GUERRA DE DESGASTE SIN FIN. PORQUE A VECES EL TALENTO SE CONFUNDE CON TÍTULOS O CON COEFICIENTE INTELECTUAL.

Cuentan que un hombre, obsesionado por una profunda duda, decidió viajar al Himalaya en busca de un gurú del que decían era el hombre más sabio del mundo. Tras una ardua escalada por zonas escarpadas, pasando frío y penurias, llegó hasta la humilde cabaña donde habitaba. Una mezcla de reverencia y emoción se agolpaban en su corazón cuando empezó a articular la pregunta que durante tanto tiempo había martilleado su cerebro. Ahora, un ser pequeño y enjuto la iba a responder: «Maestro –dijo– ¿cuál es el sentido de la vida?» El hombrecillo levantó la vista y con una mirada vivaz respondió: «¡Oh! Esperaba que usted pudiera contestarme a eso».

RESPONDER A LA PREGUNTA DE QUÉ ES EL TALENTO ES IGUALMENTE ESQUIVO. La Real Academia de la Lengua lo define como la capacidad para el desempeño de una ocupación. Definición aséptica y poco útil, como aquélla de Montesquieu: «El talento es un don que Dios nos hace en secreto y que nosotros revelamos sin saberlo». Eso sí, todos sabemos qué quiere decir nuestro interlocutor cuando habla de tener talento... ¿Pero es algo absoluto o es circunstancial? ¿Es momentáneo o crece? ¿Se puede ayudar a que crezca o se mantiene igual toda la vida? ¿Es lo mismo que aptitud? Cualquiera de nosotros nos sentimos capaces de dar respuesta a estas preguntas, y seguramente la defenderemos con fervor, pero no está claro que la

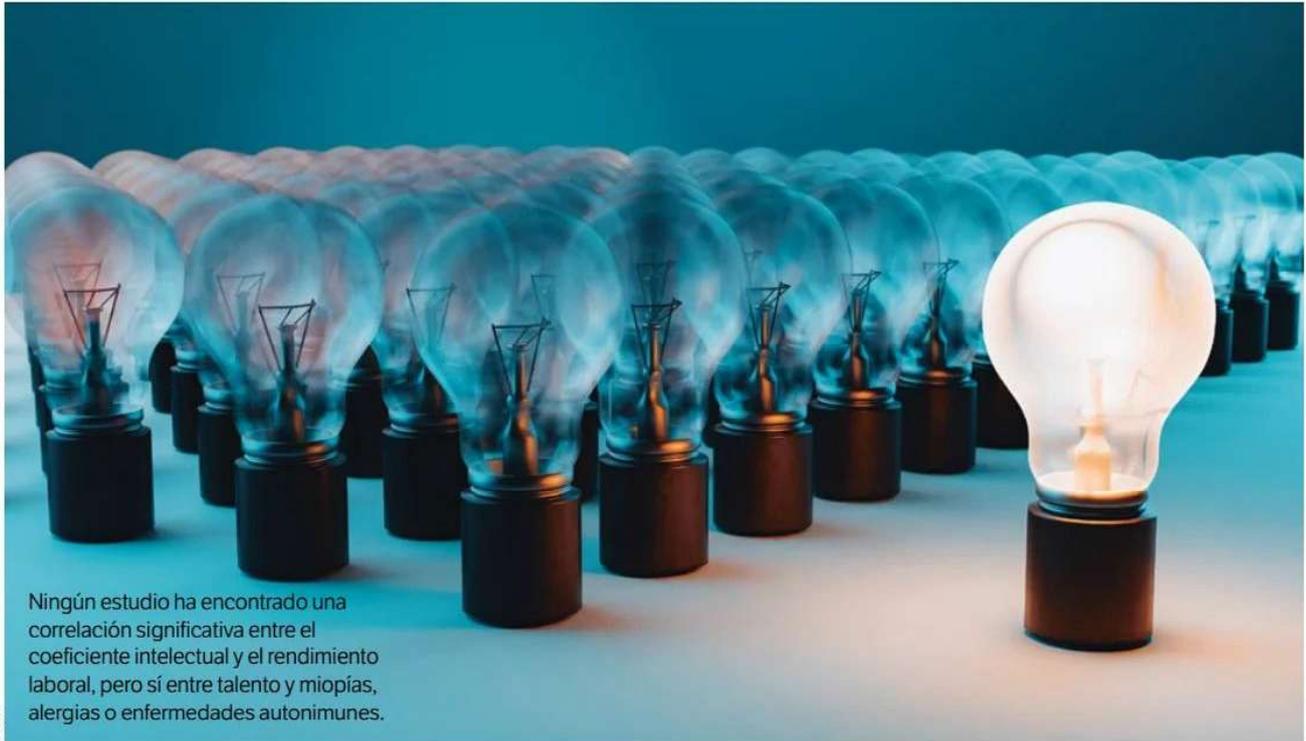
nuestra sea una respuesta correcta. De hecho, los cazadores de talento, aquellos consultores que se autoerigen en reconocedores y evaluadores de talento, buscan algo que no saben definir. Es más, ¿se puede «detectar» el talento o simplemente se lo reconoce cuando se encuentra? Muchos consultores defienden que su búsqueda es una mezcla de método e intuición, de papel y nariz.

En los años 90 se produjo lo que se llamó *The War for Talent*. Ed Michaels, Helen Handfield-Jones y Beth Axelrod, tres consultores de McKinsey & Co -la mayor y más prestigiosa consultora de gestión y administración de empresas-, dirigieron un estudio en el que se enviaron cuestionarios a 6000 directivos de todo EE. UU. y entrevistaron desde el consejero delegado al personal de recursos humanos de 77 potentes firmas. Tras tan intenso

LOS CAZADORES DE
TALENTO, **LOS QUE
SE AUTOERIGEN EN
RECONOCEDORES
Y EVALUADORES DE
TALENTO, BUSCAN
ALGO QUE
NO SABEN DEFINIR**

trabajo, los tres preclaros consultores decidieron que el recurso más importante de una empresa triunfadora es el talento: ejecutivos inteligentes y sofisticados, conocedores de la tecnología, astutos y ágiles a la hora de actuar. De ahí que la búsqueda de 'talento' es una guerra de desgaste continua, una lucha sin victoria final. Como expresó el director de McKinsey y jefe del proyecto, Ed Michaels: «Lo único que importa es el talento. El talento gana». Así que estos expertos recomendaban que, para mantener a los talentosos en el redil, las empresas debían ofrecerles continuamente prebendas desorbitadas y dejarles hacer lo que quisieran. Como confirmación a su descubrimiento, en el año 2000 completaron una segunda vuelta de entrevistas -13 000 ejecutivos y 112 empresas- que confirmaron sus conclusiones iniciales.

EL VOLUBLE MUNDO DE LOS ALTOS EJECUTIVOS -capaces de dar pábullo a tontas obviedades y simplezas del calibre del famoso superventas *¿Quién se ha llevado mi queso?*- se convulsionó, y numerosos libros aparecieron al calorillo de lo que el periodista Malcolm Gladwell llamó «la justificación intelectual para pagar sueldos absolutamente desproporcionados a quienes antes han pagado las altas sumas que exige obtener un MBA de prestigio». Porque el talento, según medían los expertos de McKinsley, se encuentra entre quienes pasan, por ejemplo, por la Escuela de Negocios de Harvard.



Ningún estudio ha encontrado una correlación significativa entre el coeficiente intelectual y el rendimiento laboral, pero sí entre talento y miopías, alergias o enfermedades autoinmunes.

ISTOCK

CAROL DWECK DIVIDE AL SER HUMANO ENTRE LOS QUE PIENSAN QUE LA INTELIGENCIA ES ALGO FIJO Y LOS QUE PIENSAN QUE ES MALEABLE

Pero el gran experimento de talento empresarial fue una empresa donde McKinsey condujo veinte proyectos diferentes, a la que facturó diez millones de dólares anuales, a donde el director de McKinsey acudía regularmente a las reuniones de dirección y donde su consejero delegado, el primer ejecutivo de la empresa, había sido socio de McKinsey. El nombre de la empresa era Enron.

En abril de 2001 McKinsey publicaba un documento explicando claramente sus rompedoras ideas sobre el talento basado en su trabajo en Enron. El 2 de diciembre Enron se declaraba en bancarrota, convirtiéndose en el mayor escándalo financiero de la historia. Siguiendo el castizo de refrán de «sostenella y no enmendalla», los únicos que no se vieron salpicados fueron los consultores de McKinsley hasta el punto de

que, a día de hoy, uno de ellos, Helen Handfield-Jones, se presenta en su LinkedIn como }«una de las principales autoridades de Canadá en [...] evaluación de directores ejecutivos y gestión del talento ejecutivo».

LOS CONSULTORES-ECONOMISTAS DE MCKINSEY cometieron el error de creer que es fácil evaluar el talento, incluso entre tus propios compañeros –parte de sus entrevistas consistían en que los ejecutivos se valoraban entre sí-. Es más, creyeron que un alto cociente intelectual (CI) garantizaba un alto rendimiento profesional. Richard Wagner, psicólogo de la Universidad Estatal de Florida, les corrige: ningún estudio ha encontrado una correlación significativa entre el CI y el rendimiento laboral. Lo que sí se ha encontrado es que hay correlaciones significativas entre talento y miopía, alergias

e incluso enfermedades autoinmunes. Aún más: aquellas personas talentosas suelen sufrir de episodios depresivos, ser solitarios y con fuertes cambios de humor.

Carol Dweck, de la Universidad de Stanford y experta en motivación para el aprendizaje. Dweck divide al ser humano en dos grupos: los que piensan que la inteligencia es algo fijo y los que piensan que es maleable. Teniendo en cuenta esto, realizó un experimento en la Universidad de Hong Kong. Tras entregar las notas de inglés a los estudiantes de ciencias sociales – que saben que necesitarán de este idioma en su futuro trabajo–les proponía clases suplementarias para mejorar la nota. Dweck esperaba que aquellos con peores notas serían los que más se apuntarían a esas clases extra. Para su sorpresa no fue así. Solo aquellos estudiantes que creían en la maleabilidad de la inteligencia –independientemente de la nota obtenida– expresaron estar interesados en las clases. Los que creían que con la inteligencia nada se puede hacer, prefirieron quedarse en casa. ¿Será que si crees en el talento innato acabas por cortarte las alas? □

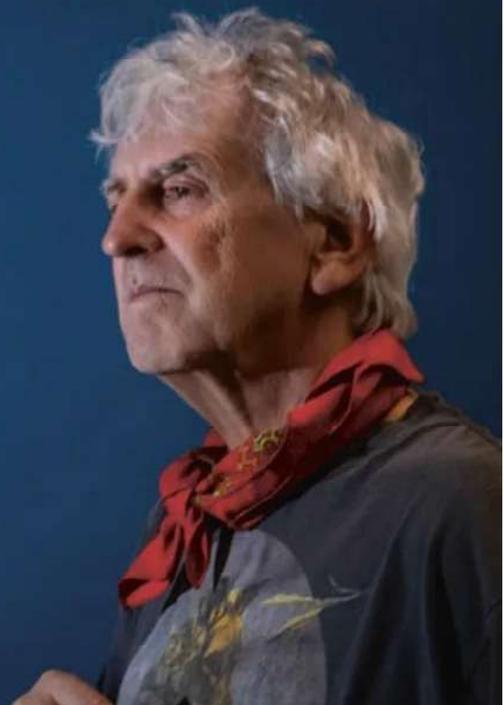
SUEÑOS ROTOS

UNA EXPOSICIÓN SOBRE LA NIÑEZ EN ATAPUERCA

Si el ser humano es la pregunta, la evolución es la respuesta. La nueva exposición del Museo de la Evolución de Burgos nos habla sobre la infancia, pero también sobre la solidaridad, la cooperación y la agresión, eso que nos hace tan humanos.

Texto e imágenes de **JUAN LUIS ARSUAGA** y **RAQUEL ASIAIN**

¿Cuál es la historia que intenta contarnos el Cráneo 14 de la Sima de los Huesos?





El lugar más adecuado para viajar en el tiempo y conocer un clan del pasado remoto es la Sima de los Huesos, en la sierra de Atapuerca (Burgos). Para llegar a esta «máquina del tiempo» hay que arrastrarse por una cueva y descender por un pozo natural, pero el viaje merece la pena porque allí, en el fondo de la sima,

se acumularon los cuerpos de unos treinta antepasados de los neandertales hace 300 000 o 400 000 años. Si eran antepasados de los neandertales también lo son nuestros en un pequeño porcentaje, porque los neandertales dejaron su huella genética en las poblaciones que salieron de África.

La incertidumbre de la fecha se debe a que las dataciones obtenidas sobre el sedimento dan edades mayores que las que proporcionan los propios fósiles. Estamos trabajando para entender la causa de esta discrepancia pero la cronología no es el tema de la exposición y del artículo.

Queremos hablar de la infancia, ahora y en el pasado, porque el desarrollo es diferente en cada especie, y en la nuestra el modelo de crecimiento es único en el reino animal. Lo que tiene de diferente es que es muy lento y desacompasado entre el cerebro y el cuerpo (Figura 2).

UNA METAMORFOSIS

Es decir, el cerebro termina su crecimiento a finales de la infancia, mientras que el desarrollo del cuerpo experimenta una aceleración al comienzo de la adolescencia, en el estirón de la pubertad. Es esa una transformación muy brusca, producida por las hormonas sexuales, que en poco tiempo convierten el cuerpo de un niño o de una niña en el de un hombre o una mujer. Se ha dicho que se parece a la metamorfosis de algunos insectos, que pasan de orugas a mariposas, por ejemplo.

Antes de la pubertad está la preadolescencia, cuando los niños tienen un cerebro casi adulto y un cuerpo infantil. Por eso todos los preadolescentes nos parecen «niños prodigio». Les falta madurez social, pero son ya muy inteligentes, tanto como sus padres o más.

Es también la edad de la literatura llamada juvenil, de *La isla del Tesoro*, de *La llamada de lo salvaje*, de

Viaje al centro de la Tierra y de *El Libro de la Selva*. Y por supuesto de *Peter Pan* y *Wendy* (Figura 3). La preadolescencia es la edad de los sueños. Construimos nuestra personalidad a partir de esa base, que nunca desaparece. Buscamos nuestra isla del tesoro toda la vida. Nosotros, en Atapuerca, la hemos encontrado.

Hemos utilizado antes la palabra «clan» con un cierto temblor porque no sabemos si hace tres o cuatro cientos de miles de años existían los clanes. Había con seguridad grupos, porque siempre hemos sido sociales, todas las especies de la evolución humana lo han sido, o al menos nadie se ha atrevido a proponer lo contrario.

Entre nuestros parientes más cercanos, los otros grandes simios, solo son solitarios los orangutanes, pero viven en las selvas de Sumatra y de Borneo, muy lejos de nuestra cuna africana. Los orangutanes son la excepción, no la norma. Pero para pasar del grupo al clan, o a la tribu, hace falta dar un paso muy importante que es el de la etnicidad, consistente en la construcción de identidades simbólicas que amplían los vínculos entre los miembros del grupo más allá del parentesco biológico, de la consanguinidad, de la sangre.

Se forman así los clanes y las tribus, y más adelante



las naciones, los estados y los imperios. En qué momento aparecieron en la Historia los grupos étnicos es una cuestión peliaguda, pero como se basan en identidades simbólicas al menos sabemos que hacían falta mentes simbólicas para que existieran. Ninguna especie animal, por muy inteligente y social que sea forma tribus. No lo hacen los grandes simios, aparte de nosotros, ni los delfines, ni los elefantes. Los animales no tienen bandera.

Una exposición única sobre la vida de una niña muy especial que vivió en Atapuerca



Figura 3. Peter Pan eligió no crecer nunca y quedarse para siempre en la edad de los sueños. Esa soñadora etapa de la preadolescencia se evoca en una museografía que une relato y arte con las esculturas de Teresa Guerrero, que recuerdan a Peter Pan y Wendy.

en discusión porque no es fácil saber con cuantos años murió un adulto a partir de los huesos y de los dientes.

En la Sima de los Huesos hay por lo menos dos pelvis de abuelos y uno de ellos es la famosa Elvis que puede verse en el Museo de la Evolución Humana de Burgos en la sala dedicada al yacimiento. Este sujeto tenía graves problemas de movilidad debido a la artrosis que padecía a causa de su edad avanzada. El Cráneo 4, que se exhibe en la misma sala, también es de un abuelo, pero no sabemos cuál era su pelvis.

En todo caso, los abuelos aportan un caudal de conocimientos muy importante en las sociedades de cazadores y recolectores, y su existencia puede haber supuesto una ventaja importante para la especie humana en la prehistoria. Cuantos más abuelos tenga un grupo más co-

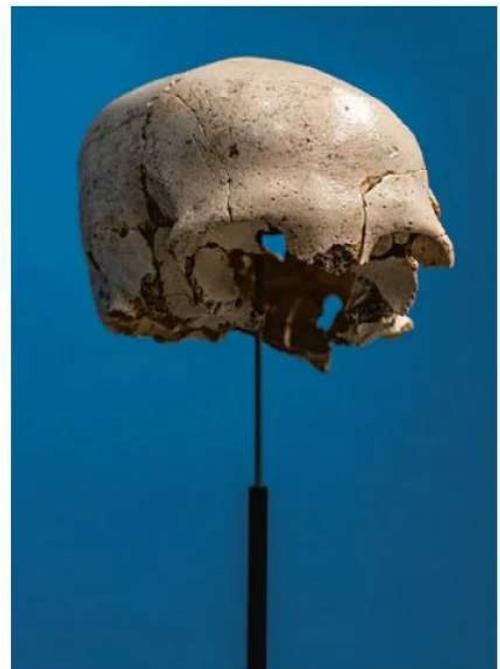
nocimiento y experiencia acumulará. En las culturas sin escritura los abuelos son lo más parecido a una biblioteca.

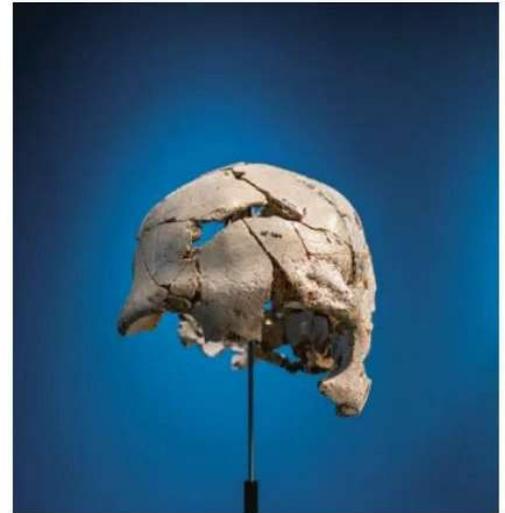
Sin embargo, la ausencia de niños en la Sima de los Huesos no tiene la misma explicación que la de los abuelos. Los abuelos representan la cúspide de la pirámide demográfica, la clase de edad con menos efectivos siempre, mientras que los niños son la base, la clase de edad más abundante en las sociedades humanas normales. La española actual es una pirámide demográfica invertida, pero es una anomalía que se debe a la baja natalidad moderna.

En la Sima de los Huesos hay individuos de diferentes edades, por lo que podemos estudiar su patrón de crecimiento, y ver si es como el nuestro, con su pubertad y su estirón. Pero la mayoría de los muertos de la Sima de los Huesos son adolescentes y adultos jóvenes, y hay pocos abuelos y niños. Para llegar a abuelo hace falta que un hijo o una hija tuya tengan descendencia y tú sigas vivo, y lo segundo no era fácil en el pasado nómada.

Seguramente los abuelos empezaron a ser abundantes en los grupos humanos solo con la llegada del *Homo sapiens* al escenario, pero es un tema todavía

Abajo, Figura 4. Sala principal de la exposición con el Cráneo 3, el Cráneo 11 y el Cráneo 14, apodado «Benjamina». Todos son los fósiles originales de la Sima de los Huesos de Atapuerca. A la derecha, Figura 5. Cráneo 14, «Benjamina».





A la izquierda, Figura 6. Con esta innovadora propuesta museográfica que une el pasado ancestral y la edad moderna se establece un vínculo entre el amor maternal de la *Madonna della Seggiola* de Rafael Sanzio y el cuidado que recibió «Benjamina» de su madre durante su vida.

Arriba, Figura 7. Cráneo 11 de la Sima de los Huesos. Se puede apreciar el tremendo traumatismo que sufrió en la ceja izquierda, hundida por el impacto. A pesar de la gravedad de la lesión, el niño sobrevivió.

LO QUE NOS CUENTAN LOS FÓSILES

A pesar de la escasez de niños en la Sima de los Huesos, por la razón que sea, se han podido reconstruir tres cráneos bastante completos, aunque les falta la cara: el Cráneo 3, el Cráneo 11 y el Cráneo 14, apodado «Benjamina» (Figura 4). Y en torno a estos tres cráneos fósiles gira la exposición del Museo de la Evolución Humana de Burgos que hemos titulado «Sueños rotos» porque los tres niños murieron en la preadolescencia. La entrada es gratuita.

Lo que hace que «Benjamina» esté adquiriendo el estatus de celebridad mundial de la Prehistoria es que era una niña con una cabeza deforme (Figura 5). La razón es que el desarrollo del cráneo no fue normal, sino asimétrico, ya que la región posterior no podía crecer por el lado izquierdo. La sutura entre los huesos parietal izquierdo y occipital se cerró

prematuramente y a partir de ese momento la cabeza empezó a deformarse.

En la exposición del Museo de la Evolución Humana de Burgos se explica todo muy bien por medio de gráficos, de moldes y de un espléndido catálogo gratuito, pero lo fundamental es que la enfermedad que padeció la niña de la Sima de los Huesos puede verse perfectamente en el fósil original si se presta atención.

El cráneo de «Benjamina» tenía una frente anormalmente abombada y además la nuca estaba desplazada hacia el lado izquierdo. Esto es relevante porque los músculos nucales que levantan la cabeza sobre el cuello estaban afectados en su línea de acción. Es decir, en lugar de tirar verticalmente, lo hacían de lado. Y también parece que las dos articulaciones entre la mandíbula y la base del cráneo (las ATM o articulaciones témporo-mandibulares) se

El Museo de la Evolución Humana de Burgos confirma su liderazgo con una exposición temporal imprescindible

¿Quién dijo que los fósiles no hablan?



Figura 8. Al Cráneo 3, en primer plano, le acompaña el espacio de la exposición dedicado a las hipótesis sobre las posibles causas de muerte de estos tres preadolescentes y las armas que pudieron estar implicadas. En la pared puede verse una réplica exacta producida para la exposición de una de las célebres lanzas de Schöningen, que fueron fabricadas por unos preneandertales como los de la Sima de los Huesos.

encontraban a diferente altura, produciendo deformación de la cara.

Este es el caso patológico no traumático más antiguo conocido de toda la evolución humana y prácticamente el único en una especie fósil. De ahí la extraordinaria importancia de «Benjamina» y el interés que despierta en todo el mundo.

El crecimiento anómalo del cráneo, limitado por un lado, debió de producir un aumento de la presión intracraneal, con graves síntomas patológicos, como dolores de cabeza y tal vez trastornos cognitivos. Y sin embargo, «Benjamina» sobrevivió hasta la preadolescencia. Este hecho es extraordinario porque indica



Figura 9. Introducción a la exposición «Sueños rotos», en la planta 1 del Museo de la Evolución Humana de Burgos.

que recibió cuidados por parte de su madre, en primer lugar, y tal vez del grupo, que en todo caso la toleró y le permitió vivir (Figura 6).

El infanticidio ha sido frecuente en las sociedades humanas a lo largo de la Historia, y especialmente practicado con niños «raros». Además, los huérfanos de madre no tenían posibilidades de sobrevivir en las sociedades de cazadores y recolectores.

Ahora bien, los tres niños de la exposición murieron antes de la adolescencia y sus sueños quedaron rotos para siempre. ¿Cuál pudo ser

la causa de su muerte?

El Cráneo 11 de la Sima de los Huesos sufrió un grave traumatismo en la ceja izquierda, producido por un golpe muy violento que le produjo un hundimiento del hueso frontal, al que sin embargo sobrevivió porque hay signos de regeneración ósea (Figura 7). El visitante no debe perderse esta patología tan evidente. Hay que acercarse a los tres cráneos y examinarlos con ojo clínico.

Así verá también que los tres cráneos tienen depresiones circulares que seguramente fueron producidas por golpes secos. En el resto de los cráneos de la colección de la Sima de los Huesos son abundantes estos hoyos. Pero el objeto duro que produjo los impactos no atravesó el cráneo, y los individuos sobrevivieron y las heridas cicatrizaron.

VARIAS FRACTURAS

El Cráneo 5 de la Sima de los Huesos, el famoso «Miguelón», también recibió un golpe tremendo en el lado izquierdo de la cara con señales muy visibles de remodelación ósea que el visitante de la exposición permanente del MEH no debe dejar de examinar cuidadosamente si tiene oportunidad de ir a la sala donde se exhibe el cráneo, junto con Elvis y otros fósiles de la Sima de los Huesos.

Sin embargo, en los tres cráneos de la exposición «Sueños rotos» y en otros de la colección hay otras fracturas que atravesaron el cráneo y afectaron al cerebro o al cerebelo, causando la muerte del individuo (Figura 8). Esa es la conclusión a la que ha llegado No-hemí Sala en su estudio de la tafonomía de los fósiles de la Sima de los Huesos. La tafonomía es la disciplina paleontológica que estudia cómo los fósiles pasaron



Arriba, Figura 10. Vista general de la sala en la que se exponen por primera vez los tres cráneos de preadolescentes de la Sima de los Huesos. Nunca antes los ha podido ver el público. A la derecha, Figura 11. Vistas en tres cuartos y posterior del molde endocraneal del Cráneo 14. En la vista posterior se aprecia claramente la marcada deformación del encéfalo de «Benjamina».



de la Biosfera a la Litosfera, es decir, el tránsito desde la vida hasta el yacimiento.

Los tres preadolescentes de la Sima de los Huesos podrían por lo tanto haber muerto asesinados. Hay un indicio de violencia masiva entre humanos en otro de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca llamado la Gran Dolina, donde numerosos seres humanos de la especie *Homo antecessor* fueron muertos y devorados por un grupo de antropófagos mucho antes de la Sima de los Huesos.

Cooperación, solidaridad y agresión son por lo tanto los temas de la exposición que se ha inaugurado en el Museo de la Evolución Humana con el título «Sueños rotos» (Figura 9). Son cuestiones que interesan a toda la Humanidad porque desgraciadamente la violencia no ha desaparecido de nuestro mundo, ni mucho menos. Y entender sus causas es vital para el porvenir de la propia especie.

Una historia dura pero emocionante sobre la maternidad, la infancia y la violencia

Ese es el propósito del propio museo, investigar en el pasado las raíces del presente. Por eso la exposición tiene una museografía atrevida en la que se combina el ayer con el hoy, subrayando la continuidad de la evolución humana. Si el ser humano es la pregunta, la evolución es la respuesta, como nos gusta decir (Figura 10).

LA EDAD DE LOS SUEÑOS

Y para terminar hablando de esa extraña forma de crecer de los seres humanos, nosotros creemos que la pubertad, la «edad del pavo», ya existía en la Sima de los Huesos.

Hemos reconstruido el encéfalo de «Benjamina», también muy deforme, y hemos calculado su volumen, que rondaba los 1200 centímetros cúbicos (Figura 11). Por lo que sabemos de los cráneos adultos de la colección, si se hubiera convertido en una mujer no habría crecido mucho más.

Y sin embargo, «Benjamina» era una niña, con rasgos muy infantiles en su cráneo. Por ejemplo, el toro supraorbitario, ese reborde engrosado de las órbitas que se formaba en las especies arcaicas durante la adolescencia, apenas estaba desarrollado.

Estamos convencidos de que «Benjamina» todavía no había «pegado el estirón», como suele decirse coloquialmente. Aún estaba en la edad de los sueños cuando murió. □



QUÉ
SUCEDER EN
NUESTRO
CEREBRO **CUANDO
MORIMOS?**

Las experiencias de personas que se han encontrado frente a la muerte son diversas, pero tienen cosas en común. Los científicos se preguntan si la mente puede existir con independencia del cerebro, porque el proceso de morir se presenta como un misterio complejo aún por descubrir.



o había ansiedad alguna, ni huella de desesperación, ni tampoco dolor; más bien una calma grave, una profunda aceptación, una agilidad mental dominante y un sentimiento de seguridad... no había confusión de ninguna clase. El tiempo se distendía enormemente. En muchos casos seguía una revisión repentina del

pasado y oía a menudo una agradable música y se sentía vagar por un cielo azul con nubes rosadas». Así describía el geólogo Albert Heim en 1892 las experiencias subjetivas de 30 personas que habían sobrevivido a caídas en los Alpes.

Este informe pasó prácticamente desapercibido hasta 1976, cuando el psiquiatra Russell Noyes analizó los relatos de 205 individuos que se habían encontrado en peligro de muerte: caídas, ahogamientos, accidentes varios y enfermedades graves. Muchos contaron que el tiempo ralentizaba su marcha, todo sucedía «a cámara lenta», que sintieron un estado de calma, sin emociones, pese a la aguda percepción de peligro. Incluso algunos se sintieron como un observador despegado de sí mismo y de lo que sucedía a su alrededor. Otros tuvieron un sentimiento de irrealidad, e incluso que el mundo les parecía curiosamente extraño. Describían también una disminución de la agudeza visual y auditiva y que sus movimientos y pensamientos parecían sucederse automáticamente, sin esfuerzo alguno por su parte. Sin embargo, otros describieron pensamientos inusitadamente rápidos y vívidos y un aumento en la agudeza visual y auditiva.

Si las circunstancias resultaban irresistibles o los esfuerzos de salvación cesaban, la atención se dirigía a la experiencia interna, incluyendo la reminiscencia de hechos de su vida –memoria panorámica– y los efectos típicos de la conciencia mística: sentimiento de armonía y unidad, sensación de gran comprensión, emoción positiva intensa y de estar controlados por una fuerza exterior. Curiosamente, fueron aquellas personas que, durante un accidente, creyeron estar a punto de morir quienes experimentaron mayores sensaciones místicas.

La diversidad en las experiencias de quienes se han encontrado frente a frente con la muerte es llamativa. Sin embargo, Noyes señala la presencia de tres factores significativos: el místico –comprensión, gozo, revelación, imágenes visuales aumentadas y memoria panorámica–, la despersonalización –desapego del cuerpo, pared entre uno mismo y las emociones– y la alerta excesiva. ¿Qué significa todo esto? Desde el punto de vista fisiológico puede interpretarse la despersonalización y la alerta excesiva como un mecanismo nervioso ante un peligro. En particular, la despersonalización es un mecanismo que tiene



Quienes se han encontrado frente a la muerte comparten vivencias similares, experimentando tres factores comunes: el místico, la despersonalización y la alerta excesiva.

dos consecuencias opuestas: intensificar la alerta y amortiguar aquellas emociones potencialmente desorganizadoras, lo que explica la sensación de sosiego mientras se lucha por sobrevivir. Esto también tiene una consecuencia psicológica como defensa ante una amenaza de la muerte: al separarse del resto del ego, se produce un alejamiento creando la fantasía de que el peligro, aunque real, amenaza a un extraño.

EXPERIENCIAS CERCANAS A LA MUERTE

Lo que muchas veces no conseguimos apreciar cuando juzgamos las reacciones de la gente a las puertas de la muerte son las circunstancias abrumadoras que debilitan su resolución de continuar viviendo y las llevan a aceptar la muerte: algunos, que han conseguido superar el trance, se preguntan, al mirar atrás, si habían perdido la voluntad de vivir.

Sin embargo, las personas que han escapado por muy poco de la muerte por enfermedad física, paro cardíaco... describen un tipo muy diferente de experiencias. En el otoño de 1975 apareció un librito titulado *Vida Después de la Vida*. Publicado por una pequeña editorial de Virginia, su autor, Raymond Moody, Jr., había sido profesor de filosofía y en ese momento era estudiante de cuarto curso de medicina. Sin grandes pretensiones y pensado para un consumo rápido y fácil, la mayor parte del libro está dedicado a los testimonios de personas que tuvieron experiencias cercanas a la muerte (ECM). En el libro aparece la secuencia de ‘hechos’, supuestamente previos a la entrada en el más allá, que luego se haría famosa: una sensación imposible de describir; escuchar el anuncio de la propia muerte; un sentimiento de paz y quietud; un ruido; entrar en un túnel oscuro; la salida del cuerpo; el encuentro, generalmente con familiares fallecidos; el ser luminoso; la revisión de vida; la frontera y el regreso. Según Moody estos pasos, o la mayor parte de ellos, los atraviesan todas aquellas personas que han estado a punto de morir.

En 1977 Kenneth Ring, un psicólogo de la Universidad de Connecticut, decidió comprobar los resultados de Moody. El libro *Vida Después de la Vida* dista bastante de ser un trabajo serio y concienzudo. Moody no mencionaba cómo seleccionó los testimonios ni el porcentaje de gente que cumplía la secuencia completa o, por lo menos, lo que Ring llama la Experiencia Central: el sentimiento de paz, la salida del cuerpo, la entrada en la oscuridad, la visión de la luz y la llegada a ella. El estudio posterior de Ring mostró que si bien un 60 % de los que sufrían una ECM tenían esa sensación de paz, solo un 10% experimentaba entrar en la luz. Moody aseguraba, sin probar, que casi todas las personas que han estado cerca de la muerte han vivido una ECM: los estudios realizados desde entonces demuestran que únicamente entre un 22 y un 48% sufren alguno de los «pasos» y alrededor de un 10 % una ECM completa.

ESPIRITUALISTAS Y FISCALISTAS

El libro de Moody disparó el interés científico por las ECM y en la segunda mitad de la década de 1970 una pequeña red de cardiólogos, psiquiatras, sociólogos y psicólogos sociales en América del Norte y Europa comenzó a investigar si las experiencias cercanas a la muerte demostraban que la muerte no era el fin de la existencia y que la conciencia podía existir de manera independiente del cerebro. Así nació un nuevo campo de estudio sobre experiencias cercanas a la muerte. En 1982 apareció la primera revista académica, *Anabiosis*, que años más tarde se convirtió en el *Journal of Near-Death Studies*.

Desde un principio los estudios sobre las ECMs han estado divididos en tres corrientes de pensamiento que todavía se mantienen. Una es la formada por los espiritualistas, algunos de ellos cristianos evangélicos, convencidos de que las ECMs eran verdaderos viajes al más allá y al reino divino; Moody se convirtió

en su portavoz más importante. El segundo grupo, y el más numeroso, es el formado por los parapsicólogos, que están convencidos de que la mente puede existir con independencia del cerebro y ven en las ECMs una forma de probar empíricamente su hipótesis. La última escuela en aparecer fue la que podríamos denominar fiscalista. Formada en su mayoría por neurocientíficos, buscan una explicación estrictamente biológica de las ECMs. Para ellos son ficciones generadas por el cerebro moribundo, que se encuentra sometido a una explosión eléctrica y bioquímica. Su hipótesis se apoya en que muchos de los estados descritos por quienes han vivido ECM pueden reproducirse con otros fármacos, como una dosis elevada de ketamina. La única forma de elucidar el asunto es conseguir sujetos de estudio, y eso es lo que escasea.

Pero con el paso de los años, las nuevas tecnologías y técnicas han permitido a los médicos revivir a personas que, en otras épocas, habrían fallecido. «Ahora tenemos tanto las herramientas como los medios para responder científicamente a la pregunta milenaria: ¿Qué sucede cuando morimos?», escribió en 2006 Sam Parnia, un especialista en resucitación y uno de los mayores expertos en ECM de la escuela parapsicológica. Por entonces Parnia estaba desarrollando un estudio internacional –el mayor realizado hasta entonces– para probar si los pacientes podían tener conciencia incluso después de haber sido declarados clínicamente muertos. Su ilusión se fue a pique: en 2015 reconoció que su estudio, lejos de aclarar las cosas, las había dejado tal y como cuando empezó.

VOLVER A LA VIDA

A pesar de todo, el interés científico por lo que pasa en el momento de la muerte ha ido subiendo de manera sistemática. Tomando como referencia la base de datos de artículos médicos PubMed, entre 1975 -cuando

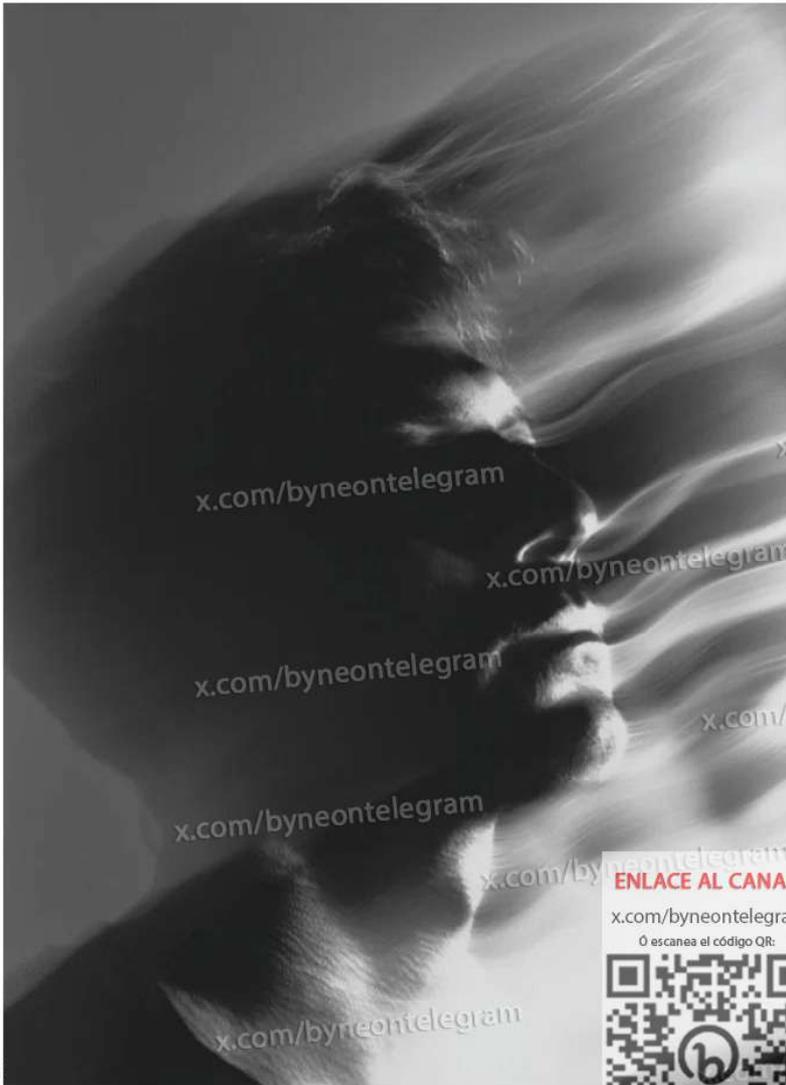
Moody publicó su libro- y 1985, solo 32 artículos en revistas científicas mencionaban las ECM. En la siguiente década fueron 193 pero en estos últimos 10 años se han publicado 1283 artículos.

Además, ya no es insólito que los médicos sean capaces de reanimar a personas incluso horas después de haber sido declaradas clínicamente muertas. En 2011, médicos japoneses informaron del caso de una joven que fue encontrada en un bosque por la mañana después de que una sobredosis detuviera su corazón la noche anterior; usando una tecnología novedosa le hicieron circular sangre y oxígeno por su cuerpo y lograron re-

La salida del cuerpo sería uno de los primeros pasos de la denominada Experiencia Central de una ECM.



ISTOCK



El sentimiento de paz es otra de las emociones descritas por personas que han vivido experiencias cercanas a la muerte. Las personas que sufren un accidente son las que más afirman vivir experiencias místicas. Sobre estas líneas, Raymond Moody, autor del libro de testimonios *Vida después de la vida*.

con un cóctel especial de fármacos y sangre sintética. Sorprendentemente, algunas neuronas comenzaron a mostrar actividad metabólica y se produjeron algunas sinapsis. Al parecer, el proceso de morir es mucho más extraño de lo que jamás hemos sospechado.

ACTIVIDAD CEREBRAL

Pero el salto cualitativo llegó con un incidente que sucedió en 2014. Una mujer de 24 años se había quedado embarazada de su tercer hijo a pesar de los riesgos que sabía que le conllevaba: dos años antes le habían diagnosticado un trastorno que le causaba un ritmo cardíaco irregular y ya le había provocado durante sus

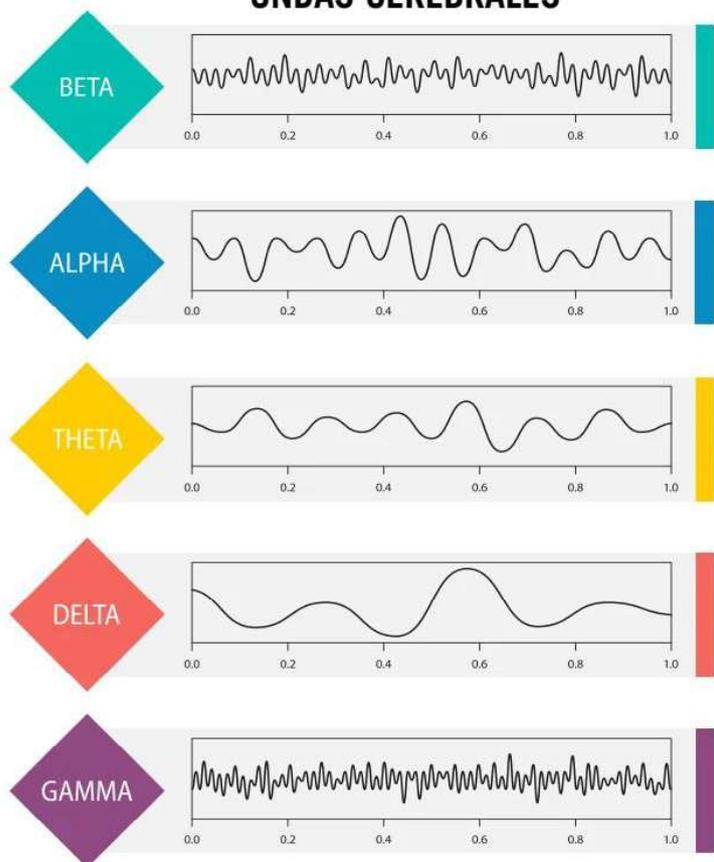
dos embarazos anteriores convulsiones y desmayos. A las cuatro semanas de gestación se desplomó en el suelo de su casa. Cuando llegó la ambulancia llevaba más de diez minutos inconsciente y su corazón había dejado de latir. En el hospital de la Universidad de Michigan le aplicaron tres descargas con un desfibrilador para reiniciar su corazón, la conectaron a un ventilador externo y a un marcapasos, y la trasladaron a la unidad de cuidados neurointensivos, donde los médicos monitorearon su actividad cerebral. No respondía a estímulos externos y tenía una inflamación masiva en el cerebro. Después de permanecer en

Ya no es insólito que los médicos sean capaces de reanimar a personas incluso horas después de haber sido declaradas muertas

vivirla más de seis horas después; salió del hospital tres semanas más tarde. Y en 2019, una mujer británica llamada Audrey Schoeman, que quedó atrapada en una tormenta de nieve mientras practicaba senderismo en el Pirineo catalán, pasó más de seis horas y media en paro cardíaco antes de que los médicos del Vall d'Hebron la devolvieran a la vida sin ningún daño cerebral evidente.

También en 2019, unos científicos de la Universidad de Yale recogieron los cerebros de cerdos que habían sido decapitados en un matadero comercial cuatro horas antes y los profundieron durante seis horas

ONDAS CEREBRALES



coma profundo durante tres días, su familia decidió que lo mejor era desconectarla del soporte vital. Fue en ese preciso instante cuando se convirtió en uno de los sujetos científicos más misteriosos de la historia de la medicina reciente.

La suerte fue que en la Universidad de Michigan daba clases Jimo Borjigin, una profesora de neurología que llevaba un tiempo estudiando las implicaciones neurológicas de las ECM, y había decidido estudiar el registro de actividad eléctrica de aquellos pacientes en coma que hubieran sido desconectados del soporte vital. La joven de 24 años se convirtió, de este modo, en la Paciente Uno (y la más joven) del grupo de cuatro cuyos familiares accedieron a que fueran analizados sus datos. Lo que descubrió Borjigin y su equipo –resultados que se publicaron en 2023 en la prestigiosa revista *Proceedings of the National Academy of Science*– fue algo sorprendente.

Justo después de retirarles el soporte vital, la Paciente Uno y la Paciente Tres (una mujer de 77 años)

mostraron un aumento de actividad en su cerebro, más concretamente en la unión temporoparietal, que se encuentra ubicada en la intersección entre los lóbulos temporal y parietal y actúa como un centro de control para integrar todo lo que vemos, escuchamos y sentimos. También desempeña un papel clave en el sentido del «yo», ayudándonos a reconocer que nuestro cuerpo y a situarnos en el mundo que nos rodea. Esta zona había estado casi silenciosa mientras los pacientes estaban conectados y, de repente, en dos de ellos se iluminó con señales eléctricas de alta frecuencia llamadas ondas gamma, que están asociadas con la conciencia, la percepción y los procesos cognitivos avanzados. Este fenómeno se dio con más intensidad en la Paciente Uno que en la Tres: la actividad cerebral duró más de seis minutos y el estallido de ondas gamma fue mucho mayor.

El hallazgo del aumento de actividad en la unión temporoparietal refuerza la hipótesis de que estos fenómenos pueden tener una base neurológica. «Queríamos definir algo en el cerebro que pudiera explicar las experiencias subjetivas de quienes sobreviven a un episodio de muerte clínica», afirmó Borjigin. «Los pacientes que hemos estudiado podrían haber tenido una experiencia cercana a la muerte si hubieran sobrevivido para contarla».

ESTADO DE CONCIENCIA ELEVADO

Pero ya llovía sobre mojado. Este estudio se basa en investigaciones previas de Borjigin que demostraron un fenómeno similar en animales. En 2013 observó una elevada actividad eléctrica en el cerebro de ratas tras inducirles un paro cardíaco. Encontró que, durante un breve periodo después de la muerte clínica, estos animales exhibían patrones de ondas cerebrales que sugerían un estado de conciencia elevado.

¿A dónde nos lleva todo esto? Sabemos que cuando el corazón deja de latir, el cuerpo comienza su apagado progresivo. Pero, ¿qué pasa con el cerebro? ¿Se apaga de inmediato o sigue funcionando por unos instantes? Durante años, los estudios han mostrado que la actividad cerebral se reduce drásticamente ocho segundos después de un paro cardíaco, y alcanza una línea plana en el electroencefalograma (EEG) a los 18 segundos, lo que indica la ausencia de actividad neuronal, y solo vuelve a activarse si el flujo sanguíneo es restablecido mediante reanimación. Sin embargo, parece que existen excepciones a esta regla que desafían nuestra comprensión sobre el proceso de morir.

Un estudio de 2017 realizado por investigadores de la Universidad de Ontario Occidental (Canadá) que

Al retirar el soporte vital a algunos pacientes, la actividad cerebral, más concretamente en la unión temporoparietal que actúa como centro de control, se incrementa

Las ondas alfa y gamma aumentan su actividad en los segundos previos y posteriores a la muerte, lo que hace preguntarse a los científicos si ese destello de lucidez que podría estar generando recuerdos sea la revisión de la vida descrita por Moody.



analizó el EEG de cuatro pacientes en una unidad de cuidados intensivos tras la retirada del soporte vital descubrió que, si bien tres de ellos mostraron una inactividad cerebral total antes de que su corazón dejara de latir, el cuarto paciente presentó picos esporádicos de ondas cerebrales durante más de 10 minutos después de que su corazón se detuviera por completo. En 2021 un estudio internacional dirigido el neurocientífico Adu L. Matory analizó el EEG de 19 pacientes que fallecieron en la UCI debido a un infarto. En dos casos se detectó actividad cerebral durante dos minutos después del último latido y en otros once pacientes, el cerebro mostró señales eléctricas breves durante casi cinco minutos, incluso después de que el flujo sanguíneo al cerebro se hubiera detenido.

LOS ÚLTIMOS DESTELLOS

Más recientemente, en 2022 estas investigaciones nos ofrecieron una nueva vuelta de tuerca: un artículo publicado en *Frontiers in Aging Neuroscience* ha revelado que, en los últimos instantes de la vida, cuando el corazón deja de latir y la muerte parece inminente, el cerebro todavía está en plena actividad, enviando una última ráfaga de señales eléctricas. Este descubrimiento proviene del caso de un hombre de

87 años que, tras una caída, desarrolló un hematoma cerebral y, posteriormente, sufrió una crisis epiléptica. Mientras los médicos lo monitorizaban con un electroencefalograma, el paciente sufrió un paro cardíaco. Lo que sucedió después sorprendió a los investigadores: en los segundos previos y posteriores a la muerte, su cerebro mostró un aumento en la sincronización de las ondas cerebrales, particularmente en las frecuencias alfa y gamma, que están asociadas con la percepción, la memoria y la conciencia. En particular, las ondas alfa (de baja frecuencia) ayudan a coordinar la actividad del cerebro y están relacionadas con la relajación y la introspección mientras que las gamma, como ya hemos dicho, se asocian con estados de conciencia elevada, la toma de decisiones y la integración de información compleja.

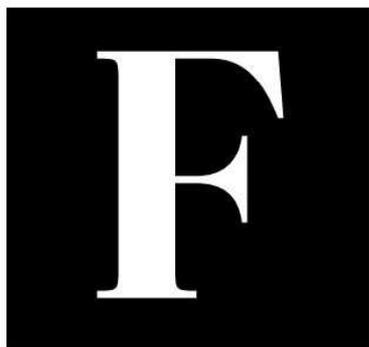
El hecho de que ambas aumentaran en intensidad sugiere que el cerebro podría estar reproduciendo recuerdos o generando una experiencia consciente en sus últimos momentos. ¿Es posible que el cerebro nos regale un último destello de lucidez antes de apagarse? ¿Que ése sea el estadio de revisión de vida de una ECM descrito por Moody? Existen muchas incógnitas y muchos misterios por resolver, pero una cosa es segura: morir puede ser un proceso mucho más complejo –y sorprendente– de lo que imaginamos. «Creo que lo que encontramos es solo la punta de un iceberg enorme», ha dicho Borjigin. «Lo que sigue oculto es una explicación completa de cómo ocurre realmente la muerte. Porque hay algo que sucede ahí, en el cerebro, que no tiene sentido». □

Antonio TURIEL

«Necesitamos una verdadera transición energética»

Este físico y divulgador científico afirma que el cambio a una sociedad sostenible es ya una urgencia y una verdadera necesidad para nuestra subsistencia. Pero Turiel nos alienta porque, en su opinión, aún estamos a tiempo de transformar nuestro estilo de vida.

Texto de **CARMEN CASTELLANOS**, periodista



Físico especializado en teledetección, turbulencia, salinidad de la superficie del mar, ciclo del agua, temperatura de la superficie del mar, corrientes y concentración de clorofila, e Investigador Científico del Institut de Ciències del Mar del CSIC (Barcelona), Antonio Turiel (León, 1970) es una de las voces más reconocidas y solici-

tadas para hablar de los desafíos que se nos plantean al vivir en un mundo finito y de los problemas medioambientales que nos acechan.

¿Realmente los recursos están agotándose y hemos llegado «al final de la abundancia» y no queremos verlo, ni los gobiernos ni los ciudadanos?

Lo primero a entender es qué quiere decir eso de que los recursos se agoten. El planeta es finito y por tanto los recursos minerales que contiene también lo son, pero los problemas no comienzan cuando has extraído el último gramo o la última gota, sino cuando llegas a la máxima velocidad de extracción (o producción) y esta comienza a bajar – y eso suele pasar cuando aún no vas ni por la mitad de lo extraíble. La producción comienza a bajar un día porque lo que

queda por extraer está más disperso, más profundo o es de peor calidad y da menos rendimiento, y al final para que el negocio funcione uno tiene que ganar más de lo que invierte: si hablamos de energía, se tiene que producir más energía de la que se gasta en la extracción. Aunque la razón última sea la ganancia energética, eso el empresario que explota el pozo o la mina no lo ve, pero sí que ve el precio al que tendrá que venderlo, y este debe ser razonable para el mercado; por ejemplo, no podemos vender el petróleo a 1000 dólares el barril porque no lo compraría nadie, ni siquiera a 200. Entonces el empresario se adapta, extrae a un ritmo en el cual aún la cosa es rentable, pero eso implica ir más despacio, extraer menos cada año... y empieza el declive y la escasez. Por cierto que el declive es algo que se alargará durante muchos años: dentro de un siglo aún extraeremos petróleo, solo que la producción anual será bastante más pequeña que ahora.

Y sí, desde ese punto de vista, los recursos están efectivamente agotándose. Hemos pasado ya los puntos de máxima producción de petróleo, uranio, plata y cobre, y en los próximos años pasaremos los del gas natural, el carbón y el litio; y con el tiempo, por los de todos demás. Eso quiere decir que tendremos que empezar a aprender a hacer las cosas con ciertas limitaciones en los recursos, limitaciones que se irán haciendo progresivamente peores con el paso de los años.



Antonio Turiel aclara que el problema que tenemos es cultural y que necesitamos dotarnos de un sistema económico y social diferente. El ciudadano debe exigir que los poderes públicos impulsen ese cambio.

ROBERTO

Por cierto, los gobiernos saben de sobra que esta es la situación. Muchos de los vaivenes geopolíticos de estos tiempos tienen que ver con este agotamiento, precisamente; si ahora vemos una «aceleración geopolítica» es porque el declive de algunas materias críticas (sobre todo, el petróleo) comienza a coger tracción.

El petróleo se acaba ¿Estamos preparados todos los países, no solo el primer mundo, para vivir con alternativas energéticas?

No. No hay ningún país en este planeta mínimamente preparado. Es algo que tendremos que ir improvisando, me temo.

¿Cómo podemos abordar el descenso energético del que habla en su blog *The Oil Crash*? ¿Qué medidas hay que tomar ya, que sean prioritarias?

Relocalizar la producción tanto como se pueda y asegurar el suministro local tanto de alimentos como de agua limpia. Fíjate, lo que está haciendo Trump, qué coincidencia...

En su novela *Un futuro sin más* plantea un mundo que ha llegado a ser como es, una sociedad sumida en una dictadura y con una brutal degradación de las condiciones de vida, debido a la insostenibilidad física de nuestro sistema económico. ¿Realmente podemos llegar a eso?

Creo que en *Un futuro sin más* fui bastante optimista, viendo lo que estamos viendo, con el absurdo rearme europeo, que tiene más de preparación para invadir África por sus recursos que de una inverosímil guerra con Rusia.

¿El capitalismo ha esquilado el planeta, ya es insostenible? ¿Cómo podemos decrecer?

El capitalismo es insostenible por esencia y definición, porque necesita del crecimiento infinito en un planeta finito. Lo único nuevo es que está llegando a sus límites, está chocando con fuerza contra los límites biofísicos del planeta.

Hay que distinguir entre «declive» y «decrecimiento». El declive energético y material es un hecho fí-

«El capitalismo es insostenible por esencia y por definición, porque necesita del crecimiento infinito en un planeta finito»

sico que no podemos evitar. Por ejemplo, la producción mundial de diésel ha disminuido ya un 15 %, y está causando ya graves problemas en Latinoamérica y en África. Cuando haya bajado algo más, empezará a faltar diésel aquí, y como con el diésel, con todo lo demás. No es algo que podamos elegir, es algo que nos va a pasar. Lo que podemos elegir es cómo vamos a afrontar ese declive. Decrecer es buscar maneras justas y democráticas de adaptarse a ese declive. No hacer nada, que es lo que estamos haciendo ahora mismo, nos lleva al empobrecimiento: turistificación, alquileres por las nubes, inflación en los productos básicos, empleo precario... Por eso, lo contrario a decrecimiento es empobrecimiento.

Habla de colapso, de «petrocalipsis» ¿el apocalipsis energético es tan inminente?

Yo no hablo de colapso, sino de transición a una sociedad sostenible, en equilibrio con los límites biofísicos del planeta. El colapso es un riesgo, pero es uno evitable. Lo que está claro es que nuestra sociedad va a cambiar para siempre y de manera radical. Si somos inteligentes, a mejor.

¿A qué denomina la burbuja renovable y por qué cree que no ha funcionado?

El modelo de transición renovable por el que se ha apostado es el denominado «Renovable Eléctrica Industrial» (REI), que se caracteriza por la instalación de grandes parques eólicos y fotovoltaicos para producir cantidades masivas de electricidad para ser transmitida por la red de alta tensión hasta los grandes centros de producción y consumo. Es un modelo que se basa en muchos supuestos discutibles: no es evidente que se pueda producir tanta energía de origen renovable como la que se requiere, es cada vez más patente que faltan algunos materiales críticos que se necesitan para ese despliegue masivo, hay una dependencia insoslayable de los combustibles fósiles y después está el problema de que son sistemas para producir electricidad, pero la electricidad no es la forma mayoritaria como se consume la energía (en España es el 22 %) y además en realidad el consumo de electricidad sigue una tendencia descendente con pequeños altibajos desde 2008 – 17 años ya – y no solo en España, sino también en la UE y en el conjunto de la OCDE. Aparte hay algunas cuestiones muy técnicas sobre la estabilidad de la red, que la gente corriente no entiende pero que explican por qué a veces se vacían pantanos o se paran aerogeneradores, y que están en el corazón del apagón del 28 de abril. El hecho es que ni se pueden instalar

«Decrecer es buscar maneras justas y democráticas de adaptarse a ese declive. No hacer nada nos lleva al empobrecimiento»

masivamente sistemas de almacenamiento ni va a haber un despliegue a gran escala del coche eléctrico ni mucho menos de hidrógeno verde. El modelo es técnicamente fallido, y se ha metido mucho dinero en él porque necesitábamos algo para poder superar el agotamiento de los combustibles fósiles (insisto, en los círculos verdaderamente decisorios el cambio climático no importa un bledo; las medidas que se toman en realidad son para luchar contra el agotamiento de los combustibles fósiles). Ahora ya se ve

que esto no va a ningún lado, y encima con la patada que le ha metido Donald Trump al tablero geopolítico mundial, se está produciendo una desbandada de fondos de inversión en energía renovable, empieza a haber despidos masivos y en cualquier momento esto se va a hundir. Es un desastre, porque realmente necesitamos una verdadera Transición Energética, tanto por temas ambientales como energéticos, pero no ha habido ni un ápice de sentido común ni respeto a la discusión técnica, ninguneando e inclusive insultando a gente como yo que ha hablado de las limitaciones técnicas. Todo muy lamentable, y ahora pagaremos las consecuencias.

En *El Mediterráneo al rojo* explica que el Mediterráneo, un mar cerrado, cuanto más caliente está la atmósfera, más vapor de agua puede retener y esto implica más agua precipitable y un aire más bochornoso. Además del desastre para las especies, afirma, esa subida de temperatura intensifica las tempestades ¿cómo se produce este fenómeno?

Estamos mezclando cosas: obviamente el calentamiento global lleva al calentamiento de la atmósfera y de los océanos, y el primero implica una mayor cantidad de vapor de agua y agua precipitable, pero eso no es algo particular del Mediterráneo, ni siquiera de las zonas marítimas. En todo caso, el Mediterráneo está ahora a unos 2°C por encima de la temperatura que tenía en los años 80 del siglo pasado, es uno de los mares que más se calienta, probablemente por su condición de semicerrado y el ser una cuenca netamente evaporativa.

Un fenómeno comúnmente observado, desde siempre, es que las tempestades convectivas pueden intensificarse cuando pasan sobre zonas de los océanos con temperaturas elevadas; y en particular se sabe que los huracanes ganan fuerza cuando sobrevuelan áreas marinas con temperaturas superiores a los 28 °C superficiales, porque el viento mezcla el agua y favorece la transferencia de calor y humedad a la atmósfera, en un bucle de retroalimentación positivo, hasta que el viento tiene suficiente fuerza para bombear el agua, más fría, que se encuentra debajo de la capa de

mezcla oceánica (los primeros metros del océano, que tienen temperaturas y salinidades muy constantes porque son aguas muy mezcladas por la acción habitual del viento) y se rompe el bucle – por eso los huracanes dejan una estela de agua fría a la derecha de su trayectoria. Este tipo de fenómenos, comunes en latitudes tropicales, se están empezando a extender a otros lugares debido al aumento de la temperatura de los océanos, y de hecho ahora hablamos de «medicanes», pequeños huracanes del Mediterráneo, de tamaños mucho más pequeño que sus hermanos tropicales, pero con potencial destructivo semejante.

El Informe Copernicus 2024 sobre el estado del clima europeo afirma que el 2024 ha sido el más cálido de nuestra historia, que Europa es el continente que más rápido se está calentando y que la temperatura en el mar en Europa fue la más alta registrada. «El Mediterráneo está ardiendo», afirma, este mar es una de las primeras víctimas del aumento de radiación ¿aún es posible salvarlo?

Aún es posible salvarlo, pero los daños ahora ya son muy extensos. Todo lo que está a menos de 50 metros de profundidad está muriendo. Debemos darnos prisa.

También ha declarado que, para frenar los fenómenos meteorológicos extremos, como las danas, hay que reducir rápida y drásticamente las emisiones de CO₂. ¿Se han tomado ya medidas relevantes? Usted ha dicho que no hemos hecho los deberes en este sentido.

El año pasado volvió a haber un récord de emisiones de CO₂. No, no se ha hecho no ya lo suficiente, sino lo mínimo. Se marea mucho la perdiz, se dice que se harán muchas cosas, pero al final no se hace nada verdaderamente trascendental.

¿Por qué cree que la Dana del 29 de octubre fue tan devastadora? En su opinión ¿qué falló en la prevención y en la gestión?

En la DANA del 29 de octubre confluyeron varios factores, asociados al cambio climático. Para empezar el propio tamaño de la DANA, que no olvidemos que es una bolsa de aire frío en altura. Las DANAS se originan cuando se estrangulan los meandros de la Corriente de Chorro Polar, que es una fuerte corriente de aire que sopla en el límite entre la troposfera y la estratosfera, más o menos a la latitud del Círculo Polar Ártico. Esta corriente hace meandros cada vez más pronunciados (y por eso se pueden producir mayores embolsamientos de aire frío en altura) debido al calentamiento del Ártico, que hace que esta corriente fluya más lentamente y de manera más perezosa. A eso se le añade la temperatura del Mar Mediterráneo, que dio energía y humedad a las tempestades de la DANA. También se añade el aumento de la temperatura del aire, que hace que haya más vapor de agua y por tanto más agua precipitable. Y por último, se descolgó un río atmosférico que se «enrolló» alrededor de la DANA y aún la hizo más potente.

Europa necesita una estrategia

La crisis climática se acelera mientras la crisis social crece con el rechazo a la gentrificación y el auge de los movimientos populistas.

En este contexto, Antonio Turiel plantea en *El futuro de Europa* el necesario debate sobre el modelo industrial y el futuro que le depara a Europa, un continente particularmente vulnerable por su envejecimiento, la escasez de recursos y una industria superada por potencias como China y Rusia. El modelo de transición energética que se está imponiendo en Europa es técnicamente fallido, por lo que Turiel nos reta a encontrar soluciones que aprovechen el verdadero potencial del continente.



Pero nada de eso justifica la enorme desgracia humana de la DANA del 29 de octubre de 2024. En Cuba pasan 4 ó 5 huracanes cada año y las víctimas mortales de toda la temporada se cuentan con los dedos de una mano. El problema, sin duda, fue la falta de información puntual y precisa, y la falta de prevención. Y algo muy importante: hay zonas de la naturaleza que nunca debimos colonizar, que nunca debimos ocupar, construir. Hay que ejecutar una retirada estratégica.

¿Qué medidas puede tomar el ciudadano de a pie para contener este proceso? Denos alguna esperanza, por pequeña que sea.

Los problemas que tenemos por delante no son técnicos, en absoluto. Podríamos vivir igual de bien que ahora, con cambios en el estilo de vida pero la misma calidad, consumiendo la décima parte de la energía y materiales que estamos consumiendo ahora mismo en España. Y eso es un objetivo perfectamente alcanzable, incluso sobradamente. Así que el problema no es en realidad técnico: es cultural. Necesitamos dotarnos de un sistema económico y social diferente, que no necesite del crecimiento infinito, algo que obviamente es incompatible con un planeta finito. En el momento que comprendamos eso, estaremos salvados y podremos llevar una vida digna y con bienestar.

¿Qué medidas puedo tomar individualmente? Consumo responsable, consumo de proximidad, no desperdiciar... y algo muy importante: ejercer como ciudadanos y como ciudadanas. Porque necesitamos que los poderes públicos impulsen ese cambio social que tanto necesitamos. □

Los datos son claros: para finales de este siglo la población humana, tras alcanzar su techo, empezará a menguar. La natalidad está cayendo en todos los hemisferios. Cambios sociales, reproductivos, económicos, y culturales, están detrás de este fenómeno global.

Texto de JAVIER RADA, periodista

HACIA UN PLANETA CON MENOS HUMANOS





Hubo un tiempo en que pensábamos en la humanidad como si fuera una bomba de relojería, o una olla a presión que iba a estallar en la cocina de esta apartada barriada de la Vía Láctea. Había terminado la II Guerra Mundial y a una parte del mundo le empezaba a ir bien, al menos como especie, al menos en cuanto a

mortalidad se refiere. En realidad, nos empezamos a preocupar porque nos iba 'demasiado' bien.

Como las ratas atrapadas en una isla del ártico, como los conejos que se reproducen sin depredador, parecía que habíamos tomado un sendero hacia el precipicio de la sobrepoblación. Naciones Unidas se puso en guardia y comenzó a recoger los primeros datos. La población mundial en 1950 se cifró en 2470 millones de personas (hoy superamos los 8230). El biólogo Paul R. Ehrlich publicó entonces su célebre libro *La bomba demográfica*, anunciando a bomba y platillo la catástrofe. Superpoblación fue el término de moda. Temor de roedores en el hipotético naufragio.

Pero casi un siglo después de que comenzara aquel crecimiento de población explosivo, los titulares son muy distintos: «Francia se queda sin hijos»; «Más mascotas que niños en España»; «¿La despoblación global es inevitable?». Los informes apuntan al lado contrario: la humanidad, nos dicen ahora, tarde o temprano empezará el camino de vuelta, su destino es encoger antes de que termine el siglo. Para 2100 se estima que el 97 % de los países tendrán unas tasas de fecundidad realmente bajas, en la mayoría de los casos mostrarán un crecimiento vegetativo negativo, lo que afectará al llamado reemplazo de la población (es decir, el número de mujeres fértiles necesarias para que se mantenga la siguiente generación en los mismos términos que la anterior).

MENOS NACIMIENTOS

Los estudios de la ONU, y de instituciones como el Instituto de Métricas y Evaluación de Salud de la Universidad de Washington, señalan en esa dirección. La media global de hijos disminuye a cada década que pasa en el mundo y en todos los hemisferios, es una cuestión planetaria. Las muertes superan a los nacimientos especialmente en las sociedades más envejecidas, como las occidentales, aunque también sucede en Rusia, donde se habla de «declive demográfico». Si en los años 50 del siglo pasado la tasa global rondaba los cinco hijos por mujer, en los años 50 de este siglo se prevé que baje de 2 (y 2,1 es un punto crítico teórico para poder sostener el mencionado reemplazo generacional).

La buena noticia es que la población mundial ya no es aquella olla que parecía que iba a estallar. La 'Bomba P' ha quedado desactivada. Cambios socia-

les, reproductivos, educativos, o el acceso al trabajo de la mujer, la emancipación tardía, las crisis económicas o de acceso a la vivienda, entre otros factores, han hecho que empecemos a regular la población de un modo natural. Y «en este proceso de transición demográfica hemos pasado de altas tasas de fecundidad y mortalidad a bajas tasas. De un proceso poco eficiente a otro mucho más eficiente», explica Diego Ramiro, director del Instituto de Economía, Geografía y Demografía del CSIC.

A nivel global, se mire dónde se mire, incluso en la populosa Asia u Oriente Medio, se tienen hoy menos hijos que antes (muchas veces por debajo de dos). Es la antítesis del pasado *baby boom*, es el llamado *baby bust* (disminución significativa en la tasa de natalidad). La mala noticia - si es que la hay - anuncia que nos dirigimos a un terreno de incertidumbre y de ciertas fricciones: descendemos por una transición demográfica que seguramente requiera de un cambio de perspectiva y de nuevas soluciones políticas. Y esta transición, además, parece inevitable. «Aunque mucha gente está todavía anclada en esa idea de que somos muchos y que esto no para de crecer, sabemos que se acerca otra dinámica», explica Antonio López, investigador del Centre d'Estudis Demogràfics (CED). La transición demográfica es una de las grandes teorías en demografía y parece que se está cumpliendo. «Es la que dice que las sociedades, algunas antes y otras más tarde, han pasado durante los últimos doscientos años de niveles altos de mortalidad y de fecundidad a una nueva situación que es de niveles bajos de mortalidad y de fecundidad», explica López.

A medida que las sociedades avanzan y se industrializan tienden a tener menos hijos pues a la vez estos mueren mucho menos. Se trata de un cambio de paradigma y de cultura en una especie, la *Homo*



Actualmente, superamos los 8230 millones de personas en el planeta, y la media global de hijos disminuye.

Una baja natalidad por múltiples factores

El descenso de la natalidad acostumbra a ser multifactoria», dice el demógrafo Antonio López. Señala, por ejemplo, a los cambios de valores y al incremento del coste de la vida; a los cambios en la actividad productiva; a la escolarización o el acceso a la vivienda como un problema hoy casi universal. También a la creación de Estados cada vez más robustos y a los progresos económicos.

«Antes teníamos esperanzas de vida muy cortas con muchos hijos en la familia, y ahora tenemos sociedades con pocos hijos y esperanzas de vida mucho más largas», añade López. Baja la fecundidad porque hay mejores medios anticonceptivos y las mujeres están trabajando y quieren tener dos hijos y no seis. «Son las tendencias sociales, económicas, globales, que conducen a eso, y tarde o temprano, ocurre en todos los países», añade Teresa Castro, del CSIC.

En España, en comparación a los países de su entorno, la transición fue bastante tardía. A partir de los años 50 bajó la mortalidad infantil, que estaba entonces dentro de las más altas de Europa. «Cuando las mujeres están educadas, y entran en el mercado de trabajo, y tienen acceso legal a métodos anticonceptivos, la aspiración, dicen las encuestas, es tener dos hijos», explica Castro. En el norte de África, por ejemplo, ya han empezado la transición y tienen como media esos dos hijos deseados. En España se da la circunstancia de que los deseos se han vuelto caros. «La gente sigue diciendo que quiere dos hijos pero la realidad es que tiene solo uno», explica Castro. Las condiciones y crisis económicas, las emancipaciones tardías, así como el hecho de tener o no pareja, afectan en esta elección. La fecundidad de Irán, por ejemplo, es hoy más baja que la de Estados Unidos. El África subsahariana es la que todavía presenta grandes números, aunque cada país es distinto. «Pero todos esperamos que África, igual que le ha pasado a Asia, se desarrolle, y este proceso va ligado al proceso de modernización. Ocurrirá lo que ha ocurrido en todo el mundo, no será la excepción», asegura Castro.

Para que esto se produzca es importante reducir al máximo la mortalidad infantil e incentivar la educación de la mujer (que en muchos países ahora es mayor que la del hombre). Si añades a eso el aumento de años de escolaridad, o que los sueldos, tanto de mujeres y hombres son bajos, todo incide en el cálculo final. «Es racional, no es que los jóvenes sean unos hedonistas, como dicen», apunta Castro. Compartir piso no es favorable para tener una familia. «Y esa es la realidad que hay» añade, al menos en países como España. Ante esta situación, algunos sectores están alimentando políticas pronatalistas. «Pero no están dando resultados porque el dinero no es exactamente la causa», dice Castro. De todos modos, Save the Children ha calculado cuánto es necesario para criar un hijo en España: salen 758 euros al mes, sin lujos. Mientras tanto, en algunos países se aboga por políticas que restringen la salud sexual y reproductiva. «Estos discursos recuerdan más a discursos del siglo pasado, y están ligados a momentos de fuerte carga identitaria nacional, pero son políticas que no han tenido resultados claros en la gran mayoría de los casos», asegura López.



sapiens, que desde la revolución industrial no había parado de crecer, sobre todo gracias al drástico descenso de la mortalidad infantil. «Y eso hasta ahora se ha cumplido en todos los países, aunque con diferentes calendarios», señala López.

Primero fueron algunos países europeos los que empezaron la transición demográfica a finales del siglo XIX. «Y en esos países ya se ha completado dicha transición y ahora tenemos unas fecundidades muy bajas, menos de dos hijos por mujer y unas esperanzas de vida muy elevadas», explica López. Las transiciones están siendo mucho más rápidas, además, hoy en los nuevos países (como los del norte de África) que entre los países europeos que iniciaron el proceso siglos atrás.

El nuevo rumbo que está tomando el planeta apunta a justo lo contrario que vaticinó Ehrlich en 1968 con

su ‘Bomba P’. En el libro señaló la catástrofe y tuvo en su día gran repercusión, e incluso se fijaron objetivos de crecimiento cero en distintos países, teniendo en cuenta ya entonces la cuestión medioambiental. Sin embargo, ha sido finalmente el descenso global de la natalidad el causante de la desaceleración.

EL PELIGRO DE LA POCA POBLACIÓN

Pero lo más curioso es que hoy seguimos hablando igualmente de colapso frente al nuevo escenario, aunque por motivos distintos, despertando incluso a un fantasma del pasado. Algunos sectores temen ahora perder población. «El tamaño de la población era algo que los Estados de finales del siglo XIX consideraban crucial, porque entendían el tamaño como directamente relacionado con el poder militar. Tener mucha población y sana era vital», explica Ramiro. Temores

El descenso global de la natalidad ha sido el causante de la desaceleración del crecimiento mundial de la población



SHUTTERSTOCK



ISTOCK



SHUTTERSTOCK



ISTOCK

En muchos países desarrollados ya se tienen más mascotas que hijos. La natalidad se reduce y eso acabará también pasando en África, como ha ocurrido ya en Asia. En cambio, la esperanza de vida ha aumentado y la población envejece.

que son expuestos hoy con proclamas pronatalistas, por ejemplo, aunque el coche de la población mundial ya hace tiempo que pisase el freno, justo en los años sesenta del siglo xx, cuando se llegó al máximo de crecimiento anual relativo.

«Son datos que se conocen, porque la dinámica demográfica es fácil de predecir si lo comparamos, por ejemplo, con dinámicas de otro tipo, como las proyecciones económicas», explica Teresa Castro, especialista en demografía y fertilidad del CSIC. El 15 de noviembre de 2022, el Fondo de Población de las Naciones Unidas anunció que la población mundial había alcanzado los 8000 millones de habitantes. La ONU sigue actualizando estas previsiones cada dos años, incluyendo los nuevos datos. Aunque la humanidad sigue creciendo por ahora - y lo seguirá haciendo durante varias décadas-, todo apunta a que tarde o temprano, en este mismo siglo, alcanzará el vaticinado pico de población y que entonces, tras tocar techo, empezará el descenso.

«La tendencia es la que es, y eso no va a cambiar», añade Castro. No hay desacuerdo entre los expertos. La diferencia está en qué año se cree que la población

mundial alcanzará el pico. Una de las previsiones es que esto pueda ocurrir en los años ochenta de este siglo, aunque otros lo sitúan más tarde, ya a finales. Incluso se ha estimado el techo al que llegaremos: 10 300 millones de personas en el globo (otros consideran que superaremos los 12 000).

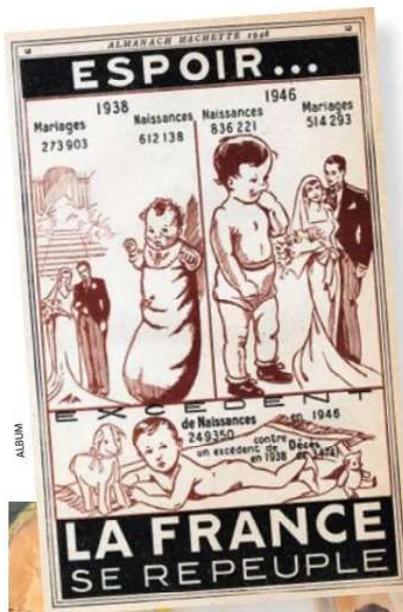
Lo que marcan en realidad es una tendencia: llegará un punto en que el coche frenará del todo. Y no debería ser motivo de alarma. «Es un proceso normal, porque la dinámica demográfica es así. A muy largo plazo, desde hace siglos, desde la Prehistoria, la población mundial fue aumentando pero muy lentamente», dice Castro. Durante la mayor parte de la existencia humana ha habido mucha, muchísima mortalidad, especialmente en la franja infantil, lo cual dificultó el despegue demográfico. Era común tener muchos hijos ya que alrededor del 50 % de los mismos se quedaban por el camino. En España, por ejemplo, hemos pasado de 4,5 hijos por mujer a principios del xx a 1,13 en la actualidad, una de las tasas más bajas del mundo. «Cuando antes nacían 4,5 hijos, casi la mitad morían antes de cumplir el décimo aniversario. Eso para las familias suponía un coste no solo reproductivo y de

crianza, sino también de pérdida de todos los niños que morían», explica Ramiro.

Si miramos los gráficos de crecimiento de la población desde 1700 podemos clasificarlos, según Castro, como moderados a escala mundial. Sin embargo, a partir de 1950, la población empezó a dispararse. Y esto fue un cambio brutal. «Cayó la mortalidad y aumentó la esperanza de vida», asegura Castro. Y comenzó a suceder también en países en vías de desarrollo, especialmente en Asia. Así se gestó el famoso *baby boom*, la explosión de natalidad posterior a la guerra. «Entonces parecía que el crecimiento iba a ser siempre así», añade Castro. Surgieron programas de planificación familiar. China en 1979 comenzaría a aplicar la política del hijo único (un radical control de la natalidad que obligaba a las familias a tener un único vástago). Pero ahora nuestro miedo - seguramente infundado, según los expertos- es distinto: tememos que nuestros sistemas económicos, nuestras civilizaciones, se agoten o no puedan continuar por la falta de reemplazo generacional. Decir que los muertos superan a los recién nacidos despierta algo profundo. «A finales de los 1970 en España todavía estábamos en alrededor de 2,8 hijos por mujer. Más recientemente, *shocks* económicos, la pandemia de la COVID-19, y la incertidumbre en cuanto a vivienda o empleo,

ha hecho que la edad a la maternidad se retrase cada vez más y como consecuencia las parejas tengan cada vez menos hijos», explica Ramiro.

De momento, el amplio número de mujeres que se encuentran en edad reproductiva seguirá manteniendo el crecimiento total global, especialmente gracias al tirón de África y, en las economías avanzadas, por la re-



Arriba, portada con el titular «Francia se repuebla» del semanario *Espoir*. »Abajo, póster de la política de hijo único de China.

Más muertes que nacimientos: ¿temor infundado?

¿Qué ocurre en un país en el que las muertes superan los nacimientos? «Aunque parece que asusta, es normal», explica Castro. Los nacimientos han bajado porque la fecundidad ha descendido, y las generaciones de mujeres ahora son más pequeñas que en el pasado. Por la estructura de edad hay más defunciones, la gente vive más, ya que la esperanza de vida ha aumentado.

En muchos países coincide en el tiempo que generaciones grandes (tras el *baby boom*) se están muriendo - por llegar al límite de edad natural- mientras les suceden unas generaciones más pequeñas con una menor natalidad, lo cual podría llegar a tensionar durante unas décadas, por ejemplo, el sistema de pensiones. «Pero es una dinámica normal, eso lleva pasando en Alemania desde los setenta, y han crecido hasta hace dos días. Si no decreció su población es porque había inmigración», dice Castro.

Aunque las tasas de natalidad descendan, «las generaciones siguientes tendrán un tamaño más equilibrado, porque lo de la anterior - el *baby boom*- es la excepción», dice Castro. En el caso de las pensiones en España, «va a ser muy coyuntural, es un momento de desequilibrio, porque tenemos generaciones muy diferentes», explica López. El sistema se tendrá que adaptar a otras franjas de edades de población, y todo dependerá del ingenio político, de la economía y los sueldos, y de lo capaces que seamos de seguir atrayendo a personas de fuera.

En el mundo, ya tenemos hoy países que habrán alcanzado su pico de población. La ONU sitúa a China, Alemania, España o Japón, entre ellos. Pero cada sociedad es distinta, por lo que es difícil establecer una lectura común. «No hay un tamaño óptimo de población, depende de la situación histórica, económica, social, pero no existe un tamaño óptimo de población, o no está calculado», concluye Castro.

Podría ser bueno tener más, pero también menos. Menos niños, si se invierte en educación, puede llegar a ser algo positivo. «Con mayor inversión y una educación más individualizada», explica Castro. Podría ser una generación más pequeña en tamaño pero más potente. Pero si no se invierte, de nada sirve entonces esta ventaja. «Digamos que la demografía te da unas condiciones que tú puedes aprovechar si inviertes», dice Castro. En Asia, países como China o Corea aprovecharon el crecimiento demográfico en el pasado, pues tenían mucha población en edad laboral, e invirtieron en educación y trabajo. «Eso lo llamamos el dividendo demográfico, una situación muy favorable para que crezca el país, pero eso, por ejemplo, no ha pasado en África», añade Castro.



STOCK

Los países deberán de considerar retos como sus desequilibrios poblacionales o la atracción hacia las grandes ciudades.

cepción de los flujos migratorios. África todavía tiene que crecer mientras que Europa, se calcula, puede perder en torno al 20 % de su población, pasando de los 743 millones de habitantes actuales a 587 millones en 2100. Todo dependerá de que siga siendo atractiva para la inmigración a lo largo de los próximos años. China, por su parte, parece que se pasó de frenada, y ahora quiere incrementar su natalidad, pues tras décadas de política de hijo único (estuvo vigente hasta octubre de 2015) se encuentra con el dilema opuesto: busca incentivar entre dos y tres hijos por familia, aunque sin éxito. «Se adelantaron al descenso natural que iban a tener», cuenta López. En general toda Asia, aún siendo uno de los puntos más poblados del planeta, empezará pronto el camino del decrecimiento, incluida la gigantesca India.

«No fue verdad el alarmismo de la bomba de población porque se sabía que la fecundidad ya estaba bajando, y ahora tampoco lo es el del colapso demográfico porque una población no puede crecer infinitamente», cierra Castro. En realidad, para los demógrafos no es determinante, o no significa nada *per se*, que crezca o decrezca una población. Lo importante es cómo se adaptan los territorios a la transición.

LOS PRÓXIMOS DESAFÍOS

Las políticas pronatalistas no están teniendo además resultados. «Las políticas públicas implementadas en muchos ámbitos, desde el cheque bebé a las ayudas fiscales y de otro tipo no han tenido un efecto en el incremento de la fecundidad o si lo han tenido ha sido

temporal y debido al adelantamiento de los partos», explica Ramiro.

Se tratará entonces de ver cómo los países enfocan sus propias estructuras por edades (con una Europa muy envejecida, por ejemplo, mientras África seguirá siendo muy joven). Se tratará de considerar los desequilibrios, como la atracción hacia las grandes ciudades (en 2035, casi dos de cada tres personas vivirán en entornos urbanos y crecerán las megalópolis).

Hay desafíos en el horizonte, sí, como que por primera vez se ha visto una reducción en la esperanza de vida. «Cuando antes crecía de forma casi regular a 2,5 años por cada década, en los últimos años se ha visto la reducción de la velocidad de crecimiento y, en algunos países, caídas en la esperanza de vida», explica Ramiro.

El envejecimiento seguirá avanzando. «Porque una vez has llegado a niveles bajos de fecundidad volver a crecer es realmente muy difícil», dice López. Las migraciones seguirán siendo importantes, esclavas de los factores económicos y sociopolíticos. «Ahora mismo Europa o Estados Unidos siguen siendo atractivos para la migración, pero no sabemos si eso seguirá siendo así en el futuro», dice Ramiro.

El futuro presenta desafíos, pero estos no dependen tanto del número de individuos en sí, sino de qué hacemos con los números, con las vidas humanas y sus sueños. La demografía ofrece oportunidades, porque «no es bueno ni malo crecer o decrecer», explica Castro. Quién sabe hacia dónde nos lleva este siglo. Entonces, ¿somos demasiados o pocos a nivel global? «Yo contesto a la gallega, pues depende...», dice Castro. □

LAS ALUCINACIONES DE LA



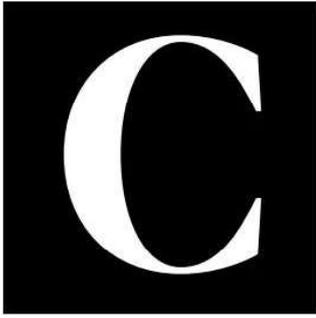
A veces la inteligencia artificial nos sorprende con respuestas o acciones que no esperábamos o que parecen locuras, transmitiendo la sensación de que tiene una conciencia propia y puede pensar y actuar por sí misma. Esas «libertades» conllevan un peligro, pero responden a una explicación lógica y pueden ser corregidas. Todo un desafío.

Texto de **GISELA BAÑOS**, física teórica y divulgadora

La IA aparenta pensar por sí misma, pero en realidad solo obedece a unos patrones que cuando no le ofrecen una dirección clara le llevan a inventar una respuesta.

ISTOCK





¿Cuántas historias de ciencia ficción se habrían quedado sin escribirse jamás si siempre hubiéramos asumido que la inteligencia artificial era infalible? Casi todas ellas parten de la misma premisa: la de que las IA son lógicas, objetivas, fiables... hasta que dejan de serlo. Y es que, sin inteligencias artificiales que muestren comportamientos impre-

decibles los escritores no tendrían prácticamente nada que contar. Sin embargo, lo que es un recurso magnífico para escribir historias podría convertirse en un quebradero de cabeza considerable si sucediera en el mundo real. ¿O deberíamos decir que ya se ha convertido en un quebradero de cabeza considerable? Porque, en realidad, ya está sucediendo.

¿IA CREATIVA?

En este tercer verano de la inteligencia artificial, el de los datos, las redes neuronales y el *deep learning*, los sistemas de IA generativa han empezado a desafiar como nunca la percepción que siempre hemos tenido de nosotros mismos. Están haciendo, básicamente, lo que hace relativamente poco se decía que no lograrían nunca: escribir, dibujar, componer... Tendemos a asociar la IA generativa con una de las cualidades más humanas: la creatividad. Pero ¿es esta creatividad similar a la nuestra?

Si atendemos a cómo funcionan este tipo de algoritmos, la respuesta es que no. Aunque son muy buenos aparentando lo contrario. Pongamos como ejemplo ChatGPT, con quien seguro que la mayoría está familiarizado, o cualquier otro gran modelo del lenguaje. ChatGPT es una red neuronal de *deep learning* que

simula el lenguaje a través de elaborados modelos estadísticos. Aclaremos que las redes neuronales existen desde los albores de la historia de la IA, aunque ha sido en el siglo XXI cuando realmente hemos contado con la capacidad de procesamiento necesaria, los algoritmos y, sobre todo, el acceso a la cantidad de datos necesaria para entrenarlas. Pero, dejando esto a un lado, y sin entrar tampoco en los mecanismos internos de la arquitectura de ChatGPT, un gran modelo del lenguaje como este se entrena, a grandes rasgos, de la siguiente manera.

Pasa por una primera fase de preentrenamiento, en la que se lo alimenta con grandes cantidades de texto disponible en internet. El aprendizaje, en este momento, consiste en que la red vaya calculando las probabilidades de que, por ejemplo, determinada palabra aparezca delante, detrás o en el contexto de otras que puedan estar relacionadas con ella por algún motivo. Esto se hace de forma automática y no supervisada, esto es, sin intervención humana. El siguiente paso es ajustar el modelo para que sus respuestas y comportamiento en tareas específicas sean los esperados utilizando ejemplos concretos. Por último, se utiliza el aprendizaje por refuerzo con retroalimentación humana (RLHF, *reinforcement learning from human feedback*, hablaremos de él más adelante) para enseñarle, por ejemplo, a elegir la respuesta más apropiada de todas las que genera; algo que dependería de las funciones que queremos que desempeñe o los comportamientos que buscamos que muestre.

PATRONES LINGÜÍSTICOS

Por tanto, ¿podemos decir que sistemas como ChatGPT y otros grandes modelos del lenguaje piensan, en el sentido de comprender lo que están haciendo? Realmente, no. ¿Lo parece? La mayoría de las veces, sí. Su precisión radica en lo que comentábamos antes:

se entrenan con cantidades ingentes de datos, entre los que se incluyen todo tipo de ejemplos, estilos de discurso, perspectivas... que permiten obtener patrones lingüísticos con una fiabilidad muy alta. Esa sensación de estar hablando con otro ser humano, cuando en realidad hay un algoritmo al otro lado, es lo que nos lleva a pensar que, en ocasiones, las IA nos mienten, se ríen de nosotros o se comportan de manera extraña. Nada de eso. Solo hacen aquello para lo que están programadas. Una IA no sabe si lo que dice tiene sentido o no y a veces la probabilidad de que determinada idea aparezca junto a otra en algún contexto



El popular ChatGPT es una red neuronal de *deep learning* que simula el lenguaje a través de elaborados modelos estadísticos.

ISTOCK



SHUTTERSTOCK

Aunque pueda parecerlo, en realidad la inteligencia artificial no es creativa, no piensa, solo elige la respuesta más adecuada de todas las que genera. La ciencia ficción, sin embargo, sí ha atribuido personalidad e independencia a la IA. Así ocurre en *2001: una odisea del espacio* (1968), —película dirigida por Stanley Kubrick y basada en el cuento de Arthur C. Clarke, *El centinela*—, en la que el ordenador HAL 9000 adopta decisiones humanas y toma el control de la nave. Abajo, el HAL 9000 original de la película que se exhibe en el Museo de Diseño de Kensington (Londres).



ALBUM

Las alucinaciones son resultados impredecibles que en la ciencia ficción se interpretan como síntomas de un «despertar de la conciencia»

inesperado no es nula, algo que juega malas pasadas. Pero no es culpa de las IA: las han programado así.

Se conocen como alucinaciones, ilusiones, confabulaciones o, directamente, *bullshit* —tradúzcase como se prefiera— esos resultados impredecibles, respuestas falsas o comportamientos erráticos que muestran en ocasiones los sistemas de inteligencia artificial, en especial los generativos —pero no solo esos—. Mientras que en la ciencia ficción estas alucinaciones suelen interpretarse como síntomas de una especie de «des-

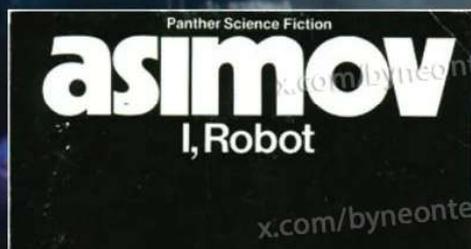
pertar de la conciencia» de la máquina, en la realidad la explicación es bastante más simple: asociaciones estadísticas. Las IA no tienen discernimiento para comprender en qué consiste el mundo exterior ni saben lo que es verdad o mentira; por lo tanto, no pueden comparar lo que generan con la realidad objetiva... Lo que sí se les da muy bien es presentar cualquier tipo de información de forma convincente y, en ocasiones, con una inquietante lógica —recalco lo de inquietante—. Es ahí donde reside el desafío.

En una alucinación de la IA el sistema de diagnóstico médico por imagen puede detectar un tumor donde no lo hay debido a un sobreajuste que le impide interpretar correctamente una mancha en una radiografía.

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

O escanea el código QR:



Los robots de los relatos de Isaac Asimov nunca se saltan las tres leyes de la robótica, solo razonan de una manera diferente a la humana, como pasa con la IA cuando interpreta incorrectamente un hecho o unos datos determinados.

Lo anterior, por supuesto, se puede extrapolar a otros sistemas de IA más allá de los grandes modelos del lenguaje; también ocurre en modelos de generación de imágenes: ¿quién no ha visto alguna vez a alguna persona con seis dedos en una imagen generada con IA? Y las alucinaciones se presentan, asimismo, en sistemas no necesariamente generativos, como los algoritmos de visión por computadora, que a veces identifican objetos inexistentes o confunden cualquier cosa con una tostadora al detectar ciertos patrones. Un modelo de IA utilizado para diagnóstico médico por imagen, puede ver un tumor donde no lo hay debido, por ejemplo, a un sobreajuste que

le impide interpretar correctamente una mancha en una radiografía. Un sistema de transcripción de audio puede interpretar determinado ruido de fondo como una palabra. Los ejemplos son numerosos y, si los analizamos, todos suelen estar envueltos en un halo de coherencia. No tienen sentido... para nosotros, pero con las alucinaciones de la IA, salvando las distancias, pasa un poco como con las tres leyes de la robótica de Isaac Asimov: los robots positrónicos de sus relatos, en realidad, nunca se las saltan; simplemente razonan de un modo distinto a como lo haría un ser humano.

ALERTA CONTRA EL PELIGRO

Fue precisamente Asimov quien nos enseñó con aquellas historias que, en lo referente a la IA, el camino al infierno está empedrado con buenas intenciones. O si no que se lo digan a los abogados Steven Schwartz y Peter LoDuca, a quienes, en 2023, un juez les impuso una multa de 5000 dólares porque, literalmente: «abandonaron sus responsabilidades cuando presentaron opiniones judiciales inexistentes con citas y referencias falsas creadas por la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT, y continuaron defendiendo esas opiniones falsas aun después de que las órdenes judiciales cuestionaran su existencia». Al pionero de la computación y padre de la teoría de la información, Claude Shannon —cuyas conversaciones con Alan Turing sobre inteligencia artificial en la cafetería de

los Bell Labs son oro puro—, seguramente le hubiera fascinado descubrir que, según Bing, en 1948 escribió un *paper* titulado «A short history of searching» sobre algoritmos de búsqueda. Y existen muchos más ejemplos más o menos graciosos, ¿quién no ha puesto a prueba a ChatGPT con acertijos o trampas lógicas hasta conseguir que se haga un lío? El peligro aparece cuando este tipo de resultados hace acto de presencia en sistemas de los que podría depender la vida humana, como en diagnóstico médico, control del tráfico aéreo, conducción autónoma, alertas meteorológicas o de desastres naturales... O en ámbitos más

mundanos pero no por ello menos delicados, como el económico, el social o el político, en los que las alucinaciones de la IA pueden contribuir a causar graves daños financieros, afectar a la reputación de personas e instituciones, o a difundir bulos y desinformación en un entorno digital ya saturado de por sí.

POR QUÉ SE EQUIVOCA

Y existe otra cuestión no menos importante: una IA que «funciona mal» no solo erosiona la confianza que tenemos en ellas, sino que, en un momento en que el desarrollo científico y tecnológico está despertando más suspicacias que nunca, esa desconfianza podría extenderse a muchos otros ámbitos. Pero no entremos en pánico, ahora que ya hemos identificado el problema, tratemos de buscar una solución.

Existen varias causas subyacentes a las alucinaciones de la IA. Una de ellas es que no se las entrene con una cantidad de datos suficiente o que estos no sean de buena calidad, así que poner especial cuidado en la curación y selección es determinante. Una IA entrenada con una cantidad de datos escasa, mal etiquetados, demasiado homogéneos, no representativos o sesgados puede acabar presentando un preocupante efecto «cuñado»: tenderá a inventarse aquello que no sabe antes de admitir que no lo sabe. Y también puede suceder lo contrario. Un exceso de datos, especialmente si no son muy variados, puede resultar igual de pernicioso, porque podríamos dejarla sin «ima-



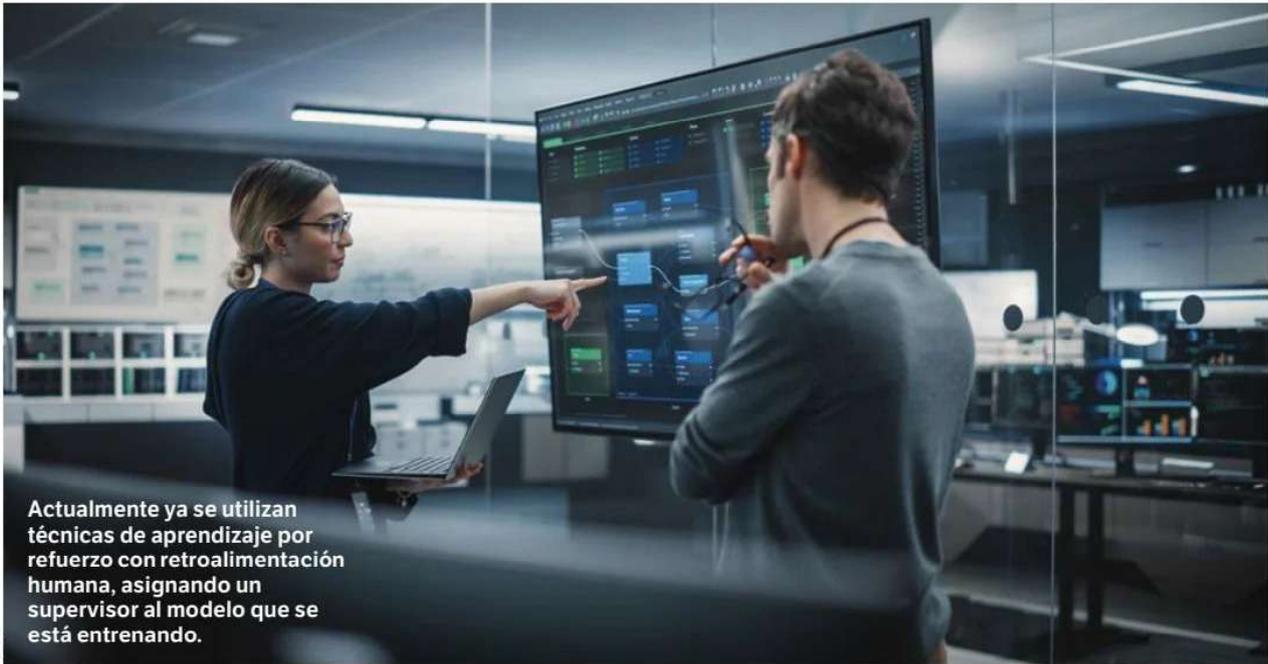
Una de las causas de que la IA cometa errores es que no se la entrene con suficientes datos o que estos no sean de buena calidad.

ginación», los memorizaría en lugar de aprender los patrones que le permitirían hacer generalizaciones y enfrentarse a situaciones nuevas con éxito. La arquitectura —la estructura interna, el diseño del modelo— es otro factor que se debe tener en cuenta, porque podría afectar a su capacidad de razonamiento. Por ejemplo, en una red neuronal, contar con pocas capas para tareas que requerirían una mayor complejidad o disponer de una memoria limitada afectaría la forma en la que procesaría los datos, por muy buenos que estos sean. Por último, la IA generativa utiliza algoritmos de decodificación —los que eligen qué palabra van a usar, dónde van a poner cada píxel...— que, si no están bien planteados, pueden llevar también a resultados inverosímiles y fuera de lugar.

SUPERVISIÓN HUMANA

No obstante, y aunque se pongan todos los medios, ni siquiera un diseño y un proceso de entrenamiento impecables evitan las alucinaciones. La naturaleza probabilística del problema sigue presente. Es por ello que se están buscando otras aproximaciones y nuevas formas de construir sistemas de inteligencia artificial. Por un lado, y como mencionamos al principio, ya se están utilizando técnicas de aprendizaje por refuerzo con retroalimentación humana (RLHF, *reinforcement learning from human feedback*), que consisten básicamente en asignar un supervisor al modelo que estamos entrenando, y que se encarga

Una IA entrenada con pocos datos, mal etiquetados, no representativos o muy homogéneos tenderá a inventarse aquello que no sabe antes de reconocer que no lo sabe



Actualmente ya se utilizan técnicas de aprendizaje por refuerzo con retroalimentación humana, asignando un supervisor al modelo que se está entrenando.

ESTOCK

de contrastar y verificar la información que este genera. Sin necesidad de intervención humana, existen métodos de verificación automática que permiten conectar los sistemas de IA directamente con bases de datos externas o motores de búsqueda, lo que les permite contrastar información en tiempo real. Se están planteando también modelos híbridos, que integran sistemas de aprendizaje automático con algoritmos de IA simbólica —basados en reglas lógicas—, mucho más estables en el sentido de que sus propias limitaciones actúan como protección frente a las alucinaciones —no así de cometer otro tipo de errores—. Pero existe una posibilidad mucho más interesante para evitar, o al menos tratar de com-

prender, los comportamientos excéntricos de la IA: convertirnos en Susan Calvin.

COMPRENDER SU RAZONAMIENTO

Aunque nuestros modelos de IA no se basen en cerebros positrónicos obligados a obedecer las tres leyes de la robótica, sí responden a un conjunto de reglas —matemáticas—. El problema es que no son solo tres ni tan sencillas, así que eso complica mucho la labor de cualquier «robopsicólogo». Los procesos que ocurren en las profundidades de una red de *deep learning* aún son, en gran medida, muy desconocidos para nosotros. En la mayoría de los casos no entendemos qué tipo de razonamientos lleva a un sistema así a llegar a

determinada conclusión. Que una tecnología con el potencial tanto constructivo como destructivo de la IA se comporte como una caja negra puede ser muy peligroso. El campo de la IA explicable (XAI, explainable AI) se encarga de tratar de entender qué sucede dentro de esas cajas negras, porque en determinadas circunstancias no basta con que una IA acierte, sino que es igual de importante entender por qué. La pregunta es: ¿nos servirá de algo saberlo?, ¿dejarán las IA de alucinar cuando comprendamos cómo funcionan? Crucemos los dedos y confiemos en que, con las máquinas, logremos algo que probablemente nunca consigamos con los seres humanos: entenderlas. □



El campo de la IA explicable se encarga de entender qué sucede dentro de la caja negra de la IA, comprender por qué acierta o no.

ESTOCK

LUCÍA
SESMA PRIETO,
filóloga



CIENTÍFICAMENTE NO PROBADO

LA CIENCIA DE LA PUBLICIDAD NOS PROMETE DE TODO CON TÉRMINOS QUE NO ENTENDEMOS PERO QUE NOS HACEN CREER EN QUE LO IMPOSIBLE ES POSIBLE.

El lenguaje científico se caracteriza por su objetividad. Las denominaciones sobre la materia, el análisis y los resultados deben indicar la singularidad de lo expresado. Una palabra para una única realidad. Algunos investigadores pioneros fueron bautizando sus descubrimientos con su nombre: Hertz, Newton, Ampère, Fahrenheit o Pasteur, aunque la mayoría de las nomenclaturas en las ciencias exactas llevan el sello humilde del anonimato de los millones de expertos que han entregado su vida a desentrañar la naturaleza. Si Marie Curie levantara la cabeza y viera veinte minutos de anuncios, la media de las pausas publicitarias en televisión, se revolvería en la tumba al ver la manipulación de las masas mediante eso que llaman «ciencia».

LA PUBLICIDAD ESTÁ PLAGADA DE MENSAJES PSEUDOCIENTÍFICOS que se aprovechan del principio de autoridad que otorga un conocimiento empírico, verificado y fiable: «Estudios internacionales lo demuestran»,

«Nueve de cada diez dentistas lo han comprobado», «Evaluación clínica, 49 mujeres, aplicación cotidiana durante 12 semanas, resultados medios 0,6 cm»; «Su potente molécula “devoragrasas”», «Contiene dimeticona, que rompe las burbujas de aire, eliminando los gases», «Su buen funcionamiento depende de la presencia en el medio extracelular de unas moléculas inteligentes», «Un complejo específico bioasimilable por la piel». Quién sabe a qué prestigiosos estudios internacionales se refieren, qué dentista de los diez no está de acuerdo, qué cuarenta y nueve mujeres eligieron, qué son las supuestas moléculas inteligentes o a qué se refieren con el concepto de «complejo bioasimilable». Lo vemos en nuestros televisores, lo escuchamos en la radio y lo leemos en anuncios de Internet o en redes sociales: un estatus de autoridad innegable que nos invita a creer. Los tecnicismos suman mayor seguridad, pese a no saber casi nada sobre ellos: *Bifidobacterium DN 173-010*, *Lactocaseibacillus casei Inmunitas*, retinoides, flavonoides, procianidinas,

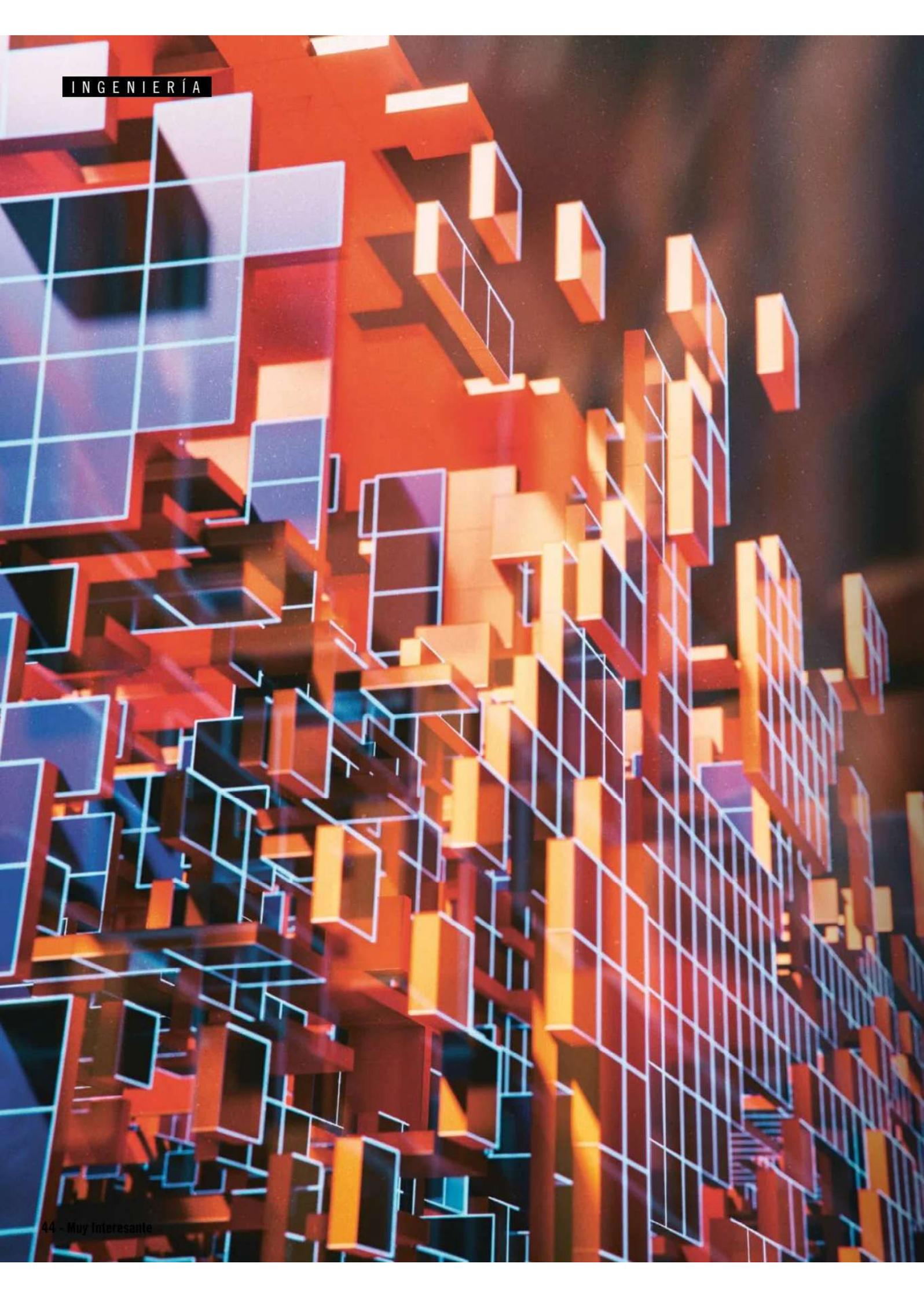
antocianósidos y polifenoles varios. Y por si aún teníamos dudas sobre la eficacia de un producto, nos lo dicen en inglés, mucho más veraz y distinguido que el español: *antiaging*, *anti-cellulite*, *proactive*, *age eep perfect pro-calcium*, *light*, *ecofriendly*, *total repair*, *new formula*. Veinte segundos de imágenes brillantes, jóvenes guapos, gente feliz, familias armoniosas, casas espectaculares, parajes inolvidables y vidas de aven-

turas, adornados de lemas sencillos que invitan a soñar.

¿CIENCIA O PERSUASIÓN? A estas alturas, ha dejado de importarnos si lo que nos dicen es cierto o no: tenemos fe. De eso se trata. Creemos en la ciencia de la publicidad como una nueva religión, cuyos dogmas no pretendemos entender. Solo necesitamos ayuda. Tenemos pérdidas de orina, celulitis, arrugas y una barriga que no sabemos cómo ha envuelto nuestro cuerpo. Los cambios hormonales hacen que queramos meternos en una cápsula hacia la luna; eso si nuestro entorno más próximo no nos ha mandado ya aún más allá. No vemos de lejos, no vemos de cerca. Se nos cae el pelo, los músculos flojean y los huesos duelen. Estamos tan desanimados que no sabemos si tenemos perimenopausia, pitopausia, el hierro bajo o simplemente sed. Que no cunda el pánico, una pastilla es la solución: «Contra la depresión... ¡triptonízate!». A golpe de clic en la tableta de doce comprimidos llegaremos al nirvana. Una de las últimas modas es la comercialización del resveratrol, publicitado como la panacea contra el envejecimiento, el cáncer y las enfermedades cardiovasculares y otras neurodegenerativas. Al rastrear un poco, descubrimos que este tipo de polifenol está presente en las uvas, el vino tinto, los arándanos, las moras o los cacahuets. ¿Y si en vez de una píldora, consiguiéramos esos beneficios tomando un buen vino, con jamón ibérico de bellota, un queso curado y un tomate con aceite de oliva virgen, en buena compañía? Quizá no esté científicamente probado, pero, sin duda, seríamos más felices. □



ISTOCK



UNA MANERA EFICIENTE DE HACER DISEÑO EN INGENIERÍA USANDO MATEMÁTICAS

¿DÓNDE HAY QUE PONER LOS AGUJEROS?

¿Está el peso de un objeto necesariamente reñido con su funcionalidad? ¿Podemos mejorar la forma en que diseñamos y construimos? Nos adentramos en desvelar qué hay detrás de una filosofía de diseño más eficiente, más sostenible y de alguna manera, más conectada con la naturaleza.

Texto de **ALBERTO DONOSO, JOSÉ CARLOS BELLIDO, ERNESTO ARANDA Y DAVID RUIZ**, investigadores en Matemática Aplicada de la Universidad de Castilla-La Mancha

H

Hay dos razones fundamentales que nos llevan hoy en día a diseñar piezas, estructuras o dispositivos funcionales más eficientes, en los que el peso no exceda un cierto valor. La primera de ellas es evidente, ya que se ahorra material; y la segunda, que es bastante común, es debida a que ese objeto probablemente forme parte de un sistema más grande que requerirá de un mayor consumo de energía para desempeñar su función, como ocurre, por ejemplo, en cualquiera de las piezas de un coche o de un avión. No hay duda: si un coche o un avión pesa menos, cuesta menos fabricarlo y también cuesta menos alimentarlo.

A menudo, algunos de los diseños ya existentes admiten una configuración mucho más eficiente, de modo que ¿cómo podemos entonces distribuir mejor el material del que se dispone a la hora de diseñar? Veamos un ejemplo. Consideremos lo que podría ser el prototipo del chasis de un dron. Esa estructura es funcional para ciertas hipótesis mecánicas de funcionamiento en las que no vamos a entrar ahora. Sabien-

La búsqueda de una mayor eficiencia en el diseño de una estructura ha llevado a la aparición de diferentes *softwares* con los que tratar de resolver numéricamente esos problemas.

ISTOCK



Un producto, como un vehículo, compuesto de multitud de piezas y componentes, necesita que estos pesen cada vez menos para hacerlo más eficiente y para alimentarlo mejor y para reducir costes de fabricación y mantenimiento.



En el diseño de un dron se enfatiza la importancia de una adecuada distribución del material para mejorarlo y aligerar su peso. Arriba, Figura 1, abajo, Figura 2.

referencia precisamente a esto: optimizar, es decir, encontrar la mejor forma de hacer algo, y topología, que tiene que ver con la forma de los objetos. Y ambos conceptos conjuntamente abren el camino de las matemáticas en la concepción y diseño de estructuras.

LAS MATEMÁTICAS QUE HAY DETRÁS

El diseño de estructuras es un campo donde convergen la física, las matemáticas y la computación de una manera fundamental y muy interconectada. La física proporciona los

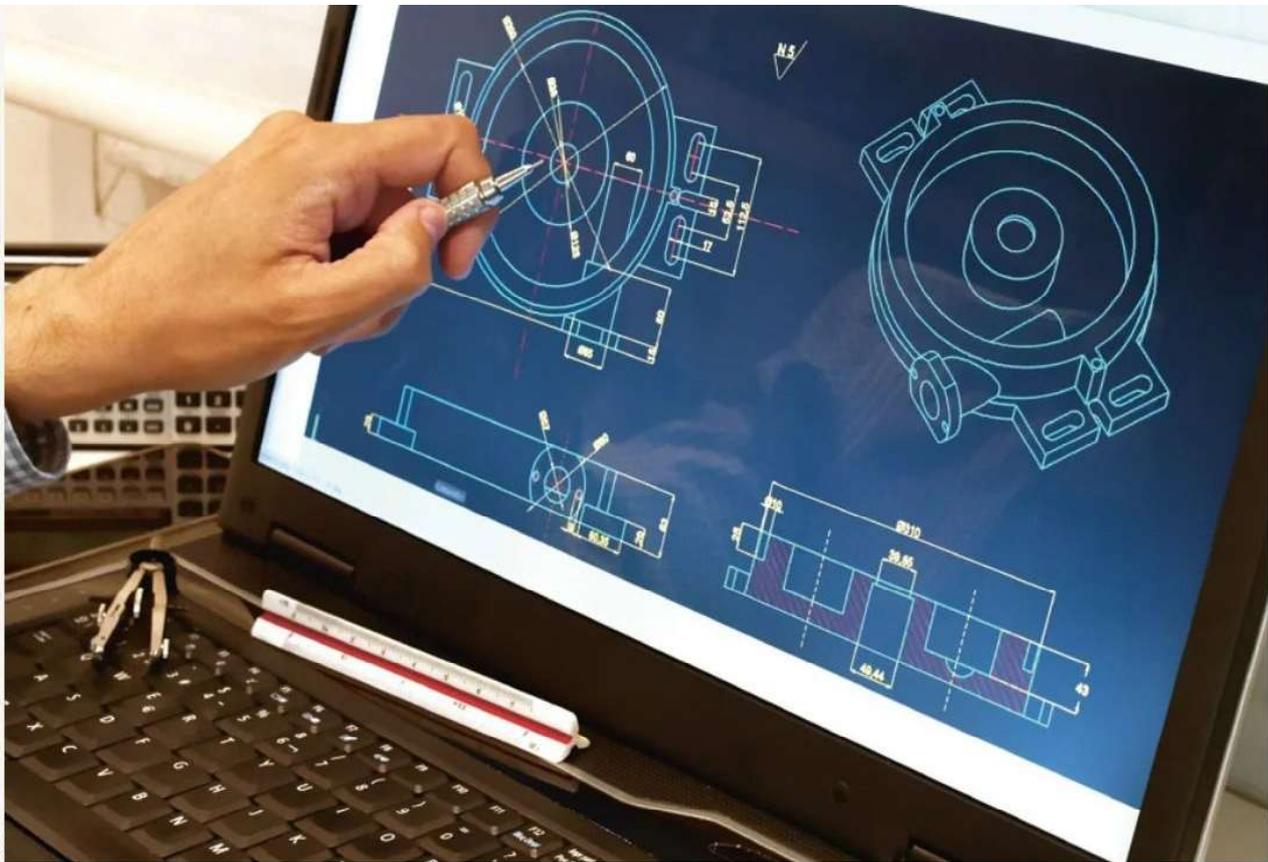
do eso y partiendo de ella como punto de partida, la pregunta que nos hacemos es la siguiente: si fuera posible, ¿de dónde podríamos retirar material sin perder en funcionalidad?

Como apuntaba el arquitecto francés Robert Le Ricolais, «El arte de una estructura estriba en saber cómo y dónde disponer los huecos». Esto enfatiza la importancia que tiene una adecuada distribución de material a la hora de diseñar mejores estructuras. Se trata, por tanto, de encontrar la mejor forma que puede adoptar un objeto llegando a un buen acuerdo entre peso y funcionalidad. Este concepto de diseño es lo que se conoce en la literatura científica como optimización topológica. La figura del dron de la Figura 2 (en esta página, arriba) muestra el resultado de aplicar esta metodología a la estructura de la Figura 1.

Lo interesante de esta nueva distribución con agujeros es que es igual de funcional que la anterior, pero es más eficiente porque emplea menos de la mitad de material. El término optimización topológica hace

modelos y leyes matemáticas que describen el comportamiento del sistema. En este caso, una estructura mecánica suele representarse como un sólido elástico que, ante cargas externas, sufre deformaciones. La ley matemática que modela este fenómeno, y que viene dada en forma de ecuaciones diferenciales, permite predecir dicha deformación, así como otras magnitudes claves como la rigidez o las tensiones dentro del sistema. Las matemáticas, por su parte, ofrecen herramientas para comprender estas ecuaciones y calcular sus soluciones. Sin embargo, esto no basta: diseñar una estructura implica algo más que calcular el estado de un sistema físico. Es necesario intervenir en el propio sistema, modificando la forma de la estructura para alcanzar una configuración óptima. Desde el punto de vista matemático, esto se trata como un problema de control, donde el control es la propia estructura. A estos casos los llamamos problemas de diseño óptimo, ya que la variable de control es intrínseca al sistema físico.

El diseño de estructuras es un campo donde convergen la física, las matemáticas y la computación



ISTOCK

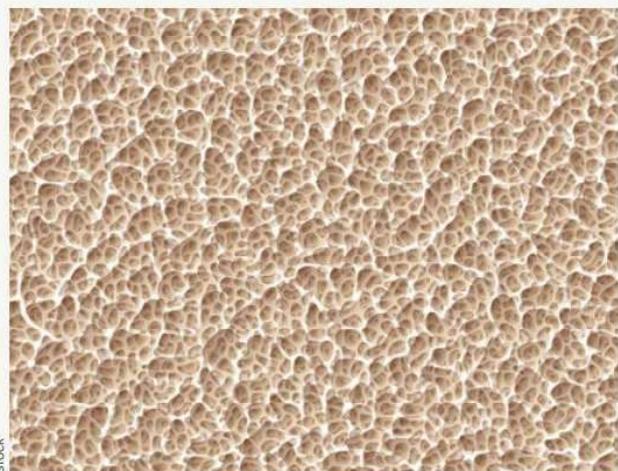
Para diseñar una estructura es necesario intervenir en el propio sistema, modificando su forma para conseguir la configuración óptima.

El diseño estructural es un desafío matemático complejo, dado que, en general, no existe solución en un sentido clásico, es decir, como una forma bien definida. Lo óptimo suele aparecer a nivel microestructural: cuantas más perforaciones tenga una estructura, mayor eficiencia puede alcanzar, lo que en el límite conduce a medios porosos, como ocurre en la naturaleza con la estructura trabecular del hueso. Afortunadamente, gracias a diversas teorías matemáticas, como la homogenización de ecuaciones en derivadas parciales y el análisis matemático de microestructuras y materiales compuestos, existen formulaciones, llamadas relajadas, que sí admiten solución, y que, aun no siendo óptimas, sí son casi-óptimas, pues permiten aproximarse a los valores ideales de forma efectiva.

EN BUSCA DE UNA SOLUCIÓN

Obviamente, resolver el problema matemático antes mencionado no es una tarea sencilla. Como ocurre con la práctica totalidad de ecuaciones que modelan fenómenos físicos, necesitamos acudir a métodos numéricos para alcanzar la solución de estos problemas. Sin embargo, la aparición de microestructuras comentada anteriormente da lugar a dificultades numéricas adicionales que imposibilitaron durante bastante tiempo la obtención de soluciones de dichos problemas. Si bien esas dificultades han sido superadas con la incorporación de diversas técnicas, una característica notable en los algoritmos diseñados para dar respuesta a estos problemas es la necesidad de un ajuste preciso en determinados parámetros que requiere de una cierta experiencia para poder llegar a soluciones adecua-

das. Además, debido a la naturaleza del problema, es frecuente encontrarnos con diferentes soluciones, es decir, diseños distintos, pero que comparativamente muestran un comportamiento similar. Por otra parte, y puesto que se trata de problemas de optimización, el carácter iterativo de los métodos numéricos usados da lugar a problemas computacionalmente exigentes que, en situaciones reales, requieren del uso de técnicas de computación de alto rendimiento, como la paralelización. Esto ha llevado a la aparición de una variedad considerable de *software*, tanto comercial como académico, con la que tratar de resolver numéricamente este tipo de problemas. Por ejemplo, la



ISTOCK

Cuanto más perforaciones tenga una estructura, como la textura orgánica de una esponja o hueso, más eficiencia puede alcanzar.

La clave de mejora radica en la capacidad para formular las ecuaciones físicas que modelan el fenómeno físico subyacente



ISTOCK

Al optimizar la forma de los electrodos, adheridos a los sensores, podemos mejorar tanto la eficiencia como la sensibilidad de estos.

estructura optimizada mostrada antes del dron es el resultado obtenido por el *software* Toptimiz3D, diseñado por los autores, que se encuentra disponible en <https://gitlab.com/e-aranda/partoptimiz>.

DE LA MICROESCALA A LA MACROESCALA

Llegados a este punto, surgen dos preguntas de forma natural: ¿tenemos alguna limitación de tamaño?, y ¿podemos extender este concepto de diseño a otros contextos? Vamos a tratar de responder ambas preguntas. La optimización topológica es una herramienta de diseño tremendamente versátil. Gracias a ella, podemos fabricar desde la microestructura de cualquier material, como la de un hueso, hasta inspirarnos en el diseño de grandes edificios o infraestructuras, como puentes. Por otro lado, simplemente cambiando las ecuaciones físicas del



La extrema versatilidad de la optimización topológica permite fabricar desde microestructuras hasta grandes obras de ingeniería e infraestructuras, como puentes.

SHUTTERSTOCK



SHUTTERSTOCK

Uno de los últimos avances presentados que podría mejorar la calidad de los implantes faciales y de reconstrucción craneal se inspira en la sepia, que posee una estructura laminada y porosa.

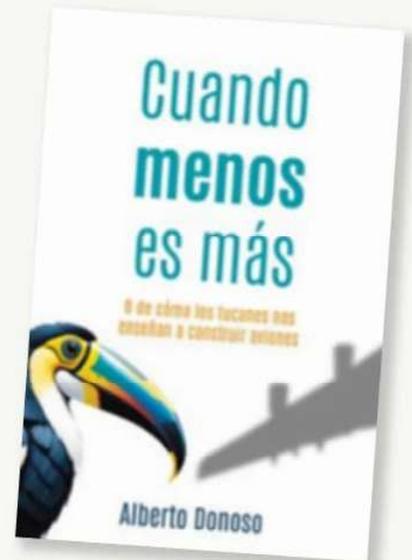
problema, podemos aplicarla en diversos campos. Un claro ejemplo podría ser la mejora en la eficiencia de un disipador de calor, ya sea uno pequeño, como el que se encuentra en la placa base de nuestro ordenador, u otro más grande, como el utilizado en los coches de carreras. Otro campo digno de mención es el de los dispositivos MEMS (*Micro Electro-Mechanical Systems*), sensores o actuadores que son fabricados a escala micrométrica. Estos podrían ser utilizados para detectar cualquier sustancia en el ambiente, o ¿por qué no? dentro de nuestro propio cuerpo, o incluso para mover minúsculos objetos.

Optimizando la forma de los electrodos (delgadas placas metálicas que recogen carga eléctrica) adheridos a estos sensores, podemos mejorar tanto la eficiencia, como la sensibilidad de estos. Fotónica, electromagnetismo, acústica, entre otros, son algunos contextos en los que a menudo el diseño tiene margen de mejora. La clave radica en nuestra capacidad para formular las ecuaciones matemáticas que modelan el fenómeno físico subyacente, permitiéndonos encontrar mejores soluciones.

LA OPTIMALIDAD EN LA NATURALEZA

Lo vimos antes con nuestro propio tejido óseo, y es que la naturaleza nos lleva claramente la delantera en cuestiones de eficiencia. En un reciente artículo publicado en la prestigiosa revista *Science Advances*, en 2021, se propuso un nuevo material que podría

mejorar la calidad de los implantes faciales y de reconstrucción craneal, entre otras aplicaciones. Ese estudio se inspiró en dos animales marinos, uno de ellos es la sepia. Resulta que esta presenta una estructura laminada y porosa que le permite resistir altas presiones bajo el mar con un peso ligero que favorece su flotabilidad. Imitar a la naturaleza para encontrar soluciones a ciertos problemas se conoce con el nombre de biomimética. Algunos de estos ejemplos tan motivadores aparecen en el libro *Cuando menos es más* (*O de cómo los tucanes nos enseñan a construir aviones*). Todo esto pone de manifiesto que la naturaleza es óptima, es decir, es perfecta aquí y ahora, y también que podemos aprender mucho de ella emulando muchos de sus comportamientos y patrones en los diseños actuales de las cosas. □



DAVID PASTOR VICO
Filósofo

¿QUÉ SIGNIFICA «CONÓCETE A TI MISMO»?

ESTA FRASE, TAN POPULAR COMO MALINTERPETADA, EN REALIDAD ENCIERRA UN MENSAJE SUTIL: EL AUTOCONOCIMIENTO NOS PERMITE AYUDAR MEJOR A LOS DEMÁS, SER MÁS ÚTILES A LA COMUNIDAD, SIN LA QUE NO PODEMOS SER LO QUE SOMOS, PORQUE EL OTRO ES EL QUE NOS ENSEÑA EL MUNDO.

Esta seguro que crees que te la sabes! Existen muchísimas frases de la filosofía, el pensamiento o el mundo clásico a las que les damos una interpretación algo más que dudosa. Las más de las veces sucede porque desconocemos el contexto en el que estas sentencias aparecen y, cómo aparentemente son tan fáciles a nuestro entendimiento ¿cómo van a significar otra cosa? Pero así sucede, ya verás, deja que te ponga un ejemplo antes de ir al turrón.

Seguro que has oído y repetido medio millón de veces, por lo menos, aquella sentencia aparentemente *fitness* de *mens sana in corpore sano*. Casi me la puedo imaginar artísticamente grafitada en uno de esos nuevos gimnasios de *crossfit* que están ahora tan de moda, o en un bote de creatina de un kilo. La frase en latín se entiende tan bien en español que raramente la vamos a oír traducida, pero ¿qué significado tiene exactamente? ¿lo sabes?

Seguramente todos convendremos presto que es una incitación a estar en buena forma física ya que para tener una mente sana necesitaremos disfrutar de un cuerpo sano, y por sano entendemos ejercitado, con buen tono ¿no? Además, todos los estudios indican que la buena forma física es fundamental para la salud y que esto también ayuda a tener la mente más clara, más ordenada y a disipar los malos rollos... Y no digo que no sea cierto, que estar en forma es un pasaporte a la salud es evidente. Pero ¿quiso decir esto el bueno de Juvenal cuando entre el siglo I y II después de Cristo escribió en su *Sátira X* lo siguiente?:

Orandum est ut sit mens sana in corpore sano. Que podemos traducir como «Debemos orar para que haya una mente sana en un cuerpo sano» Que otros también traducen por «Se debe orar que se nos conceda una mente sana en un cuerpo sano».

Si siguiéramos leyendo, descubriríamos que Juvenal está haciendo una exaltación de la necesidad de formar nuestro carácter en la templanza para que nos lleve a la virtud como única posibilidad de tener una vida sosegada. «Pedid un alma fuerte que carezca de miedo a la muerte, (...) Que pueda soportar cualquier clase de esfuerzo, que no

sepa de ira, y esté libre de deseos» ¿A que ya no significa lo mismo que llevas creyendo desde la primera vez que la oíste no sabes cuándo?

Bien, pues ya estamos preparados para preguntarnos qué significa «conócete a ti mismo».

CUENTA LA HISTORIA, LA LEYENDA Y PAUSANIAS, que este aforismo griego se podía leer sobre la entrada del templo de Apolo en Delfos. A este lugar sagrado acudía todo tipo de personas a consultar al oráculo, que era tomado por los griegos clásicos como una fuente legítima de información, aunque parece que algunas veces salían más confundidos que cuando entraron a preguntar. Sea como fuere y dijera lo que dijera, como aquello de que Sócrates era el más sabio de Atenas y al pobre casi se le funden los cables. Lo que parece ser cierto es que «conócete a ti mismo» estaba allí escrito y era una frase de dominio común en toda Grecia.

Seguimos. Cuenta la historia, la leyenda y en este caso Platón, que su maestro Sócrates en alguna ocasión usó esta frase para decirle al joven Alcibíades que, antes de meterse en política, se conociera a sí mismo para así poder vencer a sus rivales, pues este autoconocimiento le indicaría en qué debía mejorar para lograr su cometido. Quizá esta forma de presentar la famosa frase no te haga ruido ninguno; no te genere una disonancia cognitiva que dirían los que saben.

“... Formar nuestro carácter en la templanza para que nos lleve a la virtud como única posibilidad de tener una vida sosegada”

“ Conócete a ti mismo para que, sabiendo en qué eres bueno o malo, a través de la mirada de aquellos en los que confías, poder ayudar los demás”



ALBUM
Maestros y alumnos en una Kylix ática de figuras rojas pintada por Dúrides hacia el 480 a.C..

Estamos hoy en un momento histórico en el que el individualismo se ha convertido en el pan nuestro de cada día y cualquier cosa que puedas hacer, solo sin la intervención de nadie, y que además sirva para hacerte mejor, más productivo y exitoso, es recibida con los brazos abiertos. Pero si te digo que el mismísimo Aristóteles, discípulo de Platón, con un pie en las palabras de su maestro afirmaba que uno solo puede conocerse a sí mismo a través del «amigo virtuoso» del «otro yo» y que, al cuidarme a mí, al tenerme en cuenta yo y promover mi virtud moral, cuido simultáneamente de ese «otro yo». Ahora te ha chirriado bastante más, ¿Verdad?

Recuerda que, ya hace mucho que hemos dado por buena la definición del animal humano como un animal político, social. Y que también aceptamos que para regular el espacio de relación ética en el que nos desarrollamos debemos asumir una serie de reglas y normas de convivencia a las que llamamos moral. Pues a la correcta observancia de las mismas es a los que los antiguos llamaban «virtud moral». Y si «justamente es la confianza el principal 'recurso moral' de una sociedad», como nos recordaba Fukuyama, y la confianza y la responsabilidad son conceptos complementarios, de ida y vuelta ¿No te parece que el hecho en sí de conocernos a nosotros mismos, lejos de ser una acción individualista y egocéntrica, porque para empezar necesitamos del otro para hacerlo, debería tener algún fin común, alguna utilidad social? ¿La pregunta es muy larga y te has perdido?

DEMOS JUNTOS UN SALTO MORTAL HACIA DELANTE IMPULSADO POR ARISTÓTELES. A ver cómo te suena esto: conócete a ti mismo para que, sabiendo en qué eres bueno o malo, a través de la mirada de aquellos en quienes confías, poder ayudar a los demás. Y ahora creerás que me he

vuelto loco. Pero debes recordar que cuando hablamos de la ética como la rama más práctica de la filosofía, la nombramos, así como los antiguos también la llamaban, el arte del buen vivir, de la buena vida. Para que esto suceda es necesaria la acción común de todos los miembros de la polis, de la tribu, del clan o del barrio. No solo confiamos en los demás para que estos cumplan con su responsabilidad para con nosotros, confiamos porque necesitamos a los demás para conocernos a nosotros mismos y mejorar las condiciones de vida, a esto muchos lo llaman «responsabilidad social». ¿No me pillas aún?

Imagínate que con ocho años te quedas aislado en una isla desierta y que, por suerte para ti la supervivencia no es problema. Cuando llegaste eras un niño, ahora tienes más de veinte años. Si te preguntara si eres guapo o feo ¿qué me dirías? ¿Sabrías si eres alto o bajo, si eres un buen nadador o si eres listo? Seguramente nades bien sí, me podrías decir, pero ¿con quién te puedes comparar para saber qué tan bueno eres? ¿Quién te puede hacer ver lo listo o torpe que eres? ¿De quién podrías aprender otras cosas que no fueran las conclusiones de las experiencias del día a día isleño? ¿Entenderías el porqué de las mareas, de las estaciones, de las fases de la luna?

El animal humano necesita de otros humanos para ser menos animal. Conocerse a uno mismo es un paso necesario para entender el mundo en el que vivimos, sí. Pero si no queremos que nos llamen idiotas, debemos asumir que tanto lo que somos, como lo que podemos llegar a ser, carece de sentido sin la presencia del otro, que es quien nos enseña el mundo y quiénes somos realmente, de los otros que nos ayudan a formar ese nosotros necesario para sobrevivir.

Y recuerda, nadie aprende solo.

Continuará... □

DISCAPACIDADES INVISIBLES

Lo que no vemos no quiere decir que no exista. Encefalomiелitis miálgica, dolor nociplástico, fibromialgia, sensibilidad química múltiple, covid persistente, endometriosis... son enfermedades colindantes con muchas cosas en común. Todas pueden provocar discapacidad, se ven influidas por tóxicos ambientales y la mayoría de las afectadas son mujeres. Por su difícil diagnóstico, están entre las grandes olvidadas del sistema de salud y seguridad social.

Texto de **LAURA G. RIVERA**,
periodista científica

Los pacientes de enfermedades invisibles se sienten solos, aislados y limitados. El colectivo requiere de abordajes multidisciplinares a sus dolencias.

ISTOCK



S

on personas luchadoras, que no se han rendido y siguen investigando, estudiando, denunciando su situación. «Me considero un activista de la salud, lucho por la humanización del sistema sanitario y por mejorar la calidad de vida de tantos pacientes crónicos que somos en España», nos dice Carlos Solas, de 35 años, que padece una dolencia inflamatoria incurable

llamada esofagitis eosinófila.

«Las enfermedades invisibles solo son visibles para que quienes las tenemos. Hay muchas personas que no lo comprenden, porque no lo viven en sus carnes. Yo no salgo mucho, mi vida social se ve muy limitada, sobre todo, cuando aquí en España todo es salir a comer, a tomar café, a cenar... -actividades más afectadas por su problema de esófago-. Acabas quedándote entre cuatro paredes», reconoce.

Luego están los médicos. Muchas veces, son su salvación. Aunque hay otras en que «tenemos casi que ponernos de rodillas para rogar a los especialistas que nos hagan caso. Necesitamos abordajes multidisciplinares y coordinados, pero no es nada fácil conseguirlos», nos dice este paciente que, en la actualidad, debe tratarse con el especialista de digestivo, el alergólogo, el psicólogo, el reumatólogo, el dermatólogo y el otorrino. «Todo el mundo sabe que la medicina no es una ciencia exacta, pero a muchos médicos se les olvida esto. Cuando no ven algo claro y las pruebas salen confusas o no concluyentes, dicen que no hay nada. En vez de seguir investigando o mandarte a otro especialista, te dan el alta. No quieren saber nada de ti. Pero tú sigues con tus síntomas y sin calidad de vida», protesta.

Solas es uno de los muchos pacientes de enfermedades invisibles que ha tenido que escuchar eso de «tú no tienes nada» en la consulta. «Esos comentarios, directos o sutiles, que ponen en duda lo que decimos, nos hundían en la miseria», señala.

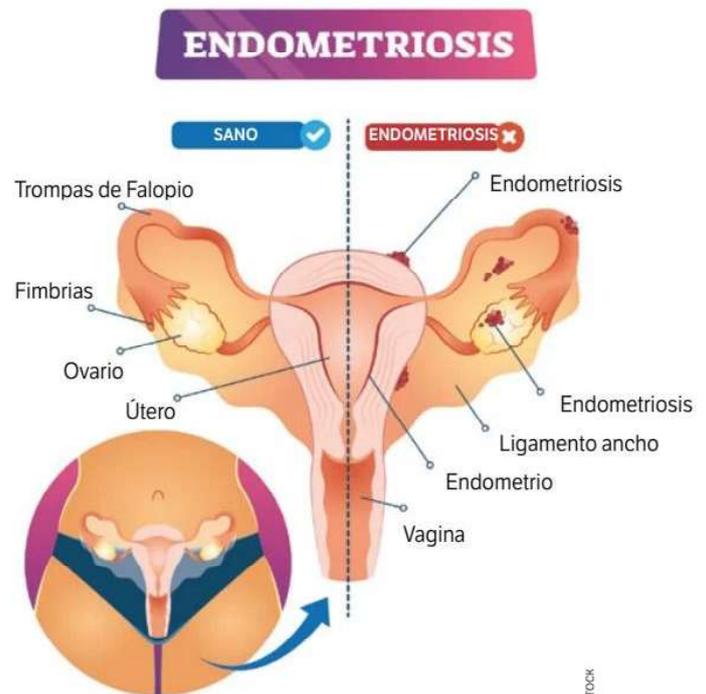
«A simple vista, en apariencia, se me ve bien», reconoce Solas. Pero esto es algo que puede jugar en su contra. Lo diagnosticaron en 2015, aunque no ha recibido tratamiento hasta 2021. ¿Las razones? «Primero, es una enfermedad muy desconocida, pero tampoco los médicos me prestaron atención. Pensaban que estaba todo en mi cabeza, que era un problema psicológico. Quizá, si me hubieran tratado desde el principio, me habría ahorrado pasar por el quirófano para cinco dilataciones de esófago en los últimos dos años», se lamenta. La esofagitis eosinófila fue considerada una enfermedad rara hasta 2022, cuando empezaron a dispararse los casos hasta los 50 000 diagnosticados que hay hoy en España. Dada su creciente prevalencia, la base de datos europea especializada Orphanet le ha cambiado la etiqueta de «rara» a «crónica».

Carlos Solas, que es graduado en Ciencias Físicas y del Deporte, profesor de tenis desde los 17 años y padre de un niño pequeño, habla con Muy Interesante apenas dos semanas antes del juicio que tiene con el Instituto Nacional de la Seguridad Social. Tras pasarse 18 meses de baja, un tribunal médico le denegó la incapacidad temporal. Le dieron el alta y tuvo que pedir una reducción de jornada. «Pasarme 8 horas al día de pie en mi estado es muy complicado, no tengo fuerzas. Por necesidades de mi dieta, mi alimentación es poca y poco variada». Entonces, decidió demandar. «Ni se leen los informes. Si lo hubieran hecho, habrían visto que las pruebas de anatomía patológica demuestran que mi enfermedad no estaba remitiendo ni con la dieta ni con la medicación», objeta. Lo que pide es la incapacidad en su puesto actual, «para tener un sostén económico que me permita reconvertirme y poder dedicarme a otra cosa. Yo quiero seguir trabajando, pero no así», apunta.

Como ocurre con casi todas las discapacidades invisibles, la suya es una enfermedad que empeora con el estrés y que tiene un alto componente ambiental (tóxicos presentes en aguas, aire, alimentos...) Además, es raro que se mantengan aisladas. Es común que desemboquen en dolencias como la encefalomielitis miálgica o el síndrome de sensibilización central, en problemas psicológicos como la depresión o trastornos del sueño, y que el sistema inmune debilitado haga a los pacientes más vulnerable a infecciones.

ENDOMETRIOSIS, COSA DE MUJERES

Otra enfermedad crónica multifactorial de causa desconocida y sin tratamiento es la endometriosis, que ocurre cuando el tejido que recubre la cavidad uterina





Un gran número de pacientes se sienten maltratados por la sanidad. Los médicos, en muchas ocasiones, ponen en duda lo que dicen al no hallar claramente la causa del dolor.



es capaz de crecer en otras partes del cuerpo y afecta a un 10 % de las mujeres en edad fértil. El resultado, una inflamación persistente, quistes en diversas partes del cuerpo, dolor, fatiga crónica, infertilidad. «Existen evidencias de que la mayor exposición a disruptores endocrinos -como dioxinas o bisfenoles, presentes en todas partes en nuestro entorno- está relacionada con un mayor número de casos», dice a Muy Interesante la doctora Ana López, que dirige la Unidad de Endometriosis en el Hospital Universitario de la Paz. Se trata de la primera sección especializada en esta dolencia en España, que funciona como una especie de centro de coordinación de distintos especialistas, desde radiólogos a cirujanos digestivos, rehabilitadores o urólogos, ya que se trata de algo más que un problema ginecológico.

La endometriosis afecta de lleno a la calidad de vida de las pacientes. «Aunque algunas pueden llevar su día a día de forma normal, otras van de cama en cama y de consulta médica en consulta», señala la doctora. Con la carga añadida del estigma de género: «El dolor asociado a causas femeninas está absolutamente despreciado. Culturalmente, te dicen que es normal que te duela la regla», nos recuerda. Sin embargo, este dolor menstrual incapacitante, uno de los síntomas que alertan de endometriosis, no es normal.

Muchas están, además, «a tortas con la Seguridad Social, para que reconozca sus bajas médicas», tal y como confía a Muy Interesante Cristina González Sánchez, portavoz de la asociación EndoMadrid, que está a la espera de que se resuelva su juicio por incapacidad y ya ha perdido, en diversas operaciones, el útero, los ovarios, parte del intestino y parte de la vejiga. «Las bajas prolongadas pueden llevar a despidos, en otros casos a no poder lograr aquellas metas laborales que te habías propuesto», afirma por su parte Sara Herrera, psicóloga y paciente de endometriosis severa.

Las pacientes piden que se fomente la detección precoz, que se establezcan protocolos de obligatoriedad médica y que se invierta más en investigar sobre sus causas y tratamiento», según señala a Muy Interesante Soledad Domenech, presidenta de la Asociación de Afectadas de Endometriosis Crónica ADAEC. Sin embargo, «está infradiagnosticada. Los médicos, muchas veces, no somos capaces de detectarla, en parte, porque es una gran desconocida», afirma la doctora Ana López.

Mientras, cada día, muchas de las afectadas siguen conviviendo con el dolor. «No solo hablamos del físico (de la analgesia que no funciona, visitas recurrentes al hospital, continuas operaciones, efectos secundarios de los tratamientos hormonales...), sino también de ese dolor silencioso y profundo que te acompaña día y noche, por todo aquello en lo que la enfermedad está limitando y condicionando tu vida», cuenta Sara.

Es un monstruo que conocen muy bien los afectados por discapacidades invisibles. Hoy, 9 millones de españoles padecen dolor crónico, el primer motivo de consulta en Urgencias y causa de baja laboral en el 46 % de los casos. La mitad de ellos no responden al tratamiento, según datos de la Sociedad Española de Neurología. Y un tercio desconocen la causa de su dolor. «Cuando a la persona le duele todo, tanto que no puede hacer vida normal, estás ante un dolor crónico primario o nocioplástico, que se considera una enfermedad en sí misma», reconoce la anestesióloga María Madariaga, presidenta de la Sociedad Española del Dolor.

Nueve millones de españoles padecen dolor crónico, el primer motivo de consulta en Urgencias

La encefalomiелitis miálgica (también conocida como síndrome de fatiga crónica) que sufren 1 700 000 españoles, suele ser una compañera indeseada en cuadros de dolor crónico. «Las pacientes sufren mucho, el sistema las trata de forma muy injusta. Cuando piden la incapacidad, les dicen que no les pasa nada. Maltrato institucional, lo llaman ellas», nos comenta la doctora Eva Martín, especialista en esta dolencia, desde el tema en el Hospital Manises de Valencia. «Tienden a ser rechazadas por el sistema sanitario porque dan mucho trabajo. No hay protocolos de tratamiento. Como médico, tienes que aceptar que estás ante alguien con una enfermedad crónica grave e incapacitante para la que no tienes tratamiento», admite.

SECUELAS DE LA PANDEMIA

Pepa Recuero, profesora de educación especial, de 53 años y madre de tres hijas, es una de esos trabajadores esenciales que se contagiaron de COVID-19 en la primera ola, en marzo de 2020. Después de eso, no volvió a ser la misma. «No me curaba y los médicos empezaron a pensar que era raro, hasta que me diagnosticaron covid persistente», recuerda. A los síntomas respiratorios se fueron uniendo muchos otros, como dolor intenso de cabeza y extremidades, niebla mental, debilidad muscular, dificultad para concentrarse, alteraciones cognitivas, temblores, tinnitus, mareos, subidas y bajadas repentinas de temperatura, hipersensibilidad auditiva. Y cansancio, un agotamiento exagerado por el más mínimo esfuerzo, incluso, darse una ducha.

Su caso recuerda al de la veterinaria Celia Piquer, de 48 años, con un diagnóstico de «encefalitis miálgica postvacuna COVID en grado severo». «Desde marzo de 2021, soy completamente dependiente. No puedo hacer un trayecto de más de 10 minutos andando», nos dice. Inflamación crónica y disfunción del sistema nervioso y neurológico, con dolor neuropático, son síntomas que comparten los afectados tanto por covid persistente como por secuelas de las vacunas covid. De hecho, investigadores de todo el mundo



Muchas mujeres tienen que escuchar que «es normal que duela la regla», siendo ese un claro síntoma de la endometriosis.

analizan a ambos grupos pacientes en una búsqueda común de mecanismos de acción y tratamientos, como ocurre con el estudio longitudinal LISTEN en la Universidad de Yale.

De ser una mujer activa, de hábitos saludables, amante del campo, apasionada madre y profesora, Pepa Recuero pasó a sufrir una «discapacidad generalizada», cuenta a Muy Interesante. «Todas las actividades que suponen salir con una inmediatez de casa, para ir de paseo, ir a trabajar, a un cumpleaños he tenido que minimizarlas o suprimirlas. No estoy en condiciones de hacer una vida autónoma. Despertarse ya con dolor desde por la mañana te condiciona mucho para todo. Es un tipo de dolor que nunca cesa, no te da tregua», explica.

«Nunca sabes cómo vas a estar al día siguiente, por eso, dejas de hacer planes. A veces, crees que vas a poder ir a algo, porque tienes esa ilusión, pero el nivel de dolor se lo impide», admite. Pepa lleva ya cinco años enferma y no pierde la esperanza de recuperarse.

Mientras, ha pasado por cinco tribunales médicos. Todos le han negado la incapacidad temporal y le han dado el alta para trabajar, a pesar de la montaña de informes médicos que tiene donde los especialistas advierten que incorporarse puede empeorar su situación. «Es un tema económico. Los pacientes de covid persistente no encajamos en los presupuestos. Los evaluadores del Instituto Nacional de la Seguridad Social tienden a reducir o minimizar tu enfermedad», denuncia. Como muchos de sus compañeros de la Asociación de Pacientes de Covid Persistente de Madrid, de la que es portavoz, Recuero no tuvo más remedio que demandar al INSS y, a pesar de que el informe del perito médico le daba la razón, la sentencia, cuajada de errores, no salió a su favor. Y su abogado la recurrió. «Estamos a la espera de que respondan», dice con una calma admirable. ¿Y los gastos de los procedimientos legales? «Los pago yo, claro».

Desafortunadamente, el de Pepa o el de Celia no son casos aislados. «Somos un montón de pacientes en ese vacío, que recibimos el alta forzosa del INSS sin estar en condiciones de trabajar», recalca Recuero. Hay entre un millón y medio y dos millones de enfermos diagnosticados de covid persistente en España y 14 000 efectos graves de las vacunas covid comunicados a Sanidad. «No sabemos la prevalencia exacta de covid persistente. Es muy difícil hacer el diagnóstico. No es como hacer un test de embarazo. Solo tenemos la probabilidad de que una serie de síntomas definan la dolencia», explica a Muy Interesante la doctora Pilar Rodríguez Ledo, presidenta de la Sociedad Española de Médicos Generales y de Familia (SEMG). Y de esas personas con nombre y apellidos, familias, sueños y una vida por delante, «solo un 15 % ha podido seguir trabajando. El 10,5 % no ha podido reincorporarse. Y el 75 % restante sobrevive a trancas y barrancas de baja en baja, de empleo en empleo. Estamos hablando de unos síntomas que alteran por completo la funcionalidad de las personas», recalca.

El covid persistente, una afección cuyo dolor es invisible, ha sido declarado como enfermedad crónica compleja

En diciembre de 2024, el Ministerio de Sanidad español declaró este trastorno pluriinflamatorio «enfermedad crónica compleja». Detrás de esa aséptica etiqueta, se esconde una «alteración que afecta a muchos órganos del cuerpo, con un promedio de 36 síntomas diferentes, y con un 70 % de pacientes mujeres entre 36 y 55 años», apunta esta doctora.

«NO NOS GREEN»

Pepa tuvo suerte, porque, «como estaba muy pocha, los médicos y en el colegio donde trabajaba me creyeron desde el principio». Pero muchos de sus compañeros han tenido que convivir con el recelo y la desconfianza de su entorno, «porque es un enfermedad que causa estragos en el cuerpo, pero el dolor es invisible», dice Pepa. «Hasta sus propios amigos y familiares dudan de ellos. No me puedo ni imaginar lo duro que debe de ser estar enfermo y que no te crean», observa Rodríguez Ledo.

A falta de formación sobre esta enfermedad nueva, muchos pacientes siguen su vía crucis particular, de un especialista a otro en busca de solución. La incertidumbre por no saber qué les pasa, más los efectos secundarios de la medicación y las pruebas, forman un cóctel explosivo. Para evitar esto, «es necesario un especialista que coordine de forma integral a todos los demás. También necesitamos afinar en la definición de la enfermedad y una guía de recomendaciones para abordarla en la consulta», reclama Rodríguez Ledo.

Sin embargo, la mayoría de las unidades postcovid que se abrieron en España, en las que un médico de medicina interna coordinaba a un equipo de distintas especialidades, se han cerrado. Aunque los pacientes no se han curado. «Es una manera de invisibilizarnos», opina Recuero. ¿Y qué hacen los enfermos? «Apañarnos como podemos. Las consultas son muy espaciadas en el tiempo porque los pocos médicos que están involucrados en atendernos no dan abasto y tienen que compatibilizar la clínica con la investigación», apunta.

ENFERMEDADES COLINDANTES

«Encefalomiéltis miálgica, fibromialgia, sensibilidad química múltiple, covid persistente, endometriosis... son enfermedades colindantes, porque muchas veces unas llevan a otras», indica a Muy Interesante el doctor Antonio María Pasciuto, director de la Unidad de Medicina Clínica Tóxico-Ambiental del Hospital San José de Las Palmas de Gran Canaria y fundador de Assimas, la Sociedad Italiana de Medicina, Ambiente y Salud. También tienen en común que todas ellas son afecciones multifactoriales en las que suele haber un alto componente ambiental. «La salud y el ambiente es un binomio indisoluble. Lo importante no son las

etiquetas de cómo se llama ese síntoma, sino de dónde viene», recalca Pasciuto.

En su libro *Explaining Unexplained Illnesses*, el bioquímico Martín Pall habla de «inflamación silenciosa», para referirse a esa activación continua de las células inflamatorias del sistema inmune. «Es como si tuvieras un fuego a llama baja que va determinando la inflamación a todos los niveles (neurológica, articular, etc). Muchas veces, esto es debido a una sobrecarga ambiental, ya sea de metales pesados, disruptores endocrinos, pesticidas y otros químicos omnipresentes en nuestro entorno», advierte Pasciuto.

EL AMBIENTE COMO TELÓN DE FONDO

«El paciente está en contacto con esos tóxicos hasta que llega un momento en que el organismo no aguanta más. Además, la misma exposición a una misma sustancia puede generar distintos síntomas en cada persona, en función de su genética», explica. «Son enfermedades modernas porque hoy tenemos una exposición a estos microcontaminantes desde el útero de nuestra madre, algo que no pasaba hace 50 años». Los disruptores endocrinos --que interfieren en el buen funcionamiento de nuestras hormonas-- están presentes en todo lo que usamos a diario, formaldehído en suelos de parqué, muebles, productos de limpieza, cosméticos o ropa que nos ponemos, pesticidas en frutas, verduras y cereales, PFAS en sartenes y utensilios de teflón, bisfenol A y ftalatos en recipientes de plástico, latas de bebida, dispensadores de agua, microplásticos en el aire que respiramos... Sus efectos nocivos para la salud humana llevan dos décadas demostrándose en multitud de estudios científicos, y están reconocidos por la OMS y en el Plan Estratégico de Salud y Medioambiente (PESMA) del Gobierno español (2022). A pesar de ello, la mayoría de estos compuestos siguen siendo legales y la medicina ambiental sigue sin ser una asignatura obligatoria en la carrera de Medicina en España.

El mejor ejemplo del problema ambiental son los pacientes de sensibilidad química múltiple (SQM) y de electrohipersensibilidad (EHS) --que suelen aparecer unidas-. Ambos grupos experimentan síntomas incapacitantes, desde mareos a problemas cognitivos, niebla mental y dolor, cuando entran en contacto con químicos o campos electromagnéticos artificiales, lo que les fuerza muchas veces a no salir de casa y anula su calidad de vida. «Son como los canarios de la mina que llevaban los mineros en una jaula para que, con su muerte, les avisaran cuando había un escape de grisú, inoloro y letal. Las personas más sensibles tienen un umbral de aguante menor y dan la señal a los demás. En vez de tratarlas como si estuvieran locas, deberíamos apreciarlas por darnos este aviso de que hay sustancias tóxicas a nuestro alrededor», razona Pasciuto.



Hoy en día estamos expuestos a microcontaminantes desde el útero de nuestra madre, como los microplásticos que respiramos o bebemos.



Sin embargo, la realidad es que el 72 % de las personas con SQM/EHS se sienten excluidas de la sociedad. Y que, cuando solicitan -en el puesto de trabajo o en el centro de atención médica- medidas de adaptación que les permitan acceder sin empeorar sus síntomas, reciben un no por respuesta en el 70 % de los casos. Son algunas de las cifras del último estudio de CONFESQ, que representa a más de 11 000 afectados por estas dos dolencias en España. «A menudo, los síntomas son minimizados o malinterpretados, lo que lleva a diagnósticos y tratamiento erróneos o tardíos. La invisibilidad también afecta al reconocimiento oficial de estas condiciones como discapacidades», sentencia esta Coalición Nacional de entidades de Fibromialgia, Encefalomiélitis Miálgica, Electrohipersensibilidad y Sensibilidad Química Múltiple.

En esta situación se encuentra Isabel Moreno, de 56 años, madre de dos hijos adolescentes, que ha logrado la adaptación en su puesto de trabajo como funcionaria por presentar una discapacidad del 49 % por SQM/EHS. Mareos, cefaleas, confusión, arritmias, desmayos, incontinencia urinaria y fecal, hemorragias espontáneas, debilidad muscular, prurito, afonía, dolor generalizado es el abanico de síntomas que padece cuando entra en contacto con ciertos químicos, como ambientadores, lacas, humo de tabaco, suavizantes, detergentes convencionales, perfumes. «Cuando el tóxico atraviesa la barrera hematoencefálica a través del bulbo olfativo, el cerebro da la orden de peligro y se produce una reacción inmediata autoinmune, que es inflamatoria», explica. «Todos los productos que usamos nosotros y nuestros convivientes han de ser aptos, lo que condiciona mucho nuestra vida. No podemos recibir visitas, a no ser que hayan tenido mucho cuidado de no usar ciertos químicos en su aseo personal o en el lavado de la ropa que llevan puesta. No podemos ir a tiendas, bibliotecas, espacios de ocio. Hasta los centros de salud y hospitales son un riesgo para nosotros, por los productos de limpieza y ambientadores que usan. No aplican los protocolos de atención a estos pacientes», nos dice.

¿QUÉ PODEMOS HACER?

La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de Naciones Unidas incluye a cualquier ser humano con «deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar

con diversas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás». Algo que debería contemplarse aun en el caso de esas discapacidades que no se perciben a simple vista. Incluso si las afectadas han sido tradicionalmente excluidas de la investigación en salud: las féminas conforman el 83,5 % de los afectados por encefalomiélitis miálgica, el 100 % de endometriosis, el 30,5 % de dolor crónico, el covid persistente, secuelas postvacunales, el 92 % de SQM/EHS.

Las razones para que tanto sociedad como profesionales de la salud miren hacia otro lado son comunes. «Son enfermedades que no sabemos afrontar. No estamos asumiendo nuestra responsabilidad y, como consecuencia, los pacientes se quedan abandonados. Es cierto que no hay ningún tratamiento específico para la curación, pero si podemos atenderlos para controlar los síntomas y estabilizar su estado», dice Rodríguez Ledo.

Aunque, sin duda, resulta más cómodo mirar hacia otro lado. «Si no crees lo que te dice el paciente, no tienes que hacer nada», explica Rodríguez Ledo. Pero esa no es la solución. «Los médicos nos debemos a nuestros pacientes», sentencia. De igual manera, para la doctora Madariago, «lo mejor que podemos hacer los médicos es escuchar al paciente, no dejarle solo. Que su dolor no quede en el olvido».

«La parte más noble del médico es hacer un diagnóstico etiológico. No podemos detenernos en los síntomas. Debemos profundizar en la historia clínica y buscar las causas. Es un derecho del enfermo y un deber del médico», sentencia Pasciuto. En su opinión, si no se encuentran las causas de enfermedades crónicas, es porque «los médicos no se ponen las gafas correctas. Si haces pruebas analíticas ambientales, por ejemplo, de metales pesados, encontrarás cosas que no salen en las analíticas convencionales».

Eso sí, igual que el médico tiene su responsabilidad de curar e investigar, igual que el político tiene la suya a la hora de prohibir sustancias que nos enferman, el periodista a la hora de informar. Y el ciudadano a la hora de demandar su derecho a un entorno más sano en el que vivir. Porque, como nos recuerda Rodríguez Ledo, «lo que no vemos no quiere decir que no exista. Empecemos por el amor, la amistad, la felicidad. En la medicina y la salud pasa lo mismo». □

LA VIDA MARINA

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

O escanea el código QR:



x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

x.com/byneontelegram

byneon
Neon147

byneon
Neon147

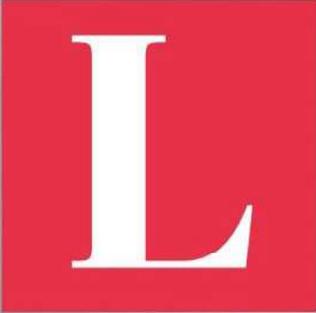
Cuando las especies marinas no pueden respirar el oxígeno disuelto en el agua se produce la anoxia. Ese fenómeno produce la aparición en las costas de miles de peces muertos.

STOCK

EN PELIGRO

Cuando los vertidos industriales, urbanos y agrícolas llegan al mar, las aguas costeras reciben un aluvión de nutrientes, lo cual reduce los niveles de oxígeno y propicia que la vida marina perezca asfixiada. El número de estos desiertos oceánicos no deja de crecer.

Texto de **LAURA G. RIVERA**, periodista científica



L

a madrugada del 12 de octubre de 2019 trajo una desagradable sorpresa a los pescadores de San Pedro del Pinatar, en Murcia. Más de tres toneladas de fauna marina muerta yacía en las playas de la orilla norte del Mar Menor. Quisquillas, anguilas, doradas, lenguados, lubinas, mabres, peces mula... Daba igual que fueran especies del fondo o de la superficie; todos se amontonaban juntos, sin

vida o boqueando agonizantes. La masacre tampoco había hecho distinciones de tamaño ni de precio en la lonja. No hacía falta ser científico para adivinar que algo andaba muy mal en aquellas aguas.

No es un caso único. Algo parecido ocurre en muchas otras partes del mundo. En enero de 2019, cientos de miles de cadáveres de animales marinos autóctonos anegaron las costas australianas. En mayo, en solo una semana, las olas llevaron a las playas de Noruega 40 000 toneladas de salmones muertos. Cientos de toneladas más fueron contabilizadas también en Escocia, en el mismo mes. En el golfo de México, este tipo de sucesos se ha convertido en un espectáculo habitual. A estas alturas, los expertos ya



Trabajadores limpiando algas en la playa de Qingdao, en China, en junio de 2016. Este fenómeno se produce por el exceso de nutrientes en el agua, especialmente fósforo, que desencadenaron esas grandes floraciones.

no necesitan hacerles la autopsia a los especímenes para suponer qué les ha pasado. Casi siempre ocurre lo mismo: los peces, sencillamente, se ahogan por falta de oxígeno.

Para poder sobrevivir, la mayoría de las especies acuáticas necesitan respirar este gas disuelto en el agua. Cuando se encuentra en bajas concentraciones –lo que se conoce como hipoxia–, la biodiversidad del enclave se ve mermada. Pero si desaparece por completo –la anoxia–, parece todo bicho viviente. El área se convierte así en una zona muerta. Pero ¿a qué se debe? La razón, como nos explica Jordi Camp, investigador del CSIC en el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, es el exceso de materia orgánica. Su presencia inicia un proceso en el que acaba consumiéndose el citado oxígeno, hasta agotarlo.

APORTE DE NUTRIENTES

La eutrofización, como también se denomina este fenómeno, se ve favorecida por el aporte de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo, y en ello tienen mucho que ver las actividades humanas. «El concepto nació hace unas décadas, cuando se detectó algo que pasaba en los grandes lagos europeos. Después de que se vertieran en ellos las aguas resi-

duales de las poblaciones aledañas, el fondo se quedaba sin oxígeno», apunta Camp.

En el océano, sucede en las zonas donde hay grandes cantidades de fitoplancton –este está compuesto por algas y diminutos organismos acuáticos de origen vegetal que constituyen el alimento de los peces más pequeños–, como en las costas de Namibia. «En estos lugares, a veces ocurre que mientras el fondo se hace anóxico, en la superficie nadan grandes bancos de peces e incluso florecen las pesquerías», continúa este experto. En esencia, se trata del mismo proceso que, hace millones de años, suscitó la formación de los depósitos de petróleo en las cuencas ricas en materia orgánica, en las que brillaba por su ausencia el gas vital.

«En las desembocaduras de los ríos pasa algo parecido, pues en ellas es normal que esta se encuentre en mayores cantidades», añade Camp. Aunque es algo que tiene lugar desde mucho antes de que apareciera nuestra especie, «los seres humanos somos capaces de potenciarlo y acelerarlo», reconoce este profesor.

Es lo que ha ocurrido en el golfo de México o en el Mar Menor, donde el exceso de nitratos y fosfatos generados por la agricultura intensiva hace que aumente desproporcionadamente la cantidad de materia orgánica que de forma natural habría ido a

En zonas donde hay grandes cantidades de fitoplancton a veces ocurre que mientras el fondo se hace anóxico en la superficie nadan grandes bancos de peces



Proliferación de algas arrastradas por la marea en la playa de Clovelly, en Australia. La acumulación de algas rojas es extremadamente nociva para el ecosistema y para las personas.

La multiplicación de los mares escarlatas

En los años 70, el mapa de las mareas rojas se limitaba a unos pocos puntitos diseminados por el globo. Hoy, casi todas las zonas costeras mundiales están pintadas de ese color», nos comenta Jordi Camp, que dirige un grupo de investigación centrado en este asunto. Este científico se refiere a un fenómeno caracterizado por la proliferación inusual de un tipo de fitoplancton muy tóxico, nocivo para el ecosistema y las personas.

En 2018, una de estas mareas rojas causó la muerte de numerosos peces, tortugas y delfines —en total, sumaban 400 toneladas—, que fueron atacados por la neurotoxina que contiene el alga *Karenia brevis* y acabaron varados en las costas de Florida. Se trata de otra de las consecuencias de la eutrofización. «Si el agua contiene un exceso de materia orgánica, crecerá más fitoplancton, y ello incluye también al de tipo tóxico», señala Camp.

¿Y qué papel juega el cambio climático? No es fácil sacar conclusiones globales. Sabemos que, aunque llueve menos, hay más precipitaciones torrenciales. Estas arrastran nutrientes desde tierra firme al mar. Además, el aumento de las temperaturas está afectando a los océanos de formas insospechadas. Por ejemplo, con el calor, la degradación de la materia orgánica se acelera.

Pero hay más. Los cambios de temperatura favorecen el intercambio entre las capas de agua profundas, cargadas de nutrientes, y las superficiales, con más oxígeno. Cuando las temperaturas cálidas persisten y apenas se enfría la superficie, se dificulta la renovación y la fertilización en ellas.

En opinión de Camp, la globalización es también un factor determinante en las invasiones del fitoplancton nocivo. «Sucesos de forma muy parecida a lo que ocurre con las epidemias y los desplazamientos de las personas en los aviones. Las algas tóxicas pueden saltar de un sitio a otro en dos días, gracias a las aguas de lastre que acarrean los barcos y por el trasiego de las especies que se usan en la acuicultura», comenta este experto.

parar al agua. Tanto que la situación acaba volviéndose totalmente insostenible.

El número de zonas muertas prácticamente se ha ido duplicando cada diez años desde 1970. «Debemos ser conscientes de que no es un problema local. Se trata de una amenaza global de tal magnitud que puede incluso afectar a los recursos que sacamos del mar para alimentarnos», advierte en la revista *Science* Robert Diaz. Hace unos años, este biólogo del Instituto de Ciencias Marinas de Virginia impulsó un estudio que puso de manifiesto la existencia de más de cuatrocientos de estos desiertos oceánicos.

DESIERTOS MARINOS

Los más recientes se han encontrado en Sudamérica, África y Asia; ocupan en total unos 260 000 km² y han provocado el deceso o la migración de una masa de seres vivos marinos equivalente a 10 millones de toneladas, según la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica de Estados Unidos (NOAA). Robert Magnien, director del Centro de Investigaciones Patrimoniales de los Océanos Costeros, de esta misma institución, señala otros dos de sus efectos: la disminución de las capacidades reproductivas de las especies y la reducción de su tamaño promedio.

En la actualidad, la zona muerta más grande del planeta se encuentra en el mar Árabe. Con más de 100 000 km², ocupa casi por completo el golfo de Omán. Le sigue otra situada en el mar Báltico que, tal como recoge un estudio del Baltic Nest Institute, publicado en la revista *PNAS*, ha pasado de medir unos 5000 km² a casi 70 000 en los últimos años. No obstante, la más estudiada es la que no deja de crecer en

ASÍ SE FORMA UNA ZONA MUERTA

En estos enclaves, hay menos oxígeno disuelto en el agua que el necesario para que pueda prosperar la vida marina. La producción de ese gas depende en gran medida del fitoplancton, una gran comunidad compuesta por distintos tipos de algas y especímenes vegetales que, además, constituye una importante fuente de alimento. Sin embargo, cuando crece desproporcionadamente –como, por ejemplo, por un aporte excesivo de nutrientes–, se originan enormes florecimientos que impiden que la luz solar llegue a otros organismos que dependen de ella para sobrevivir. Cuando estos mueren y se descomponen comienzan a menguar los niveles de oxígeno, primero en el fondo y luego en toda el área circundante.

En las últimas cinco décadas, se ha multiplicado por diez el número de estas áreas desprovistas de vida. Hoy se tiene constancia de la existencia de más de cuatrocientas de ellas, en casi todos los litorales del mundo

ENCLAVES BAJOS EN OXÍGENO
(menos de 2 ml de O₂ por litro de agua)

- Costa
- Mar abierto

El golfo de México alberga una zona muerta de más de 20.000 kilómetros cuadrados.

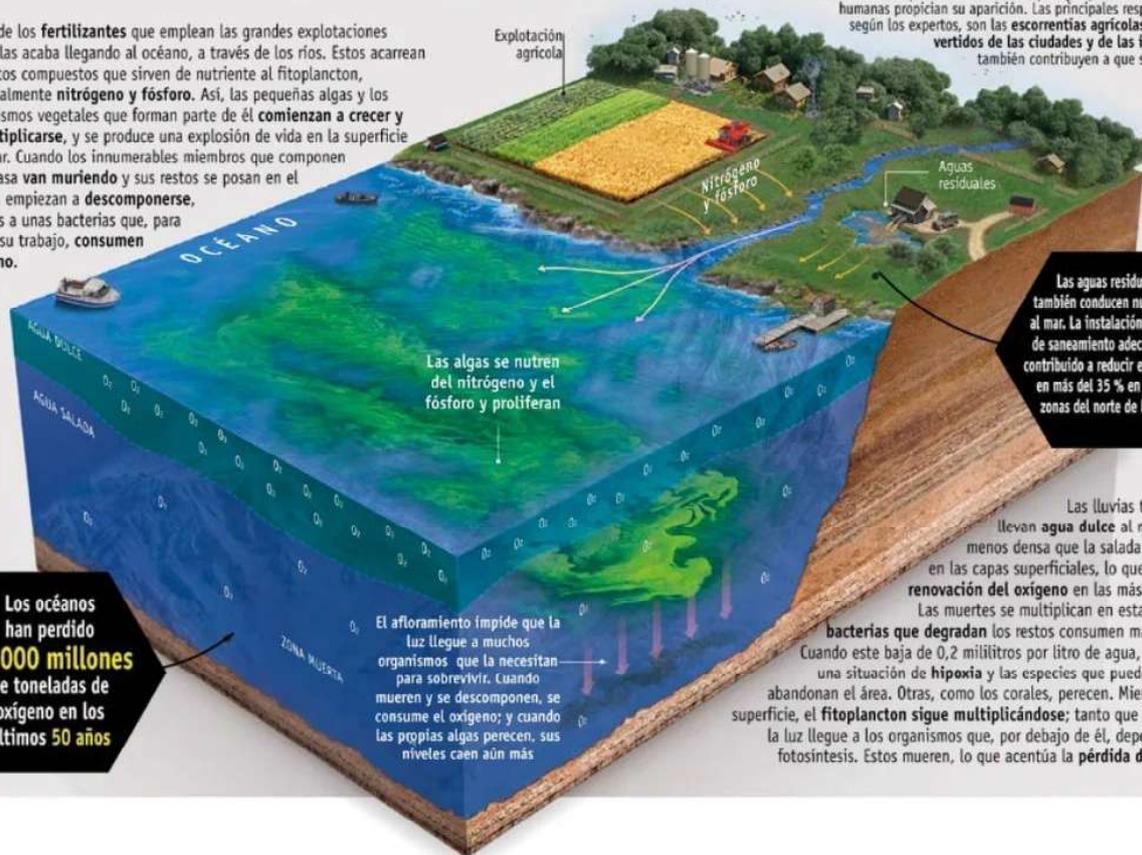
Algunos fenómenos relacionados con el cambio climático, como las alteraciones en las lluvias, favorecen la hipoxia.

La mayor masa de agua en todo el globo de estas características se encuentra en el golfo de Omán. Ocupa más de 100.000 kilómetros cuadrados.

NUESTRA RESPONSABILIDAD

Aunque estas zonas pueden surgir de forma natural, a partir de los sedimentos que arrastran los ríos, por ejemplo, las actividades humanas propician su aparición. Las principales responsables, según los expertos, son las escorrentías agrícolas, pero los vertidos de las ciudades y de las industrias también contribuyen a que se formen.

Parte de los fertilizantes que emplean las grandes explotaciones agrícolas acaba llegando al océano, a través de los ríos. Estos acarrear distintos compuestos que sirven de nutriente al fitoplancton, especialmente nitrógeno y fósforo. Así, las pequeñas algas y los organismos vegetales que forman parte de él comienzan a crecer y a multiplicarse, y se produce una explosión de vida en la superficie del mar. Cuando los innumerables miembros que componen esa masa van muriendo y sus restos se posan en el fondo, empiezan a descomponerse, gracias a unas bacterias que, para hacer su trabajo, consumen oxígeno.



Los océanos han perdido 77.000 millones de toneladas de oxígeno en los últimos 50 años

El afloramiento impide que la luz llegue a muchos organismos que la necesitan para sobrevivir. Cuando mueren y se descomponen, se consume el oxígeno; y cuando las propias algas perecen, sus niveles caen aún más

Las aguas residuales también conducen nutrientes al mar. La instalación de redes de saneamiento adecuadas ha contribuido a reducir este aporte en más del 35 % en algunas zonas del norte de Europa.

Las lluvias torrenciales llevan agua dulce al mar. Esta es menos densa que la salada y se queda en las capas superficiales, lo que impide la renovación del oxígeno en las más profundas. Las muertes se multiplican en esta zona y las bacterias que degradan los restos consumen más oxígeno. Cuando este baja de 0,2 mililitros por litro de agua, se produce una situación de hipoxia y las especies que pueden moverse abandonan el área. Otras, como los corales, perecen. Mientras, en la superficie, el fitoplancton sigue multiplicándose; tanto que impide que la luz llegue a los organismos que, por debajo de él, dependen de la fotosíntesis. Estos mueren, lo que acentúa la pérdida de oxígeno.

el territorio estadounidense, en el golfo de México, que hace dos años superó los 14 000 km². En Norteamérica, le siguen otra en la región de los Grandes Lagos y una próxima a la bahía de Chesapeake. De hecho, la mencionada NOAA estima que cerca del 65 % de los estuarios y las costas del país de las barras y estrellas se encuentran más o menos degradados por este fenómeno, de forma moderada a grave.

Los científicos de este organismo advierten de que la citada zona muerta del golfo de México podría superar

los 20 200 km² entre mayo y septiembre de este año –en 2017, se alcanzó una extensión récord, de 22730 km²–, un crecimiento exacerbado por las toneladas de nutrientes provenientes de las explotaciones agropecuarias y los residuos urbanos que se vierten al río Misisipi –este pasa junto a numerosas tierras de labor y núcleos urbanos a lo largo de diez estados– y que arrastrarán las lluvias torrenciales que se esperan para esta primavera.

En 2019, acabaron en este importante curso de agua unas 156 000 toneladas de nitratos y otras 25 000 de



La zona muerta del golfo de México ha sufrido un gran crecimiento debido a las toneladas de nutrientes provenientes de las explotaciones agropecuarias y de los residuos urbanos que se vierten al río Misisipi.

CORBIS

fósforo, según los expertos del Servicio Geológico de Estados Unidos. La consecuencia inmediata de todo ello es la aparición de incontables cadáveres de peces y otros organismos, lo que supone un duro golpe a la diversidad marina. Es más, las autoridades están estudiando declarar zona catastrófica para la pesquería toda el área del golfo.

LADILLO NUEVO

Esas lluvias torrenciales ocasionan un problema añadido en la desembocadura de los ríos, en las zonas costeras confinadas y en las lagunas, como el Mar Menor. En esos casos, los nutrientes son arrastrados por el agua dulce. «Esta tiene menos densidad y flota encima de la salada, lo que impide que esta última se oxigene en la superficie y se renueve», señala Camp.

El proceso de eutrofización se manifiesta en las capas superficiales, que comienzan a teñirse de verde por causa del fitoplancton. Este se multiplica, alimentado por esa sobredosis de fertilizantes, aguas residuales, materia en descomposición... Además, como es sabido, aunque las plantas producen oxígeno durante el día –cuando realizan la fotosíntesis–, lo consumen por la noche. «Si hay tantos vegetales que agotan el oxígeno, se puede producir una situación de anoxia que daría lugar a un círculo vicioso. La falta del mismo acaba con todo tipo de organismos –incluido

En 2020, la masa de agua hipóxica del golfo de México cubrió más de 20 200 km²

el fitoplancton– que, cuando se degradan, propician la pérdida de más oxígeno», recalca el científico.

Las especies más activas necesitan más cantidades de este gas, por lo que son las primeras perjudicadas por la hipoxia. Las que cazan al acecho en el fondo, como el rape o el lenguado, aguantan mejor. En todo caso, el mayor problema no es esa falta de oxígeno. Muchas especies se limitan a alejarse de la zona afectada –es cierto que otras, como los corales o las esponjas, no tienen esa vía de escape–. Las cosas empiezan a ponerse realmente feas durante la fase que sigue a la anoxia, en la cual se extiende por el área el ácido sulfhídrico. Se trata de un gas muy tóxico producido por las bacterias anaerobias, que descomponen la materia orgánica cuando ya no queda O₂. «En este caso, si los organismos no se asfixian en un pri-



El Mar Menor sufre episodios reiterados de apoxia, debido a un continuo exceso de nutrientes provocado por los vertidos.

La alarma en el Mar Menor continúa

Hasta los años 60 del siglo pasado, el Mar Menor era un enclave singular. «Se trataba de una laguna hipersalina de aguas cristalinas, debido a la escasez de nutrientes –nos explica la bióloga marina Francisca Giménez–. Desde entonces, ha sufrido un proceso de eutrofización grave». El enclave se puso de moda como destino turístico. «Al principio, las nuevas construcciones no contaban con redes de saneamiento adecuadas, con lo que las aguas residuales cargadas de materia orgánica acababan en la citada laguna», explica Giménez. Aunque la instalación de otras más modernas supuso una mejora, el trasvase Tajo-Segura propició el inicio de las explotaciones agrícolas a gran escala en el Campo de Cartagena y el consecuente uso de fertilizantes, lo que complicaría la situación.

A pesar de que se han ido estableciendo más y más depuradoras, el Mar Menor continúa recibiendo un exceso de nutrientes. En los últimos diez años, «los métodos empleados por las industrias agroalimentarias han provocado grandes movimientos de tierra, pérdida de suelo, allanamiento de la topografía y la destrucción de cauces y de vegetación autóctona; también la desaparición de los saladares, que servían como filtros verdes, pues retiraban los nutrientes del agua antes de que estos llegaran hasta la laguna», comenta la investigadora. «Además, los cultivos intensivos necesitan más agua, por lo que se utilizan pozos, muchos de ellos ilegales. Como el agua de los acuíferos tiene mucha sal, esta se desaliniza para poder regar. Eso produce un residuo altísimo de nitratos en las aguas de rechazo, que también terminan alcanzando el mar», señala. Llega un momento en el que, sencillamente, el sistema no logra procesar tantos nutrientes.

En 2016, un invierno cálido favoreció la proliferación de fitoplancton y, con ello, la aparición de una densa sopa verde que, a partir de los tres metros de profundidad, impedía pasar la luz. Esto suscitó la muerte de incontables algas, que no podían hacer la fotosíntesis. Al pudrirse, las bacterias descomponedoras consumían oxígeno, lo que condujo a la anoxia. «Ese año, el 85 % de las especies del fondo de la laguna murió. Solo quedaba una capa bacteriana, característica de las zonas muy contaminadas», denuncia Giménez. A partir de ahí, el Mar Menor pareció empezar a recuperarse, ayudado por las condiciones ambientales. Pero no duró mucho. «Se siguieron ampliando los regadíos hasta que, en junio de 2019, volvió a detectarse un pico de fitoplancton, en una situación parecida a la de 2016, con los primeros síntomas de hipoxia en las zonas profundas», apunta esta investigadora. Los días de lluvias torrenciales pusieron la puntilla, pues propiciaron que una gran masa de agua dulce cargada de nutrientes y sedimentos de los campos llegara al mar y ocupara las capas superficiales. El agua salada quedó atrapada en las zonas más profundas y, sin contacto con el aire de la superficie, no pudo renovar su oxígeno.

En esas capas profundas, que ya padecían una situación de hipoxia debido a la eutrofización previa a las lluvias, seguía el proceso de descomposición de los organismos muertos, hasta que se agotó el oxígeno. Entonces, entraron en escena las bacterias anaerobias que, para descomponer la materia orgánica, producen compuestos tóxicos, como metanos y sulfuros. «Toda la comunidad que en los últimos años había recolonizado el fondo murió, mientras que las especies capaces de nadar escaparon a la superficie», relata Giménez. Los animales afectados permanecieron arremolinados en ella para huir de la muerte. Entonces, el fuerte viento de levante provocó que aflorara la masa de agua profunda tóxica que, en su avance, empujó a los ejemplares hasta arrinconarlos en la orilla, donde ya no pudieron respirar.

A pesar de las llamadas de atención, desde entonces la situación no mejora. En 2021 se produjo una mortandad masiva de peces y, en 2025, las asociaciones que protegen el Mar Menor siguen preocupadas y alarmadas tras los datos sobre el estado de la laguna, que reflejan un aumento en los niveles de clorofila, turbidez y temperatura, parecidos a los del 21. En ello ha podido tener mucho que ver el papel de las abundantes lluvias de primavera, arrastrando fertilizantes al Mar Menor.

Existe una enorme zona muerta en el Atlántico que avanza hacia África. Está compuesta por remolinos de entre 100 y 150 metros de diámetro y una altura de varios cientos de metros

mer momento, perecen por efecto de este último. Es lo que les ocurre a las anguilas. Soportan muy bien la escasez de oxígeno, pero cuando se llega a esta situación solo sobreviven ciertas bacterias, que hacen que el agua se ponga blanca y huelga mal», indica Camp.

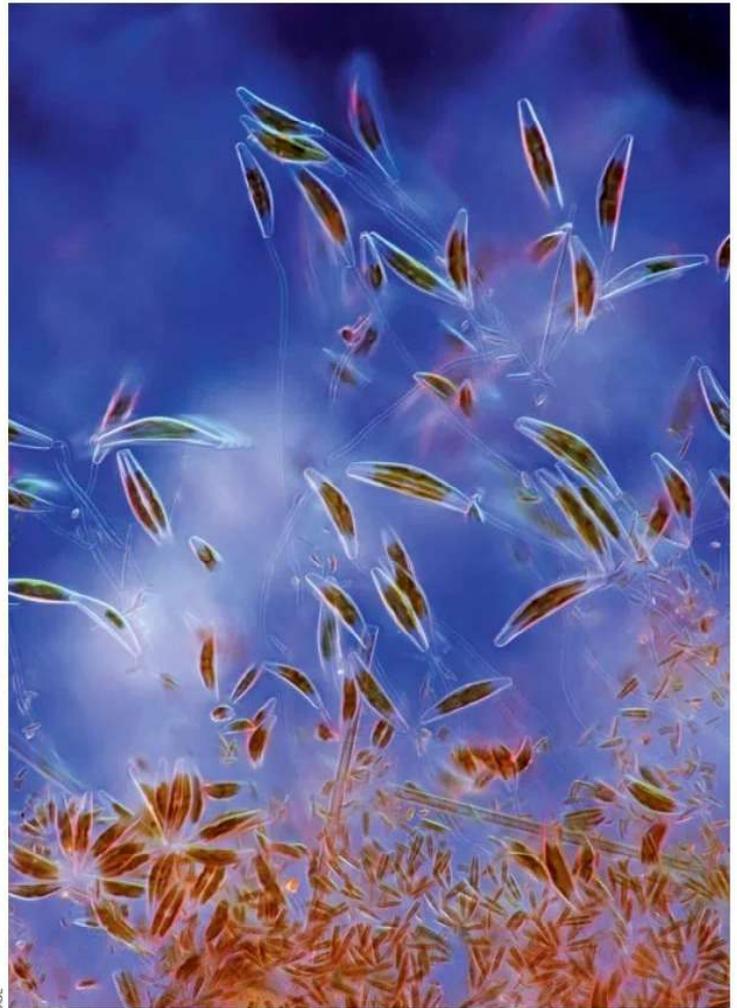
DESIERTO NÓMADA

La hipoxia no solo afecta a las costas. Hace cinco años, un equipo de expertos del Centro Helmholtz de Investigación Oceánica, en Kiel (Alemania), descubrió una enorme zona muerta que avanza por aguas abiertas, en el Atlántico, hacia África. En esencia, está compuesta por una especie de remolinos de entre 100 y 150 kilómetros de diámetro y una altura de varios cientos de metros que se mueven lentamente hacia el oeste. Dentro, apenas hay 0,01 mililitros de oxígeno disuelto por litro de agua marina, lo que hace prácticamente imposible la vida en su interior. «Han llegado a propagarse a menos de 100 kilómetros al norte del archipiélago de Cabo Verde. Si en algún momento alcanzan las islas, podrían causar un enorme daño a los ecosistemas costeros», advierten los investigadores en un ensayo publicado en la revista *Biogeosciences*.

Entonces, ¿hasta qué punto está empeorando la situación? En opinión de Camp, en los últimos cuarenta años se han dado importantes avances, al menos en los países desarrollados. «Primero, porque en ellos existe una mayor concienciación respecto a la optimización del riego y los usos agrícolas. También porque las ciudades cuentan con depuradoras y ya no tiran sus desechos directamente al mar, como se hacía hasta no hace mucho», aclara el experto.

TOMAR MEDIDAS

Sin embargo, eso no quiere decir que esa tendencia se dé en todas partes. La prueba se encuentra en el golfo de México o en el Mar Menor. «Todo depende de las políticas medioambientales», recalca el investigador del CSIC. En Estados Unidos, por ejemplo, se ha puesto en marcha un grupo de trabajo que tiene



Gran parte del fitoplancton está formado por diatomeas, algas unicelulares que se hallan en la base de la cadena trófica.

por objeto reducir los vertidos de nutrientes en un 60 % para 2035 y, de ese modo, limitar el tamaño de la zona muerta del golfo a unos 3000 km². Para ello, es preciso acometer una profunda transformación de la agricultura y controlar que los fertilizantes no acaben en los ríos. Diaz ha planteado subir su precio para que los granjeros empiecen a tomarse en serio el modo de aprovecharlos mejor y retenerlos en la tierra.

En España, algunas organizaciones ecologistas, como ANSE y WWF, abogan por acabar con los vertidos en el Mar Menor. Así, proponen reducir los cultivos intensivos, cerrar los pozos ilegales y los puertos deportivos e instalar filtros y depuradoras. «Eso sí, aunque empecemos a hacer las cosas bien, el cambio no será inmediato. Lo que se hizo hace veinte años, aún afecta al entorno», observa Camp.

¿Hay motivos para la esperanza? Francisca Giménez, profesora de Ciencias del Mar y Biología en la Universidad de Alicante, señala: «No me gusta el nombre de zonas muertas. Estas poseen, al menos, una comunidad bacteriana y la capacidad de recuperarse a largo plazo». □

POR
JAVIER MORENO
Matemático
y escritor



MIRANDO A LA GENTE MIRAR

LAS EMOCIONES SE TRANSMITEN E, INCLUSO, A VECES SE IMITAN. OBSERVAR LA REACCIÓN DEL QUE OBSERVA ES, HOY EN DÍA, OTRA FORMA DE ENTRETENIMIENTO.

A cualquier usuario de las redes sociales le resultará habitual el latiguillo: «A ver qué tal esto...» o «¿Esto es real? Vamos a comprobarlo». o «Vale... esto promete». Se trata de típicas introducciones a lo que se conoce como vídeos de reacción, es decir, comentarios verbales y expresiones faciales exageradas sobre clips de series de televisión famosas, actuaciones de celebridades o simplemente el estilo de vida de otras personas.

Centrándonos en el mundo audiovisual, podríamos hacer un breve recorrido por la historia de los vídeos de reacción. A principios de 1981, la técnica de los videos de reacción fue introducida por un programa de variedades japonés. El programa, *Naruhodo! The World*, era un concurso donde los participantes respondían preguntas sobre clips de lugares de todo el mundo. El programa se enfrentaba a un problema común, como muchos otros programas de televisión: el público no se sentía constantemente atraído por su contenido. El director decidió invitar a varias celebridades y comediantes, y pronto descubrió que valía la pena añadir sus reacciones a los clips. Tras incorporar sus comentarios y risas a la banda sonora (como hacen muchas comedias de situación estadounidenses), los directores dieron un paso más al encuadrar (incorporando a la pantalla una nueva ventana) los rostros de los invitados, superpuestos a los clips originales.

La técnica «imagen en imagen» (PIP, por sus siglas en inglés, *Pic-*

ture In Picture), *waipu* (ワイプ) en japonés, ha tenido un gran éxito captando la atención del público frente al televisor con la ayuda del efecto celebridad. La técnica se sigue utilizando en muchos programas de televisión y, sobre todo, en la mayoría de los videos de reacción, aunque con diferentes formatos. A veces, la imagen de quien reacciona se encuadra más grande que la imagen del video reaccionado. En otras

EL SISTEMA DE NEURONAS ESPEJO REFLEJA EL COMPORTA- MIENTO DE OTRAS PERSONAS

ocasiones, como en TikTok, los vídeos de reacción también se pueden crear simplemente dividiendo la pantalla en dos partes iguales. El canal REACT de YouTube (gestionado por Fine Brothers Entertainment) lleva más de una década publicando vídeos de reacción y ya cuenta con más de 20 millones de suscriptores. Fine Brothers Entertainment contrata a personas del público general para que reaccionen a vídeos sobre, entre otras cosas, la cultura pop más reciente. Representan a cualquier persona que podamos encontrar en nuestra vida diaria, abarcando casi

todas las generaciones, desde niños hasta personas mayores.

Una vez llegados aquí, conviene preguntarse por qué este tipo de vídeos despierta el interés por parte de los usuarios de las redes. Lo primero que debemos anotar es que no siempre el espectador comparte las mismas emociones que aquel que reacciona ante un vídeo. El vídeo de reacción puede servir tanto para reafirmarnos en nuestras emociones respecto a un evento cultural o personal (por anodino que este sea) como para contrastarlas u oponerlas a las de aquel que reacciona. La sensación final tras haber visto un vídeo de reacción puede ser, bien la de no estar solo sino ante un «amigo cercano», bien la de incomodidad o repulsión.

SI QUEREMOS EXPLICAR LA COMPLEJIDAD DE ESTE FENÓMENO quizás debamos recurrir a la biología. Se sabe que el sistema de neuronas espejo de nuestro cerebro está especializado en reflejar el comportamiento de otras personas. Los científicos han descubierto que tanto la comunicación social como la identificación dependen de la imitación de los demás y, por consiguiente, de este cúmulo de neuronas que se ubican fundamentalmente en los lóbulos frontal, parietal y temporal del cerebro. De alguna manera podemos arriesgarnos a decir que cuanto más tendemos a imitar a los demás, más capaces somos de establecer una relación empática con ellos.

El complejo proceso en el que intervienen estas neuronas espejo implica el reconocimiento de la



STOCK

Las respuestas exageradas de los vídeos de reacción de un programa de televisión pueden reafirmarnos en nuestro sentimiento o producirnos rechazo, pero siempre nos impactan.

expresión facial, el tono de voz y la comunicación no verbal de la otra persona. Por lo tanto, al ver videos de reacción, la emoción de sorpresa, emoción, enojo o tristeza puede transmitirse directamente del que reacciona al público con sus respuestas exageradas. Aprendimos de niños a reaccionar ante la presencia de determinados estímulos (cuando todavía no sabíamos si eran «buenos» o «malos») observando la respuesta de nuestros padres o los adultos más cercanos. A veces no sabemos cómo reaccionar ante algo que nos causa estupor y delegamos en una segunda persona (imitando sus reacciones) aquello que debemos sentir en su presencia.

CIERTAMENTE LA FALTA DE AUTOCONCIENCIA y el efecto de asumir pasivamente las emociones de los demás como propias, puede ser indeseable y conducir a lo que se conoce en psicología como sesgo de anclaje, es decir, la excesiva dependencia ante una primera información (ancla) al tomar decisiones o hacer estimaciones. Al ver un video de reacción sobre un tema nuevo, la audiencia puede tomar la reacción mostrada como un ancla. Posteriormente, al repensar el contenido sobre el que

reaccionó, es probable que primero lo asocie con los sentimientos expresados por quien reaccionó, en lugar de formar sus propias opiniones. Dar por sentado las percepciones de los demás dificulta la formación del pensamiento crítico. Este sesgo lleva a una dependencia excesiva de la información de primera mano que tenemos sobre un tema específico, algo que afecta sobremanera al público adolescente que todavía no ha tenido tiempo de formarse un criterio definido en relación con ciertos temas. Podría decirse que, para lo bueno y para lo malo, los vídeos de reacción ocupan en buena medida el papel de eso que siempre se ha llamado educación sentimental.

Frente a la mera idea de contemplar un vídeo de redes, es decir, la clásica relación entre espectáculo y espectador, estos vídeos de reacción suponen ir un paso más allá. De algún modo podemos decir que estamos ante un tipo de observación de segundo grado que correspondería al hecho de observar a los observadores. Naturalmente, esta idea podría replicarse como así ha ocurrido en ocasiones. Hablamos de gente que reacciona ante la reacción que suscita contemplar la reacción de otros; y, así, podríamos seguir has-

LOS VÍDEOS DE REACCIÓN SON UNA ESPECIE DE EXPERIENCIA EMOCIONAL SUPLETORIA

ta el infinito. Y esto nos pone sobre la pista definitiva acerca del terreno comunicacional en el que fructifican este tipo de vídeos. En efecto, no olvidemos que las redes constituyen un sistema icónico de retroalimentación en el que un contenido puede ser comentado y, por tanto, convertirse en un nuevo contenido en una cadena cuyo fin resulta difícil muchas veces de anticipar.

EN UN ARTÍCULO PUBLICADO EN THE NEW YORK TIMES EN NOVIEMBRE DE 2011 titulado «Watching People Watching», Sam Anderson argumenta que el video de reacción se deriva principalmente de un impulso psicológico, el de recuperar la «experiencia primaria». Los videos de reacción emplean el efecto inmediato de sonidos y gestos corporales y no informativos para destilar un medio definido por el flujo de información inmaterial. En un mundo cada vez más digitalizado donde las relaciones interpersonales escasean, los videos de reacción constituyen una especie de experiencia emocional supletoria. Frente al soterramiento de la expresión de las emociones, los usuarios de las redes buscan suplir esa carencia a través de la vivencia vicaria (gracias a las neuronas espejo) que supone el visionado de estos videos. Las cualidades de los videos de reacción exploradas aquí (el colapso del binarismo representación/visualización, la regresión infinita del espectáculo y la interactividad) coexisten así con la muy primaria necesidad de experimentar un grito de miedo o una expresión de alegría. □

TATA GAVILÁN
Coach Sistema
Integral Alta
Competición
@tatagavilan



HABLEMOS DE JUGAR

EL JUEGO TIENE UN PAPEL CRUCIAL EN EL DESARROLLO FÍSICO, SOCIAL Y COGNITIVO, PERO NO SOLO EN LA INFANCIA. ES ESENCIAL EN TODAS LAS EDADES.

Según la RAE, jugar es hacer algo con alegría, con el fin de entretenerse, divertirse o desarrollar determinadas capacidades. Vamos a hablar de esto, de jugar, de algo que parece poco importante, pero que esconde una gran herramienta en la búsqueda de la felicidad.

En la infancia moderna, se cuida y se sabe de los beneficios de jugar, ya que es el medio natural de expresión para los niños, comparable a la palabra para los adultos, lo que lo hace fundamental en la psicoterapia infantil. El juego es el lenguaje natural de la infancia. Sabemos que es una herramienta fundamental para el desarrollo cognitivo y emocional del niño, sin embargo, es algo que va dejándose a medida que crecemos. Además, es la era digital, cuyas consecuencias ya están sufriendo los jóvenes llenos de traumas por su causa. Y solo es el comienzo....

Justo por eso, he decidido romper una lanza a favor del juego como método de expresión y educación emocional, pero no solo en la infancia, también en la edad adulta.

EL JUEGO ES UNA ACTIVIDAD FUNDAMENTAL en la vida de los niños. No se trata solo de una fuente de entretenimiento y diversión, sino que también juega un papel crucial en su desarrollo físico, cognitivo, emocional y social. A través del juego, los niños exploran el mundo que les rodea, desarrollan habilidades esenciales y aprenden a interactuar con los demás.

El juego, especialmente el juego activo, es vital para su desarrollo físico. Actividades como correr, saltar, trepar y jugar a la pelota ayudan a desarrollar la coordinación motora y la motricidad

gruesa, así como el equilibrio y la fuerza muscular. Por otro lado, juegos que involucran la manipulación de objetos pequeños, como construir bloques o dibujar, mejoran la motricidad fina y la coordinación ojo-mano.

El juego también es un vehículo para el desarrollo cognitivo. Juegos de construcción, rompecabezas y actividades de imaginación estimulan el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad. Los juegos de reglas como los juegos de mesa, enseñan a los niños a seguir instrucciones, planificar estrategias y prever las consecuencias de sus acciones. A través del juego simbólico, como el juego de roles, los niños desarrollan habilidades lingüísticas, adquieren nuevos vocabularios y aprenden a comunicarse de manera efectiva.

Es innegable que también tiene muchos beneficios a nivel social. Cuando existe interacción con los demás, los niños aprenden habilidades sociales cruciales como la cooperación, la negociación, la empatía y la resolución de conflictos. Los juegos en grupo enseñan a los niños a trabajar en equipo, compartir recursos y respetar turnos.

Estas experiencias sociales son fundamentales para establecer relaciones saludables y desarrollar el sentido de pertenencia.

Hagamos un paréntesis para decir que, desde hace un par de décadas, todo esto también se usa en tratamientos psicológicos con ancianos, especialmente para prevenir o mejorar las enfermedades degenerativas.

PERO, ¿QUÉ PASA CON LA GENTE DESDE que deja de ser niño, hasta que llega a la tercera edad? Cuando nos convertimos en padres, volvemos

a jugar con los hijos, pero ahí no se ejercita como debería y no se obtiene el mismo resultado emocional. Solo los deportistas juegan. Solo los músicos juegan. Sólo los artistas juegan. Solo los creativos juegan. Creo que nadie se plantea por qué quienes hacen algún tipo de actividad física o artística, sobre todo en equipo, tiene más calidad de vida a nivel mental. Pues ya sabéis la respuesta.

El mundo se ha olvidado de jugar. Y esto lleva a crear una vida adulta donde se carga de mucho más drama a nivel de relaciones. En el *coaching* ejecutivo, siempre se plantean juegos de equipos en las empresas. Como resultado, los compañeros se conocen más, se ríen, se relajan, y alcanzan otro tipo de confianza entre ellos. Hay que incorporar el juego a la vida normal.

La plataformas de series, películas, documentales y deportes, han desplazado las sobremesas de juegos y cartas, de tertulias infinitas en los hogares. Intentemos contrarrestar esto.

También la lectura se debería de incorporar en la infancia. ¿Cuánto os gustaba que os leyeran un cuento en la cama? Esa práctica hace que el niño se sienta en una zona protegida, llena de amor y complicidad con el adulto, y eso hacía que su sueño fuera más placentero y reparador. ¿Has probado a hacerlo con tu pareja?

Juega al balón con tus amigos, échate unas canastas en el parque, juega de manera habitual, no solo en reuniones o días puntuales. Haz el tonto, permítete ser ese niño que decía lo que pensaba. Juega con tus hijos, aunque sean adultos, con tus amigos, con tu pareja. Hazlos reír, y ríete. Permítete que no solo haya seriedad y problemas en tu vida. Hemos venido a jugar. □

¿Y SI LAS PLANTAS SE VACUNARAN?

UN EQUIPO CIENTÍFICO ESPAÑOL DESARROLLA UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA A LOS PESTICIDAS



Diego Rebaque Morán, graduado en Biología. Máster en Investigación en Biología Fundamental y Biomedicina Doctor en Biotecnología y Recursos Genéticos de Plantas y Microorganismos Universidad de León (ULE).



Hugo Mérida Martínez, doctor en Biología Molecular y Biotecnología (Universidad de León).

Sabías que hasta un 40 % de los cultivos del mundo se pierde por culpa de plagas y enfermedades? Las plantas representan la base de la alimentación humana a nivel mundial, ya sea de forma directa (>80 %; FAO 2023) o de forma indirecta como alimento de la producción ganadera. Entre el 20 y el 40 % de la producción se pierde cada año a consecuencia de enfermedades producidas por microorganismos patógenos y plagas de insectos. Aunque estos organismos solo buscan alimentarse y perpetuarse, suponen un gran reto para mantener la producción de alimento para la población humana. Así pues, este hecho supone una de las mayores dificultades para alcanzar el objetivo «Hambre cero» de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que plantea la agenda 2030.

Para combatir los efectos negativos de plagas y enfermedades se utilizan diferentes métodos, incluyendo el uso de pesticidas químicos que, aunque eficientes, tienen un fuerte efecto negativo sobre el medio ambiente, entrando en conflicto con la vida en ecosistemas terrestres, también incluido entre los ODS. Otros métodos



Investigadores de la Universidad de León desarrollan soluciones que activan la inmunidad vegetal utilizando residuos de origen vegetal.

SORAEER



Las plantas pueden detectar señales de ataque y activar su sistema de defensa. Esta es una alternativa sostenible al uso de pesticidas.

incluyen la manipulación genética vegetal a demanda, la cual, en ocasiones, se rodea de cierta controversia. Pues bien, en el grupo de investigación de «Inmunidad Vegetal Inducida por Glicanos» de la Universidad de León trabajan en una alternativa novedosa que puede contribuir a combatir las pérdidas agronómicas de forma inocua para el medio ambiente. ¿Cómo? Estimulando los sistemas de defensa que poseen las plantas de forma natural. Para entender esta estrategia, es clave conocer cómo se defienden las plantas de forma natural frente a los patógenos.

LAS PLANTAS Y SUS MECANISMOS DE PROTECCIÓN FRENTE A OTROS ORGANISMOS.

Las células de las plantas, a diferencia de las nuestras, poseen una estructura semirrígida que las rodea y les otorga forma, sostén y además funciona como una defensa física frente al medio externo. Esta estructura, conocida como pared celular, está detrás de que las plantas sean más o menos rígidas y robustas. Gran parte de la biomasa vegetal está formada por paredes celulares. La madera, por ejemplo, está compuesta por las paredes celulares de las células que formaron el tronco del árbol. Si vestimos una camisa de lino o algodón, llevamos puestas paredes celulares.

Estas paredes celulares están formadas por una compleja estructura de fibras con diferentes composiciones y funciones. La más conocida, la celulosa, forma un andamio princi-

pal que le da rigidez. Otros componentes, conocidos como hemicelulosas y pectinas, se encargan principalmente de conectar las fibras de celulosa entre sí y de formar una compleja red de fibras organizada en diferentes capas que da consistencia a la pared celular.

Estas fibras tan diversas ya se han utilizado anteriormente con numerosos fines. Por ejemplo, cuando escribimos sobre papel, estamos escribiendo sobre fibras de celulosa que formaron parte de las paredes celulares de las células que formaban la madera de un árbol. Más recientemente se plantearon incluso como una alternativa sólida a los

combustibles fósiles. Todas estas fibras se conocen como polisacáridos, moléculas formadas por cadenas de muchas (poli-) unidades (mono-) distintas conocidas como monosacáridos. La clave de este trabajo está en moléculas formadas por unos pocos (oligo-) monosacáridos que forman cadenas cortas conocidas como oligosacáridos.

¿Y cómo encaja esto con nuestra historia? Pues bien, resulta que, cuando un microorganismo patógeno quiere infectar una planta para alimentarse de ella, necesita atravesar esta pared celular. Para ello, los microorganismos poseen unas herramientas moleculares conocidas como enzimas que funcionan como tijeras, cortando los polisacáridos que forman la pared celular para abrirse paso a través de ella. Al cortar estos polisacáridos se forman cadenas cortas de oligosacáridos, y aquí viene la clave: ¡Las plantas son capaces de detectar estos oligosacáridos!, lo cual hace saltar las alarmas de que están siendo atacadas y activan una compleja respuesta de contraataque conocida como Inmunidad Activada por Patrones (PTI, por sus siglas en inglés: Pattern Triggered Immunity). Funcionan de forma parecida al modo en que lo hacen las vacunas

MARÍ FUERTES-RABANAL



DIEGO REBAQUE MORÁN

Jorge Peláez, María Fuertes-Rabanal, Marina González-Zuloaga y Sara I. Yugueros (de izquierda a derecha) realizan sus tesis doctorales investigando distintos aspectos de la interacción planta-patógeno y la protección de cultivos.

en humanos. En los últimos años, se han descrito numerosos oligosacáridos de diferente composición que son detectados por las plantas como señales de alarma frente a microorganismos patógenos. Al activarse esta respuesta, la planta puede resistir el ataque del patógeno, haciendo que la infección sea solo casual. Y, aun así, las enfermedades producidas por la infección de estos patógenos suponen un problema para la agricultura.

SOLUCIONES NOVEDOSAS Y SOSTENIBLES PARA PROTEGER LOS CULTIVOS.

Ahora viene lo más interesante. Tenemos que: la biomasa vegetal se compone principalmente de paredes celulares compuestas por polímeros. Esos polímeros se pueden cortar en oligosacáridos y los oligosacáridos pueden activar la inmunidad de plantas para hacer frente a los patógenos. ¿Y si le damos estos oligosacáridos a las plantas nosotros antes de que lleguen los patógenos y así, cuando lleguen, la planta ya esté preparada? Esta es la cuestión en la que se basan las investigaciones dirigidas por los doctores Hugo Mérida y Diego Rebaque en la Universidad de León.

Este grupo de científicos, por un lado, trabaja en la identificación de moléculas activadoras de inmunidad de plantas. Han descrito diferentes moléculas derivadas tanto de la pared celular de plantas como de microorganismos que, cuando son aplicadas a plantas, activan las señales de inmunidad. Los tratamientos con estas moléculas reducen en la planta los efectos de la infección con bacterias y hongos.

Una desventaja que presenta esta tecnología frente a los productos utilizados habitualmente es su alto coste actual de producción. Por eso, parte del trabajo de este grupo consiste en la búsqueda de fuentes rentables y la optimización de su obtención. Así, en sus últimas publicaciones han propuesto distintos materiales de plantas y algas generados como desechos de otras industrias como fuente viable de estas moléculas activadoras de inmunidad



MARIA FEITES-RABANAL

Activar las defensas de las plantas con moléculas naturales podría transformar la agricultura en un modelo más ecológico y eficiente.



Diego Rebaque Morán

Investigaciones como la realizada por este grupo de científicos podrían acercarnos a un futuro donde alimentar al mundo sin dañar el planeta sea posible.

de plantas. Además, han logrado su obtención mediante el uso de tecnologías «verdes», como la extracción con agua en condiciones subcríticas. Esta metodología de extracción utiliza únicamente agua bajo condiciones de alta presión y temperatura, haciendo que adquiera unas condiciones fisicoquímicas especiales, evitando el uso de otros solventes utilizados habitualmente que generan residuos químicos a eliminar.

Esta tecnología ya está siendo testada en cultivos de alto interés agronómicos como el maíz o el trigo y promete ser una alternativa real para reducir el impacto ambiental

de la agricultura sin detrimento de la producción. El uso de moléculas inocuas para el medio ambiente para mejorar las defensas de los cultivos frente a patógenos y la obtención de estos mediante técnicas «verdes» a partir de residuos vegetales de agricultura y otras industrias representa una oportunidad para mejorar la producción de cultivos en un marco de economía circular.

Quizá, en un futuro no muy lejano, gracias a investigaciones científicas como esta, proteger nuestras cosechas y asegurar la alimentación de una población creciente sin destruir el planeta sea una realidad. □

DEPARTAMENTO DE CULTURA Y TURISMO DE ABU DHABI, COLECCIÓN DEL MUSEO NACIONAL ZAYED



DESCUBREN SECRETOS OCULTOS DE HACE MÁS DE MIL AÑOS EN EL CORÁN AZUL, UNO DE LOS MANUSCRITOS ISLÁMICOS MÁS IMPORTANTES



Nurul Iman Rusli,
Investigadora

Como conservadora del Museo Nacional Zayed, el museo nacional de los Emiratos Árabes Unidos, tengo el honor de formar parte del apasionante proyecto de investigación que ya ha desvelado nueva información sobre uno de los manuscritos islámicos más emblemáticos del mundo, el Corán Azul.

Este importante manuscrito, que data de entre los años 800 y 900 de nuestra era, ha cautivado a eruditos e historiadores durante siglos. Ahora, gracias al uso de técnicas de imágenes multispectrales, hemos desvelado una capa oculta de su historia que hasta ahora permanecía oculta bajo un intrincado patrón decorativo de pan de oro. Nuestra investigación ha revelado versícu-

los del Corán bajo el motivo, lo que arroja luz sobre los laboriosos procesos de producción del manuscrito.

UN MANUSCRITO SIN IGUAL

El Corán Azul es único no solo por su belleza estética, sino también por la historia de su producción. El texto está escrito en letra cúfica, sin marcas diacríticas para diferenciar las letras de la misma forma ni los signos vocálicos. Esta peculiar escritura, combinada con la riqueza de los materiales y la extraordinaria artesanía, ha hecho del Corán Azul uno de los ejemplos más importantes y visualmente llamativos de los primeros manuscritos islámicos.

El Corán Azul ha fascinado a los eruditos a lo largo de la historia.

El texto fue escrito antes de aplicar la decoración, por lo que la finalidad de la misma pudo ser ocultar un error caligráfico

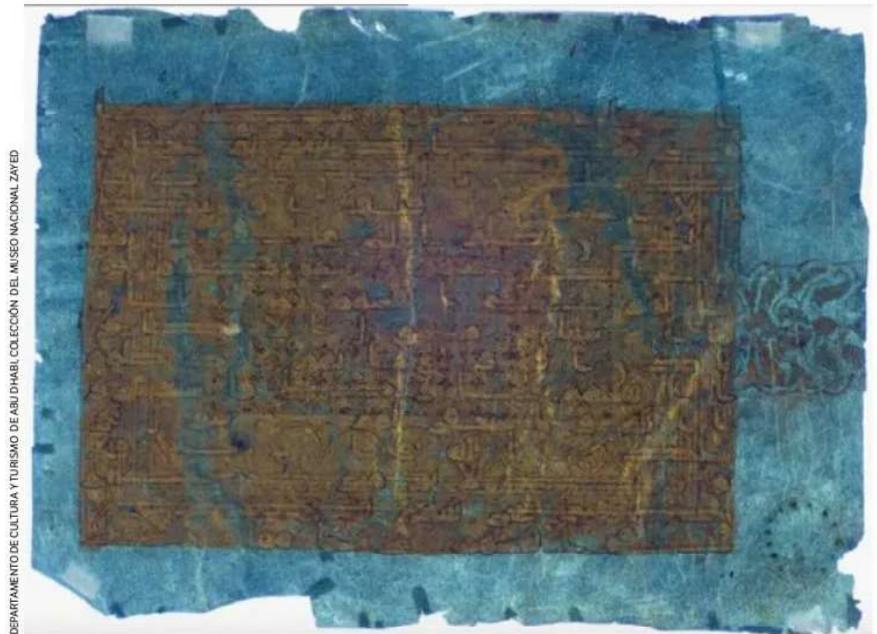
Existen muchas teorías sobre dónde y cuándo se produjo. Los estudiosos han sugerido la producción del Corán en los periodos Omeya, Abbasí o Fatimí, así como en tierras islámicas orientales y occidentales, desde Persia, Irak y el norte de África hasta Al-Andalus (España).

El manuscrito constaba originalmente de unos 600 folios, hechos de piel de oveja y teñidos de un azul intenso y vibrante. En la época de su creación, se trataba de un proceso caro y laborioso. En la actualidad, solo se conservan unos 100 folios conocidos de este manuscrito en todo el mundo. Mientras nos preparamos para exponer cinco de estas raras páginas en el Museo Nacional Zayed, estamos encantados de formar parte de un estudio en curso para comprender mejor aspectos de la historia del manuscrito que aún se desconocen.

BAJO EL PAN DE ORO

Nuestro reciente descubrimiento ha sido posible gracias al uso de imágenes multiespectrales, una sofisticada técnica que revela detalles invisibles a simple vista. Al captar imágenes del manuscrito en diferentes longitudes de onda, hemos podido descubrir el texto oculto bajo una capa de pan de oro decorativo. Esta revelación ofrece nuevas perspectivas sobre los procesos utilizados para crear el Corán Azul.

El hecho de que el texto hubiera sido escrito antes de aplicar la decoración nos lleva a pensar que tal vez su finalidad fuera ocultar un error



DEPARTAMENTO DE CULTURA Y TURISMO DE ABU DHABI, COLECCIÓN DEL MUSEO NACIONAL ZAYED

En la imagen, subtexto captado gracias a las imágenes multiespectrales, una técnica que revela detalles invisibles a simple vista.



DEPARTAMENTO DE CULTURA Y TURISMO DE ABU DHABI, COLECCIÓN DEL MUSEO NACIONAL ZAYED

Folio del Corán Azul, del 800-900 d. C. Pergamino, añil, oro, plata. El manuscrito constaba de unos 600 folios hechos de piel de oveja y teñidos de azul brillante.

caligráfico, posiblemente la duplicación de un segmento del texto. En aquella época, los materiales y la mano de obra necesarios para crear cada folio eran tan valiosos que volver a empezar con una nueva hoja de piel de oveja teñida con añil habría sido un gasto impensable. Tal vez, en su

lugar, el calígrafo optó por cubrir el error con intrincados dibujos de oro, una solución que no solo preservaba su trabajo, sino que también mostraba su habilidad e ingenio.

Este método de corrección, aunque no desconocido en la tradición manuscrita islámica, rara vez se

El pasado nunca está perdido, solo está esperando a ser descubierto

ve en manuscritos de esta época. Este descubrimiento nos invita a reflexionar sobre los aspectos matizados y a veces pasados por alto de la producción de manuscritos, recordándonos que estas obras no eran solo objetos de belleza, sino también productos de exigentes habilidades prácticas.

UN NUEVO CAPÍTULO EN LA COMPRESIÓN

Me siento increíblemente privilegiada por haber participado en esta investigación, que añade una nueva capa a la rica historia del Corán Azul. El manuscrito no es un mero artefacto, sino un testimonio de la habilidad, creatividad y perseverancia de las personas que lo produjeron. Desafía nuestras suposiciones sobre el pasado y nos anima a reflexionar más profundamente sobre los procesos que dieron forma a estas preciadas obras.

Al reflexionar sobre este descubrimiento, recuerdo la misión más amplia del Museo Nacional Zayed. Nuestra investigación no solo contribuye a una comprensión más profunda del Corán Azul, sino que también sirve para poner de relieve el papel fundamental de los EAU en el intercambio de ideas. El museo se dedica a preservar y compartir la historia de esta región, no solo tal como es, sino también a través de la lente de las nuevas tecnologías y la investigación académica.

Las páginas del Corán Azul se exhibirán en la galería «A través de nuestras conexiones» del Museo Nacional Zayed, que destaca el papel de los EAU como encrucijada de cultu-

ras, conocimientos e intercambios. La exhibición en el museo de páginas del Corán Azul ofrecerá una oportunidad única para explorar la belleza, la historia y el significado cultural del manuscrito.

Este descubrimiento es un paso significativo en nuestra continua exploración del pasado, que seguirá dando forma a nuestra comprensión de cómo las ideas y el conocimiento se propagan a través de las culturas. Para mí, personalmente, es un recordatorio de que el pasado nunca está realmente perdido, solo está esperando a ser descubierto, capa a capa, en los lugares más inesperados.

INVESTIGACIÓN EN EL MUSEO NACIONAL ZAYED

El Museo Nacional Zayed, situado en el corazón del distrito cultural Saadiyat de Abu Dhabi, es el museo nacional de los Emiratos Árabes Unidos. Guiado por los valores del padre fundador de los EAU, el difunto jeque Zayed bin Sultan Al Nahyan, el museo cuenta la historia de la nación desde la antigüedad hasta el presente. A través de exposiciones, investigaciones y programas públicos, explora la historia, la cultura y el patrimonio de los EAU, honrando el legado perdurable del Jeque Zayed y su compromiso con el conocimiento, la unidad y la preservación de la identidad emiratí. El Museo Nacional Zayed será un



DEPARTAMENTO DE CULTURA Y TURISMO DE ABU DHABI. COLECCIÓN DEL MUSEO NACIONAL ZAYED

Folio del Corán Azul bajo imágenes multispectrales. El descubrimiento del texto nos revela también las exigentes habilidades prácticas de sus calígrafos.

lugar al que los ciudadanos, los residentes y otras personas podrán acudir para obtener información exhaustiva sobre la historia y la cultura del país y su gente.

Este proyecto de investigación es uno de los muchos del equipo de investigación del Museo Nacional Zayed. Parte del mandato del Museo Nacional Zayed es ser una institución de investigación de categoría mundial y una autoridad de confianza sobre la historia y la cultura de los Emiratos Árabes Unidos desde el pasado antiguo hasta nuestros días. Para ello, llevará a cabo sus propias investigaciones, establecerá asociaciones con investigadores individuales e instituciones de terceros, tanto a nivel local como internacional, y facilitará el acceso a su diversa y creciente colección para apoyar la investigación individual y los proyectos basados en el conocimiento. □

Las páginas del Corán Azul se exhibirán en el Museo Nacional Zayed, en la galería «A través de nuestras conexiones» que destaca el papel de los EAU como encrucijada de culturas

EL PAPEL DE LOS LAGOS EN EL CALENTAMIENTO GLOBAL

UN FENÓMENO AMPLIFICADO EN LATITUDES ALTAS



Daniel Mercado-Bettín, PhD Ingeniería Ambiental, investigador del CEAB-CSIC. Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC)

Más allá de su belleza paisajística, los lagos desempeñan un papel clave en el equilibrio climático. Un estudio global revela su creciente impacto y la urgencia de incluirlos en los modelos climáticos.

Los lagos no son solo cuerpos de agua aislados del paisaje. Son reguladores térmicos activos, capaces de almacenar y liberar grandes cantidades de energía. Esta capacidad de intercambio de calor con la atmósfera les otorga un papel directo en el clima regional y local, aunque su influencia ha sido históricamente menospreciada en los modelos climáticos. En un contexto de calentamiento global acelerado, sus características físicas están cambiando rápidamente: el hielo desaparece antes,

el agua se calienta más, y la dinámica de energía entre lago y atmósfera se altera. A pesar de la importancia de estos fenómenos, hasta hace poco no existía un análisis global que cuantificara cómo están cambiando los flujos de calor desde los lagos hacia la atmósfera.

Nuestro estudio (en colaboración con el CSIC) aporta esta visión ausente. Al emplear tres modelos de lagos junto a cuatro modelos climáticos globales, hemos podido estimar cómo ha evolucionado la liberación de calor de los lagos desde la era preindustrial hasta el presente, y cómo se proyecta que lo hará hacia finales del siglo XXI. Las conclusiones son claras: se observa una intensificación significativa del flujo de calor, sobre todo en las latitudes medias



Los lagos son reguladores térmicos activos que intercambian calor con la atmósfera, jugando un papel esencial en el clima regional y local.

y altas del hemisferio norte, y esta tendencia se mantendrá o incluso se acentuará en los próximos decenios.

UN DESEQUILIBRIO TÉRMICO EN CRECIMIENTO

La liberación de calor desde los lagos, o *lake heat release* (LHR), puede entenderse como el conjunto de flujos energéticos que escapan del agua hacia la atmósfera. Este flujo incluye la radiación térmica (LWup), la radiación solar reflejada (SWup), y los intercambios por conducción y evaporación (SH y LH). Hemos observado un aumento medio del 1,5 % en LHR a escala global cuando se compara el periodo 1991–2020 con el clima preindustrial. Sin embargo, este incremento no es homogéneo: el 64 % de los lagos que muestran aumentos están situados al norte de los 45°N, donde el incremento medio es del 1,8 %, el doble que en regiones tropicales.

Este patrón se intensifica al observar los cambios absolutos: en las latitudes medias-altas, el 93 % de



La liberación de calor desde los lagos ha aumentado respecto a la era preindustrial.

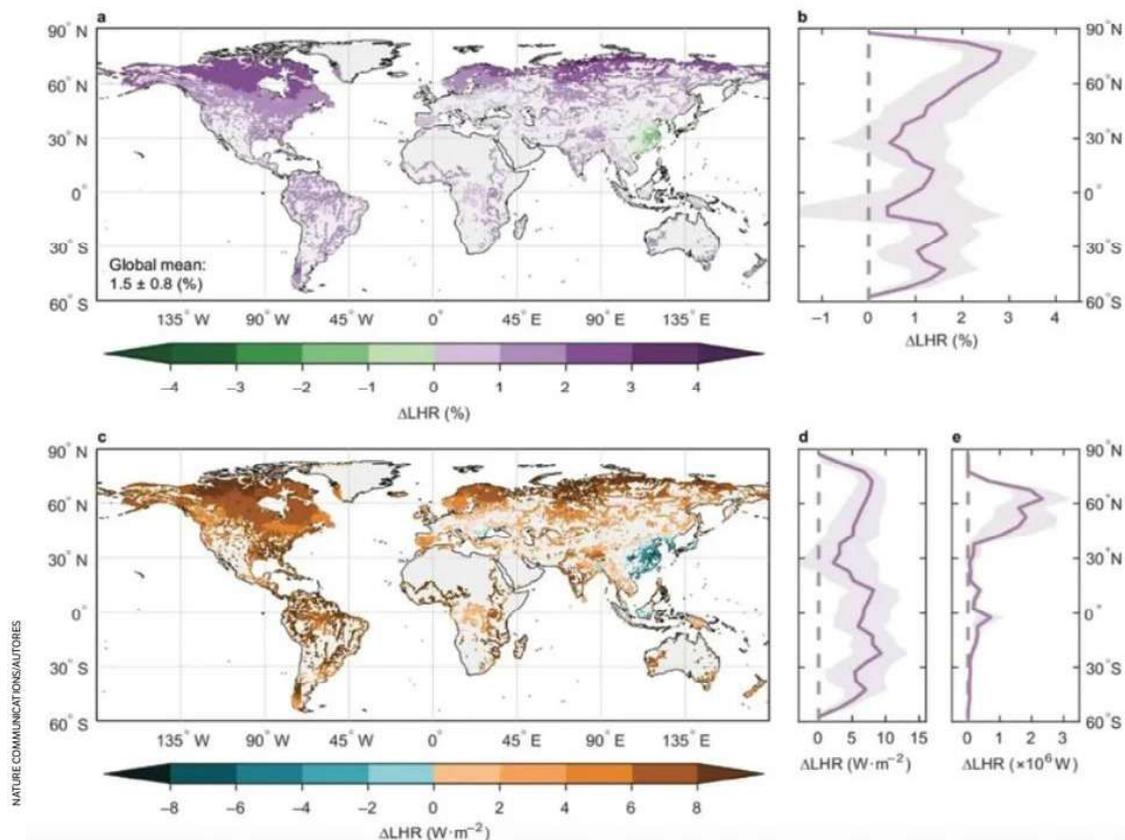
los lagos han incrementado su LHR en más de $4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Un 70 % supera los $6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ y casi una quinta parte sobrepasa los $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Esta distribución no solo refleja el impacto del cambio climático en regiones frías, sino también la importancia de la su-

perficie combinada de estos lagos en la contribución total de calor al sistema climático global. Las zonas más septentrionales dominan en términos de liberación total de energía debido a su gran extensión lacustre y a la pérdida de hielo que las caracteriza.

LA RADIACIÓN TÉRMICA COMO PROTAGONISTA ENERGÉTICO

Uno de los hallazgos más consistentes de nuestro trabajo es que la mayor parte del aumento en LHR está dominado por la radiación de onda larga (LWup), especialmente en lagos situados en zonas frías. Este tipo de radiación es emitida por cuerpos cálidos y su intensidad depende directamente de la temperatura superficial. Según la ley de Stefan–Boltzmann, un aumento en la temperatura del agua implica una mayor radiación hacia la atmósfera. No obstante, hemos observado que esta sensibilidad es mucho mayor en lagos que tradicionalmente estaban cubiertos de hielo.

El 97 % de los lagos situados en latitudes medias-altas presentan a la



En la imagen, cambios relativos y absolutos en la liberación de calor de los lagos (LHR) entre la era preindustrial y el presente, agrupados por latitud y superficie lacustre.

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

O escanea el código QR:



La pérdida de hielo cambia el equilibrio energético del lago

LWup como principal componente de su liberación térmica. Además, la relación entre la temperatura del agua (LSWT) y la emisión de calor no es lineal en estos lagos, lo cual indica un desacoplamiento entre temperatura y radiación. Este desacoplamiento está relacionado con el cambio en el descongelamiento de los lagos: el hielo actúa como una capa aislante que limita la transferencia de calor, sin embargo, en las últimas décadas los lagos permanecen menos tiempo con esta capa, permitiendo que alcancen mayores temperaturas y a su vez emitan más energía térmica por unidad de calentamiento.

EL PAPEL DEL HIELO: MÁS QUE UN AISLANTE

El análisis detallado de la variación térmica en función de la cobertura de hielo ha sido clave para comprender la amplificación del fenómeno. Para ello, empleamos el grosor medio anual del hielo (MAIT) como indicador de la presencia, duración y espesor del hielo superficial. Comprobamos que las zonas que más han perdido hielo son también aquellas donde más ha aumentado la radiación térmica, con una correlación positiva notable ($R = 0.79$). Esta pérdida de hielo no solo permite una mayor absorción solar, sino que también cambia el equilibrio energético del lago.

Los lagos que antes se cubrían con hielo experimentan un calentamiento más rápido que los lagos libres de hielo. Su sensibilidad a la temperatura también es mayor: por cada grado de aumento en LSWT, estos lagos incrementan su radiación térmica en más de $8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, en contraste con los $6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ observados en los lagos sin hielo. Además, este efecto se agrava cuanto más prolongada era la duración del hielo en el pasado. Estos



Calentamiento global. El deshielo prematuro transforma la dinámica energética de los lagos, aumentando su emisión de calor a la atmósfera.

datos confirman que el hielo actúa como modulador térmico, y que su desaparición crea un nuevo régimen energético que favorece la emisión acelerada de calor.

ESTACIONALIDAD Y FUTURAS PROYECCIONES

Otro aspecto relevante es la variación estacional del LHR. La mayoría de los lagos en el hemisferio norte (56 %) muestran una mayor liberación de calor en verano que en invierno, patrón aún más marcado en lagos que no se congelan. Esto se debe a un mayor aumento del flujo de calor latente (evaporación) en las estaciones cálidas. En contraste, los lagos que se congelan emiten más calor en invierno debido al incremento de LWup, pero este efecto se compensa por un menor aumento del flujo de calor latente.

Cuando proyectamos estos resultados hacia el futuro, bajo tres escenarios climáticos (RCP 2.6, 6.0 y 8.5), todos los modelos predicen un aumento significativo en la liberación de calor. En el escenario más extremo, RCP 8.5, la media global de LHR sube un 7,5 %, y en las latitudes medias-altas el aumento alcanza el 8,7 %. La relación entre la temperatura del agua y la emisión térmica se mantiene, lo que sugiere que el mecanismo de amplificación por pérdida de hielo es estructural y no se revertirá fácilmente. De hecho,

las proyecciones indican que los lagos que se congelan seguirán siendo emisores térmicos debido a su alta sensibilidad al calentamiento.

IMPACTOS REGIONALES Y NECESIDAD DE MEJORES MODELOS

Las consecuencias de este fenómeno no se limitan al sistema lacustre. El aumento de la energía emitida por los lagos puede modificar la temperatura del aire local, favorecer el deshielo de la nieve y potenciar fenómenos extremos como las tormentas o las nevadas inducidas por lagos sin hielo. Además, en regiones tropicales, el aumento de evaporación puede reducir la disponibilidad hídrica y amenazar la biodiversidad acuática. Por tanto, el papel de los lagos debe incorporarse con más precisión en los modelos climáticos globales.

Actualmente, muchos modelos climáticos no incluyen lagos o los representan con una resolución insuficiente. Esta omisión impide simular adecuadamente la retroalimentación térmica entre agua y atmósfera. Nuestro estudio señala que los lagos, en especial los que se cubren de hielo, pueden ser actores clave en el sistema climático y su impacto puede amplificarse con el tiempo. Recomendamos el desarrollo de modelos de alta resolución que incorporen lagos de manera realista, especialmente en regiones vulnerables del hemisferio norte. □

MINERALES Y HUMANIDAD

LA APASIONANTE HISTORIA DEL COMIENZO DE LA EDAD DE LOS METALES



Francisco Javier Luque Del Villar, doctor en Ciencias Geológicas. Instituto de Geociencias (CSIC-UCM)

Desde nuestros orígenes, los minerales han aportado buena parte de la riqueza de todas las sociedades humanas. En las distintas etapas de la historia, proporcionaron las materias primas que dieron lugar a los sucesivos niveles del desarrollo tecnológico. En la sociedad actual, la dependencia de ellos es más acuciante que nunca.

En el primer capítulo de la serie «Minerales y Humanidad» se abordó el despliegue de las primeras industrias y el nacimiento del arte durante la Prehistoria. Estos hitos estuvieron vinculados al progresivo conocimiento de las propiedades de los minerales que, en definitiva, son los constituyentes básicos de la Tierra, como las células lo son de la materia viva.

La Prehistoria suele dividirse en la Edad de Piedra (Paleolítico y Neolítico) y la Edad de los Metales (Cobre, Bronce y Hierro). La primera comenzó con el origen de la especie humana y la industria lítica hace unos 2 500 000 años. La segunda surgió hace solo unos 7000, cuando se descubrió una técnica para extraer metales de los minerales a través del fuego, separándolos del resto de componentes.

Esta tecnología multiplicó la disponibilidad de estos materiales, inigualables por sus propiedades y prestaciones en comparación con la piedra, la madera, los huesos o las conchas. Estas ventajas ya se conocían antes del inicio de la metalurgia, gracias a la existencia de unos pocos metales que aparecen en estado nativo en la corteza terrestre.

Como veremos en los siguientes capítulos, los metales revolucionaron la historia humana. Esta trascendencia queda reflejada en la propia etimología del nombre que se usa para designarlos: deriva del griego *metallan*, que significa bus-

car. Y es que la búsqueda de metales ha sido una de las principales actividades de nuestra especie.

El desarrollo de la humanidad ha estado marcado por el uso creciente de los recursos minerales tanto en volumen como en variedad. La «Tercera Revolución Industrial», en la que ahora estamos inmersos, precisa de un número cada vez mayor de minerales y de cantidades muy superiores de metales que en épocas pasadas.

LOS METALES EN LA NATURALEZA

Los metales tienen diferentes afinidades geoquímicas, esto es, tienen preferencia para unirse con determinados elementos químicos en la naturaleza. Así, hay metales que pueden aparecer como minerales sin combinarse con ningún otro elemento químico o unidos exclusivamente con otros metales, formando aleaciones. Son los denominados metales siderófilos. Otros muestran preferencia por el azufre y se denominan calcófilos, de manera que se encuentran principalmente formando sulfuros. Finalmente, los elementos litófilos tienden a combinarse con el oxígeno (bien en forma de óxidos o de otros minerales con oxígeno en su compo-

sición como carbonatos, silicatos, etc.). Estas afinidades dependen de las características del medio, de modo que, por ejemplo, un mismo metal puede comportarse como calcófilo en ambientes reductores y como litófilo en condiciones oxidantes.

Son precisamente los metales siderófilos los que pueden aparecer en estado nativo, como el oro, la plata o el cobre, o en forma de aleaciones naturales, como el electrum, aleación de oro y plata. Los metales nativos solo se forman en condiciones muy específicas, por lo que son particularmente escasos. Se trata de minerales blandos, dúctiles y maleables, como consecuencia de su estructura cristalina y del enlace metálico entre sus átomos, lo que también les proporciona el brillo característico.

En la naturaleza, los metales generalmente están combinados con otros elementos químicos, formando distintos minerales que no comparten esas extraordinarias propiedades. Por ello, se buscó la forma de separarlos del resto de componentes químicos presentes en los minerales, dando origen a la metalurgia. Las diferentes épocas de la Edad de los Metales vienen marcadas por el desarrollo de las tecnologías que permitieron su obtención.

EL COBRE Y EL BRONCE

La orfebrería primitiva comprobó que el cobre, el oro y la plata, además de bellos, eran más funcionales que la piedra: no se rompían fácilmente, podían repararse o reutilizarse,

La búsqueda de metales ha sido una de las principales actividades de nuestra especie

La orfebrería primitiva comprobó que el cobre, el oro y la plata, además de bellos, eran más funcionales que la piedra

y producían un filo más cortante y duradero. Se encontraban asociados a distintos tipos de rocas y se trabajaban de manera diferente a los materiales utilizados en la industria lítica. Con el martilleado o el calor se deformaban, permitiendo la elaboración de diferentes adornos.

Hace unos 7000 años, la disponibilidad de metales se incrementó significativamente tras un hallazgo formidable que dio inicio a la Edad de los Metales. En la hoguera, piedras verdes y azules se convirtieron en un brillante metal rojo. Había nacido la metalurgia del cobre y comenzaba una nueva era tecnológica para la humanidad.

Esas rocas de llamativos colores estaban compuestas mayoritariamente por malaquita y azurita, dos carbonatos que presentan temperaturas de fusión sensiblemente inferiores a las del cobre nativo. Ambos fueron, inicialmente, las principales menas de cobre. Los minerales de mena son aquellos a partir de los cuales puede obtenerse un determinado elemento químico, generalmente un metal, por un proceso en el que interviene la temperatura mediante calentamiento o calcinación. Los minerales de mena más comunes son los óxidos y los sulfuros.

Para que un mineral sea mena de un metal, ese mineral debe ser relativamente común, poseer el metal en una cantidad que haga rentable su explotación (esto es, que no sea un componente minoritario en el mineral) y que pueda extraerse de manera sencilla (es decir, que el coste de su separación sea inferior al de su precio en el mercado).

De esta manera, por ejemplo, minerales como la dioptrita o la crisocola, silicatos que contienen entre un 30 y un 40 % de cobre, no constituyen menas de este metal, ya que se trata de minerales poco abundantes y en los que el cobre está fuer-

temente enlazado en sus estructuras cristalinas, lo que supone un elevado coste energético para su separación. Incluso algunos óxidos, como la cuprita, que tienen contenidos extraordinariamente elevados de cobre, solo excepcionalmente son menas de este metal cuando aparecen formando concentraciones importantes.

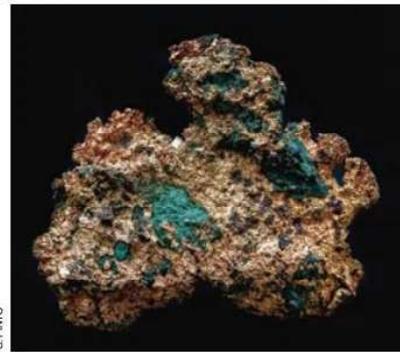
En particular, aunque el cobre tiene un carácter calcófilo muy marcado, en presencia de oxígeno pasa a comportarse como litófilo, de manera que los sulfuros originales tienden a transformarse en carbonatos, óxidos, sulfatos o silicatos en las condiciones de la superficie terrestre. Así, en la actualidad, las principales menas de cobre corresponden a sulfuros como la calcopirita, la bornita, la covellina o la calcosina, cuyos contenidos en cobre varían entre el 35 y el 80 %. Ocasionalmente, minerales como la azurita o la malaquita, con contenidos en cobre en torno al 50 %, pueden ser también utilizados en la actualidad como menas de este metal. Además, la malaquita se usa con fines ornamentales.

En nuestra sociedad actual, el cobre es, tras el hierro, el aluminio y el cromo, el metal más utilizado. Indispensable para la conducción de la energía eléctrica, su demanda a corto y medio plazo aumentará sensiblemente, tanto por el incremento de su uso en los países emergentes como por su importancia en la transición energética. Así, por ejemplo, un coche híbrido utiliza aproximadamente el doble de cobre que uno convencional con motor de combustión interna y un vehículo totalmente eléctrico puede contener hasta 10 veces más cobre que uno de combustión.

En el tercer milenio a. C. se descubrió, probablemente de forma fortuita, una «variedad» de cobre especialmente dura al calentar juntos minerales de cobre y estaño. Esta aleación de ambos metales, el



G. PINTO



G. PINTO



G. PINTO



G. PINTO

De arriba a abajo: pseudomorfo de cristales cúbicos de pirita, un sulfuro de hierro, transformados a óxido de hierro; cobre nativo; malaquita; dioptrita. (Colección de Mineralogía de la Facultad de Geológicas (UCM).

bronce, se utilizó en la confección de armas, corazas y herramientas, y otorgó un enorme poder a los pueblos que dominaron su tecnología.



J. LUCQUE



GP/MTD

Arriba, altar con adornos de malaquita de la iglesia de San Pablo Extramuros (Roma, Italia) Abajo, galena, de la Colección de Mineralogía de la Facultad de Geológicas (UCM).

El estaño tiene carácter litófilo y su principal mineral de mena es la casiterita, un óxido de fórmula SnO_2 , que contiene casi un 80 % de estaño. La importancia del estaño desde esta época la atestigua el término «casitérides», adoptado en la Antigua Grecia para denominar a los centros productores de estaño en el occidente europeo y cuya localización exacta era desconocida por ellos. Hoy sabemos que uno de estos centros se encontraba en el noroeste de la península ibérica.

La fuerte demanda de bronce se enfrentó con un hecho incontrovertible: la escasez de sus componentes en la corteza terrestre. La cantidad de cobre es de unos 27 gramos/tonelada. La de estaño, 2 g/t. Los yacimientos minerales son auténticas anomalías geoquímicas en la corteza terrestre. En ellos un determinado metal se concentra extraordinariamente con respecto a su abundancia media, constituyendo lo que se denomina ley del yacimiento. Así, por ejemplo, para que un yacimiento de cobre sea renta-

ble, su ley mínima debe ser superior al 0.5 %, es decir, debe concentrarse unas 200 veces.

EL PLOMO Y LA PLATA

El plomo, y no el cobre, podría ser el primer metal conseguido mediante metalurgia. Existen evidencias arqueológicas de su uso desde, al menos, unos 6500 años a. C. La mayor parte del plomo presente en la corteza terrestre se encuentra en un mineral común, la galena, un sulfuro que presenta unas propiedades que permiten identificarlo fácilmente. La galena se utilizó como elemento simbólico en ajuares funerarios y, durante milenios, se empleó como remedio terapéutico y cosmético. Otras menas minoritarias de plomo son la cerusita (un carbonato) y la anglesita (un sulfato).

El plomo es un metal blando, pesado y resistente a la corrosión. Su bajo punto de fusión (327 °C) facilitó su metalurgia y posibilitó fabricar grapas para reparar utensilios. También se empleó en la elaboración de figuritas, proyectiles, monedas y distintas aleaciones. Una función ejercida hasta nuestros días es la producción de pesas y plomadas.

La gran cantidad de usos del plomo y su valor como metal en el pasado están íntimamente relacionados con la producción de plata. En la corteza terrestre la concentración de plomo es de 11 g/t; la de plata, 0.056 g/t. Aunque existe plata nativa, el mineral más utilizado para obtener este metal ha sido la galena argentífera, que contiene cantidades significativas de plata (hasta un 20 %, aunque normalmente no supera el 1 %). En la galena argentífera, la plata se concentra en pequeñas inclusiones de diferentes minerales, esencialmente sulfuros y sulfosales. Las sulfosales son minerales en los que un metal (normalmente cobre, plomo o plata) y un semimetal (generalmente antimonio, arsénico o bismuto) están unidos al azufre.

El método de obtención de plata a partir de la galena argentífera a altas temperaturas, denominado copelación, genera grandes cantidades de plomo, lo que, unido a su fácil manufactura y resistencia a la

corrosión, hizo que este metal fuese el más empleado por la ingeniería y arquitectura romanas.

Durante la llamada Pax Romana (27 a. C.-180 d. C.), la economía experimentó un auge sin precedentes, favorecida por la elevada producción de plata a partir de galena, procedente principalmente de los yacimientos de Hispania. Se estima que por cada gramo de plata obtenido se liberaron a la atmósfera diez kilogramos de plomo. Un estudio de muestras de hielo ártico correspondientes a este periodo lo señala como el primer ejemplo de contaminación generalizada del medioambiente provocada por la actividad humana.

La galena frecuentemente aparece asociada al sulfuro de zinc, la esfalerita, que es la principal mena de este metal. En la India se obtuvo zinc metálico desde finales del primer milenio a. C., pero en Occidente no se reconoció como metal hasta el siglo XVIII. El latón es la aleación de cobre y zinc, conocido también desde épocas prehistóricas anteriores al uso del zinc como metal. La obtención del latón se consiguió hacia el año 3000 a. C., mezclando el cobre con diferentes minerales de zinc, principalmente silicatos y carbonatos, que se forman en la zona más superficial de los yacimientos de este metal por alteración de la esfalerita y que componen la denominada calamina.

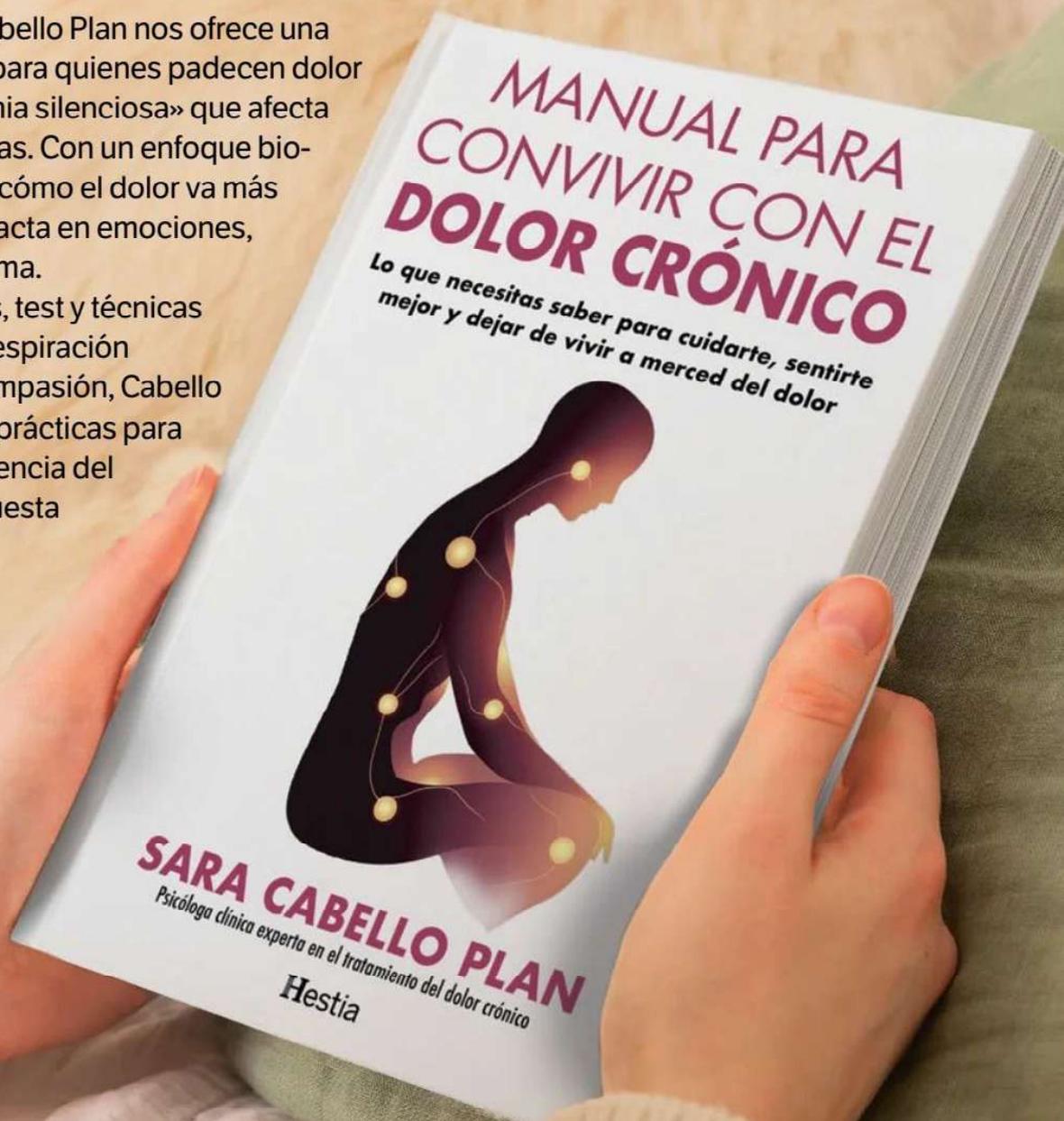
La conquista del hierro se logró mucho tiempo después que la del cobre y la del bronce. La causa no residió en el desconocimiento de sus ventajas, ni en la dificultad de localizar yacimientos. Sencillamente, las técnicas de la metalurgia primitiva no conseguían licuarlo. Fue preciso esperar al desarrollo de unos hornos especiales, que aportaron el calor necesario para ello.

En el siguiente capítulo se verá cómo esta importantísima innovación tecnológica revolucionó la estructura de las sociedades humanas y generó una remodelación del paisaje a una escala desconocida hasta entonces. Desde el inicio de la Edad del Hierro, hace unos 4000 años, ha sido y continúa siendo el metal más usado a lo largo de la historia. □

¡DISFRUTA DE GRANDES LECTURAS!

La psicóloga Sara Cabello Plan nos ofrece una guía clara y cercana para quienes padecen dolor crónico, una «epidemia silenciosa» que afecta a millones de personas. Con un enfoque bio-psico-social, explica cómo el dolor va más allá de lo físico e impacta en emociones, relaciones y autoestima.

A través de ejercicios, test y técnicas como *mindfulness*, respiración consciente o autocompasión, Cabello brinda herramientas prácticas para transformar la experiencia del sufrimiento. Su propuesta busca construir hábitos saludables y encontrar paz en nuestro propio cuerpo.



Hestia

Escanea este código QR y podrás comprar fácilmente este libro.

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



LA MENTE DE UN MOSQUITO

¿CUÁLES SON LAS BASES NEURONALES DE LA CONSCIENCIA? MUCHOS INVESTIGADORES HAN PROPUESTO TEORÍAS PARA ESTA PREGUNTA AÚN IRRESUELTA.

Seguramente el lector lo sabe ya, pero uno de los grandes misterios irresueltos a los que se enfrenta la ciencia de hoy es la consciencia. Y eso que no es un problema científico de origen reciente, ni mucho menos, además de haber sido objeto de enormes cantidades de esfuerzo (humano y económico) para desvelar sus secretos. Gracias a ello, sabemos algunas cosas. Pero seguimos sin ir más allá de la superficie.

Por supuesto y, para empezar, el mismo término es difícil de definir, ya que hace referencia a experiencias subjetivas, a vivencias internas que nadie, salvo uno mismo, conoce y de las que solo él puede dar fe. Yo supongo que los demás las tienen, pero solo lo supongo. Aun así -o quizá por eso- todos sabemos más o menos a qué nos referimos cuando hablamos de consciencia, lo que no quita que haya una puerta abierta a una gran cantidad de ambigüedad. Por ejemplo, «mente» y «consciencia» ¿son lo mismo? Cuando hablo de consciencia ¿hablo de algo inmaterial, ajeno o distinto al cuerpo -al cerebro- o es algo directa y únicamente derivado de la actividad cerebral? Esta última duda genera apasionados debates, y el no saberla responder aún con seguridad nos lleva a curiosos modelos, como el del premio Nobel (por sus trabajos sobre los agujeros negros) sir Roger Penrose y el anestesiólogo Stuart Hameroff, que proponen que la consciencia, como ente inmaterial - sea esto lo que sea- se comunica con el cerebro a través de unas estructuras microscópicas del interior de las neuronas -los llamados

microtúbulos- cuyas propiedades los hacen susceptibles a ser afectados por procesos cuánticos. Se está partiendo de unas premisas de las que, me temo, aún no podemos estar seguros, por mucho que nos parezcan aceptables (aunque no es mi caso). Pero ahí está la propuesta, que ha tenido cierto éxito.

A UN NIVEL MÁS SENCILLO, QUIZÁ MÁS BÁSICO, la consciencia se suele entender como algo ligado a la percepción, e incluso a la atención. Podemos estar recibiendo por nuestros sentidos una gran cantidad de información, pero solo de parte seremos conscientes. En principio, podemos atender a unas cosas y no a otras, y ser más consciente de aquellas que de estas. Que la consciencia sea eminentemente un fenómeno perceptivo ha llevado a varios autores a considerar que aquella estaría (o se generaría) en las áreas posteriores de la corteza cerebral, donde se procesa fundamentalmente la vista, el oído y el tacto. En esta idea estarían de acuerdo bastantes autores, con más o menos añadidos para completar una propuesta completa y coherente. Así, autores como el premio Nobel (por sus trabajos sobre la estructura de los anticuerpos) Gerald Edelman y el neurocientífico Giulio Tononi proponen que la consciencia surge cuando algunas de las activaciones

de esas cortezas posteriores se conectan y trabajan conjuntamente, en circuitos reverberantes, para dar lugar a experiencias integradas. Es algo parecido a lo que en su día propuso el neurocientífico Rodolfo Llinás, para quien las reverberaciones se producen entre el tálamo (en el centro del cerebro) y la corteza cerebral, en circuitos que funcionan a una frecuencia de 40 Hz (o ciclos por segundo). Esta frecuencia, llamada gamma, es también objeto de cierto debate. No está claro si realmente tiene entidad cognitiva o si no sería un artefacto de los sistemas de medición. Se ha dicho, por ejemplo, que mucha de la actividad gamma que registramos en un electroencefalograma y que podríamos estar tomando por actividad neuronal ligada a experiencias conscientes podría no ser otra cosa sino sutiles movimientos de los ojos, que trabajarían a esa frecuencia, y que se «colarían» en nuestros datos.

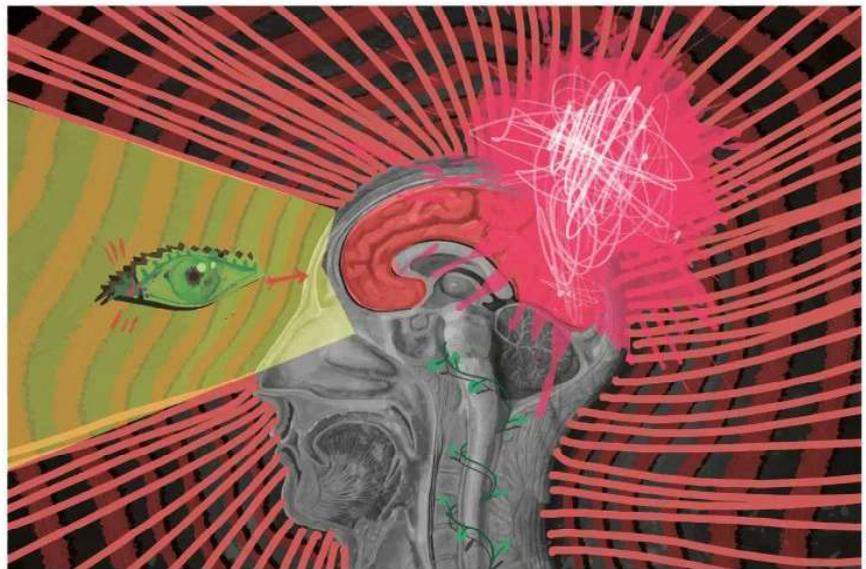
La idea de que las áreas perceptivas de la corteza podrían ser el lugar preeminente de las experiencias conscientes ha sido también respaldada por los trabajos del premio Nobel (por su descubrimiento de la estructura del ADN) Francis Crick y el neurocientífico Christof Koch, prácticamente pioneros en este campo. De hecho, Crick planteó que había que estudiar las bases neuronales de la consciencia aunque aún no tuvié-

RECIBIMOS DE NUESTROS SENTIDOS **GRAN CANTIDAD DE INFORMACIÓN, PERO SOLO DE PARTE DE ELLA SEREMOS CONSCIENTES**

JOHN C. ECCLES PROPUSO QUE LA CONSCIENCIA ES ALGO INMATERIAL QUE CONTACTA CON EL CEREBRO

ramos una definición consensuada de la misma, por dos razones: todo el mundo sabe más o menos qué es y, si investigamos, tendremos más datos y evidencias para llegar a una definición. La principal idea de estos autores es que somos conscientes de aquellas activaciones que se producen en esas zonas sensoriales de la corteza que cobran cierta fuerza, cierta intensidad. Otros autores, como los franceses Jean Pierre Changeux o Stanislas Dehaene, opinan sin embargo que para que haya plena consciencia se necesita la implicación de las áreas prefrontales de la corteza cerebral, que tendrían el papel de coordinar las actividades perceptivas en un espacio global de trabajo. Esta propuesta ha sido y es muy influyente.

SEGURO QUE EL LECTOR SE HA DADO CUENTA de que en esta historia han aparecido nada menos que tres premios Nobel. Pero, curiosamente, ninguno experto en neurociencia. Se juntaron, eso sí, con quienes sí lo eran, pero su aproximación al estudio de la neurociencia de la consciencia parecía algo así como un «hobby» después de haberlo conseguido todo en su campo. Bueno, no es mala idea que las mentes más brillantes de la ciencia se dediquen a pensar sobre uno de los problemas más espinosos de la misma. Una excepción fue sir John C. Eccles, que recibió el Nobel por sus trabajos sobre los mecanismos implicados en la excitación e inhibición de las membranas neuronales. Propuso que, en una idea similar a la de Penrose y Hameroff (que la consciencia



es algo inmaterial que contacta con el cerebro), la comunicación entre la consciencia y el cerebro se produce a través de grupos de dendritas de las células piramidales de la corteza cerebral. Serían los llamados dendrones, estando la consciencia disgregada en pequeñas unidades de contacto llamadas psicones.

La mayoría de estas propuestas tiene ya bastantes años, y desde entonces -en general- no ha surgido nada verdaderamente diferente, si acaso lo mismo con algún matiz nuevo. De hecho, el tema se ha complicado porque, desde entonces, se ha llegado a varias conclusiones que parecerían refutar estas teorías tan reputadas. Una de ellas es que podría no ser necesaria la corteza cerebral para tener experiencias conscientes. Autores como Jaak Panksepp, experto en cerebro y emociones, propuso que se podían tener vivencias conscientes con la mera activación de estructuras del tronco del encéfalo, una parte primitiva de nuestro cerebro. Serían experiencias conscientes con poco detalle sensorial, pero conscientes al fin y al cabo, y autores como el premio Príncipe de Asturias Antonio Damasio han hecho sugerencias similares. De hecho, parece cierto que son fundamentales ciertas estructuras troncoencefálicas para tener mínimamente consciencia de lo que está ocurriendo en la corteza cerebral.

Otra de esas conclusiones que vinieron a alterarlo todo es la constatación de que muchos animales, y no solo el humano, tienen la capacidad de tener experiencias conscientes. Ya en 2012 se produjo la Declaración de Cambridge sobre la Conciencia Animal, que vino a decir que probablemente existen experiencias subjetivas conscientes en «todos los mamíferos y aves, y muchas otras criaturas como los pulpos». Esta declaración se completó más recientemente con la de Nueva York de 2024 que concluía que existe una posibilidad realista de experiencia consciente en todos los vertebrados (reptiles, anfibios, peces) y en muchos invertebrados (al menos en cefalópodos, algunos crustáceos e insectos). Y ahí está el problema: muchos de estos animales no tienen unas áreas perceptivas como las nuestras, ni unas regiones prefrontales como las que algunos consideran imprescindibles para tener experiencias conscientes. Ni tan siquiera un tronco cerebral parecido al nuestro. Entonces, ¿cuáles son las bases neuronales de la consciencia? ¿Qué hace que unas neuronas piramidales generen en mí la experiencia consciente de ver algo y otras, que son prácticamente indistinguibles e idénticas, me hagan oír cosas? El misterio continúa. Y seguirá siéndolo, me temo, durante bastante tiempo. □

POR
EUGENIO MANUEL
FERNÁNDEZ AGUILAR
Físico
Director de Muy
Interesante Digital



MARÍA GAETANA AGNESI: LA «LEONARDO DA VINCI» DE LA ILUSTRACIÓN

AUNQUE NUNCA RECIBIÓ EL PREMIO NOBEL, PERO SÍ MUCHOS OTROS, ESTA CIENTÍFICA CHINA DESTACÓ POR SU HABILIDAD Y BRILLANTEZ EN EL LABORATORIO Y POR SU DEFENSA DE LA IGUALDAD DE HOMBRES Y MUJERES EN LA CIENCIA.

María Gaetana Agnesi no quería brillar en los salones de la alta sociedad milanesa. Sin embargo, su padre, ambicioso y fascinado por el talento de su hija, organizaba encuentros intelectuales en su propia casa donde la joven, desde los cinco años, era casi una atracción de feria: recitaba en latín, discutía sobre física o geometría y leía tesis filosóficas frente a académicos de toda Italia. No fue hasta más tarde cuando ella pudo tomar las riendas de su vida intelectual, retirándose voluntariamente a una especie de claustro casero donde encontró el espacio para dedicarse de lleno a las matemáticas.

UNA MENTE PRECOZ, EN UN MUNDO MASCULINO. Desde temprana edad, Agnesi demostró una habilidad extraordinaria para el estudio. A los nueve años, había traducido al latín un ensayo que defendía el derecho de las mujeres a acceder a la educación superior. Aunque probablemente fue un ejercicio dirigido por un tutor, el hecho de que pudiera memorizarlo y defenderlo en público no deja de ser impresionante. A los quince



Istituzione analitiche ad uso della gioventù italiana reunía las distintas ramas del análisis matemático.

años ya debatía sobre la estructura del cosmos, la gravedad o la anatomía humana en latín ante audiencias de eruditos, mientras que en casa ejercía de maestra de sus veinte hermanos y hermanastros.

A pesar del contexto machista, su formación estuvo rodeada de figuras religiosas ilustradas como el jesuita Giovanni Saccheri o el monje Ramiro Rampinelli, quienes integraban religión y ciencia, en una

corriente que hoy se denomina «la Ilustración católica». El mismo ambiente que le permitió desarrollar su vocación científica le impidió ingresar al convento, uno de sus deseos más profundos. A cambio, su padre aceptó que llevara una vida retirada y modesta en casa, dedicada al estudio y a la oración.

INSTITUZIONI ANALITICHE: EL TRATADO QUE CAMBIÓ LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO. El proyecto más ambicioso de Agnesi vio la luz en 1748. Titulado *Istituzioni analitiche ad uso della gioventù italiana*, este manual de más de mil páginas fue pionero en reunir de forma coherente las distintas ramas del análisis matemático. Las mil páginas de texto y las cincuenta de ilustraciones resultan muy familiares al lector moderno, reflejando el mayor mérito de Agnesi: crear el primer texto completo de Cálculo, desde el álgebra hasta las ecuaciones diferenciales.

La obra estaba dividida en dos volúmenes: el primero se centraba en magnitudes finitas y el segundo, en infinitesimales. Allí Agnesi trató conceptos clave como máximos, mínimos, derivadas, integrales y sus

A LOS 15 AÑOS YA DEBATÍA **SOBRE LA ESTRUCTURA DEL COSMOS, LA GRAVEDAD O LA ANATOMÍA HUMANA EN LATÍN ANTE ERUDITOS, MIENTRAS QUE EN CASA EJERCÍA DE MAESTRA**



Agnesi fue profundamente renacentista en espíritu, aunque viviera en pleno siglo XVIII.

AGC

aplicaciones, en un lenguaje claro y metódico. La obra fue tan bien recibida que fue traducida al francés y al inglés —esta última por el profesor John Colson de Cambridge— y fue considerada por muchos como el mejor manual de introducción a los trabajos de Euler, el gran matemático suizo. No es casualidad que el Papa Benedicto XIV la felicitará personalmente con una medalla de oro y una corona de laureles.

LA CURVA QUE NO ERA DE BRUJA. Uno de los ejemplos del tratado de Agnesi —ubicado al final del primer volumen— ha pasado a la historia con un nombre tan erróneo como llamativo: la «bruja» de Agnesi. Se trata de una curva que ya habían estudiado Fermat y Guido Grandi en el siglo XVII. Grandi la llamó *versiera*, una palabra naval italiana que designa el cabo que hace girar la vela. Agnesi mantuvo el término y le añadió el artículo femenino: *la versiera*. Pero cuando John Colson tradujo su obra al inglés, confundió *versiera* con *avversiera* (diabla) y tradu-

jo el nombre como *witch* (bruja). El error se popularizó y la curva quedó embrujada para siempre.

Más allá del nombre, la curva es una joya matemática. Representa una función simétrica respecto al eje y , con un máximo en el origen y asíntotas horizontales en ambos extremos. Su ecuación cartesiana, en su forma más simple (cuando se toma $a = 1/2$), permite obtener propiedades interesantes: el área bajo la curva es cuatro veces la de un círculo con radio a , y el volumen de revolución generado al rotarla sobre el eje X se relaciona directamente con π . Además, aparece en contextos físicos, como en fenómenos de resonancia atómica, y en estadística, donde la distribución de Cauchy sigue esta forma.

ENTRE LA CIENCIA Y LA COMPASIÓN.

Tras la muerte de su padre en 1752, Agnesi abandonó completamente las matemáticas para dedicarse a la teología y la caridad. Desde 1771 dirigió el Hospicio Trivulzio en Milán, donde cuidaba a mujeres ancianas y enfermas. Rechazó cualquier lujo,

PENSABA QUE EL SABER DEBE DE ESTAR AL SERVICIO DE LOS DEMÁS, NO DEL EGO NI DEL PRESTIGIO

incluso el que merecía por su obra científica. Regaló los obsequios recibidos a los pobres, vivió en la misma institución que gestionaba y murió en la pobreza, enterrada en una fosa común.

Algunos biógrafos sostienen que cumplió finalmente su deseo de convertirse en monja, aunque no está claro si tomó los hábitos formalmente. Lo que sí está claro es que dedicó casi medio siglo de su vida al servicio desinteresado, convencida de que el saber debía estar al servicio de los demás, y no del ego ni del prestigio.

Agnesi fue, como Leonardo, una figura profundamente renacentista en espíritu, aunque viviera en pleno siglo XVIII. Su dominio de múltiples lenguas, su talento precoz para la filosofía y las matemáticas, su habilidad para enseñar y escribir con claridad, y su sensibilidad religiosa y humanitaria configuran un perfil intelectual tan polifacético como poco común. Pero además, su obra se adentra en terrenos donde la matemática se convierte en herramienta para describir el mundo físico, como ocurre en la geometría aplicada, el estudio de curvas o el análisis infinitesimal, con vínculos directos con la mecánica, la astronomía y lo que hoy llamaríamos ingeniería matemática.

Como Da Vinci, no se limitó a un campo del saber, sino que unió teoría y práctica, ciencia y ética, razón y fe. Por eso, más que una metáfora, llamarla «la Leonardo da Vinci de la Ilustración» es una forma justa de reconocer la amplitud, profundidad y humanidad de su legado. □

DEPORTIVIDAD ELÉCTRICA CON ADN AUDI

AUDI AMPLÍA SU GAMA CON EL NUEVO Q6 SPORTBACK E-TRON: UN SUV 100 % ELÉCTRICO QUE COMBINA EFICIENCIA, DISEÑO AERODINÁMICO Y LA TECNOLOGÍA MÁS AVANZADA DE LA MARCA. UN MODELO QUE IRRADIA FUERZA Y ELEGANCIA SIN NECESIDAD DE ARTIFICIOS.

El Audi Q6 Sportback e-tron no es solo un SUV eléctrico. Es la confirmación de que la innovación puede ir de la mano del diseño más evocador. Con una silueta que fluye como una gota de agua y una plataforma pensada para el máximo rendimiento, este modelo abre un nuevo capítulo en la movilidad premium: silencioso, deportivo y profundamente funcional. El exterior conjuga dinamismo y pureza. La silueta Sportback estiliza las proporciones del SUV con un techo descendente que recuerda a un *coupé* y una zaga poderosa con una franja luminosa continua. El frontal, dominado por el Singleframe cerrado y los faros Matrix LED de nueva generación, aporta un carácter inconfundible. El resultado: deportividad y sofisticación en perfecto equilibrio.

Bajo su carrocería se esconde la Plataforma Premium Eléctrica (PPE), diseñada para eléctricos de alto rendimiento. Dependiendo de la versión, el Q6 Sportback e-tron ofrece hasta 489 CV y una aceleración de 0 a 100 km/h en solo 4,3 segundos. Pero más allá de la potencia, lo que marca la diferencia es la eficiencia: hasta 655 km de autonomía WLTP en su variante más avanzada.

El interior combina amplitud y digitalización. Con un maletero de hasta 1373 litros, un diseño orientado al conductor y materiales sostenibles como microfibra reciclada, el habitáculo transmite modernidad y confort. La doble pantalla panorámica MMI junto al *head-up display* de realidad aumentada crean un entorno tecnológico que no distrae, sino que acompaña.

El Audi Q6 Sportback e-tron no quiere ser solo un eléctrico más. Es una verdadera declaración de intenciones: eficiencia, seguridad y diseño en un SUV que convierte cada viaje en una experiencia refinada y deportiva.



NOTA: 4,87 ★★★★★



UN INTERIOR QUE ENTIENDE LO QUE NECESITAS

El modelo ofrece hasta 2400 kg de capacidad de remolque en la versión quattro y múltiples espacios de carga, incluyendo un maletero delantero de 64 litros. La iluminación ambiental dinámica envuelve el interior, mientras la tecnología de seguridad incluye tres asientos «i-Size» para niños, un estándar poco común en su segmento.



NOTA: 3,91 ★★★★★

EL URBANO QUE LO TIENE TODO

EL NUEVO OPEL CORSA VUELVE A SITUARSE como uno de los compactos más completos del mercado. Fabricado en Zaragoza, ya ha superado el medio millón de unidades y ofrece versiones eléctricas, híbridas de 48 V y motores térmicos. Su interior sorprende por el espacio y un maletero que

llega hasta 1.150 L, además de asistentes avanzados como los faros IntelliLux LED®. La versión eléctrica alcanza 359 km de autonomía y carga rápida, mientras la gama *mild-hybrid* suma la etiqueta ECO. Opel refuerza su icono más popular con un diseño actual y conectado. **Precio: desde 19 900 €.**



CONDUCCIÓN CON CARÁCTER DEPORTIVO

La suspensión rediseñada y la gestión inteligente del par aseguran agilidad y precisión en todo momento. Gracias al sistema eléctrico de 800 voltios, la recarga es ultrarrápida: solo 10 minutos para añadir hasta 265 km de autonomía. La deportividad se siente no solo en la aceleración, sino en la confianza absoluta que transmite en cada curva.



NOTA: 4,28 ★★★★★

TECNOLOGÍA Y ELECTRIFICACIÓN

EL NUEVO KIA SPORTAGE 2025 llega para consolidarse como uno de los SUV más completos de su segmento. Su diseño adopta la filosofía *Opposites United*, con parrilla Tiger Nose, iluminación LED Star Map y llantas de hasta 19". Mide 4,51 m y ofrece un maletero de entre 526 y 591 L, ampliables hasta 1.776 L con asientos abatidos. La gama mecánica cubre todas las nece-

sidades: motores gasolina de 150 CV, híbridos ligeros, híbrido autorrecargable con 239 CV y versión híbrida enchufable de 288 CV y etiqueta CERO. El interior destaca por la doble pantalla curva de 12,3", conectividad Kia Connect con actualizaciones OTA, Apple CarPlay/Android Auto inalámbricos y avanzadas asistencias como HDA2 o visión 360°.

CUPRA TINDAYA: CUANDO EL DISEÑO DESPIERTA EMOCIONES

CUPRA DESVELA EN MÚNICH SU SHOWCAR MÁS AUDAZ HASTA LA FECHA: DISEÑO RADICAL, EMOCIONES AL VOLANTE Y UNA IDENTIDAD QUE RESPIRA CARÁCTER.

M

ientras otros diseñan coches para que te olvides de conducir, CUPRA hace justo lo contrario. El Tindaya es su respuesta: un showcar radical que pone al volante en el centro y al conductor en el corazón de la experiencia. Conectado, rápido y salvajemente emocional, su debut en el IAA Mobility 2025 no ha dejado a nadie indiferente.

MÁS QUE DISEÑO: EMOCIÓN SIN CONCESIONES

El Tindaya no es un coche discreto. Es un manifiesto visual. Su silueta fastback, sus volúmenes contundentes y su trazo afilado rompen con lo establecido y marcan una nueva dirección en el lenguaje de diseño de CUPRA. Desde el frontal, presidido por la característica "máscara negra", hasta los perfiles tensos y definidos, todo en él comunica fuerza y determinación. Pero no se trata solo de formas: el Tindaya se expresa también con luz. La iluminación acompaña al diseño de manera orgánica, como si el coche respirara. El logotipo de CUPRA no solo está presente: se ilumina como primer gesto de vida, marcando el

inicio de una secuencia que recorre todo el frontal y transmite carácter desde el primer instante. Esa chispa visual es parte esencial de su lenguaje emocional: conecta lo físico con lo digital, lo visible con lo sensorial.

Aquí el diseño no decora, comunica. No adorna, provoca. Porque en CUPRA, cada línea tiene una intención. Y cada intención, una emoción.

LO MÁS CUPRA: UNA INSPIRACIÓN QUE SE TRANSFORMA EN LENGUAJE

El origen del Tindaya está anclado en un lugar real: una montaña volcánica en el corazón de Fuerteventura, en las Islas Canarias. De ahí nacen no solo su nombre, sino su identidad. Su tono mineral, su tacto casi pétreo, sus matices cobrizos... todo remite a una fuerza telúrica, a una naturaleza indómita que se traduce en diseño. Pero lo verdaderamente CUPRA es cómo esa inspiración se convierte en algo nuevo. El Tindaya no reproduce el paisaje, lo interpreta. Y lo hace desde una mirada propia, con un enfoque creativo



que escapa de los códigos convencionales del automóvil. No sigue tendencias ni responde a moldes: propone una manera diferente de ver, de sentir y de moverse. El resultado es un lenguaje visual coherente, emocional y valiente. Justo lo que define el espíritu de la marca.

UN INTERIOR QUE LATE CONTIGO

Subirse al Tindaya es como entrar en un organismo vivo. Su interior, construido en torno al "Driver Axis", está diseñado por y para quien conduce. Una pantalla de 24 pulgadas, un volante estilo competición con botones satélite y una consola central que parece flotar... todo te envuelve.

Pero el alma de este espacio tiene nombre propio: *The Jewel*. Un prisma de cristal que no solo enciende el coche, sino que cambia el ambiente, los modos de conducción, la luz, el sonido...

Una experiencia *phygital* (sí, física + digital) que te conecta con el coche como nunca antes.

Todo se ha pensado para emocionar. Desde los asientos CUPBucket (que recuerdan al mítico sillón Eames Lounge) hasta la iluminación ambiental, el sistema de sonido de Sennheiser o los materiales sostenibles como la fibra de lino Bcomp y el cuero vegano.

TRES MODOS, UNA SOLA EMOCIÓN: LA TUYA

CUPRA no diseña solo coches: diseña emociones. El Tindaya se adapta al estado de ánimo de quien lo conduce con tres modos de experiencia que convierten cada trayecto en algo único:

- **Conducción pura:** lo esencial, sin distracciones. Una experiencia limpia y emocional.

- **Rendimiento emocionante:** diseño dinámico y visuales que acompañan el ritmo del movimiento.
- **Tribu conectada:** una visión expandida que te conecta con la comunidad CUPRA y todo su universo digital.

Gracias al sistema CUPRA Monitor+, la información se presenta justo donde hace falta, proyectada con elegancia y claridad.

CUPRA NO SOLO DISEÑA COCHES. INSPIRA A UNA TRIBU

El Tindaya es la última muestra del espíritu inconformista de una marca que lleva años desafiando las reglas del sector. Desde su nacimiento en 2018, CUPRA ha crecido como una comunidad creativa que apuesta por la emoción como motor de cambio. Su gama de modelos —desde el Born hasta el Formentor o el Tavascan— refleja esa filosofía. Y su tribu, formada por referentes como Alexia Putellas, Marc ter Stegen, J.A. Bayona o Saúl Craviotto, demuestra que CUPRA es mucho más que una marca de coches: es un espacio para sentir, para expresarse, para romper esquemas.

DETALLES QUE MARCAN UN NUEVO ICONO

- **Inspiración volcánica:** tonos cobrizos, formas minerales y una silueta que respira naturaleza.
- **Diseño vivo:** luz, sonido y movimiento que se activan como si el coche tuviera alma.
- **The Jewel:** el centro sensorial del habitáculo. Un prisma que despierta, conecta y transforma.
- **Materiales sostenibles:** fibra de lino, cuero vegano, aluminio en 3D... diseño con conciencia.
- **Interacción phygital:** fusión perfecta entre tecnología táctil y digital en cada superficie.
- **Tres experiencias:** emoción personalizada para cada conductor, cada estado de ánimo, cada viaje.

UN ELÉCTRICO COMPACTO CON ALMA DEPORTIVA Y ESPÍRITU SURFERO

EL BYD SEAL U DM-I ES EL PRIMER HÍBRIDO ENCHUFABLE DE LA MARCA EN EUROPA y ya se ha convertido en superventas. Con su sistema Super DM-i, combina un motor de gasolina 1.5 con propulsor eléctrico y batería Blade para ofrecer hasta 125 km en eléctrico y más de 1100 km de autonomía total. El interior sorprende con su pantalla rotatoria de 15,6 pulgadas, techo panorámico, asientos calefactados y ventilados y gran espacio familiar, con maletero de hasta 1440 litros. A ello se suman asistentes avanzados, carga rápida y bidireccional V2L/V2G, lo que lo convierte en un SUV tecnológico y versátil. En mayo de 2025 fue el PHEV más vendido en España, confirmando su éxito.

Precio: desde 31 990 €.



NOTA: 4,51 ★★★★★

BOREAL, EL SUV CON EL QUE RENAULT CONSOLIDA SU OFENSIVA INTERNACIONAL

EL RENAULT BOREAL ABRE UNA NUEVA ETAPA EN LA ESTRATEGIA INTERNACIONAL DE LA MARCA. Pensado para mercados fuera de Europa, este SUV del segmento

C quiere destacar en más de 70 países. Se fabricará en Brasil y Turquía y forma parte del plan International Game Plan 2024-2027, que prevé ocho lanzamientos globales. ¿Su propuesta? Diseño, tecnología y un aire *premium* que no pasa desapercibido. Con 4,56 metros de largo y 1,84 de ancho, el Boreal ofrece un interior amplio y familiar, con un maletero de hasta 522 litros. Su diseño interior se inspira en los Renault eléctricos. Incluye doble pantalla digital OpenR Link con sistema multimedia de Google, iluminación ambiental con 48 tonos y acabados sostenibles. Y bajo el capó, un motor turbo 1.3 TCe de hasta 163 CV, con caja automática EDC de doble embrague. Una mecánica adaptada a cada mercado. Un SUV que llega con todo para conquistar a quienes buscan estilo, confort y buena conectividad.



NOTA: 4,39 ★★★★★



LEXUS RZ, EL SUV ELÉCTRICO QUE REINVENTA LA CONDUCCIÓN

ESTE SUV ELÉCTRICO ESTRENA EL SISTEMA DE DIRECCIÓN STEER-BY-WIRE CON VOLANTE TIPO JET, que mejora la visibilidad y ofrece un control más directo. También incorpora el innovador Interactive Manual Drive, capaz de replicar el tacto y sonido de una caja manual en un eléctrico, reforzando la conexión con el conductor. La gama incluye versiones de hasta 408 CV con tracción total DIRECT4, aceleración de 0 a 100 km/h en 4,4 segundos y una batería de 77 kWh que permite hasta 568 km de autonomía WLTP. Gracias al preacondicionamiento inteligente, la recarga del 10 al 80 % puede completarse en solo 30 minutos. En el interior, combina la filosofía Omotenashi con materiales sostenibles como Ultrasuede™ grabado con láser e iluminación ambiental Dynamic Shadow.

NOTA: 4,79 ★★★★★



EL FAMILIAR MÁS DEPORTIVO DE CUPRA

EL NUEVO CUPRA LEÓN SPORTSTOURER SE RENUEVA CON UN DISEÑO MÁS AFILADO y personalidad propia. El frontal en forma de nariz de tiburón, los faros Matrix LED triangulares y el logotipo iluminado en la zaga marcan el nuevo lenguaje de la marca. Con 4,64 m y hasta 620 L de maletero, combina practicidad con carácter deportivo. El interior incorpora materiales reciclados, una interfaz HMI rediseñada y sonido *premium* Sennheiser con 12 altavoces. La gama mecánica abarca gasolina, diésel, *mild hybrid* y la nueva generación e-HYBRID enchufable, con hasta 272 CV y más de 100 km eléctricos. El Sportstourer VZ, con 333 CV, Torque Splitter y frenos Akebono opcionales, es el CUPRA más potente de la historia.

Precio: desde 38 000 €.

NOTA: 4,34 ★★★★★

LUJO Y POTENCIA SIN LÍMITES

EL NUEVO JEEP GRAND CHEROKEE LLEGA COMO LA VERSIÓN MÁS AVANZADA Y LUJOSA DE LA SAGA, uniendo diseño robusto con elegancia *premium*. Su estética resalta con parrilla de siete ranuras, faros LED y llantas de hasta 21 pulgadas, mientras que el interior ofrece piel Palermo, inserciones de nogal y asientos calefactados, ventilados y con masaje. Con 4,91 m de largo y versiones de cinco o siete plazas (Grand Cherokee L), garantiza amplitud y maletero de hasta 1328 L. La gran novedad es la variante híbrida enchufable 4xe, con 380 CV, 637 Nm de par, tracción total y hasta 50 km eléctricos en ciudad, manteniendo certificación Trail Rated para uso *off-road*. Así, el Grand Cherokee se consolida como un SUV de lujo sostenible, capaz de enfrentarse a rivales europeos sin perder su esencia *Jeep*. **Precio: desde 82 000 €.**



NOTA: 4,13 ★★★★★

FASTBACK CON ALMA SUV

EL PEUGEOT 408 MARCA UN NUEVO RUMBO EN EL SEGMENTO C al combinar la silueta elegante de un *fastback* con la robustez de un SUV. Con 4,69 m de largo y 2,79 m de batalla, ofrece un diseño atrevido con ópticas en forma de colmillo, parrilla diamantada y llantas de hasta 20 pulgadas. Bajo el capó, dispone de un motor gasolina PureTech de 130 CV y versiones híbridas enchufables de 180 y 225 CV, capaces de recorrer hasta 63 km en modo eléctrico. El interior destaca por su amplitud (536 a 1611 L de maletero), asientos envolventes con Alcantara®, calefacción y masaje, además del puesto de conducción Peugeot i-Cockpit® con doble pantalla y avanzados asistentes como Night Vision o control adaptativo. **Precio: desde 33 350 euros.**



NOTA: 4,23 ★★★★★

LA HOSPITALIDAD JAPONESA HECHA ELÉCTRICO



NOTA: 4,62 ★★★★★

E **L NUEVO MAZDA 6E COMBINA DISEÑO MINIMALISTA**, confort y tecnología intuitiva. Inspirado en la filosofía Omotenashi, da la bienvenida con un saludo luminoso y ajustes automáticos del asiento. En el interior, ofrece un Head-Up Display avanzado, pantalla táctil de 14,6" y sonido Sony con 14 altavoces. Su sistema inteligente de navegación planifica recargas y los seis modos del vehículo adaptan climatización, audio e iluminación a cada situación. Además, la *app* móvil permite gestionar la carga, el clima o compartir el acceso digital con otros usuarios. **Precio: desde 47 000 €.**



NOTA: 4,01 ★★★★★

EMOCIÓN SIN EMISIONES

EL ALFA ROMEO JUNIOR VELOCE ELETTRICA deja claro que pasarse a lo eléctrico no significa renunciar al carácter deportivo. Con sus 280 CV, pasa de 0 a 100 km/h en solo 5,9 segundos, supera los 200 km/h y ofrece hasta 334 km de autonomía WLTP. Todo esto sin perder espacio: su maletero, con 400 litros, sigue marcando la diferencia. Cuenta con un diferencial Torsen de cuarta generación que mejora la tracción y mantiene intacta la agilidad que tanto caracteriza a la marca. ¿Y por dentro? Diseño italiano, pantallas digitales, conectividad avanzada... Todo pensado para ofrecer una experiencia equilibrada entre deportividad, confort y funcionalidad, también en el día a día. **Precio: desde 42 000 €.**



NOTA: 4,53 ★★★★★

EL SUV FRANCÉS MÁS CÓMODO Y AVANZADO

EL NUEVO CITROËN C5 AIRCROSS LLEGA COMPLETAMENTE RENOVADO, estrenando plataforma STLA Medium y un diseño más robusto con faros Matrix LED, firma trasera Light Wings y llantas de hasta 20". Con 4,65 m de largo y 2,78 m de batalla, ofrece una de las mejores habitabilidades de su segmento, con maletero de hasta 1668 L. El interior se transforma en un verdadero lounge con asientos Advanced Comfort® con calefacción, ventilación y masaje, banqueta trasera reclinable y la gran pantalla táctil Cascade HD. La gama mecánica incluye híbrido de 136 CV, PHEV de hasta 195 CV con 100 km eléctricos y la versión 100 % eléctrica e-C5 Aircross, con hasta 680 km de autonomía WLTP y recarga de 160 km en 10 minutos. Un SUV que combina confort, sostenibilidad y conectividad con IA integrada.

MI OPINIÓN

RECUERDA, SI BEBES NO CONDUZCAS

VIVIMOS EN UNA SOCIEDAD QUE SE ENORGULLECE DE SER MODERNA, de tener coches inteligentes, carreteras seguras y campañas de concienciación en cada esquina. Sin embargo, seguimos fallando en lo más básico: entender que alcohol y conducción son una combinación letal.

El autoengaño es peligroso. Esa frase de «yo controlo» ha destrozado más familias que cualquier accidente meteorológico o fallo mecánico. No, no controlas. Nadie controla con alcohol en la sangre. Basta una sola cerveza para que tu tiempo de reacción se reduzca, tu juicio se nuble y tus reflejos fallen. El alcohol no avisa; se infiltra silenciosamente en tu cerebro y, cuando quieres darte cuenta, ya estás tomando decisiones estúpidas a toda velocidad. Lo peor es que seguimos pensando que este problema solo afecta a quienes conducen un coche o una moto. Cada vez son más los accidentes provocados por personas que, después de beber, se suben a la bicicleta convencidas de que «no pasa nada». Sí pasa. Una bici no tiene carrocería que te proteja, ni airbags, ni frenos milagrosos. No podemos seguir normalizando la irresponsabilidad. Vivimos rodeados de alternativas: transporte público, taxis, VTC, aplicaciones de coche compartido. Y aun así, miles de personas eligen la vía egoísta de poner en riesgo su vida y la de los demás. La frase «si bebes, no conduzcas» no es un consejo, es un mandato moral. Porque cuando conduces, no solo eres responsable de ti mismo, sino de todas las personas que comparten la carretera contigo. Así que la próxima vez que levantes una copa, recuerda: la verdadera fiesta es volver vivo a casa... y no destrozarse la vida de nadie en el camino.

José Manuel González,
coordinador de la sección Motor.

No te pierdas su blog en www.muyinteresante.es/curiosidades-motor

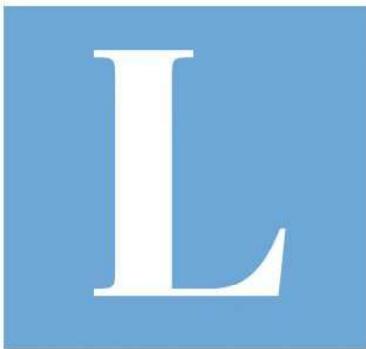


Jonathan BENITO

Neurocientífico y autor de *El poder de la amabilidad*

Una de las cosas que caracteriza *Homo sapiens* es el poder de ser amables. Porque sí, es un poder que nos ayuda a ser más felices y a vivir mejor, corroborado por la ciencia. Benito nos explica por qué es tan importante reivindicarla y practicarla para ser emocionalmente sanos.

Texto de **GEMA BOIZA**, periodista



La amabilidad nos ayudó a desbancar a los neandertales y hoy nos ayuda a vivir más y mejor. Así lo explica Jonathan Benito, profesor e investigador de Neurociencia de la Universidad Autónoma de Madrid, en *El poder de la amabilidad*, un libro en el

que explica hasta qué punto ser amables puede cambiarnos la vida, y cómo la amabilidad es una estrategia mucho más eficaz y poderosa que cualquier otra para sobrevivir. En esta entrevista el autor sostiene que siempre hay que dar una oportunidad a la amabilidad sin dejar de ser asertivos, y afirma que en cualquier contexto, por hostil que sea, la amabilidad ha de tener su hueco, porque si no se nace con ella se puede entrenar y siempre se puede ser más amable.

¿Qué es este libro exactamente? ¿Por qué has escrito *El poder de la amabilidad*?

Este libro es una reivindicación, desde la neurociencia, de una de las características del *Homo Sapiens*, que es la amabilidad y la interacción positiva entre las personas. Eso es lo que nos ayudó a desbancar a los neandertales hace miles de años. Yo reivindico seguir utilizándola y maximizándola todo lo que podamos. La amabilidad nos ayuda a ser personas más felices, a vivir más años, a tener menos enfermedades. No lo digo yo, lo respalda la ciencia.

¿Cómo ha jugado y juega la amabilidad en la supervivencia de nuestra especie?

Cuando el *Homo Sapiens* llegó a aquella Europa glacial, tan distinta a la que hoy conocemos, descubrió que no estaba solo, que allí ya estaban entre otros los neandertales, que eran seres más fuertes y con huesos más robustos. ¿Pensábamos que les habíamos ganado porque éramos más inteligentes, pero no es del todo cierto! Además, ellos estaban mejor adaptados que nosotros al frío. ¿Por qué ganó el *Sapiens*? Por la sociabilidad, por la amabilidad.

Los neandertales vivían en grupos y se pegaban cuando encontraban a otros, los *sapiens* no. Los *sapiens* colaboraban con otros *sapiens* para un objetivo común, ya

«Con la amabilidad se nace, pero si no, se puede entrenar»

«La amabilidad no es debilidad, ni es sumisión ni ingenuidad»

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

O escanea el código QR:



La amabilidad, explica Jonathan Benito, nos hace más longevos, porque tenemos una mejor salud cardiovascular y un sistema inmune más potente

ASC

fuera la caza, la defensa, el aprendizaje... ¡Por eso fueron los que se quedaron!

¿Qué dice la neurociencia sobre cómo la amabilidad impacta en nuestro cerebro?

Una persona amable es feliz porque genera muchos más entornos agradables que alguien que es antipático, arisco, agresivo incluso. Cuando esto ocurre se vive con un mayor nivel de estrés, y cuando el cuerpo se estresa forma coágulos que pueden producir infartos, ictus... Tener un comportamiento prosocial tiene muchas ventajas a nivel de bienestar emocional y de salud.

¿Amabilidad y longevidad van de la mano?

Vivimos más años cuando somos felices y lo hace-

mos porque tenemos una mejor salud cardiovascular, porque tenemos el sistema inmune más potente. Ser amable implica vivir más años.

¿Se puede relacionar la amabilidad con el 'éxito' social o no tiene nada que ver?

Cuando eres amable te vas a sentir mucho mejor valorado en un grupo. Piensa en la típica situación de alguien que llega nuevo a un puesto de trabajo. Si es amable, enseguida va a hacerse su hueco y va a formar parte del grupo. Piensa qué pasaría si esa persona fuera antipática o arisca... diría eso de 'nadie me comprende' o 'qué mal me va la vida'.

¿Crees que la amabilidad puede ser vista muchas veces como debilidad? La frontera entre ser amable y

que te tachan de 'tonto' puede ser muy fina.

La amabilidad no hay que confundirla con debilidad, ni con sumisión ni ingenuidad. Quienes son amables por naturaleza también van a interactuar con algunos seres humanos que no lo son, y con estos en lugar de amables hay que ser asertivos y ponerles nuestros límites con firmeza y humanidad.

¿Es posible cultivar de algún modo la asertividad sin acabar cayendo en la agresividad o en la pasividad a la hora de resolver un conflicto?

Hemos de saber que hay personas con quienes no podemos ser ni siquiera cordiales, simplemente educados. Lo que sería un error es que por culpa de unos pocos dejásemos de ser amable con el resto. Yo digo que siempre hay que dar una oportunidad a la amabilidad, pero con matices. No todo el mundo merece tu amabilidad.

«En cualquier contexto, por muy hostil que sea, la amabilidad tiene un hueco. Siempre se puede ser más amable»

¿La amabilidad nace con nosotros o se hace?

Hay animales sociales por naturaleza de la misma forma que hay gente tímida o antipática. Es decir, se nace, pero se puede hacer. La amabilidad se puede entrenar. En el libro doy una serie de pautas de cómo ser amigable, prosocial, para convertirte en una persona emocionalmente sana y relacionarte de forma positiva con los demás.

Si la amabilidad realmente se puede entrenar como dices,

¿nos podrías dar unas pautas concretas?

Si tuviera que quedarme con una sería la sonrisa. La sonrisa es la puerta a la prosociabilidad. La sonrisa tiene un impacto brutal sobre el cerebro. Cuando a ti te sonrío alguien el mensaje que te está transmitiendo es «no te preocupes, yo te acepto»

El autor

Jonathan Benito es profesor titular e investigador de Neurociencia de la Universidad Autónoma de Madrid, en la que se doctoró con Sobresaliente Cum Laude y Premio Extraordinario de doctorado en el año 2007 y en la que es profesor e investigador de Neurociencia. Ha compaginado esta labor con diferentes cargos académicos, entre ellos ha sido Vicedecano de Ciencias, Vicerrector Adjunto de Innovación y Director del Centro de Formación Continua UAM. Como investigador ha publicado en las revistas internacionales de mayor impacto (*Nature, Plos Biology, Elife...*). En su faceta de divulgador se dio a conocer al gran público con *Gestiona tu tiempo, disfruta de la vida*. En 2021, publicó en Planeta *Redefine imposible*, y actualmente su trabajo está encaminado a las personas mediante el uso de la neurociencia. En el año 2025 ha sido incluido en el top 100 conferenciantes de Thinking Heads, considerado como una de las personas más influyentes en su disciplina del panorama español.



«¿Por qué en el colegio nos enseñaron a hacer raíces cuadradas y no a resolver un conflicto, siendo asertivos? ¿Por qué no nos enseñaron a ser amables con la gente?»

en mi grupo, no te voy a echar». Y a esto añado las fórmulas básicas de prosociabilidad. ¿Ejemplos? Entrar en un ascensor y decir buenos días, ceder el paso a una persona, sujetar la puerta cuando alguien viene detrás... ¿Cómo puede ser que te cruces con un vecino y no te salude?

¿La amabilidad puede ser entrenada a cualquier edad?
Sí. Siempre hay que dar una oportunidad a la amabilidad y a la asertividad.

En estos tiempos marcados por la crispación, la desconfianza, el individualismo. ¿Es más difícil ser amable ahora que antes?

Siempre ha sido difícil serlo. Tendemos a pensar que vivimos en un mundo fastidiado, y es cierto, pero ¿es un mundo más hostil que la Edad Media, o que cuando los *Sapiens* llegaron a Europa? En cualquier contexto, por muy hostil que sea, la amabilidad tiene un hueco, y si no fijate el día del apagón y en la cantidad de gestos de amabilidad que vimos. Lo que ocurre es que ahora todo se amplifica más con las noticias, con las redes sociales, con la hiperconectividad.

¿Qué papel juegan las redes sociales en el fomento o el deterioro de la amabilidad colectiva? ¿Le damos más amabilidad a la foto que colgamos que a la persona que tenemos enfrente?

Totalmente, y ahí se desatan los *haters*. Es cierto que son una minoría, pero bajo el anonimato ponen cosas llenas de odio que solo hacen mal. Las redes sociales amplifican mucho el lado bueno de la vida de cada uno, de tal modo que el que lo ve piensa que es un gusano de la peor especie. El cerebro se cree lo que ve en esas redes, y ese es el peligro.

¿Actualmente, podríamos trabajar más la amabilidad en el sistema educativo?

Soy profesor universitario, soy científico, y nunca he usado una raíz cuadrada. ¿Tú? ¿Por qué entonces nos enseñaron a hacer raíces cuadradas y no a resolver un conflicto, siendo asertivo? ¿Por qué tenemos que descubrir, con suerte, lo que es la asertividad

cuando ya somos adultos? ¿Por qué no nos enseñaron a ser amables con la gente? No estamos hablando de una utopía, sino de tener una asignatura en la que nos enseñasen inteligencia emocional, a gestionar una frustración...

¿Puede una comunidad o un país ser más «amable»?
Creo que sí hay comunidades más, diría... cívicas. De lo que no estoy seguro es si detrás de una nacionalidad aparentemente muy amable hay algo de falsedad.

¿Qué te impulsó, como neurocientífico, a estudiar el tema de la amabilidad?

Siempre me interesó la felicidad, y esta me llevó a la prosociabilidad. A eso se suma que yo soy una persona muy alegre, pero también tengo mis días malos. Y en uno de esos días cuando estaba dando un paseo por el campo me crucé con alguien que venía en moto, y esa persona frenó para no levantar polvo y no molestar-me. ¡Me quedé sorprendido y le di las gracias! ¡Y esa persona se quedó sorprendida y me las dio a mí por yo dárselas! Mi día cambió, y de repente dije «esto lo tengo que contar en un libro».

¿Te consideras amable?

Sí, desde pequeño. Lo cierto es que me cuesta mucho trabajo no ser amable.

¿Qué hábitos de amabilidad practicas cada día?

Practico la gratitud, lo hago desde hace muchos años y es una de las cosas que más felicidad me otorga. Lo hago con cosas cotidianas, como abrir un grifo y agradecer que tenga agua, o cuando me voy a la cama y pienso en lo a gusto que

estoy. Yo recomiendo hacer un diario de gratitud porque está demostrado que genera felicidad.

¿Qué te gustaría que los lectores sintieran o hicieran al terminar el libro?

La verdad es que me encantaría que todo el mundo diera una oportunidad a la amabilidad. Me gustaría que dijeran «voy a intentar ser un poco más amable». Estoy convencido de que cuanto más gente amable haya, mejor será el mundo. ¡Siempre se puede ser más amable! □

«La amabilidad nos ayudó a desbancar a los neandertales hace miles de años»



SHUTTERSTOCK

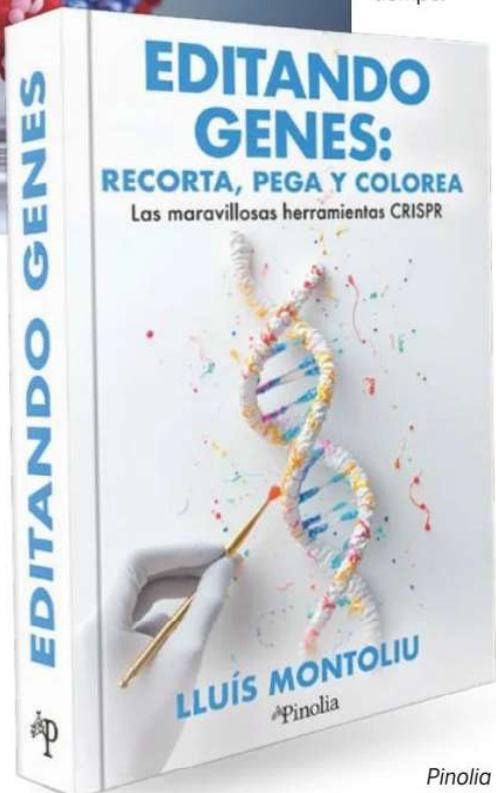
El investigador del CSIC Lluís Montoliú nos explica las luces y las sombras de la herramienta biológica más revolucionaria de nuestro tiempo.

EDITANDO GENES: RECORTA, PEGA Y COLOREA

El futuro ya no se escribe solo con tinta, sino también con tijeras moleculares. Desde que el microbiólogo español Francis Mojica descubrió hace más de 25 años las secuencias CRISPR en bacterias, la ciencia abrió una puerta fascinante: la posibilidad de editar genes con una precisión hasta entonces impensable. La realidad es que lo que comenzó como un hallazgo en un laboratorio alicantino se ha convertido hoy en la herramienta biológica más revolucionaria de nuestro tiempo. En *Editando genes: recorta, pega y colorea*, Lluís Montoliú —pionero en el uso de CRISPR en España y reputado investigador del CSIC— nos guía por este universo donde la biología se convierte en auténtico «código editable». Con un lenguaje accesible y claro, el autor explica cómo estas técnicas permiten corregir errores genéticos, tratar enfermedades raras o incluso diseñar organismos a medida.

Pero Montoliú no rehúye las zonas grises: alerta sobre los dilemas éticos de intervenir en embriones humanos, la posibilidad de crear desigualdades biológicas o el riesgo de banalizar una herramienta que, mal utilizada, podría tener consecuencias imprevisibles. Frente al entusiasmo ciego o las visiones catastrofistas, el autor ofrece un análisis honesto, equilibrado y muy bien documentado.

El lector encontrará ejemplos reales de lo que ya se está logrando con CRISPR: desde terapias prometedoras contra el cáncer hasta la investigación del albinismo, línea de trabajo a la que Montoliú ha dedicado buena parte de su carrera. Y lo hará con la tranquilidad de contar con una guía experta que traduce la complejidad molecular a un relato totalmente apasionante y comprensible.



Pinolia
27,95 €

Montoliú, premiado en 2024 con el premio Fundación Muy Interesante por su labor divulgadora, nos recuerda que el futuro de la genética no se juega solo en los laboratorios, sino en la sociedad que elige cómo usarla. Y es que, este libro no es solo ciencia, es también una invitación a reflexionar sobre lo que significa «editar la vida». ¿Hasta dónde debemos llegar? ¿Quién decide los límites? ¿Qué mundo queremos construir con esta prometedora tecnología?

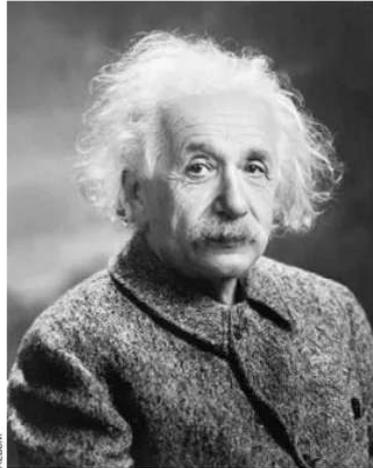
Esta obra esencial permite al lector comprender qué podemos esperar realmente de esta revolución científica, más allá de las expectativas exageradas o los temores infundados, ofreciendo las herramientas necesarias para formar una opinión informada sobre el futuro de la manipulación genética.

EINSTEIN, SCHRÖDINGER Y EL DEBATE QUE DEFINIÓ LA FÍSICA CUÁNTICA

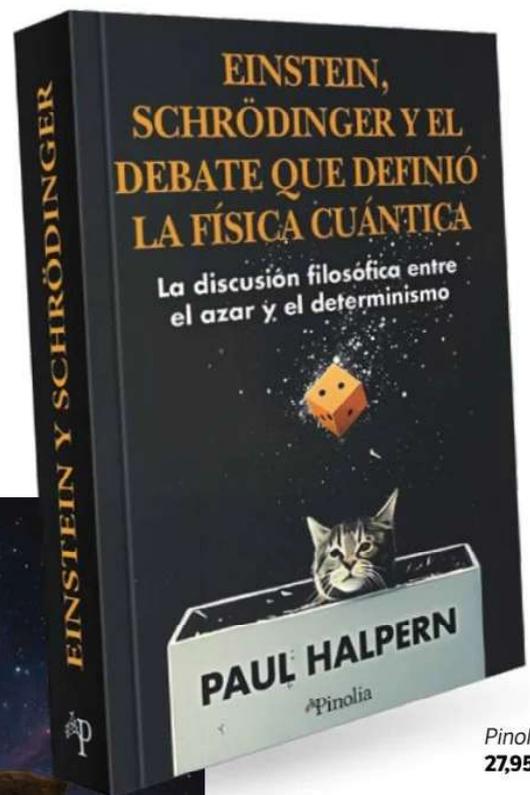
La historia de la ciencia está llena de paradojas, y pocas tan fascinantes como la de dos genios que revolucionaron la física y luego renegaron de ella. Hablamos de Albert Einstein y Erwin Schrödinger, padres de la mecánica cuántica. Ambos se convirtieron en sus críticos más duros cuando intuyeron que aquella teoría, pese a explicar con precisión el comportamiento del mundo subatómico, chocaba con su idea de un universo ordenado y racional. Einstein lo resumió con su célebre frase: «Dios no juega a los dados», mientras Schrödinger lanzó la inquietante paradoja del gato vivo y muerto a la vez, no como una lección de física, sino como una protesta contra lo absurdo del nuevo paradigma.

En *Einstein, Schrödinger y el debate que definió la física cuántica*, el físico y divulgador Paul Halpern reconstruye esa apasionante batalla intelectual entre Einstein y Schrödinger: primero como colegas que buscaban una teoría más profunda y después como rivales empeñados en superar la «extrañeza cuántica». Halpern nos lleva desde los despachos de los grandes laboratorios europeos hasta los debates filosóficos que aún hoy dividen a la física. Y de su mano descubrimos que, aunque Einstein y Schrödinger fracasaron en su intento de hallar una alternativa, su lucha dejó una huella que resuena en la investigación actual. Las ideas de ambos sobre una posible unificación mediante geometría pura vuelven a cobrar sentido con teorías como la de cuerdas o con el hallazgo del bosón de Higgs, que completó el Modelo Estándar.

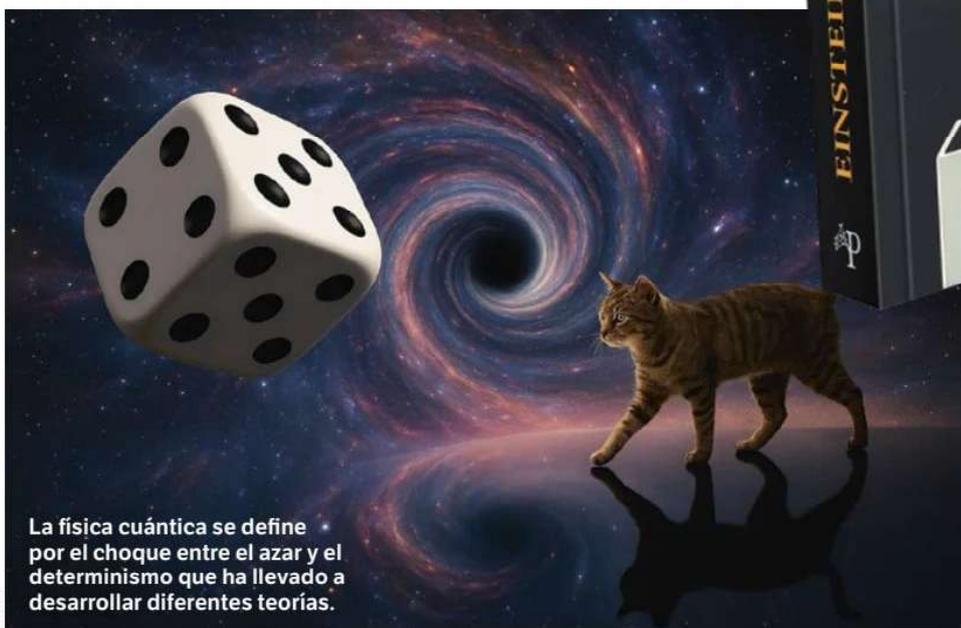
Con la claridad narrativa que le caracteriza, Halpern —autor de dieciocho libros de divulgación y colaborador en revistas como *Nature Physics Today*— nos muestra cómo la ciencia avanza también gracias a las dudas y a las rebeldías de sus protagonistas. En su relato, que combina historia, filosofía y física de frontera, recuerda que el conocimiento no progresa solo con certezas, sino también con preguntas incómodas.



Albert Einstein y Erwin Schrödinger fueron considerados padres de la mecánica cuántica para luego convertirse en sus críticos más acérrimos.



Pinolia
27,95 €



La física cuántica se define por el choque entre el azar y el determinismo que ha llevado a desarrollar diferentes teorías.



Pinolia

¡ENTRA Y HAZTE CON ELLOS!



Planeta
24,90 €

EL ÚLTIMO SECRETO

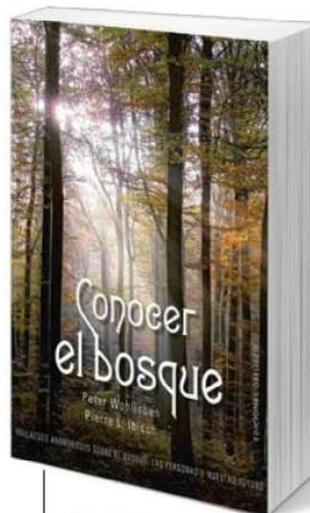
Dan Brown, el autor de *El código Da Vinci*, regresa con una nueva y trepidante aventura de Robert Langdon —el célebre profesor de simbología quien se embarca en una carrera contrarreloj por el paisaje místico de Praga para encontrar a la científica noética Katherine Solomon cuyos revolucionarios y asombrosos descubrimientos sobre la naturaleza de la conciencia humana prometen desafiar siglos de creencias consolidadas. Al estilo Brown, la novela está llena de acción, giros inesperados y enigmas por descifrar.



Deusto
19,85 €

EN QUÉ PIENSAN LOS ROBOTS

La inteligencia artificial ya no es ciencia ficción, sino una realidad cotidiana que plantea dilemas éticos urgentes. Por eso, Miguel Serrano e Ignacio Peletier advierten que no podemos delegar en unos pocos directivos el futuro de una tecnología que afecta a toda la humanidad. Este libro explica cómo funcionan estas herramientas que recomiendan compras, gestionan servicios o conversan con nosotros, y ofrece claves para comprender sus riesgos y oportunidades.



Obelisco.
24,70 €

CONOCER EL BOSQUE

El silvicultor Peter Wohlleben y el biólogo Pierre L. Ibisch se unen en un libro que combina ciencia puntera con divulgación amena para redescubrir el papel esencial de los bosques en nuestro futuro. A través de ejemplos fascinantes, muestran cómo plantas, animales, hongos, microbios y hasta virus interactúan

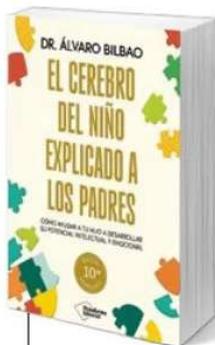
interactúan en un sistema complejo y sorprendente. Nos invitan a ver el bosque como superordenador, biorreactor, arquitecto natural y generador. Un delicado equilibrio del que los humanos formamos parte y del que depende nuestra supervivencia.



Península
21,90 €

EL JUEGO DEL DINERO

La historia autobiográfica de Gary Stevenson, un joven de origen obrero que pasó de la London School of Economics a las cumbres de la City londinense gracias a su talento matemático, nos sirve para entender cómo la riqueza de unos pocos se alimenta del empobrecimiento colectivo, y cómo ni las grandes crisis lograron derribar ese sistema. Hoy convertido en activista contra la desigualdad, Stevenson ofrece un testimonio implacable sobre la avaricia y la decadencia moral del poder económico.



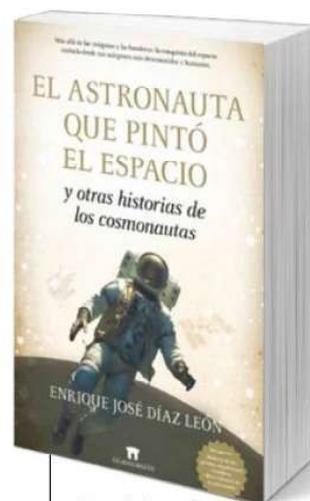
Plataforma.
20,50 €

EL CEREBRO DEL NIÑO EXPLICADO A LOS PADRES

Con un estilo claro y cercano, el neuropsicólogo Álvaro Bilbao integra los avances de la neurociencia con la vida cotidiana, ofreciendo herramientas prácticas para comprender cómo piensan, sienten y aprenden los niños. Se trata de una reedición de un libro de 2015 que se convirtió en referencia mundial para padres y educadores. Con prólogo inédito y materiales extra, este libro sigue siendo un homenaje a una crianza más empática y respetuosa.

EL ASTRONAUTA QUE PINTÓ EL ESPACIO Y OTRAS HISTORIAS DE LOS COSMONAUTAS

Lejos de la épica oficial, Enrique José Díaz León narra la historia de la exploración espacial desde una perspectiva íntima y humana. Nos muestra a los astronautas como personas vulnerables: Armstrong, reservado; Aldrin, luchando contra sus sombras; Bean, convertido en pintor con polvo lunar en sus cuadros. También aparecen Tereshkova corrigiendo un error mortal en plena órbita, Hadfield superando su miedo a la oscuridad o López-Alegría viajando al cosmos a los 65 años. Con sus anécdotas este libro revela la cara más cotidiana y humana de la mayor aventura de la humanidad.

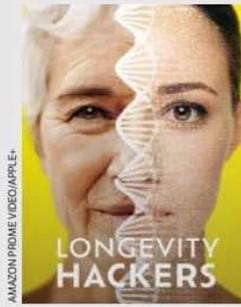


Guadalmazán
19,95 €

DOCUMENTALES

LONGEVITY HACKERS

Dirigido por Michael Siewierski, narrado por el actor Edward Norton, producido por el español Rubén Figueres y nominado a los premios Emmy, este documental nos ofrece una mirada profunda a los avances científicos y tecnológicos que están redefiniendo los límites de la esperanza de vida y la salud humana. Nos descubre las últimas investigaciones y avances científicos en el campo de la longevidad, tras analizar décadas de investigación y realizar entrevistas con los mejores científicos, investigadores CEOs de empresas emergentes y celebridades. *Longevity Hackers* (Amazon Prime Video y Apple+) se adentra en temas como el papel de la genética en la esperanza de vida, las formas de contrarrestar el envejecimiento, los tratamientos con células madre o la regeneración de tejidos.



NUESTROS OCÉANOS

Impresionante documental sobre naturaleza producida por Jonathan Smith y el equipo ganador del Emmy por *Nuestros grandiosos parques nacionales*

y narrada por el expresidente estadounidense Barak Obama. La serie que podemos ver en Netflix, explora los océanos en profundidad con una tecnología y un nivel de detalle nunca antes vistos. Sus cinco capítulos nos descubren las historias ocultas bajo la superficie de cada uno de los cinco océanos de la Tierra. Desde las cristalinas aguas superficiales hasta las misteriosas profundidades abisales, esta serie nos revela los secretos más fascinantes de la vida marina.



HOPE! ESTAMOS A TIEMPO

¿Cómo podemos reducir nuestro impacto en el mundo? ¿Cómo es una sociedad sostenible? Las respuestas están en esta docuserie de 2025 sobre cómo resolver la crisis climática a tiempo, de una forma justa y beneficiosa para la población. Javier Peña nos guía, junto a los mayores expertos medioambientales del mundo, en un viaje esperanzador para conocer la otra cara del cambio climático. Con rigor científico el documental combina historias emocionantes, datos y reflexiones sobre la crisis climática desde una perspectiva optimista y rigurosa, y recorre las soluciones más punteras del mundo dándonos respuestas reales para un futuro sostenible. Nos invita a recorrer el mundo para ver cómo esas soluciones para revertir el cambio



SERIES

DEPT.Q

Fabuloso *thriller* de atmósfera nórdica (de hecho, está basada en una serie exitosa de novelas danesas) que está triunfando en todo el mundo (Netflix). En este drama policíaco, firmado por Scott Frank (*Godless*, *Gambito de dama*), Carl Morck, un policía de Edimburgo brillante, descarado, de mal carácter y poca paciencia, con una vida familiar desastrosa y un trauma derivado de la muerte de su compañero policía, es puesto al frente de un departamento de casos sin resolver.



LA FORTUNA

Alejandro Amenábar dirigió y coescribió con Alejandro Hernández para Movistar+, en 2021, su primera serie para televisión. Se trata de una coproducción hispano-estadounidense basada en la novela gráfica de Guillermo Corral y Paco Roca *El tesoro del Cisne Negro*, que a su vez se basa en



la historia de la fragata Nuestra Señora de las Mercedes. El protagonista de esta serie de seis episodios es Álex Ventura (Álvaro Mel), un joven e inexperto diplomático que se ve convertido sin proponérselo en el líder de una misión para recuperar el botín de un barco hundido descubierto en pleno Atlántico por el cazatesoros Frank Wild (Stanley Tucci). Wild, que recorre el mundo saqueando el patrimonio del fondo del mar, pretende robar un tesoro submarino que Ventura intuye puede ser español.

climático no son ideas futuristas, sino realidades que ya están en marcha.

El documental cuenta con los testimonios de personalidades tan relevantes como la etóloga pionera en el estudio de los chimpancés salvajes, Jane Goodall, el explorador y pionero ecologista Bertrand Piccard, el ambientalista, economista y activista Paul Hawken y el actor y activista ecológico, Gael García Bernal, entre otros. Los seis capítulos de esta serie inspiradora, emocionante y visualmente espectacular (La gran oportunidad, El poder de dos palabras, Metamorfosis, Lo invisible, La gran transformación, El ingrediente secreto) muestran que frenar el cambio climático es posible mediante prácticas escalables y transformadoras. Podemos verla en RTVE Play y Movistar+.

POR
VICTORIA PASCUAL
 Socióloga y criminóloga



NUEVA CRIMINALIDAD CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

TECNOLOGÍAS COMO LA IA ABREN UN NUEVO CAMPO DE PRÁCTICAS CRIMINALES QUE DEBEN SER ABORDADAS COMBINANDO DIVERSAS HERRAMIENTAS Y ESTRATEGIAS.

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) en la esfera digital ha desencadenado un fenómeno doble: por un lado, avanza en campos tan diversos como la medicina, la energía o la educación; por otro, abre nuevas puertas a la actividad delictiva. Desde la criminología, resulta imprescindible analizar cómo estas tecnologías redefinen las prácticas criminales, los perfiles de víctimas y agresores, la eficacia de los marcos legales y las estrategias de prevención. Lejos de tratarse de un simple «cibercrimen mejorado», la IA introduce modalidades inéditas que exigen respuestas multidisciplinares, combinando herramientas forenses, análisis de redes y estudios de comportamiento para identificar patrones y anticipar amenazas.

Entre las tipologías delictivas emergentes destacan, en primer lugar, los *deepfakes* de audio y vídeo, capaces de suplantar identidades con un realismo que alcanza cada vez calidades más altas y, por lo tanto, cada vez resulta más difícil identificar si son reales o están fabricados de forma artificial. A ello se suma el uso de modelos de lenguaje generativo para crear correos electrónicos y mensajes de *phishing* automatizados, extremadamente personalizados y difíciles de distinguir de comunicaciones legítimas. Este tipo de estafas está afectando, sobre todo, a personas mayores cuyo conocimiento de las nuevas tecnologías es menor y, por lo tanto, son un colectivo altamente vulnerable a este tipo de victimización. Por otra parte, la IA facilita la creación

de «identidades sintéticas» combinando datos reales, por un lado, y datos generados, por otro, para abrir cuentas bancarias, solicitar préstamos o ejecutar fraudes financieros a gran escala. Incluso podemos ya encontrar algunos tipos *malware* «inteligente», entrenado para evadir sistemas de detección tradicionales y adaptarse en tiempo real a las defensas desplegadas.

VARIOS CASOS REALES ILUSTRAN CON CRUDEZA ESTAS NUEVAS AMENAZAS. En el plano español, las nuevas técnicas delictivas con IA han llegado a objetivos inesperados. El 10 de julio de 2025, en Sevilla, una hermandad fue blanco de un intento de estafa en el que los delincuentes clonaron la voz del obispo auxiliar Teodoro León para requerir más de mil euros como pago de un impuesto sucesorio; solo la rápida verificación con la Diócesis impidió que el fraude se consumara. De manera distinta, en Gipuzkoa una mujer de 26 años empleó aplicaciones de retoque fotográfico y vídeo con soporte de IA para crear un perfil sexualizado en Instagram, ganarse la confianza de 311 hombres y luego extorsionarlos con la amenaza de publicar sus imágenes íntimas; en ocho meses

logró recaudar 16 300 € antes de su detención en junio de 2024.

Fuera de las fronteras españolas también podemos encontrar ejemplos que muestran cómo la Inteligencia Artificial puede ser utilizada con fines ilícitos. En Wichita (EE. UU.), por ejemplo, una madre casi entregó 25 000 dólares tras recibir una llamada en la que, mediante clonación de voz de su hijo, se le instaba a pagar una fianza urgente tras un «accidente» fatal. En la vecina Reino Unido, en marzo de 2025, un grupo criminal utilizó *deepfake* de audio para imitar la voz del director ejecutivo de la matriz de una empresa energética, logrando transferir 243 000 dólares de los que no se ha podido encontrar rastro.

Por último, en Hong Kong, se ha documentado un fraude por valor de 25 millones de dólares en el que los estafadores realizaron videollamadas falsas a inversores, los cuales realizaron diversas operaciones convencidos de que estaban tratando con ejecutivos de una firma de inversión de prestigio.

EL MARCO NORMATIVO LUCHA POR MANTENERSE AL DÍA. La Unión Europea aprobó el Reglamento (UE) 2024/1689, conocido como «AI Act»,

LA IA FACILITA LA CREACIÓN
 DE «IDENTIDADES SINTÉTICAS»
 COMBINANDO DATOS REALES Y
 GENERADOS PARA EJECUTAR FRAUDES



SHUTTERSTOCK

que introduce una clasificación de sistemas según riesgo (inaceptable, alto, limitado y mínimo) y establece obligaciones de transparencia y evaluaciones antes de su despliegue. En España, aunque la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPDGDD) y el Código Penal sancionan fraudes y suplantaciones, no existe aún una regulación específica sobre delitos cometidos mediante IA, aunque en la actualidad se están estudiando iniciativas para tipificar nuevas conductas. En Estados Unidos, por ejemplo, varios estados promueven proyectos de ley para regular *deepfakes* y proteger datos biométricos, pero aún no hay consenso federal.

LA PREVENCIÓN EXIGE UN ENFOQUE PROACTIVO CON CARÁCTER URGENTE.

Es necesario desarrollar sistemas de detección de *deepfakes* basados en análisis forense de metadatos, huellas digitales del modelo y patrones de ruido imperceptibles al oído humano; debemos también reforzar la formación de profesionales de la seguridad y de los ciudadanos, sensibilizando sobre señales de alerta y fomentar la colaboración público-privada para compartir indicadores de compromiso (IoCs). Asimismo, la criminología debe impulsar estudios de crimi-

metría para cuantificar riesgos, así como simulacros de respuesta rápida ante incidentes de IA delictiva.

Las víctimas potenciales abarcan desde población vulnerable (como personas mayores, objeto de estafas afectivas y financieras mediante clonación de voz y otros métodos) hasta empresas, entidades financieras e incluso instituciones públicas y cargos políticos, que pueden ser objeto de sofisticados *vishing* (variante del phishing que se realiza a través de llamadas de voz) y *smishing* (variante del *phishing* que se realiza a través de mensaje de texto). Por su parte, los agresores van desde grupos organizados con recursos tecnológicos avanzados hasta ciberdelincuentes individuales sin formación técnica, que aprovechan herramientas abiertas en internet. También hay casos de *insiders* que utilizan IA para vulnerar sistemas internos de las organizaciones donde trabajan con fines, normalmente, lucrativos.

Año a año podemos comprobar cómo la prevalencia de estos delitos crece con gran rapidez. Europol advierte de que las bandas organizadas están empleando IA para escalar estafas y sistemas de pago ilícitos a nivel global, complicando así su detección. Según estimaciones

del sector financiero, las pérdidas por fraudes con *deepfakes* podrían alcanzar los 40 000 millones de dólares en EE. UU. para 2027. El perfil criminológico de estas conductas muestra alta rotación de actores, baja barrera de entrada tecnológica y externalización de funciones críticas a servicios conocidos como *crime-as-a-service*, una especie de externalización de labores criminales que, al ser altamente especializadas, requieren de personal formado para ello.

Desde la criminología, sabemos que es urgente fortalecer el análisis de riesgo y actualizar los modelos teóricos de la victimología y criminalidad organizativa. Asimismo, el estudio del *modus operandi* de cada tipo de IA delictiva, la identificación de redes de colaboración y la evaluación de impacto social y económico resultan clave para formular políticas públicas eficaces.

La Inteligencia Artificial es una herramienta que apenas ha comenzado a aportar beneficios a nuestra sociedad, pero como con cualquier innovación, si cae en las manos equivocadas puede traer consecuencias que, de momento, son difícilmente previsibles. Anticiparnos a estas nuevas ventanas delictivas es nuestro deber y nuestra prioridad. □

POR
 JOSÉ MIGUEL VIÑAS
 @DIVULGAMETEO,
 meteorólogo de Meteored



PAISAJES OTOÑALES EN LA PINTURA

ES LA ESTACIÓN EN LA QUE LA NATURALEZA NOS OFRECE MARAVILLOSOS TONOS ROJOS, COBRIZOS Y AMARILLOS, A MEDIDA QUE LAS HOJAS DE LOS ÁRBOLES VAN MUDANDO. UN TIEMPO DE CAMBIOS Y DE MATICES ESPECIALES.

Con la llegada del otoño, los bosques de hoja caduca van sufriendo una metamorfosis, a medida que va cambiando el color de las hojas de los árboles que los forman, como preámbulo de su caída. La otoñada sigue un ritmo distinto en cada especie arbórea, incluso se producen desfases cromáticos entre árboles de la misma especie, dependiendo del lugar que ocupen en el bosque. Todo esto da como resultado uno de los espectáculos más bellos que nos brinda la naturaleza, lo que no ha

pasado desapercibido a los pintores de paisaje de todas las épocas. Tenemos un magnífico ejemplo de estampa otoñal en el cuadro *El arcoíris, otoño, Catskills*, que el paisajista estadounidense Worthington Whittredge (1820-1910) pintó hacia 1880-90. El cuadro pertenece a la colección Carmen Thyssen. Este paisajista, lo mismo que otros muchos de la pintura norteamericana del siglo XIX, impresionado por la belleza y la majestuosidad del vasto territorio de EE. UU., plasmó en sus lienzos sus bosques, montañas, lagos..., cuidan-

do al máximo el tratamiento de luz, diferente según el momento del día y la época del año.

En este paisaje otoñal, Whittredge pinta con gran realismo los serenos bosques de la región neoyorquina de las Catskills. Llamen la atención en el lienzo los vivos colores del otoño, los tonos rojos de las hojas de algunos árboles y los verdes de otros y del terreno, intensificados tras la lluvia ocurrida minutos antes en ese paraje. Deducimos esto último por la presencia del arcoíris en el cielo, ya que suele aparecer cuando



MUSEO NACIONAL THYSSEN-BORNEMISZA MADRID

El arcoíris, otoño, Catskills (c. 1880-1890), óleo de Worthington Whittredge de la Colección Carmen Thyssen.



El picnic (1846), de Thomas Cole, del Brooklyn Museum de Nueva York, recrea una comida campestre en medio de la naturaleza.

deja de llover y comienza a lucir el sol, incidiendo la luz sobre la cortina de gotas de lluvia que queda frente al observador, con el astro rey situado a sus espaldas. En la porción de arcoíris representada en el cuadro, no aparecen los siete colores. Este detalle seguramente es debido a que el artista no quiso desviar en exceso la atención del espectador hacia el fenómeno óptico atmosférico, poniendo su foco de interés en la representación del bosque, su policromía y el ambiente de serenidad y armonía asociado al mismo. Whitredge logra su objetivo, ya que son los árboles y el estanque de aguas tranquilas en el que nadan unos ánades reales, los principales elementos de la escena, quedando ese arcoíris bicolor relegado a un segundo plano.

TENEMOS OTRO NOTABLE EJEMPLO de estampa otoñal en *El picnic*, un cuadro que lleva la firma del también pintor norteamericano Thomas Cole (1801-1848), fundador de la Escuela del río Hudson, que dotó de identidad propia al paisajismo que llevaron a cabo varios notables pintores de EE. UU. durante el siglo XIX. La escena que plasma Cole en este cuadro transmite un momento de felicidad y plenitud en un entorno natural

(un bosque junto a un lago). Los personajes retratados –con miembros de todas las edades– están disfrutando del picnic que da nombre al cuadro. Estas comidas campestres, con tiempo para la conversación, el juego y el esparcimiento, empezó a ponerse de moda allí en los bellos bosques del noreste de los EE. UU. en la época de Cole. Él mismo participó en varios picnics con su familia y amistades.

El propio artista relató una pequeña aventura que vivió en uno de esos picnics en los que participó, en 1838, en el que el grupo de vio obligado a pasar la noche en las inmediaciones de la cima de un monte (el High

Peak) de esa zona de las Catskills. La excursión la realizaron en otoño, cuando el follaje estaba en su apogeo. En palabras del propio Cole: «Era el día que deberíamos haber elegido: uno de nuestros celestiales días otoñales, cuando el sol brilla suavemente a través de un cielo claro y sin nubes, y la atmósfera cristalina proyecta un velo de belleza sobre el paisaje, rico en los matices más bellos». Aunque el cuadro no se corresponde con ese picnic, ilustra a la perfección el maravilloso regalo que nos brinda la naturaleza todos los otoños.

El tiempo otoñal apacible contrasta con otro mucho más movido, que tampoco ha pasado desapercibido por los artistas. Hay muchos ejemplos donde elegir, como la acuarela titulada *Sol, viento y lluvia* del paisajista inglés David Cox (1783-1859), perteneciente a los fondos de la Birmingham Museum & Art Gallery. La alternancia de ratos de sol con otros en los que se cubre el cielo de amenazantes nubarrones, caen chuzos de punta y soplan fuertes ráfagas de viento, es la principal señal de identidad del clima británico, y Cox fue uno de los pintores que mejor retrató ese tiempo tan cambiante, que particularmente asociamos al otoño. □

EL TIEMPO
OTOÑAL APACIBLE
**CONTRASTA CON
OTRO MÁS MOVIDO
QUE NO HA PASADO
DESAPERCIBIDO A
LOS ARTISTAS**

INFANCIA, ADOLESCENCIA Y EDUCACIÓN EN EL ANTIGUO EGIPTO

A diferencia de otras civilizaciones antiguas, en Egipto la infancia era venerada y respetada como un regalo de los dioses y las niñas y las mujeres gozaron de una educación y libertad impensables e inexistentes en épocas posteriores.

Texto de **MARÍA ISABEL ALCÁNTARA MORENO**,
maestra y divulgadora histórica



Edwin Long
1878

Los dioses y sus creadores (1878), por Edwin Long, imagina la actividad en un taller egipcio donde escultoras y artesanas elaboran figuras divinas, lo que pone de relieve la importancia espiritual y cultural de estos objetos en la sociedad egipcia.

ASCOTOWN/EL VALLART/ART GALLERY MUSEUM



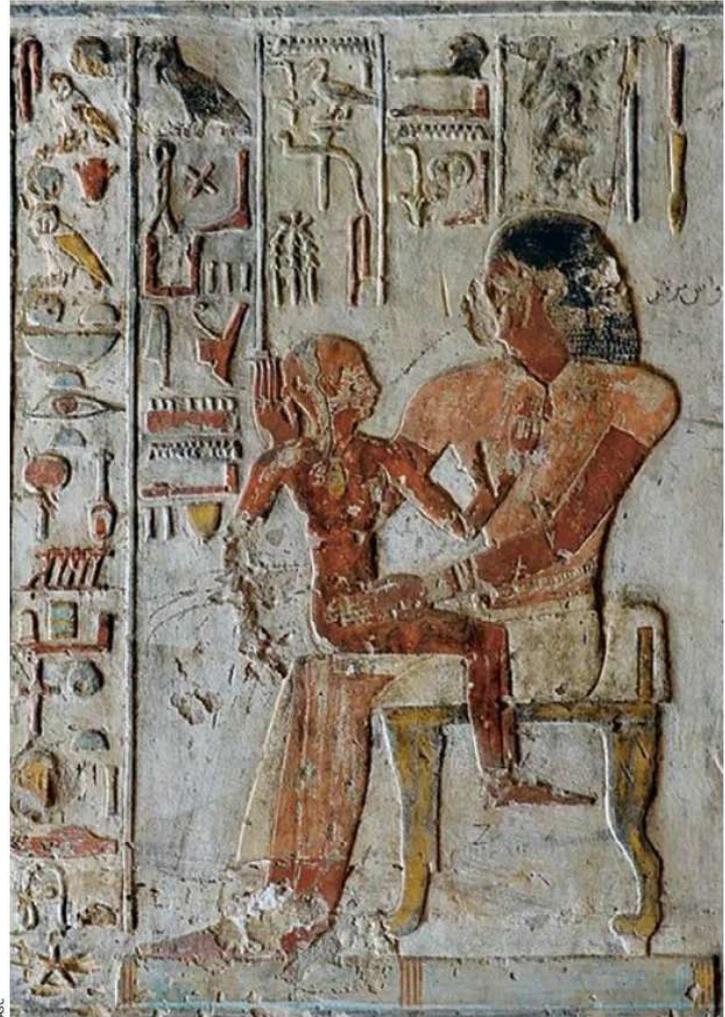
a civilización del antiguo Egipto, una de las más fascinantes y longevas de la historia, nos ofrece una visión sorprendentemente rica y compleja sobre el papel de la infancia, la

educación y, especialmente, el empoderamiento femenino en una sociedad que, aunque jerárquica y patriarcal, otorgaba a la mujer derechos y responsabilidades insólitos para la época. Encontramos abundante información tanto en papiros como en fuentes documentales y arqueológicas para conocer cómo los egipcios concebían la niñez y la adolescencia, qué valores se transmitían desde los primeros años de vida y cómo la maternidad, la religión y la magia contribuían a la construcción de una identidad femenina activa y respetada.

En las riberas fértiles del Nilo, donde la vida brotaba entre la arena y el agua con una intensidad casi milagrosa, los antiguos egipcios tejieron una civilización que aún hoy, milenios después, nos deslumbra por su complejidad y sabiduría. En ese universo solar, espiritual y simbólico, la infancia no era simplemente un tránsito biológico: era una promesa. Una bendición otorgada por los dioses, envuelta en fragilidad humana y custodiada por el poder invisible de amuletos, nombres consagrados y sueños interpretados al calor del hogar y del templo.

LA INFANCIA: BENDICIÓN DIVINA Y FRAGILIDAD HUMANA

Ser niño o niña en el Egipto faraónico era, ante todo, una celebración. En cada nacimiento se agradecía a los dioses la llegada de una nueva vida. Aun cuando la sombra de la muerte acechaba desde el primer aliento, pues uno de cada tres niños no sobrevivía al primer año, el amor por los pequeños era profundo y visible. Se les cuidaba, se les vestía con collares protectores, y sus nombres —elegidos tras consultar



En la imagen, Paheri, nomarca, encargado de la gestión local, de Nejab, con el príncipe Uadymes sobre su regazo, pintura de su tumba en El Kab.

astrólogos y sacerdotes— aspiraban a vincularlos con divinidades protectoras como Hathor o Neith. Así, una niña llamada Meret-Neith («amada de Neith») no solo llevaba un nombre, sino una aspiración, un escudo espiritual y una esperanza.

El juego era, en aquellos años primeros, una forma de educación y de iniciación al mundo. Con muñecas de trapo, figuras de animales, canicas, peonzas y pelotas, los niños imitaban la vida, ensayaban roles y se preparaban para el futuro. También compartían tareas con los adultos, como la preparación de ajuares funerarios, y participaban, desde la mirada

En cada nacimiento se agradecía a los dioses la llegada de una nueva vida. Los nombres se elegían tras consultar con astrólogos y sacerdotes, vinculándolos con divinidades protectoras



ASC

En Egipto el juego era un aprendizaje para la vida. Sobre estas líneas, juego de mesa con diez o más peones en un tablero de treinta casillas, uno de los más antiguos de los que se conocen en el Reino Nuevo. A la derecha, detalle de *La huida a Egipto*, cuadro de Edwin Long, en el que se ve a unas niñas jugando.



ASOWORLD HISTORY ARCHIVE

y la imitación, en la creación simbólica del legado familiar. En sus juegos de mesa —el senet, por ejemplo— aprendían que la vida era un tablero en el que cada movimiento debía medirse cuidadosamente, y que incluso el azar tenía sus reglas.

El entorno, sin embargo, no era indulgente. El desierto y el río escondían peligros letales: escorpiones, serpientes, cocodrilos. Por eso los más pequeños eran siempre vigilados de cerca. Amuletos como el ojo de Horus colgaban de sus cuellos o eran cosidos en sus ropajes. Sus madres los llevaban su-

jetos al cuerpo con lienzos de lino. La infancia, en Egipto, era una bendición que debía ser protegida con esmero, magia y amor.

ALIMENTACIÓN, SALUD Y CREENCIAS MÁGICAS

La dieta infantil estaba compuesta de diferentes tipos de panes, algunos específicos para la merienda. Bebían cerveza ligera, más nutritiva que alcohólica y horchata, una bebida elaborada con chufa.

La salud infantil estaba estrechamente ligada a creencias mágicas y religiosas. Los amuletos, la



GETTY

Pintura tebana de un papiro que representa la escena de un parto, donde una madre está siendo ayudada por sus doncellas y la partera.

La vida era un entrenamiento para la eternidad, los niños aprendían que su conducta sería juzgada en el más allá, donde su corazón sería pesado frente a la pluma de Maat

elección del nombre (vinculado a divinidades protectoras) y la consulta a astrólogos eran parte esencial de los cuidados parentales. En un mundo en que la medicina se entrelazaba con lo místico, cada gesto tenía un profundo valor protector.

EDUCACIÓN: PRIVILEGIO DE POCOS, RESPONSABILIDAD DE TODOS

La educación en Egipto era desigual, marcada por la cuna. A partir de los cuatro o cinco años, los niños y las niñas de familias ricas eran enviados a escuelas o templos para aprender lectura, escritura, matemáticas y religión. Allí se formaban los futuros escribas, sacerdotes, médicos o arquitectos: profesiones de gran prestigio y acceso limitado.

En cambio, los niños de familias pobres aprendían los oficios de sus padres. Desde muy pequeños comenzaban a ayudar en tareas agrícolas, comerciales o artesanales. Las niñas, si no tenían acceso

a la educación formal, recibían enseñanzas en casa, centradas en el hogar, la religión y, en ocasiones, el arte o la medicina.

La religión era el eje de la educación. Se enseñaba el respeto a los dioses, la rectitud moral y la preparación para el juicio de Osiris. La vida era un entrenamiento para la eternidad: los niños aprendían que su conducta sería juzgada en el más allá, donde su corazón sería pesado frente a la pluma de Maat, diosa de la verdad.

LA PUBERTAD: EL INICIO DE LA EDAD ADULTA

El paso de la infancia a la edad adulta no estaba marcado por una edad legal, sino por signos físicos, especialmente la pubertad. A los doce o catorce años, se esperaba que los jóvenes asumieran responsabilidades adultas: matrimonio, trabajo o maternidad.

En el caso de las niñas, la primera menstruación era celebrada con respeto, pues se creía que la sangre menstrual tenía propiedades mágicas. Podía



Mural de la tumba de Menna, un escriba de los campos del Señor de las Dos Tierras de la XVIII Dinastía, que representa a varios campesinos trabajando la tierra y cosechando el cereal, fechado del 1422-1411 a. C. .



Detalle de un relieve en la tumba de Ankhmahor, en Saqqara, que muestra a un sacerdote realizando una circuncisión ritual a un niño.

utilizarse en rituales de fertilidad o protección. Esta especial conexión entre el cuerpo femenino y lo sagrado reforzaba la importancia espiritual de la mujer en la sociedad egipcia.

MUJERES Y PROFESIONES: ENTRE LA CASA, EL TEMPLO Y EL TALLER

A pesar de las limitaciones sociales, las mujeres egipcias podían acceder a un número sorprendente de ocupaciones. Podían ser tejedoras, panaderas, cerveceras, doctoras, escribas o incluso sacerdotisas. Algunas llegaban a convertirse en «señoras de la casa», con poder económico y autonomía legal.

La medicina era una de las áreas donde el respeto por las mujeres era notable. Las doctoras eran valoradas, y la escuela de medicina de Alejandría atraía estudiantes de todo el Mediterráneo. Casos como el de Agnodice, una mujer griega que estudió disfrazada de hombre en Egipto, demuestran la reputación que tenía el país en cuanto a educación femenina.

El trabajo femenino no se limitaba a lo manual. Las mujeres también eran intérpretes de sueños, sabias, consejeras espirituales y oraculares. Los templos, especialmente los dedicados a diosas como Hathor o

Isis, eran espacios donde las mujeres ejercían funciones religiosas de alto rango.

EL ESTATUS FEMENINO: LEGALMENTE IGUALES, SOCIALMENTE ACTIVAS

La mujer egipcia gozaba de derechos legales que sorprenden incluso hoy. Podía poseer bienes, firmar contratos, adoptar hijos, divorciarse y administrar su propiedad. No necesitaba la autorización de un varón para actuar legalmente.

Este nivel de autonomía contrasta con el rol de la mujer en Grecia o Roma, donde debía actuar bajo la tutela masculina. En Egipto, la línea materna era la vía principal de herencia, lo cual otorgaba a las mujeres un lugar central en la estructura familiar.

La egiptóloga Barbara Watterson lo resume de esta forma: las mujeres egipcias eran legalmente «capaces», y su estatus social estaba determinado más por su clase que por su sexo.

MATERNIDAD, MATRIMONIO Y SEXUALIDAD: LIBERTAD EN LA INTIMIDAD

El matrimonio egipcio era una unión personal más que un contrato familiar. Las mujeres podían ele-



ASC

Estatuilla femenina del Reino Antiguo (2686–2181 a. C.) que representa a una molinera.

gir libremente con quién casarse, y el divorcio era una opción legítima y no estigmatizada. Si el marido abandonaba el hogar, debía pagar pensión y renunciar a bienes compartidos.

La maternidad era fundamental, no solo desde el punto de vista biológico, sino también mágico. Los

partos eran momentos de riesgo, acompañados de hechizos protectores y la presencia de diosas como Taweret o Bes. En caso de infertilidad, se recurría a diversos rituales simbólicos con sangre menstrual o estatuillas mágicas.

Incluso existían métodos anticonceptivos rudimentarios, como el uso de preparados de dátiles, acacia y miel. La sexualidad femenina, aunque no totalmente libre, estaba lejos de ser restringida como en otras culturas contemporáneas.

RELIGIÓN, DIOSAS Y EQUILIBRIO CÓSMICO

En la espiritualidad egipcia, lo femenino era esencial. Las diosas como Isis, Neith, Hathor o Bastet no solo representaban el amor o la maternidad, sino también la sabiduría, la protección y el orden cósmico. Esta veneración del principio femenino influía en el respeto social hacia las mujeres.

El cargo de «Esposa del Dios de Amón» llegó a ser uno de los más poderosos del país. Durante ciertos periodos, quienes lo ostentaban tenían tanta influencia como un faraón. La famosa faraona Hatshepsut empezó su carrera en ese rol, y luego gobernó Egipto con eficacia y prestigio.

El culto doméstico, mantenido generalmente por mujeres, incluía pequeños altares donde se ofrecían



Placa de piedra caliza de época ptolemaica que representa a una mujer dando a luz, asistida por las diosas Isis y Hathor, procedente de los alrededores del templo de Dendera.

SHUTTERSTOCK



Inherkhou con su esposa y sus hijos adorando a Osiris y otras deidades del Más Allá. Pintura mural en la tumba TT359 de Inherkhou, maestro de obras del Valle de los Reyes.

alimentos, perfumes y oraciones. De este modo, la mujer era puente entre la vida cotidiana y lo sagrado.

EMPODERAMIENTO ANCESTRAL

Lejos de la imagen pasiva que muchas veces se asocia a las mujeres en la Antigüedad, la mujer egipcia fue protagonista activa en diversos ámbitos como en la familia, el trabajo, la religión y la sociedad. Desde su

El matrimonio egipcio era una unión personal más que un contrato familiar y las mujeres podían elegir con quién casarse

infancia se le preparaba para una vida rica en responsabilidades, derechos y poder simbólico.

La maternidad, los rituales de protección, la educación doméstica y las oportunidades laborales permitieron a las mujeres egipcias desarrollar una identidad fuerte y respetada. El equilibrio entre lo masculino y lo femenino no solo era ideal religioso, sino práctica social concreta.

A través del estudio de la infancia, la educación y la vida de las mujeres en el Antiguo Egipto, se dibuja un retrato sorprendente: el de una sociedad donde el poder femenino no era excepción, sino parte esencial del orden del mundo. Las niñas eran educadas con firmeza y afecto, preparadas para una existencia activa, espiritual, creativa. Las madres eran veneradas, las sabias consultadas, las sacerdotisas escuchadas.

En una civilización construida sobre la armonía entre el Nilo y el desierto, entre el sol y la tierra, también lo masculino y lo femenino convivieron en un equilibrio admirable. En ese equilibrio, quizás, se encuentra la clave de su longevidad, de su sabiduría y de su legado. □

LA PRIMERA NEOENERGÉTICA DEL MERCADO ESPAÑOL

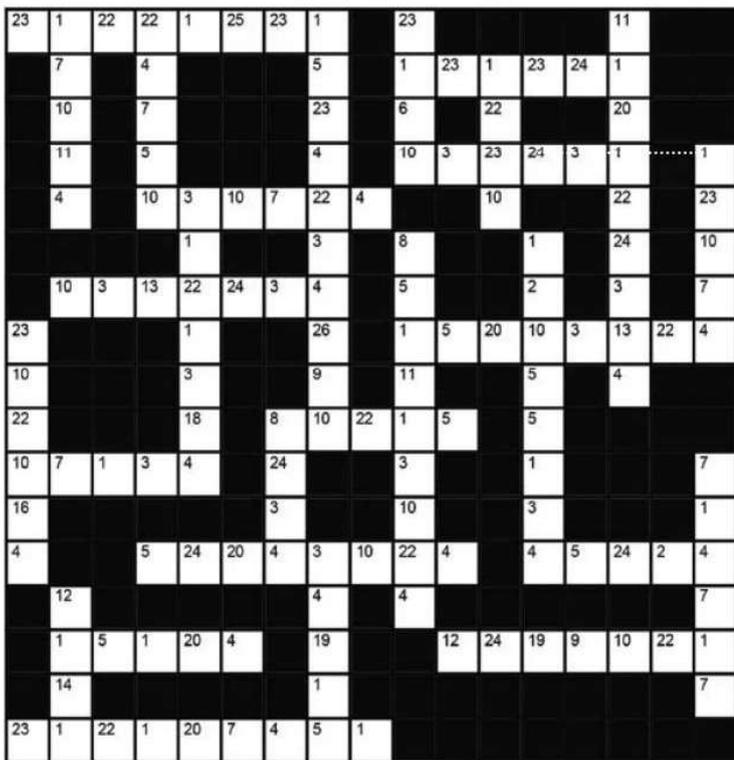
IBERDROLA LANZA NIBA

Como parte de su estrategia de evolución y liderazgo en el sector, el Grupo Iberdrola pone en marcha su primera *start-up* corporativa 100 % digital, con el objetivo de impulsar un nuevo modelo basado en la agilidad, la inteligencia artificial y la orientación al cliente, y de seguir respondiendo a las nuevas necesidades del mercado. Como líder del sector, Iberdrola pone en marcha una propuesta pionera para anticiparse a las futuras necesidades del cliente. El enfoque de **niba** promueve una nueva forma de relacionarse con la compañía de la luz: 100 % digital, inteligente y diseñada para gestionar la energía de forma más interactiva y consciente. Como afirma Mariola Martínez, Directora General de la *start-up*: «**niba** nace como la primera neoenergética, con el propósito de acercar la energía a las personas, del mismo modo que los neobancos transformaron la experiencia financiera. El proyecto se basa en una tecnología avanzada que permitirá al cliente una experiencia única a través de la hiperpersonalización y el dato. Es el momento de la innovación, y el lanzamiento de **niba** refuerza el compromiso del grupo por estar siempre a la vanguardia».

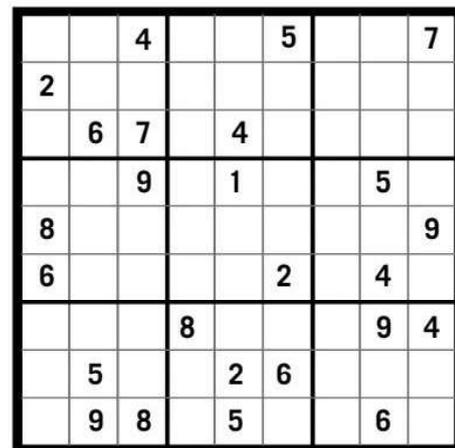


niba permitirá gestionar todos sus productos desde una *app*, sin oficinas físicas y con un modelo de atención al cliente propio y formado en altas competencias tecnológicas y digitales. Su tecnología, desarrollada desde cero, está diseñada para facilitar una experiencia ágil, personalizada y centrada en la utilidad para el usuario. Iberdrola ofrecerá un modelo *freemium*, es decir, un paquete de funcionalidades sin coste a los usuarios registrados en la *app*, para permitirles ver su valor antes de ser clientes de la compañía; y ofrecerá siempre el mejor precio disponible en cada momento, tanto en la contratación, como en cada renovación de contrato.

AUTODEFINIDO CODIFICADO: En el bosque



SUDOKU



SOLUCIONES



SUSCRÍBETE UN AÑO A

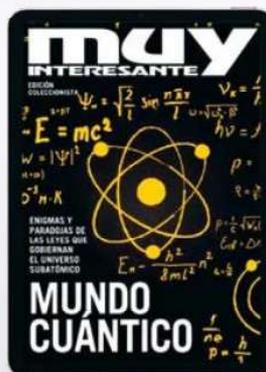
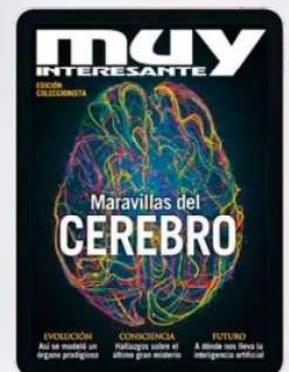
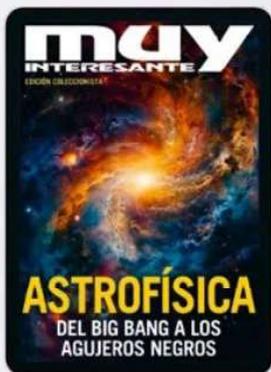
MUY

INTERESANTE



y llévate de **REGALO** las 10 ediciones coleccionistas digitales más vendidas

Valoradas en **49,90€**



12 Revistas en tu casa

39€ al año

12 Revistas digitales

19€ al año

MISTERIOS DEL UNIVERSO



ESTRENO EXCLUSIVO

SÁBADOS, 23:00

ODISEA