

## FÍSICA CUÁNTICA

SUPERFLUIDO Y SUPERSÓLIDO,  
DOS VÓRTICES QUE CONECTAN  
DOS MUNDOS

## ASTROFÍSICA

MATERIA OSCURA, UN  
«ADHESIVO» GALÁCTICO

## MEDIO AMBIENTE

LOS RÍOS VOLADORES  
DE LA AMAZONIA

## NEUROLOGÍA

CÓMO FUNCIONA  
EL CEREBRO  
CUANDO DUERME

## HISTORIA

SUPERMAN CONTRA  
EL KU KLUX KLAN

## EL GRAN ENIGMA DE LA EVOLUCIÓN

POR QUÉ PERDIMOS  
LA COLA

ENLACE AL CANAL

[www.youtube.com/channel/UC...](https://www.youtube.com/channel/UC...)

o escanea el código QR





***TODOS LOS NEUMÁTICOS  
MICHELIN SON COMPATIBLES  
CON VEHÍCULOS  
ELÉCTRICOS O HÍBRIDOS***



Toda nuestra gama está adaptada para afrontar las demandas que plantean los vehículos eléctricos, como el confort acústico, la resistencia a la rodadura y la capacidad de carga.  
¡Tu vehículo eléctrico necesita neumáticos MICHELIN!



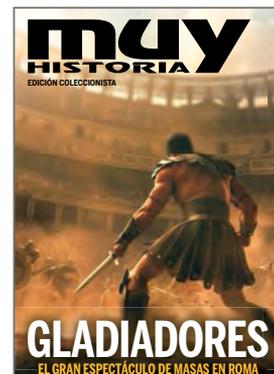
# Funambulistas evolutivos

**L**a pérdida de la cola en nuestros ancestros homínidos representa uno de los cambios anatómicos más significativos en la evolución. Esta transformación morfológica, que ocurrió hace aproximadamente 25 millones de años, está estrechamente vinculada con la adaptación a la locomoción bípeda. El doctor Nathan Young, de la Universidad de California, San Francisco, ha demostrado que la ausencia de cola permitió un mejor equilibrio en posición vertical al redistribuir el peso corporal, y este cambio anatómico facilitó modificaciones en la estructura de la pelvis y la columna vertebral fundamentales para el desarrollo del bipedismo eficiente que un estilo de vida más terrestre implicaba. Pero no todo fueron ventajas. Esta pérdida también tuvo costes evolutivos. La ausencia de cola se ha relacionado con una incidencia mayor de problemas de espalda en los humanos modernos, ya que la columna vertebral debe soportar cargas diferentes a las de nuestros parientes primates con cola. Esto sugiere que nuestra anatomía actual representa un compromiso evolutivo entre la eficiencia del bipedismo y la estabilidad estructural de la columna. Y ahí estamos como auténticos funambulistas evolutivos... Un tema apasionante como todos los que podrás leer en este número. Disfruta de la lectura.



**Carmen Sabaete**,  
directora  
csabaete@zinetmedia.es

## Más MUY en tu quiosco:



### REDACCIÓN

Directora: **Carmen Sabaete**  
(csabaete@zinetmedia.es).

Redactora jefa:

**Cristina Enriquez** (cenriquez@zinetmedia.es).

Coordinador de Diseño:

**Oscar Álvarez** (oalvarez@zinetmedia.es).

Director de Muy Interesante Digital:

**Eugenio M. Fernández** (efernandez@zinetmedia.es).

Colaboradores: **Jorge de los Santos, Marta Peirano,**

**Miguel Á. Sabadell, José M. López Nicolás,**

**Lucía Sesma, Manuel Martín-Loeches, Javier Moreno,**

**Victoria Pascual, José M. Viñas, Rosa M. Herrera, Javier Rada, Gema Boiza, Raef Minwer-Barakat Requena, Antonio García-Alix, Elvira Martín, Tata Gavián, Bernardo Gutiérrez, Elena Sanz, Laura G. de Rivera, Pedro J. Miana, Óscar Herradón, José M. González, Luis F. Brice, Sarah Romero, Carmen Castellanos y Borja M. Tejada** (edición y corrección).  
**Andrés Pérez Muñoz** (maquetación).

### DIRECCIÓN Y TELÉFONO

C/ Alcalá 79 1.º A - 28009 Madrid - España; tel. 810583412  
Suscripciones: suscripciones@zinetmedia.esv  
Tel. 910 604 482



Consejera Delegada:

**Marta Ariño**

Director General Financiero:

**Carlos Franco**

Director Comercial:

**Alfonso Juliá** (ajulia@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 Cervecera Modelo, Municipio Naucalpan de Juárez, Estado de México. CP. 53330. Tel. (55) 7586 5532.

IMPRESO EN ESPAÑA. EDICIÓN: 02/2025

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.

# Sumario

ENLACE AL CANAL  
x.com/byneontelegram



14



ISTOCK



28



SHUTTERSTOCK

120



## REPORTAJES

### 14 Materia oscura

Surgen nuevas teorías sobre este «adhesivo galáctico».

### 19 Un comienzo explosivo

¿Cómo pudo nacer algo vivo de un planeta inerte?

### 28 El día en que nuestros ancestros perdieron la cola

Nuestro linaje la perdió por una mutación genética.

### 38 Tu cerebro quiere chocolate

El cacao tiene grandes beneficios para nuestra salud cerebral.

### 40 La crisis de la salinidad del Messiniense

Cuando el Estrecho de Gibraltar se cerró se produjo el intercambio de especies entre África y Europa.

### 48 Los ríos voladores de la Amazonia

Un fenómeno provocado por la transpiración de los árboles de la mayor selva tropical del mundo.

### 54 ¡Así funciona el cerebro!

Dormir bien es clave para tener una buena salud.

### 58 Vórtices cuánticos

La creación de estos vórtices revela una singular transición entre el superfluido y el supersólido.

### 66 Premios matemáticos

El Abel o la Medalla Fields corrigieron el olvido de Nobel hacia las Matemáticas.

### 104 Superman contra el KKK

El superhéroe también luchó contra la organización supremacista blanca.

### 120 Museos bajo tierra

En catacumbas, minas o trincheras, es-

tos nuevos espacios museísticos ofrecen una experiencia inmersiva.

### 126 Depresión

Descubren seis biotipos que permiten tratarla de forma individualizada.

## ENTREVISTAS

### 34 Carlos López-Otín

Nos habla de su último libro, *La levedad de las libélulas*, y del concepto de salud.

### 62 Carme Artigas

Esta empresaria es una de las personas que más sabe de inteligencia artificial.

## FIRMAS

### 6 Gran Angular

Jorge de los Santos se pregunta por lo lícito y la hipertrofia normativa.

### 12 Hablando de ciencia

La ciencia patológica explicada por Miguel Ángel Sabadell.

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



Un grupo de químicos a caba de romper una regla aceptada desde hace 100 años.

Por Eugenio M. Fernández



Descifran el misterio astronómico detrás de un cuadro de Vincent van Gogh de 1884.

Por Christian Pérez



El bonobo. Un peculiar primate, parecido al chimpancé, pariente muy cercano de los humanos.

Por Carlos Lobato



La verdad científica sobre las kilocalorías y su impacto en tu metabolismo.

Por Alejandro Egea y Eugenio M. Fernández

POR  
JORGE DE LOS SANTOS,  
artista y pensador



## LO LÍCITO

VIVIMOS EN UN MUNDO HIPERREGULARIZADO QUE NO CONFÍA EN EL CIUDADANO, SUPONIENDO QUE NO ES UN INDIVIDUO MADURO Y RESPONSABLE EN EL EJERCICIO DE SU LIBERTAD. TANTAS NORMAS SOBRE TANTAS COSAS ACABAN POR HARTARNOS, Y EN UNA LÓGICA REBELDÍA ABANDONAMOS LA SENDA DEL ORDEN.

**A**gamben lo llama «hipertrofia normativa». En los extremos de la escala que somete a valoración los actos humanos nos encontramos con lo obligatorio y lo prohibido. Es obligación de un ciudadano detenerse en un «stop» cuando circula y está prohibido el no cumplimiento de una obligación (saltarse el stop, por ejemplo) o realizar un acto que la legislación vigente considere un delito (producir un accidente al saltarse, siguiendo con el ejemplo, el stop). Inmediatamente después de la obligación en esa escala valorativa está lo moralmente aprobable y en el otro extremo lo moralmente reproable. El ceder un asiento en un transporte público a una persona que lo necesita más que nosotros es loable (será bien visto por el resto del pasaje) aunque no obligatorio, el no hacerlo es reproable (será mal visto por el pasaje) aunque no conlleva una sanción

judicial porque no está, en general, explícitamente prohibido. Entre medias de lo loable y lo reproable se encuentra un territorio que pertenece a lo lícito. Lo permisible, lo que no está sometido a juicio legal ni a juicio moral porque se entiende que el acto en sí no acarrea inconveniente (tampoco beneficio explícito) y se confía de partida en que el sujeto que realiza este acto tiene la suficiente sensibilidad ética como para realizarlo en condiciones que, sin beneficiar, no perjudique a los demás. Atarse los zapatos, por ejemplo, en la vía pública es algo lícito porque se supone que uno no tiene intención de hacerlo en medio de una calle mientras circulan vehículos y va a provocar una retención o un accidente.

La calificación de lícito, en una sociedad saneada, debe designar a la mayoría de las actividades que realizamos a diario. Cuando esto no sucede así, cuando el espectro de lo permisible se estrecha por un exceso de celo en la regulación de lo cotidiano, algo está sucediendo. A esa hiperregulación de las actividades cotidianas hasta ahora lícitas se refiere Agamben con lo de «hipertrofia normativa». En el ejemplo, sería el establecer una regulación específica con sanciones legales y morales sobre cómo debe uno hacerse la lazada en los zapatos cuando circula por la calle. Y eso, esa biopolítica de la exhaustiva regulación, se entiende como un fenómeno, más que reciente cada vez más creciente, que tiene carácter sintomático de que algo por nuestros lugares no acaba de funcionar con la soltura que funcionaba.

“El puritanismo, la penúltima colonización yanqui, es ante todo una manera peculiar de estar en relación con los demás. El puritano no sabe leer a los otros porque entiende que no tiene por qué hacerlo”

**UNA SOCIEDAD PURITANA NO ES NECESARIAMENTE CASTA,** pero si inevitablemente regularizadora. El puritanismo, la penúltima colonización yanqui, es ante todo una manera peculiar de estar en relación con los demás. El puritano no sabe leer a los otros porque entiende que no tiene por qué hacerlo. Carece de sensibilidad, de la capacidad de desentrañar al otro, de comprender lo implícito, porque es el otro el que tiene que entenderlo a él sin ambigüedades, sin interpretaciones, normativamente. El puritano no se relaciona, manda. Puritano es aquel que entiende al que está fuera de su mismidad como una bestia parda a la que



hay a toda costa que adiestrar, someter y amansar o como un imbécil al que hay que educar, aleccionar y adoctrinar hasta que devenga lo mismo que el puritano. Espada y evangelización. El mecanismo frente al bárbaro es siempre el mismo: regularlo hasta en sus más nimias y lícitas acciones, no dejarle meada sin controlar, sin normativizar, sin reglamentar, sin sometérsela a controles, mediciones y certificaciones de aprobación.

La hiperregulación de todo es incompreensión de todo: una estrategia frente al incomprensible, al que no se le entiende, a quien no se sabe tratar. Nuestra vida en sociedad, cada vez más, es un marcaje férreo de nuestra vida en sociedad porque en el fundamento de nuestra vida en común se instala la puritana desconfianza frente al otro. Hemos dejado de confiar en el conciudadano. Por eso a medida que se incrementan las regulaciones normativas

de nuestra existencia desaparece en nosotros y en lo público lo lícito. No es que algunas acciones que antes eran lícitas ahora devengan sancionables o al revés, como requiere cualquier devenir social, es que lo lícito desaparece en cuanto tal. La desaparición de lo lícito es la desaparición de la confianza. De suponer que nos relacionamos con sujetos con la suficiente madurez y responsabilidad en el ejercicio de su libertad. Con individuos dotados para llegar a acuerdos, porque los entendemos y nos entienden, individuos capaces de asumir y hacer cumplir el «contrato social».

**ANOMÍA ERA EL TÉRMINO QUE EMPLEABA WEBER** para designar aquella situación que surge cuando las normas son tantas (y tantas tan estúpidas) que el sujeto, incapaz de cumplirlas y respetarlas todas, termina con no obedecer ninguna. Cuando se salta el stop. Harto ya de que desconfien de él, harto de que indefectiblemente lo tomen por una alimaña o un gilipollas. Harto ya de que lo lícito no tenga sitio. □

**“El mecanismo frente al bárbaro es siempre el mismo: regularlo hasta en sus más nimias y lícitas acciones, no dejarle meada sin controlar, sin normativizar, sin reglamentar...”**

# HALLAZGO DE ÁMBAR EN LA ANTÁRTIDA: LA EVIDENCIA DE QUE HUBO BOSQUES HACE 90 MILLONES DE AÑOS

**U**n descubrimiento inesperado en la Antártida ha proporcionado una visión fascinante del pasado del continente helado. Un equipo de científicos encontró fragmentos de ámbar, lo que confirma que esta región, actualmente cubierta de hielo, albergó densos bosques hace unos 90 millones de años, durante el período Cretácico. Este hallazgo fue realizado en 2017 durante la Expedición Polarstern PS104, liderada por el Instituto Alfred Wegener y otras instituciones internacionales, y publicado en la revista *Antarctic Science*. El ámbar, hallado en una capa de lignito rica en raíces y polen, se formó a partir de resinas vegetales. Según los investigadores, liderados por Johann P. Klages, esta es la primera vez que se encuentra ámbar en la Antártida, completando el mapa de hallazgos de este fósil en todos los continentes. Esto revela que la región polar tuvo un pasado mucho más cálido y lleno de vida, un paisaje dominado por bosques templados similares a los actuales de Nueva Zelanda o Australia.

Durante el Cretácico, la Tierra experimentaba un clima significativamente más cálido. La Antártida, entonces parte del supercontinente Gondwana, estaba cerca del polo sur, pero las temperaturas eran lo suficientemente suaves como para sustentar bosques dominados por coníferas y helechos. Los árboles exudaban resina que, al fosilizarse (un proceso que puede durar millones de años), se convirtió en ámbar. Este, no solo es un fósil valioso para los paleontólogos, sino que también contiene inclusiones microscópicas como insectos, esporas y restos vegetales, que ofrecen información crucial sobre los ecosistemas antiguos. En el caso del ámbar antártico, los análisis iniciales sugieren que podría contener restos de corteza de árboles, lo que indica que los bosques de la región producían grandes cantidades de resina, posiblemente en respuesta a factores de estrés como incendios forestales, comunes en el Cretácico.

El hallazgo se produjo en una capa de lignito de 5 cm de espesor dentro de una secuencia sedimentaria de tres metros, recuperada en la Ensenada del Mar de Amundsen, a 946 metros de profundidad. Este análisis fue posible gracias a la plataforma de perforación MARUM-MeBo70. Las muestras fueron examinadas con microscopios de luz incidente y técnicas de fluorescencia, revelando la coloración amarilla a marrón del ámbar y su fluorescencia intensa.

El descubrimiento de ámbar en la Antártida no solo aporta evidencia del pasado ecológico del continente, sino que también es una herramienta para entender el cambio climático.

Los hallazgos respaldan investigaciones que señalan que el clima del Cretácico era cálido y húmedo, condiciones que podrían repetirse en el futuro si el calentamiento global continúa. A medida que los estudios paleontológicos avancen, los científicos esperan encontrar más fósiles vegetales que amplíen nuestra comprensión de cómo los ecosistemas evolucionaron bajo condiciones climáticas extremas y cómo podrían responder a los cambios climáticos actuales. Este descubrimiento refuerza la importancia de la investigación en la Antártida como una ventana para entender el pasado y predecir el futuro de nuestro planeta.



El ámbar contiene inclusiones microscópicas de insectos, esporas y restos vegetales.



## EL CSIC DESARROLLA UN ADHESIVO QUIRÚRGICO INSPIRADO EN LOS MEJILLONES

Un equipo del Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (Inma-CSIC-Unizar) ha creado un pegamento biomimético basado en las proteínas que permiten a los mejillones adherirse a diversas superficies bajo el agua. Estos bivalvos, esenciales en la producción marina de España, logran fijarse a distintos sustratos y adaptarse a condiciones cambiantes gracias a las proteínas de pata de mejillón (Mfps), un adhesivo natural que ahora inspira soluciones en la biomedicina.

El nuevo adhesivo, soluble en agua, busca reducir el impacto ambiental y ofrecer aplicaciones médicas innovadoras. Diseñado



El adhesivo natural de los mejillones inspira soluciones para la biomedicina.

para su uso como pegamento quirúrgico, podría sustituir suturas tradicionales, acelerando la cicatrización y disminuyendo el riesgo de infecciones. En pruebas con piel húmeda de cerdo, los investigadores replicaron condiciones

humanas, logrando una fuerza adhesiva comparable al Tisseel, un producto adhesivo comercial.

Alexandre Lancelot, autor principal del estudio publicado en *Advanced Functional Materials*, explicó que los mejillones

emplean proteínas con L-DOPA, un aminoácido cuyo grupo catecol es esencial para su adhesión. Al replicar estas estructuras químicas y combinarlas con polímeros, el equipo obtuvo un material funcional incluso en superficies complejas, como aluminio.

Este desarrollo, liderado por el CSIC y la Universidad de Zaragoza, destaca por su sostenibilidad al evitar solventes químicos y emplear agua como base. Actualmente, los investigadores trabajan en el registro de la patente para seguir avanzando en esta tecnología de adhesivos quirúrgicos eficientes y respetuosos con el medio ambiente y la sostenibilidad.

## UN NUEVO DINOSAURIO-DRAGÓN ACORAZADO EMERGE DEL CRETÁCICO

Un equipo de paleontólogos ha descubierto en la provincia de Jiangxi, al sur de China, los restos de un dinosaurio acorazado que habitó hace más de 70 millones de años. Bautizado como *Huaxiazhoulong shouwen*, este miembro de los *Ankylosauridae*, famosos por su armadura ósea y mazo en la cola, aporta nueva información sobre la evolución y diversidad de estos herbívoros durante el Cretácico.

El fósil, hallado en 1986 en Longxi, fue identificado tras décadas de análisis. Procedente de la Formación Tangbian, que data del Cretácico Superior, su entorno habría sido un mosaico de ríos y llanuras fértiles, ideal para los herbívoros. Este dinosaurio, que medía unos seis metros y pesaba más de una tonelada, presenta un diseño corporal robusto con adaptaciones únicas. Su esqueleto muestra características distintivas, como un isquion expandido y un húmero ancho en su extremo distal. Su armadura estaba formada por osteodermos en patrones únicos, y el mazo de su cola, compuesto por solo dos grandes placas óseas, podría reflejar una funcionalidad distinta a la de otros *Ankylosauridae*.

Este herbívoro lento, pero bien protegido, se alimentaba probablemente de helechos y coníferas, en un paisaje de vegetación abundante. Aunque el registro fósil de grandes depredadores en esta región es limitado, su poderosa cola habría sido una defensa eficaz contra posibles amenazas.

El hallazgo, junto con otros en el sur de China, amplía el conocimiento sobre la distribución geográfica de los *Ankylosauridae* y su evolución temprana. Los fósiles en China continúan siendo fundamentales para comprender la biodiversidad del Cretácico. Este descubrimiento también refuerza la importancia de la paleontología en el estudio de la vida prehistórica. Cada fósil es una ventana al pasado, y *Huaxiazhoulong shouwen* nos permite entender mejor cómo estas especies prosperaron antes de la extinción que marcó el fin de los dinosaurios.



El dinosaurio acorazado presenta un diseño corporal robusto con una poderosa armadura.

# DANZA FOTÓN-FONÓN: UN AVANCE CUÁNTICO A TEMPERATURA AMBIENTE

**U**n equipo de investigadores del Instituto Max Planck y la Universidad de Erlangen-Núremberg ha logrado un hito en el campo de la física cuántica: entrelazar luz y sonido a temperatura ambiente. Este avance utiliza guías de onda Brillouin en régimen de pulsos y evita el enfriamiento criogénico, marcando un punto de inflexión en la exploración de sistemas cuánticos híbridos y sus aplicaciones en condiciones ambientales normales.

El entrelazamiento cuántico es un fenómeno en el que dos sistemas comparten un estado cuántico común, de modo que cualquier medición de uno afecta instantáneamente al otro, sin importar la distancia entre ellos. Este concepto, fundamental para tecnologías como la computación y la comunicación cuántica, plantea desafíos cuando se busca su implementación a temperatura ambiente, especialmente en sistemas que combinan grados de libertad cuántica, como fotones (luz) y fonones (sonido).

Los investigadores utilizaron un proceso de dispersión Brillouin, en el que los fonones —cuasipartículas de vibración mecánica— inte-

ractúan con la luz dentro de una guía de onda. Este proceso genera pares de fotones y fonones entrelazados sin necesidad de preparar previamente el estado cuántico base de los fonones.

A diferencia de enfoques tradicionales que requieren temperaturas criogénicas para reducir fluctuaciones térmicas, este sistema opera a temperatura ambiente. Los pulsos ópticos aplicados en las guías de onda Brillouin generan entrelazamiento sin necesidad de estados iniciales preparados. Este avance simplifica el diseño y lo hace viable para aplicaciones prácticas. La dispersión Brillouin, donde la luz interactúa con ondas acústicas en un medio, genera fotones Stokes y anti-Stokes. Los autores del estudio desarrollaron un método de detección óptico para monitorear el entrelazamiento optoacústico mediante técnicas como la detección homodina o heterodina, que reemplazan la necesidad de mediciones mecánicas directas. Esta técnica mejora la resolución temporal y espacial y facilita la observación de estados cuánticos acústicos difíciles de detectar.

El trabajo del equipo presenta

tres grandes innovaciones:

- **Operación a temperatura ambiente:** sin enfriamiento criogénico, el sistema genera entrelazamiento resiliente a fluctuaciones térmicas.
- **Uso de guías de onda en régimen de pulsos:** a diferencia de sistemas continuos, este enfoque minimiza pérdidas y maximiza la flexibilidad operativa.
- **Sin preparación del estado cuántico base:** la ausencia de esta etapa reduce la complejidad y mejora la eficiencia del proceso.

Este avance tiene aplicaciones potenciales en metrología cuántica, teleportación cuántica y comunicaciones seguras. Al permitir la detección óptica de estados acústicos, se abre la puerta a dispositivos más compactos y eficientes. El estudio también señala que la entropía generada durante el proceso puede ser controlada ajustando parámetros del pulso de bombeo, lo que proporciona flexibilidad para optimizar el sistema.

El éxito de este trabajo no solo representa un avance científico, sino también un paso hacia la democratización de la tecnología cuántica, haciéndola más accesible para su implementación en el mundo real.



ASC



SHUTTERSTOCK

## UN HALLAZGO EN GIBRALTAR REDEFINE LA IMAGEN DEL NEANDERTAL

En la cueva Vanguard, situada en Gibraltar, un equipo de arqueólogos ha realizado un descubrimiento que cambia la visión tradicional sobre los neandertales. Este refugio ancestral ha revelado una estructura construida hace entre 67 000 y 60 000 años, diseñada específicamente para la producción de alquitrán, lo que demuestra un gran nivel de sofisticación tecnológica y cognitiva.

El hallazgo principal consiste en un hogar cuidadosamente construido con paredes gruesas y canales que regulaban el aire y el calor. Esta estructura servía para producir alquitrán, un adhesivo esencial para fijar herramientas de piedra a mangos de madera. Los restos químicos hallados evidencian un dominio avanzado del fuego y la química. Recolectaban hojas de jara pringosa y las colocaban en el hogar cubiertas con arena y guano, creando un entorno con poco oxígeno. Después, encendían arbustos y hierbas secas para generar calor. Tras varias horas, el alquitrán se acumulaba en el fondo, listo para ser usado en herramientas o armas. El uso de la jara pringosa, en lugar de cortezas de abedul, muestra la capacidad de adaptación a su entorno mediterráneo.

## CREAN UNA APP QUE TE DICE SI ESTÁS BEBIENDO MICROPLÁSTICOS

Los microplásticos, partículas de plástico de menos de cinco milímetros, son omnipresentes. Están en los océanos, en las montañas, en el aire que respiramos y en los alimentos que consumimos. Aunque sus efectos exactos en la salud humana aún son inciertos, estudios sugieren que pueden absorber toxinas y atravesar barreras biológicas, representando un potencial peligro para nuestro organismo. Estas partículas derivan de fuentes tan diversas como la degradación de plásticos mayores o las fibras sintéticas de la ropa, y persisten en el medio ambiente durante décadas, integrándose en la cadena alimentaria. Un equipo de investigadores de la Universidad de Columbia Británica ha desarrollado una innovadora herramienta portátil. Este dispositivo económico mide con precisión la presencia de microplásticos en líquidos cotidianos en cuestión de minutos. Funciona detectando partículas de 50 nanómetros a 10 micrones mediante etiquetado fluorescente, eliminando la necesidad de métodos costosos y complejos.

El dispositivo consta de una caja biodegradable impresa en 3D que integra un microscopio digital inalámbrico, una luz LED verde y un filtro de excitación.



SHUTTERSTOCK

Utiliza un *software* personalizado con inteligencia artificial para analizar imágenes, basado en una versión mejorada de MATLAB. Apenas requiere una gota de agua para realizar la prueba y puede conectarse a un *smartphone*.

## EL «SEXTO SENTIDO» OCULTO DE LOS GECOS: UN GIRO EN LA AUDICIÓN ANIMAL

Un equipo de científicos de la Universidad de Maryland ha identificado un «sexto sentido» en los gecos, quienes pueden percibir vibraciones de baja frecuencia a través del sáculo, una parte del oído interno relacionada con el equilibrio. Este hallazgo, publicado en *Current Biology*, amplía nuestra comprensión de la audición en reptiles y sugiere que este mecanismo podría estar presente en otras especies.

El sáculo, que en la mayoría de los animales vertebrados detecta cambios de posición y equilibrio, cumple una función adicional en los gecos tokay (*Gekko gekko*): detectar vibraciones que se propagan por el suelo o el agua. Este mecanismo sensorial, presente también en peces y anfibios, podría ser un puente entre los sistemas auditivos de animales acuáticos y terrestres. Según Catherine Carr, coautora del estudio, «la audición convencional capta sonidos transmitidos por el aire, pero este sistema alternativo

en los gecos detecta vibraciones a través de medios sólidos y líquidos». Este descubrimiento desafía las teorías tradicionales sobre los sistemas sensoriales animales y sugiere que los gecos podrían comunicarse mediante señales vibratorias, lo que replantea cómo los científicos perciben la comunicación animal. Además, el hallazgo aporta nuevas perspectivas sobre la transición de los animales del agua a la tierra, sugiriendo que los cambios en los sistemas auditivos fueron más graduales y sofisticados de lo que se pensaba.



ISTOCK

POR  
MIGUEL ÁNGEL  
SABADELL  
Astrofísico



## CIENCIA PATOLÓGICA, LA 'BICHA' DE LA CIENCIA

¿CÓMO DISTINGUIR LA BUENA CIENCIA DE LA MALA? ¿LA QUE LLEVA AL INVESTIGADOR A INTERESARSE POR CUESTIONES EXTRACIENTÍFICAS O POR LA ATENCIÓN MEDIÁTICA? LOS LÍMITES, A PESAR DE HABERSE DEFINIDO, NO PARECEN NADA CLAROS.

**E**n 1953 Irving Langmuir, el primer científico que, trabajando en la industria ganó un premio Nobel, dio una conferencia informal en los Laboratorios de General Electric -después publicada en forma de artículo en 1968- donde afirmaba que en el devenir habitual de la investigación científica aparecía una «ciencia» engañosa que nos hacía creer en resultados falsos debido a «efectos subjetivos, pensamiento desiderativo [aquel en el que tienen un gran peso nuestros deseos] o interacciones sin base real»: la llamó ciencia patológica, «la ciencia de las cosas que no son tales».

Según Langmuir, la ciencia patológica posee seis características básicas. La primera es que somos capaces de medir un efecto aunque apenas podamos percibir la causa, esto es, que la magnitud del efecto es independiente de la intensidad de la causa. Dicho en román paladino: no puedes demoler un edificio simplemente soplando. Un ejemplo claro es la homeopatía, que afirma que es capaz curar enfermedades cuando sus medicamentos no contienen traza alguna del supuesto principio activo.

La segunda característica es que a veces la magnitud del efecto es tan débil que se encuentra en el límite de detectabilidad o, en su defecto, se necesitan largas series de experimentos para deducir su existencia a partir de análisis estadísticos. Este es el caso de la parapsicología, que necesita largas series de pruebas para intentar detectar, tras un análisis

estadístico, alguna desviación de lo que deberíamos esperar si la percepción extrasensorial no existiera.

Otra característica es que siempre se afirma haber obtenido resultados de una gran exactitud o que hay un caso paradigmático que justifica la idea que defienden, como sucede en algunos casos de platillos volantes o casas encantadas. Da igual que el resto de los casos se hayan podido explicar mediante mecanismos nada sobrenaturales: ese único



Irving Langmuir.

IRVING LANGMUIR  
DESCRIBIÓ LA  
CIENCIA PATOLÓGICA,  
LA DE LAS COSAS  
QUE NO SON TALES

caso lo justifica todo. De igual modo, también sus defensores suelen proponer teorías fantásticas, completamente contrarias al conocimiento actual y a la experiencia, para explicarla. Nuevamente, la homeopatía es un excelente ejemplo: para justificar que sus preparados funcionan a pesar de que no haya principio activo aluden a que el agua tiene 'memoria': durante la preparación, la disolución homeopática transmite al agua la información de su efecto biológico (y solo de su efecto biológico curativo, no del resto) y esta la «memoriza» mediante un mecanismo desconocido y jamás observado en otros campos de la ciencia.

Otro de los criterios de Langmuir es que los defensores de la ciencia patológica, para defenderse como gato panza arriba ante el aluvión de críticas, proponen una serie de excusas *ad hoc* pensadas en el momento. Ahora bien, ¿cuándo es demasiado el uso de hipótesis *ad hoc*? Como decía el filósofo de la ciencia Imre Lakatos, modificar partes de la teoría con hipótesis *ad hoc* es uno de los recursos habituales en la ciencia cuando se busca mantener el núcleo central de una teoría ante hechos que la contradicen.

Finalmente, una última característica de la ciencia patológica según Langmuir es que la proporción de proponentes y críticos aumenta hasta un 50 % hasta desaparecer gradualmente hacia el olvido. Es una «serpiente de verano» de la ciencia.

A primera vista parece que los criterios que Langmuir presentó en aquella charla informal son bastante



El efecto mariposa cumpliría la regla de que la causa no es proporcional al efecto, sin embargo, no puede considerarse como ciencia patológica.

SHUTTERSTOCK

coherentes y se ajustan a lo que es un comportamiento disfuncional de la ciencia. Ahora bien, ¿son válidos para decidir lo que es ciencia patológica? Realmente, no. Primero, porque no todos los casos de ciencia patológica cumplen los seis criterios. Así, en el caso evidente de los ovnis, los espíritus o la percepción extrasensorial el número de defensores no ha descendido en picado, sino que sigue siendo elevado a pesar del tiempo transcurrido.

**¿ENTONCES BASTA CON QUE CUMPLAN ALGUNOS?** Tampoco, pues tendríamos que catalogar como patológicas muchas investigaciones sólidas. El famoso «efecto mariposa» de la física del caos es un ejemplo meridiano de que la causa no es proporcional al efecto. Por otro lado, en la física de altas energías, para detectar los fenómenos que buscan, deben limpiar la señal recibida del ruido de fondo, lo que se ajusta al segundo criterio de Langmuir: el efecto se encuentra en el límite de detectabilidad. ¿Y qué decir de teorías fantasiosas como la teoría de cuerdas y su espacio-tiempo de once dimensiones o el multiverso? ¿Y la bien establecida psicometría, que

## LA TEORÍA CUÁNTICA ESTÁ ALEJADA DE NUESTRA EXPERIENCIA DIARIA, PERO NO SE LA CONSIDERA PATOLÓGICA

parte de la convicción de que atributos psicológicos tales como las habilidades cognitivas o los rasgos de la personalidad, son cuantitativos? La literatura psicométrica abunda de teorías, métodos y aplicaciones basadas en esa premisa, pero en ningún momento se plantean buscar pruebas que demuestren que sea correcta. De hecho, nadie investiga en ese sentido y no hay ninguna teoría asentada en pruebas experimentales que sirva de apoyo a esa presunción. ¿Esto convierte la psicometría en ciencia patológica?

**EL PROBLEMA FUNDAMENTAL CON LA CIENCIA PATOLÓGICA** es que no está claro cómo los científicos son capaces de decidir si cierta afirmación es ciencia válida o mala ciencia. Lo que es cierto es que no importa lo rara que parezca o lo alejada que esté de nuestra experiencia diaria: la teoría cuántica es ambas cosas y

no se la considera patológica. Los resultados anómalos medidos experimentalmente son la puerta de entrada a una revolución científica, pero también puede conducir a un túnel sin salida: ¿Cómo reconocer o minimizar el riesgo de equivocarse el camino? No hay una respuesta verdadera. Pero sí podemos estar seguros que el comportamiento patológico aparece cuando un investigador empieza a dejarse llevar por cuestiones extracientíficas: conseguir atención mediática, por la promesa de ganancias económicas, excesivo amor hacia las propias teorías... La endémica necesidad de financiación hace que el propio investigador exagere los resultados a alcanzar, e incluso los que han alcanzado: ¿cuántas veces no se ha dicho que tal o cual descubrimiento nos llevará a curar el cáncer muy pronto? ¿Eso es ciencia patológica o simple exageración? ▢

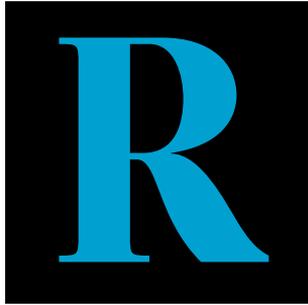
(UN «ADHESIVO» GALÁCTICO)

# MATERIA OSCURA

En este momento, la materia oscura — que no debe confundirse con energía oscura, flujo oscuro o antimateria— es solo el nombre que los astrónomos le dieron al misterioso «algo» que está haciendo que el universo se expanda a un ritmo acelerado. Existen muchas ideas sobre lo que podría ser la materia oscura. Esta es una de ellas.

---

Texto de ROSA MARÍA HERRERA, física



esulta imposible para la mirada humana «ver» el 23 % de la materia que constituye el universo y, por ello, simplemente, los científicos la bautizaron de manera muy descriptiva con el nombre de «materia oscura». Su nombre hace referencia a que se considera que no emite ningún tipo de radiación electromagnética (como la luz); de hecho, no interactuaría en ninguna forma con la radiación electromagnética, siendo completamente transparente en todo el espectro electromagnético. Esta 'transparencia' a la mirada humana se debe a que no emite, no absorbe y no refleja la luz: en otras palabras, se detecta indirectamente por sus efectos en el cosmos.

En este sentido, la mayor evidencia de su existencia a la que tenemos acceso son los efectos de su relación con las galaxias... Y es que, este tipo de materia constituida por masa no visible permite mantener cohesionadas «gravitacionalmente» las galaxias y evita que acaben desintegrándose -por expansión- con lo cual sería imposible que las estrellas permaneciesen tal como se observan y acabarían disgregándose.

Sin embargo, según los estudios más recientes, no solo la mayor parte del universo está constituida por materia oscura, sino que hay otro componente oscuro que las acompaña, la energía oscura. Si representáramos en un diagrama de tarta las estructuras esenciales que configuran el universo observaríamos que el 73 % estaría formado por energía oscura, el 23 % sería materia oscura, el 3,6 % sería gas intergaláctico y solamente el 0,4 % correspondería a las estrellas.

EL HALLAZGO DE LA MATERIA OSCURA:  
LA PRESENCIA «INVISIBLE»

### EL HALLAZGO DE LA MATERIA OSCURA: LA PRESENCIA «INVISIBLE»

Como ocurre en numerosas ocasiones, durante los procesos de investigación y en los estudios científicos, el hallazgo de materia oscura sorprendió a los científicos que andaban entregados a sus observaciones astrofísicas y se ocupaban en realizar análisis teóricos de los datos que iban apareciendo para tratar de encontrarles explicaciones coherentes.

En este contexto general, las mentes bien entrenadas, como suele ocurrir en la mayoría de las ocupaciones técnico-científicas que requieren una preparación específica exhaustiva y un grado de atención elevado, usando el instrumental y las herramientas pertinentes (en ocasiones teóricas), tienen mayor posibilidad de encontrar o detectar, no solo las novedades coherentes con los desarrollos teóricos esperados, que intuye la comunidad científica y que está buscando, sino que puede ha-

El astrofísico Fritz Zwicky analizó el movimiento del cúmulo de galaxias lejanas formadas por gran cantidad de masa.



ISTOCK

ASCPALOMAR OBSERVATORY COURTESY OF BARBARA ZICKY

# Los cúmulos de galaxias lejanas de gran cantidad de masa se pueden observar con un gran grado de precisión y de detalle

llar objetos y detalles inesperados o escasamente sospechados y casi impensables. Incluso algunas novedades que no encajan en el marco teórico general, o asuntos sorprendentes que aportan nuevos datos o informaciones y visiones o que conllevan algunos cambios radicales en la comprensión del universo y del paradigma científico y, no pocas veces, la revisión de la teoría que los sustenta.

En 1933, el astrofísico búlgaro/suizo Fritz Zwicky (1898-1974) se hallaba entregado al propósito de detectar y observar el movimiento de cúmulos de galaxias lejanas que contuvieran gran cantidad de masa (más de cien billones de masas solares), ya que estas estructuras, además de proporcionar muchísima información, normalmente se pueden observar con mayor grado de precisión y abundancia de detalles, mucho más fácilmente que otros cúmulos galácticos de menor envergadura.

Por este motivo, tras considerar diversas posibilidades, ya que en toda investigación resulta siempre imprescindible elegir cuidadosamente un objetivo viable, el profesor Zwicky escogió los cúmulos estelares de Virgo y Coma, dado que reúnen las

características idóneas para su propósito: analizar el movimiento de cúmulos de galaxias lejanas formadas por gran cantidad de masa. Zwicky estimó la masa de cada galaxia del cúmulo basándose en la medición de su luminosidad, después sumó todas las masas galácticas que minuciosamente había detectado y eso le sirvió para estimar la masa total del cúmulo galáctico formado por galaxias y gas de alta temperatura. Y aquí apareció la sorpresa y comenzó la aventura...

Tras estos primeros resultados de los trabajos, tuvo que cerciorarse cuidadosamente buscando un procedimiento para confirmar las observaciones inesperadas, en el intento de corroborar los resultados que había encontrado. Determinó volver a evaluar la masa galáctica total por otro procedimiento; en esta ocasión, se basó en la medición de la dispersión de las velocidades individuales de las galaxias de cada uno de los cúmulos que eran objetivo de su estudio y el resultado que encontró y comprobó fue sorprendente.

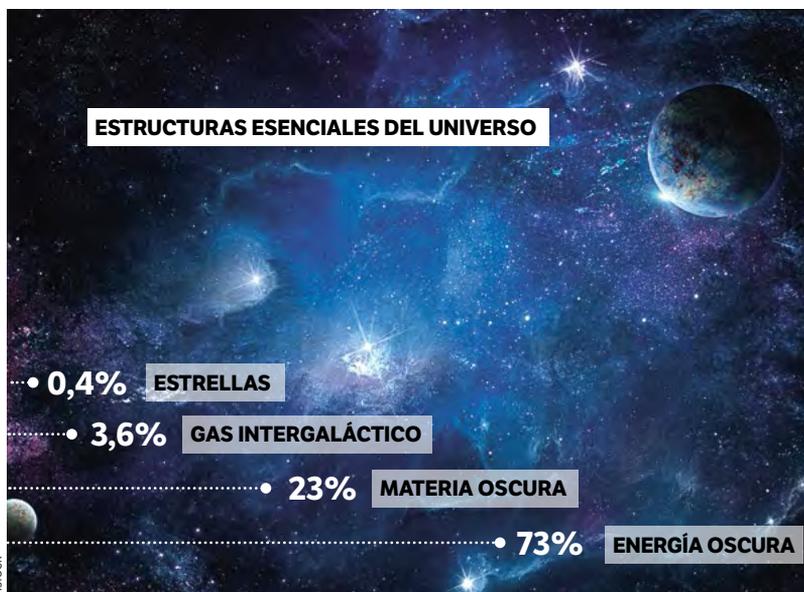
La «masa dinámica» -es decir, aquella cuya evolución y comportamiento se evalúan según sus características y propiedades de movimiento- resultó ser 400 veces mayor que la masa que se había hallado basándose en la luz que se había detectado proveniente de las galaxias.

Zwicky abrió, de este modo, una puerta a estudios examinados a predecir la evolución del Universo y buscar el desarrollo de la tecnología adecuada para efectuar con solvencia los trabajos que confirmaran las predicciones teóricas; pero en su tiempo no se disponía de los desarrollos técnicos imprescindibles para continuar avanzando en el conocimiento experimental y, en consecuencia, para paralelamente incluirlo en la comprensión teórica, así es que hubo que ponerse manos a la obra en la ingente tarea de la construcción de las herramientas adecuadas con el consiguiente desarrollo tecnológico.

## EL «DESTINO» DEL UNIVERSO

La humanidad tuvo que esperar hasta que los científicos retomaran la exploración astronómica para detectar, estudiar y comprender las causas de las discrepancias que se iban encontrando entre lo que se esperaba teóricamente y lo que se iba hallando, así es que, de una parte, hubo que desarrollar el trabajo teórico y, de otra, el necesario desarrollo técnico, para que así siguiera su evolución en paralelo. La tecnología incentivaba los avances teóricos y su comprensión, y a su vez ambos se retroalimentaban.

Los instrumentos resultaban cada vez más sofisticados e iban incrementando paulatinamente la posibilidad de alcanzar cada vez mayor precisión en la calidad y el número de hallazgos, y consecuentemente en ir modificando





El estudio de la evolución del universo tiene que ir acompañado del desarrollo de la tecnología adecuada para realizar las predicciones teóricas.

algunas ideas preconcebidas. A su vez, en una especie de espiral creciente se creaban nuevos conceptos acompañados de posibilidades y propuestas teóricas (y a veces experimentales) que propiciaban mejoras que servían para alcanzar mayor grado de comprensión de las observaciones.

Paralelamente a este desarrollo imprescindible de los aparatos, continuaban perfeccionándose e ideándose nuevas «herramientas» útiles para la comprensión teórica y para el desarrollo de la técnica, y en una especie de círculo virtuoso se acrecentaba rápidamente el número de datos e iba mejorando su interpretación, y la comprensión del significado de estos hallazgos.

### DESARROLLO (EVOLUCIÓN) DE LA IDEA DE MATERIA OSCURA

En la década de los setenta ya se estaba en condiciones de intentar analizar consistentemente los aspectos que no acababan de encajar bien y de sistematizarlos, lo que sirvió para empezar a tener en cuenta esta forma de materia, pudiendo llevar a cabo un estudio consistente y general de la estructura del Universo y predecir su evolución.

Y así, la materia oscura tuvo que esperar algún tiempo para que se la considerara parte activa en la evolución del universo y, por tanto, se la integrara como miembro de pleno derecho en el corpus general del conocimiento sobre los cúmulos galácticos.

Este hallazgo animó a no cejar en su empeño a los estudiosos expertos para ese propósito tan humano de querer predecir el destino del universo teniendo

## El futuro de la investigación

La energía oscura es uno de los grandes misterios del universo. Durante décadas, los científicos han desarrollado teorías sobre nuestro universo en expansión. Ahora, por primera vez, tenemos herramientas lo suficientemente poderosas como para poner a prueba estas teorías y realmente responder a la gran pregunta: «¿Qué es la energía oscura?». La NASA desempeña un papel fundamental en la misión Euclid de la ESA (Agencia Espacial Europea), lanzada en 2023, la cual creará un mapa 3D del universo para observar cómo la materia ha sido destrozada por la energía oscura a lo largo del tiempo. Este mapa incluirá las observaciones a miles de millones de galaxias que se encuentran a una distancia de hasta 10 000 millones de años luz de la Tierra.

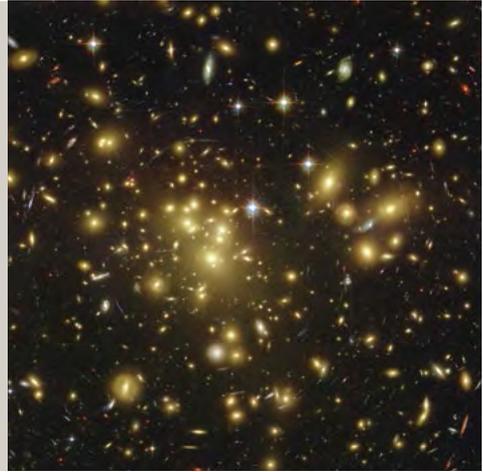
El telescopio espacial Nancy Grace Roman de la NASA, cuyo lanzamiento está previsto para mayo de 2027, está diseñado para investigar la energía oscura, entre muchos otros temas científicos, y también creará un mapa 3D de la materia oscura. La resolución de Roman será tan nítida como la del telescopio espacial Hubble de la NASA, pero con un campo de visión 100 veces mayor, lo que le permitirá captar imágenes más extensas del universo. Esto permitirá a los científicos cartografiar cómo la materia se estructura y se extiende por todo el universo y explorar cómo la energía oscura se comporta y ha cambiado a lo largo del tiempo. Roman también llevará a cabo un estudio adicional para detectar supernovas de tipo Ia. Además de las misiones y esfuerzos de la NASA, el Observatorio Vera C. Rubin, respaldado por una gran colaboración que incluye a la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos y que actualmente está en construcción en Chile, también está preparado para apoyar nuestra creciente comprensión de la energía oscura. Se espera que este observatorio terrestre esté operativo en 2025.

El telescopio espacial James Webb de la NASA (lanzado en 2021), el telescopio espacial más poderoso y más grande del mundo, tiene como objetivo hacer contribuciones a varias áreas de investigación y contribuirá también a los estudios sobre la energía oscura.

La NASA también respalda un proyecto de ciencia ciudadana llamado Exploradores de la Energía Oscura, que permite a cualquier persona en el mundo, incluso a aquellas que no tienen formación científica, ayudar en la búsqueda de respuestas sobre la energía oscura.

## La quintaesencia

Algunos científicos piensan que la energía oscura podría ser un tipo de fluido o campo de energía que llena el espacio, se comporta de manera opuesta a la materia normal y puede variar en su cantidad y distribución tanto en el tiempo como en el espacio. Esta versión hipotética de la energía oscura ha sido apodada la quintaesencia, concepto derivado del quinto elemento teórico comentado por los antiguos filósofos griegos. Algunos científicos incluso han sugerido que la quintaesencia podría ser una combinación de energía oscura y materia oscura, aunque hoy se considera que ambas están completamente separadas. Si bien las dos son grandes misterios para los científicos, se cree que la materia oscura constituye aproximadamente el 85 % de toda la materia en el universo.



ASCI/ NASA/ESA

en cuenta este constituyente inesperado. Para ello, obviamente se hacía necesario trabajar para ahondar e incrementar el conocimiento afianzando este sorprendente hallazgo.

Los trabajos experimentales y los desarrollos teóricos no dejaron de evolucionar, pero desde el hallazgo de Zwicky hasta los años setenta no hubo muchos avances en este terreno y fue en esta década cuando se empezó a analizar esta discrepancia sistemáticamente y se comenzó a considerar la existencia de la materia oscura. Aunque este hallazgo no resolvía únicamente la falta de masa en los cúmulos galácticos, sino que alentaba la posibilidad de pensar en la evolución del universo.

En el universo próximo (el más accesible para nosotros), se han desarrollado mapas detallados del espectro electromagnético. La materia oscura aporta al universo el 86 % de su masa y aproximadamente el 27 % de su energía. Este «invisible» tiene masa y se le «pilla» (localiza) por sus efectos gravitacionales; sin embargo, los instrumentos no detectaban radiación electromagnética proveniente de esta materia, por lo que se le denomina oscura.

La actual concepción cosmológica encaja bien en el modelo estándar cosmológico basado en el *big bang* por razones fundamentales.

1) No se podría explicar la formación de galaxias y cúmulos de galaxias incluso en el *big bang*.

**La materia oscura aporta al universo el 86 % de su masa y el 27 % de su energía, detectando su presencia por sus efectos gravitacionales**

2) En un ambiente cosmológico que reconoce como única fuerza cosmológica la gravedad, no se explicaría de qué manera las galaxias pueden permanecer íntegras, puesto que la materia visible no ejerce atracción gravitacional suficiente.

3) Si este modelo fuera erróneo, no se necesitaría la hipótesis de la existencia imprescindible de materia oscura, puesto que aparece de la violación de un modelo matemático explicativo y no de un resultado experimental.

4) No hay que confundir la materia oscura con las diferentes hipótesis conocidas como energía oscura.

En definitiva, son muchas las cuestiones que se nos plantean aún hoy día respecto a la materia oscura. ¿Qué hemos descubierto más allá de la materia oscura y su distribución espacial? ¿Por qué la materia oscura se distribuye solo en el interior y se desliza hacia los márgenes...? ¿No actúa gravitacionalmente como la materia galáctica? ¿La atracción gravitatoria no provoca agregación?

Pero aún surgen más asuntos o preguntas relacionadas con todas las cuestiones gravitatorias. Comparando la materia oscura con la materia luminosa, comprobamos que la materia luminosa se concentra en el núcleo galáctico y comienza en los márgenes. ¿Por qué la materia oscura solo se detecta en el interior? ¿por qué, comparando con el resto de la materia (la materia luminosa) que se distribuye uniformemente, la materia oscura se distribuye solo en el interior? ¿gravitacionalmente no interacciona de esta manera? ¿la atracción gravitatoria no provoca suma? y ¿por qué las personas aisladas son prácticamente esféricas? La rotación no debería configurar un elipsoide aplastado sobre el plano galáctico. □

**Agradecimiento** al profesor M. Casolino, quien me proporcionó el conocimiento y el material para este trabajo.

Esta recreación artística muestra cómo debió de ser nuestro planeta cuando apareció el primer terrícola, un microorganismo conocido en la comunidad científica como LUCA (siglas en inglés de último antepasado común universal). ASC

# Un comienzo explosivo

Aunque sigue ignorándose cómo pudo nacer algo vivo de un planeta inerte, nuevas teorías sugieren que sus ingredientes químicos básicos surgieron a la vez, por improbable que parezca.

---

Texto de **MICHAEL MARSHALL** / © **NEW SCIENTIST** Escritor y autor del libro *The Genesis Quest* (La búsqueda de la génesis).

# C

uando la Tierra se formó, hace aproximadamente 4500 millones de años, era una esfera de roca estéril, azotada por meteoritos y cubierta de volcanes en erupción. Unos mil millones de años más tarde, se encontraba habitada por microorganismos. Hoy, la vida cubre cada centímetro del planeta, desde las montañas más altas hasta lo más profundo del océano. Y, sin embargo, todos los demás planetas del sistema solar parecen inertes. ¿Qué sucedió con nuestro joven mundo? ¿Cómo fue posible que de la aridez de esas rocas, arenas y sustancias químicas surgiera algo vivo?

Se han propuesto muchas ideas para explicar ese intrigante comienzo. La mayoría dan por sentado que las células son demasiado complejas para formarse de golpe, por lo que la vida debe de haberse inaugurado con la supervivencia de un único componente que

de algún modo creara los que lo rodean. Ahora bien, puestas en práctica en el laboratorio, estas conjeturas no dan lugar a nada que recuerde particularmente a la vida. Algunos investigadores empiezan a darse cuenta de que es como intentar fabricar un coche construyendo primero el chasis y esperar luego a que las ruedas y el motor aparezcan de manera espontánea.

## DE UN MISMO ORIGEN, EL CARBONO

La alternativa, que la vida surgiera de una vez, completamente formada, parece aún menos probable. No obstante –y quizá para sorpresa de muchos, dos líneas de investigaciones convergen para sugerir que eso habría sido exactamente lo que ocurrió. Resulta que todas las moléculas clave de la biología pueden provenir de la misma química simple, basada, eso sí, en un elemento de la tabla periódica: el carbono. Es más, dichas moléculas se combinan con facilidad para formar protocélulas que se asemejan sorprendentemente a los microorganismos vivos. Además de explicar cómo empezó, esta idea que llamaremos del todo a la vez, tiene también implicaciones en relación

ENLACE AL CANAL

[www.instagram.com/byneontelegram](https://www.instagram.com/byneontelegram)

Escanea el código QR



SHUTTERSTOCK

Los más viejos indicios biológicos hallados hasta la fecha son los estramatolitos, fósiles de colonias bacterianas que se extienden por el oeste de Australia –izquierda– y otros puntos de la Tierra. Datados en 3500 millones de años de antigüedad, se formaron por la superposición de capas de carbonato cálcico que generan las cianobacterias al morir. En la página de la derecha, uno de estos microbios, perteneciente al género *Spirulina*.

a dónde surgió, así como sobre cuáles son los lugares en los que sería más probable que apareciera fuera de nuestro planeta.

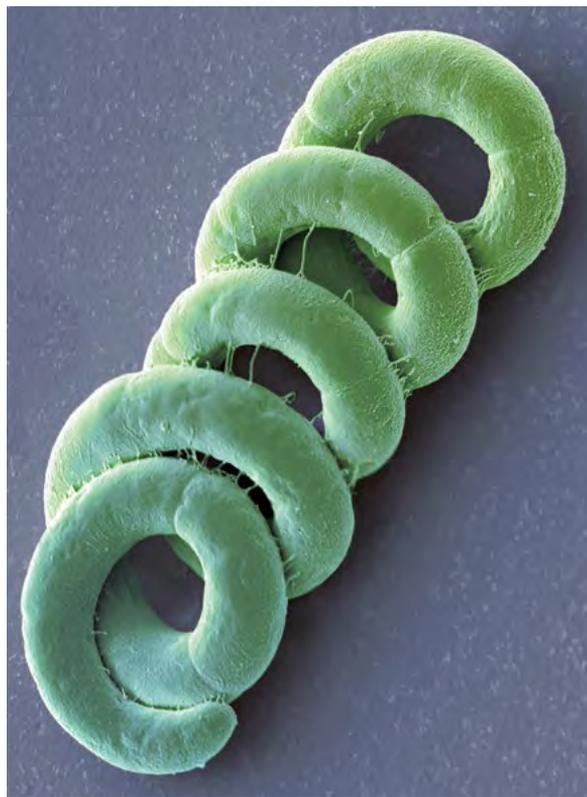
El problema de entender el origen de la vida es que no sabemos cómo era esta al principio. Los fósiles más antiguos encontrados datan de hace 3500 millones de años, pero no son de gran ayuda. Se hallan en antiguas formaciones rocosas llamadas estromatolitos y consisten en organismos unicelulares semejantes a las bacterias actuales. Son relativamente complejos: hasta los microbios modernos más simples poseen más de cien genes. Los primeros terrícolas tienen que haber sido, por fuerza, más simples. Los virus prosperan con un menor número de genes, pero, ahora bien, solo pueden reproducirse infectando células, por lo que tampoco es posible que fueran los primeros en salir a escena.

Dada la falta de pruebas tangibles, los científicos dedicados a investigar el origen de la vida empiezan por hacerse dos preguntas básicas. La primera: ¿cuáles son los procesos fundamentales que sostienen este fenómeno? Y la segunda: ¿qué sustancias químicas intervienen en ellos? A continuación resumimos las respuestas posibles.

La vida puede reducirse a tres conceptos básicos. En primer lugar, tiene integridad estructural, lo cual significa que cada célula posee una membrana exterior para mantener unido todo el conjunto. En segundo lugar, funciona gracias a un metabolismo, esto es, una serie de reacciones químicas que permiten obtener energía del entorno. Y, por último, se reproduce por medio de genes que contienen las instrucciones para fabricar células; estas instrucciones se transmiten a su descendencia.

Los bioquímicos conocen también las sustancias químicas que sustentan esos mecanismos. Las membranas celulares están formadas por lípidos, moléculas que contienen largas cadenas de átomos de carbono. El metabolismo funciona merced a las proteínas, cadenas de aminoácidos retorcidas en forma de lazo. En este ámbito, juegan un papel determinante las enzimas, que ayudan a catalizar las reacciones químicas y las aceleran. Y los genes están codificados en unas moléculas llamadas ácidos nucleicos, como el ácido desoxirribonucleico, más conocido como ADN.

Más allá de estas instrucciones básicas, las cosas empiezan a complicarse, ya que los tres procesos se encuentran entrelazados. Los genes contienen las instrucciones para fabricar proteínas, lo cual significa que la existencia de estas últimas depende de los primeros. Pero las proteínas son también esenciales para mantener y copiar los genes, por lo que la dependencia va en ambos sentidos. Y, por si fuera poco,



las proteínas –fabricadas por los genes– son cruciales para construir los lípidos de las membranas. Cualquier hipótesis que pretenda explicar el origen de la vida debe tener todo esto en cuenta. Y si suponemos que resulta improbable que los genes, el metabolismo y las membranas surgieran a la vez, uno de ellos tendría que haber existido antes que el resto y haber inventado los demás.

### LAS PROTEÍNAS

Una primera teoría puso a las proteínas en el asiento del piloto. En los años cincuenta, el bioquímico estadounidense Sidney Fox descubrió que si calentaba aminoácidos, estos se unían en cadenas. En otras palabras, formaban proteínas, aunque con una secuencia aleatoria en vez de determinada por un código genético. Fox les dio el nombre de proteinoides y descubrió que podían formar esferas semejantes a las células y catalizar reacciones químicas, pero no se llegó mucho más lejos. Hay todavía muchos investigadores que intentan encontrar comportamientos similares a la vida en simples proteínas, pero la idea de que ellas por sí mismas fueran el origen de todo ha sido mayormente rechazada.

## Las moléculas clave de la vida pueden provenir de la misma química simple, basada en el carbono



Un investigador muestra partículas extraídas del meteorito Murchison, que cayó en 1969. En esta roca espacial se han encontrado compuestos esenciales para sustentar procesos bioquímicos.

DEPARTMENT OF ENERGY USA

Más recientemente, gran parte de los estudios se han centrado en una idea conocida como el mundo de ARN (ácido ribonucleico), que, igual que el ADN, lleva genes. El descubrimiento de que algunos tipos pueden catalizar reacciones químicas sugirió que las primeras moléculas de ARN pudieron haber sido enzimas que se autorreplicaban, dando lugar a la vida. Sin embargo, los bioquímicos se han esforzado durante décadas en conseguir el autoensamblaje o la autorreplicación del ARN en el laboratorio, con la conclusión de que cualquiera de los dos procesos necesita mucha –demasiada– ayuda.

Entonces ya solo nos quedan las membranas. Esta es la opción que ha defendido David Deamer, de la Universidad de California en Santa Cruz (EE. UU.). En la década de los setenta, su equipo descubrió que los lípidos presentes en las membranas celulares podían crearse mezclando con agua dos simples sustancias

químicas, la cianamida y el glicerol, y calentando todo a 65 °C. Si dichos lípidos se metían luego en agua salada y se agitaban, formaban masas esféricas con dos capas exteriores, igual que las células. «La función más simple es el autoensamblaje de las membranas: se produce de modo espontáneo», dice Deamer, quien, sin embargo, admite que este hecho no es suficiente, puesto que los lípidos no pueden portar genes o formar enzimas.

## EL QUIMIOTÓN

Las dificultades que encuentran estos modelos para explicar el origen de la vida han llevado a Deamer y a otros colegas a explorar la posibilidad, aparentemente menos factible, de que los tres sistemas surgieran a la vez en una forma muy simplificada.

Esta idea no es nueva. En 1971, el bioquímico húngaro Tibor Gánti escribió un libro en el que imaginaba cuál era el objeto más simple que los biólogos pudieran considerar algo vivo. Su quimiotón –así lo llamó– consistía en un rudimentario metabolismo basado en enzimas, capaz de producir genes y una membrana. Cuando los fragmentos de ADN se autorreplicaban, liberaban subproductos que acababan en dicha membrana y hacían que el quimiotón creciera y, al final, se dividiera. Las ideas de Gánti no obtuvieron reconocimiento hasta principios del siglo XXI, y para entonces otros habían hecho propuestas similares. Ahora, la hipótesis del todo a la vez está ganando impulso.

La primera línea de apoyo a esta teoría viene de la bioquímica de los tres sistemas clave de la vida. Desde el punto de vista químico, los ácidos nucleicos, como el ARN, son muy distintos de las proteínas, que a su vez difieren radicalmente de los lípidos. Por este motivo, hasta hace poco, los bioquímicos dieron por sentado que era improbable que esas tres piezas biológicas se formaran en el mismo lugar y a partir de las mismas sustancias.

Una pista fundamental procede de los meteoritos, muchos de los cuales son tan antiguos como la Tierra, y, por tanto, nos dan información sobre cómo era el planeta en su primera infancia. Uno de los más estudiados es el llamado Murchison, que cayó en 1969 en Australia. En 1985, Deamer descubrió que contenía moléculas de tipo lipídico, susceptibles de formar membranas. Otros encontraron aminoácidos y, en 2008, la astrobióloga portuguesa Zita Martins, por entonces miembro del Imperial College de Londres, identificó un componente de ARN en la roca procedente del espacio. Ninguna de estas sustancias químicas eran abundantes, pero su presencia allí indicaba que, efectivamente, podían formarse a la vez.

Entretanto, Ernesto di Mauro, biólogo de la Uni-

# En realidad la teoría de que todo empezó con las proteínas no ha sido respaldada por los experimentos científicos

versidad de Roma La Sapienza (Italia), ha dedicado dos décadas a estudiar cómo puede ocurrir esto en la Tierra. Di Mauro se ha centrado en la formamida, sustancia química relacionada con el cianuro y que posee solo seis átomos en cada molécula. Se encuentra en todo el universo y probablemente fuera común cuando la Tierra acababa de formarse. En 2001, su equipo observó que la formamida o metanamida podía dar lugar a varios componentes del ARN si se la calentaba a 160 °C en presencia de minerales como la caliza. Luego los investigadores descubrieron que este fenómeno se veía favorecido por un tipo común de arcilla llamado montmorillonita. Además, la formamida también es capaz de generar aminoácidos, los ingredientes fundamentales de las proteínas.

Y este no es el único compuesto susceptible de realizar tales hazañas. Por el procedimiento de combinar una sustancia orgánica similar, denominada cianamida, con otras simples, John Sutherland, del Laboratorio de Biología Molecular MRC, en Cambridge (Inglaterra), ha creado nucleótidos, los componentes básicos del ARN. Para esta reacción se requiere luz ultravioleta, calor, un proceso de secado y otro de humedecimiento con agua. El equipo de Sutherland ha

descubierto que las mismas sustancias químicas iniciales también son capaces de crear los precursores de los aminoácidos y los lípidos. «Todos los subsistemas celulares pueden haber surgido simultáneamente a través de la química común», concluye. La clave está en lo que Sutherland denomina misterio de Ricitos de Oro: una mezcla con suficiente variedad para que tengan lugar reacciones complejas, pero sin que se convierta en un caos.

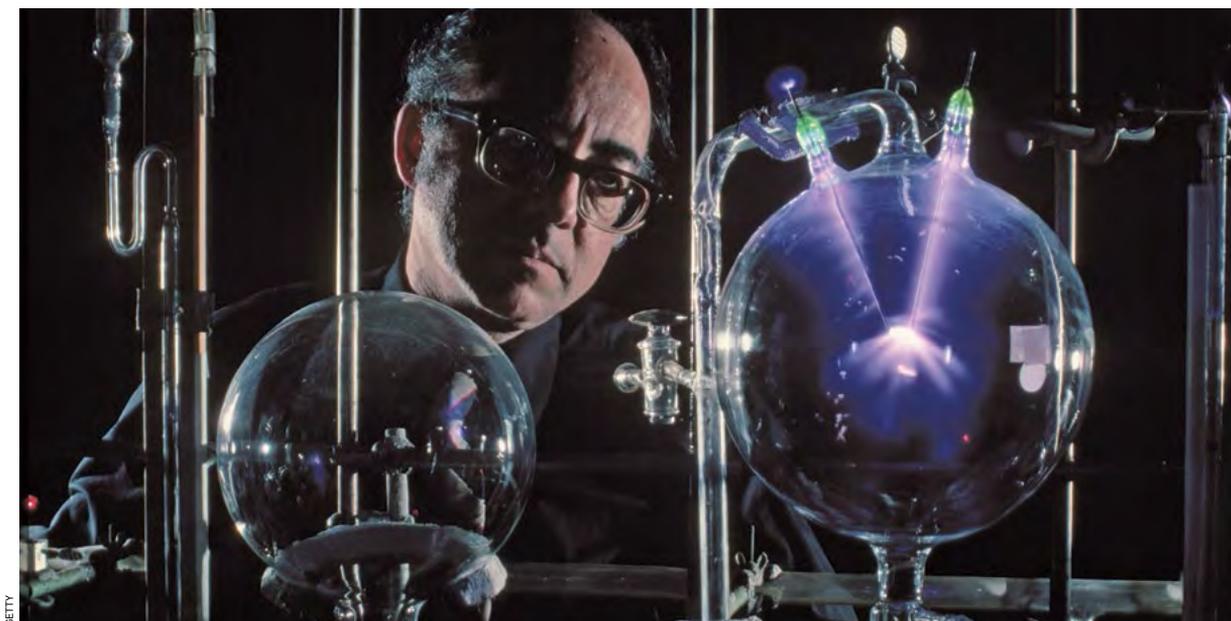
### FORMACIÓN DE PROTOCÉLULAS

O sea, es posible que todas las moléculas clave de la vida puedan haberse creado juntas. Pero ¿cómo se combinaron en una célula primigenia? Deamer sigue sosteniendo que los primeros lípidos formaron espontáneamente protocélulas basadas en membranas, aunque ahora piensa que los tres grupos de moléculas trabajan estrechamente juntos. Los contenedores lipídicos ayudan al ARN y a las proteínas a formarse, mientras que el ARN estabiliza las membranas. Si todos ellos están presentes, el sistema funciona mucho mejor.

Jack Szostak, biólogo molecular de la Escuela de Medicina de Harvard (EE. UU.), ha conseguido nota-



El biólogo norteamericano Jack Szostak ha creado con compuestos químicos sencillos un modelo de estructuras similares a las células, capaces de crecer e, incluso, de duplicarse por sí mismas.



GETTY

Stanley Miller recreaba el experimento del que fue coautor en la Universidad de Chicago en el que demostró que las moléculas esenciales de la vida se formaron espontáneamente en las condiciones conocidas de la Tierra primitiva.

bles avances en la tarea de entender cómo pudo haber sucedido eso. Su equipo, que empezó a trabajar en 2003, creó modelos de células con capas exteriores de ácidos grasos que rodeaban un espacio interior capaz de contener ARN. Estas protocélulas se formaban con especial rapidez en presencia de diminutas partículas de montmorillonita, que a menudo quedaban atrapadas dentro de ellas y llevaban el ARN al interior. Cuanto más ARN obtenían las protocélulas, más crecían; es decir, estaban compitiendo. Es más, estos protoentes vivos podían dividirse y formar hijos, igual que las células modernas.

«El crecimiento y la división pueden ser el resultado de simples fuerzas fisicoquímicas, sin ninguna maquinaria bioquímica compleja», resumió el grupo de Szostak, cuyos investigadores han conseguido incluso que el ARN se autorreplice dentro de las protocélulas.

### LOS PROCESOS QUÍMICOS

El único sistema que falta en estos prototipos es el metabolismo, algo particularmente difícil, porque supone crear secuencias enteras de reacciones químicas. En los organismos modernos, dichas secuencias están controladas por batallones de enzimas proteicas cuya existencia no era posible cuando comenzó la vida. Algunos investigadores, no obstante, han conseguido poner en marcha procesos químicos me-

tabólicos sin proteínas. Resulta que muchas de las reacciones clave pueden ser inducidas por metales como el hierro –a menudo combinado con azufre–, materiales que siempre han sido abundantes en la Tierra. Recientemente, Szostak y otros han demostrado que dentro de las protocélulas pueden formarse cúmulos de átomos de hierro y azufre debido a la acción de la luz ultravioleta. Queda por saber si en su interior pueden producirse también reacciones metabólicas.

Las creaciones de Szostak son hasta ahora el mejor modelo con que contamos para conocer el aspecto que pueden haber ofrecido los primeros organismos vivos. Pese a incluir solo un puñado de sustancias químicas, estos entes de laboratorio crecen y se reproducen y contienen genes capaces de autorreplicarse. Aún es pronto para decir si surgen del tipo de química que defiende Di Mauro o si es Sutherland el que está más cerca de dar en el blanco. Eso depende del entorno en que haya surgido la vida, algo que no podemos saber con seguridad. Y, curiosamente, es la propia química la que nos ayuda a reducir las opciones.

Si la idea del todo a la vez sobre los orígenes de la vida es correcta, la génesis tuvo lugar en condiciones muy específicas. La mayoría de las reacciones químicas de Sutherland y Di Mauro dependen de la luz ultravioleta, y algunos pasos fundamentales requieren secado. Entonces habría sido necesaria una superficie mineral sólida que en condiciones ideales incluiría arcilla,

## La teoría del ‘todo a la vez’ respalda la idea de que la vida haya surgido en Marte hace miles de millones de años

## Visitas improbables

Un puñado de científicos argumentan que la vida no comenzó en la Tierra, sino en algún otro lugar del universo, y que fue traída aquí por meteoritos u otros cuerpos espaciales. El origen podría ser tanto un sitio cercano, tipo Marte, como otro a años luz. Esta idea se denomina panspermia. Aparte del hecho de que esto simplemente traslada a un lugar distinto el problema del origen, no se ha encontrado ninguna prueba de que exista vida en ninguna otra parte. Si la panspermia fuera verdad, sobre el planeta Tierra lloverían más a menudo bacterias procedentes del espacio, y también podrían encontrarse restos de esos microbios desparrramados en mundos vecinos, como la Luna, solo poblada por rocas estériles. Además, el espacio es hostil a la vida. Cuando se han ubi-

cado bacterias fuera de la Estación Espacial Internacional, estas sufrieron un daño considerable incluso en exposiciones de solo un año. Esto deja la puerta abierta a que la vida pueda viajar dentro del sistema solar, pero es una puerta pequeña: el trayecto de Marte a la Tierra llevaría al menos varios meses, mientras que desde otras estrellas supondría un viaje que duraría milenios.

Los defensores de la panspermia pueden sufrir también la decepción de ver que el misterio del principio de la vida en la Tierra comienza a resolverse, como se explica en este artículo. Aunque las materias primas llegaron del espacio, parece más probable que fuera nuestro planeta la que les infundió vida. Este es un misterio que está pendiente de resolverse por parte de la ciencia.



Los defensores de la panspermia sostienen que las semillas de la biología terrestre llegaron del exterior.

SHUTTERSTOCK

como la montmorillonita, luz solar con una cierta cantidad de radiación ultravioleta y calor suficiente para que el agua se evapore periódicamente. Este escenario parece descartar la extendida suposición de que la vida surgió en fuentes hidrotermales ricas en sustancias químicas situadas en las profundidades del mar. En su lugar, los investigadores de la teoría del todo a la vez creen que comenzó en tierra firme, en lagunas químicamente ricas.

Sutherland ha desarrollado un modelo con corrientes de agua que discurren por el cráter dejado por el impacto de un meteorito. Deamer prefiere lagos geotermales en entornos volcánicos, y eso es lo que está centrado en investigar. Este último ha demostrado, por ejemplo, que los lípidos pueden formar protocélulas en el agua de los espacios lacustres, pero no en agua de mar.

Además de ayudar a localizar el entorno en el que se originó la vida en la Tierra, la idea del todo a la vez también sugiere dónde buscarla fuera. Los requis-

tos bioquímicos dejarían fuera a dos favoritos: los satélites Europa, de Júpiter; y Encélado, de Saturno. De ambos se cree que albergan océanos bajo una capa de hielo que podrían mantener vida si esta fuera introducida, pero no son lugares apropiados para que surja de cero.

### PROBABILIDAD MARCIANA

Marte sí cuadra. En la actualidad, es un planeta frío y carece de agua líquida en la superficie, pero hace miles de millones de años probablemente fluyeran ríos sobre sus rocas. Era también volcánicamente activo, por lo que pudo haber albergado lagos geotermales como los que estudia Deamer.

Obviamente, esto depende de que la idea del todo a la vez sea correcta, y faltan piezas en el puzzle. Quizá el argumento más persuasivo sea, como en muchas otras cosas en la vida, que el comienzo probablemente fuera más complejo de lo que nunca habíamos pensado. □

# Deceye



## TRANSPARENCIA EN EL UNIVERSO DE FINANZAS DESCENTRALIZADAS

CARLOS CAÑADO MOYA - GLOBAL CTO KAIRÓS

**E**n junio de 2024 se lanzó Deceye.com, cuya misión es clara: convertir los datos en conocimiento útil para que usuarios, inversores y entusiastas de DeFi puedan tomar decisiones informadas. Gracias a la sinergia entre la experiencia de Carbono Solutions en cripto finanzas y la trayectoria de Kairós en desarrollo de *software*, *blockchain* y análisis de datos, Deceye busca aplicar los principios del análisis financiero tradicional (TradFi) a las Organizaciones Autónomas Descentralizadas (DAOs), entidades clave del ecosistema DeFi.

**¿QUÉ ES EL ECOSISTEMA DEFI Y EL PAPEL DE LAS DAOs?** Las Finanzas Descentralizadas (DeFi) son un conjunto de servicios financieros que operan en tecnología *blockchain*, eliminando intermediarios tradicionales. Dentro de este ecosistema surgen las Organizaciones Autónomas Descentralizadas (DAOs), entidades gobernadas por sus usuarios mediante *tokens* de voto. Estas organizaciones no solo gestionan fondos, si-

no que también permiten la participación activa de la comunidad en la toma de decisiones, gracias a la transparencia y automatización que brinda la tecnología *blockchain* y los contratos inteligentes.

Las DAOs pueden cumplir funciones diversas, desde la gestión de fondos de inversión hasta el soporte de protocolos DeFi, programas descentralizados que ofrecen servicios financieros como préstamos, intercambios de activos y optimización de rendimientos. Los principales tipos de protocolos DeFi incluyen:

- 1. Préstamos y créditos (Lending & Borrowing):** permiten a los usuarios prestar y tomar prestados criptoactivos con interés.
- 2. Intercambios descentralizados (DEX):** posibilitan el intercambio de activos sin intermediarios.
- 3. Staking:** permite obtener recompensas manteniendo cripto-tokens.

### ¿Cómo? Proceso de Investigación y Normalización



**4. Derivados:** contratos que derivan su valor de una entidad subyacente.

**5. Optimización de rendimientos (Yield Optimization):** maximiza las ganancias moviendo fondos entre múltiples plataformas DeFi.

**DECEYE: UN FARO DE TRANSPARENCIA EN EL UNIVERSO DEFI.** En un entorno donde los datos en *blockchain* son abundantes pero dispersos, Deceye se presenta como una herramienta esencial para desentrañar la información valiosa oculta en esta inmensa red. Al agregar y normalizar datos de gobernanza y tesorería de las DAOs, la plataforma facilita una comprensión clara del funcionamiento y los riesgos asociados a los principales protocolos DeFi. Los usuarios pueden acceder a dos categorías principales de métricas:

- **Métricas de gobernanza:** analiza las votaciones, la participación y el grado de descentralización dentro de cada DAO, proporcionando una visión detallada de cómo se toman y ejecutan decisiones dentro de cada protocolo.

- **Métricas de tesorería:** proporciona una visión completa de la situación financiera de cada DAO, incluidas sus reservas en criptomonedas y el estado de sus *tokens*. Este análisis permite entender la salud financiera de la organización y su capacidad para generar ingresos y rendimientos.

**¿CÓMO DECEYE MARCA LA DIFERENCIA?** Actualmente, pocas plataformas ofrecen un análisis completo y comparable de las DAOs en términos de gobernanza y tesorería. Deceye se diferencia en varios aspectos:

**1. Acceso a datos directos desde la blockchain:** diferencia de sus competidores, Deceye extrae información directamente de la *blockchain*, garantizando la integridad y precisión de los datos. El proceso, aunque complejo, asegura que la información sea fiable, minimizando el riesgo de errores comunes al extraer datos de fuentes externas.

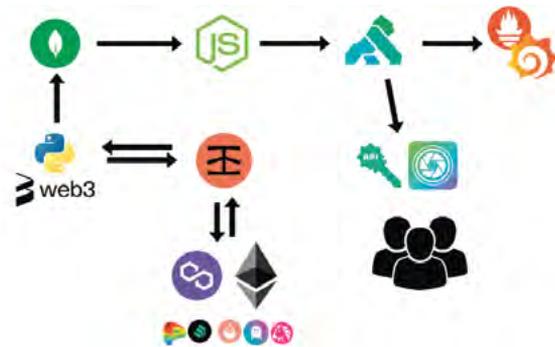
**2. Normalización de métricas:** la plataforma establece estándares de gobernanza y tesorería, facilitando comparaciones precisas entre diferentes DAOs. Este enfoque es especialmente útil para los inversores que buscan identificar proyectos con prácticas sólidas y transparentes.

**3. Accesibilidad y disponibilidad:** Deceye ofrece sus *insights* a través de una API y una plataforma web accesible en [deceye.com](https://deceye.com). La disponibilidad de estos datos a través de múltiples canales facilita que terceros integren los datos en sus propias plataformas de análisis, aumentando el alcance y la utilidad de la información.

**UN RECORRIDO DESDE LA FASE DE CONCEPTO HASTA EL LANZAMIENTO.** Deceye ha pasado por un riguroso proceso de validación desde su prueba de concepto (PoC) hasta el lanzamiento de su producto mínimo viable (MVP), asegurando que cumpla su misión de promover la transparencia en DeFi. La plataforma permite

a los usuarios analizar y comparar DAOs utilizando métricas que evalúan la participación de los votantes, el poder de descentralización y el flujo de tesorería, elementos clave que históricamente han sido difíciles de rastrear en el espacio DeFi.

La arquitectura de Deceye también destaca por su enfoque innovador. Utiliza Python y la biblioteca Web3 para conectarse a nodos de redes *blockchain* como Infura en Ethereum y Polygon. Los datos se normalizan y se almacenan en una base de datos MongoDB, accesible a través de una API REST, que está protegida y gestionada mediante Kong y monitorizada con Prometheus y Grafana.



### COMPETENCIA Y VENTAJAS DE DECEYE

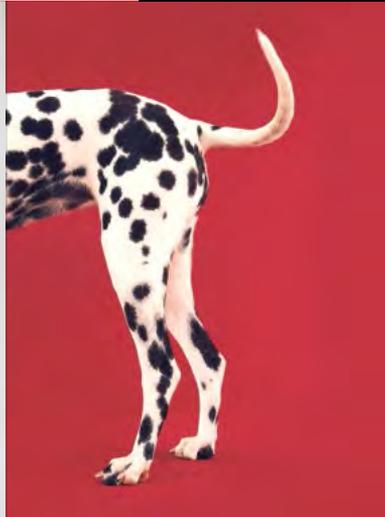
Competidores como Tally.xyz, Boardroom.io y Deepdao.io ofrecen diferentes enfoques, pero Deceye combina los aspectos de gobernanza y tesorería en una sola plataforma, proporcionando una visión integral del desempeño de cada DAO. Si bien algunos competidores se especializan en el análisis de la tesorería o facilitan la votación en propuestas, Deceye se centra en normalizar y comparar DAOs para apoyar la toma de decisiones de inversión.

### UN PROYECTO VISIONARIO PARA EL FUTURO DE LAS FINANZAS DESCENTRALIZADAS.

Deceye.com representa un avance crucial en el ecosistema DeFi, permitiendo a los usuarios obtener una visión completa y transparente del estado de las DAOs. Con la capacidad de recopilar y estandarizar datos financieros y de gobernanza, la plataforma se convierte en una herramienta poderosa para aquellos interesados en tomar decisiones informadas en el espacio DeFi.

El futuro de Deceye incluye la expansión de sus métricas y la integración de nuevas funcionalidades que permitan un análisis más profundo y detallado de las DAOs. A medida que el ecosistema DeFi continúa evolucionando, Deceye planea ser un líder en transparencia y análisis, ayudando a dar forma a un futuro más accesible y comprensible para todos los participantes en el espacio de finanzas descentralizadas.

En pocas palabras, Deceye se erige como un referente en la transparencia, ofreciendo un análisis integral que simplifica la comprensión del estado financiero y de gobernanza de las principales DAOs. □



# El día en que nuestros ancestros perdieron la





# cola



La realidad es que los humanos no perdimos la cola porque como especie jamás la tuvimos. Le ocurrió a nuestros ancestros y no fue de un día para otro. Las últimas investigaciones apuntan a que nuestro linaje perdió la cola por una drástica mutación genética, hecho que tuvo un impacto trascendente en nuestra evolución.

---

Texto de **JAVIER RADA**, periodista

SHUTTERSTOCK / ISTOCK





unque a Sigmund Freud se le olvidara catalogarla en la lista de sus malsanos complejos, la más extraña, salvaje y, por tanto, natural de las envidias, es la que sentimos los humanos al ver que el resto de animales siguen conservando su cola.

Sentimos envidia si el gato nos acaricia la pantorrilla en su sutil juego de seduc-

ción; envidia frente a la franca efusividad del perro al recibirnos en casa; envidia bajo el prenil poder del mono arborícola que es capaz de agarrarse con su apéndice en las ramas más altas y así casi volar tras robarnos el plátano. Imagina tener la 'tercera pata' del canguro para poder sentarte sobre ella en la cola del supermercado, o que pudieras saltar sobre las olas de la playa como el delfín, o que, al entrar en la discoteca, te fuera posible desplegar la emplumada belleza del pavo real provocando varios infartos...

¡Guau! ¡Miau! ¡Kikiriki.! ¡Qué órgano más fantástico y polivalente! No es extraño que nosotros deseemos tener una. Como si de una navaja suiza se tratara, es multiusos. En la naturaleza tiene aplicaciones diversas, funciona en la defensa y en la atracción sexual, en la locomoción, la sujeción y el salto, en el vuelo y en la navegación, en la depredación y también en la comunicación social.

No hay duda. Junto a ojos, orejas, lenguas y dientes, es uno de los 'inventos' favoritos de la evolución. Desde que apareciera por primera vez, hace millones de años, ha sido reutilizada por las variopintas especies del linaje de los cordados (grupo taxonómico donde nos situamos los vertebrados, donde estamos peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, casi todos con una cola como gran característica morfológica). Cada uno de ellos ha sabido encontrarle sus utilidades particulares desde que surgiera como un arcaico timón, una gran fuerza de propulsión acuática en los lejanos mares de Cámbrico.

Viene siendo el momento entonces de plantearse la gran pregunta, hora de que deslices la mano por esa espalda recta que te caracteriza como bípedo; el momento para que presiones abajo e intuyas ese hue-

## Los Alu, secuencias de fragmentos de ADN propias de los primates, serían los responsables de que no tengamos cola

so que algún gracioso tildó de 'sacro', esas vertebras fusionadas que llaman coxis, el vestigio de una tris-te cola que no llega a ser ni un muñón... ¿Quién nos cambió la elegante y sensual cola por esta rabadilla? ¿Dónde estará, oh, diosa Fortuna, nuestro apéndice? ¿Qué tuvo que ocurrir para que los *Homo sapiens* no tengamos ese órgano con el que seducir, jugar, golpear, sujetar el martillo, o acercarnos el papel de váter? ¿Qué tuvo que ocurrir para que la evolución nos hiciera prescindir de lo que, a todas luces, parece ser uno de sus mayores dones?

### LA RESPUESTA ESTÁ EN LOS GENES

Sí, en unos genes que llaman 'saltarines' y que, en efecto, 'saltan' por el genoma como diablillos, ya que según donde caigan pueden generar un estropicio o la aparición de un nuevo diseño evolutivo. Tienen un nombre que suena a daimón griego o a genio de la lámpara persa: son los «elementos Alu». En realidad, no llegan a ser ni genes, sino que son secuencias, fragmentos de ADN, mucho más cortas que un gen y que no codifican (no se expresan por sí mismos). Pero por su comportamiento volátil, pueden provocar con estos 'saltos' una mutación al impedir que determinados genes sí se expresen. Y nuevos experimentos de laboratorio con ratones parecen indicar que estos Alu son los culpables de que hoy no tengamos cola.

Los Alu son característicos de los primates (aparecen en este grupo en gran número), y «pueden crear copias y saltar e insertarse en sitios específicos del genoma», explica Iker Rivas-González, genetista, experto en primates, e investigador del Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva.

El 'salto' del que hablamos, el que nos cercenó la cola, tuvo lugar mucho antes de que nuestra especie existiera (los *Homo* nunca tuvimos este apéndice). Ocurrió en un ancestro común que compartimos con otros primates que tampoco tienen cola, como son los gorilas, los orangutanes, los gibones o los chimpancés. Un traspies, un accidente de estos *gremlins* genéticos, que los científicos sitúan unos veinticinco millones de años atrás.

Esta es al menos la conclusión a la que ha llegado un equipo de investigadores liderados por el científico Bo Xia, de la Universidad de Nueva York. La idea le vino a Xia tras sufrir él mismo un accidente y romperse el coxis. El hallazgo ha sido publicado en la revista *Nature* y allí se muestra que si insertas los Alu en ratones modificados genéticamente estos también pierden la cola. La mutación interferiría en la expresión del gen TBXT, que es el que está implicado en el desarrollo de esta extremidad en muchos primates.

«Antes se pensaba que estas secuencias Alu eran como ADN basura, que no tenían ninguna ventaja evolutiva», explica Rivas-González. Hoy sabemos que es justo lo contrario: debido a su volatilidad y su potencial para la mutación, son como el fuel de la evolución, el crupier que da las cartas, quien lanza la bola hacia la casilla negra o roja en el casino de la vida...

Fue por azar que aquel primate o grupo de primates de los que provenimos empezaran a nacer sin esta extremidad o con una mermada. *A priori*, mala jugada. De entre sus descendientes, surgió un grupo extraño y reducido de primates antropomorfos (los *Hominoidea*, la superfamilia de primates catarrinos sin cola de la que formamos parte junto a otras especies). ¿Un desastre? «Fue un cambio drástico, la cola

tiene una plasticidad funcional amplísima», explica la doctora Victoria de Andrés, profesora titular de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga y autora del libro *El sexo injusto. Una visión femenina de la evolución humana*. (Tusquets). Por esta razón los científicos piensan que este cambio tuvo que tener algún tipo de ventaja evolutiva, algo que compensara el agravio sufrido. Acaso la jugada no fuera tan mala después de todo...

Es necesario señalar que nuestros antepasados no estaban siendo guiados por una fuerza superior que buscara una mejora concreta. Simplemente, en la evolución, como dicen coloquialmente los ingleses, *shit happens* (la mierda ocurre), y en este caso la boñiga fue que perdimos el miembro caudado. Pero todavía no sabemos con claridad por qué se benefició este cambio terrible. Si miramos a nuestro alrededor, la naturaleza es muy conservadora con la cola, la lleva manteniendo desde los mares primordiales del Cámbrico (hace 500 millones de años).

### ¿POR QUÉ PERDIMOS EL APÉNDICE CAUDAL?

«Es extraño, y no sabemos lo que sucedió hace veinticinco millones de años (cuando ocurrió la mutación), pero es posible que se relajara la selección



SHUTTERSTOCK



Los científicos piensan que la pérdida de la cola tuvo que traer alguna ventaja evolutiva, pero aún no se sabe por qué se produjo. Para los primates que sí la poseen es un miembro sumamente versátil.

SHUTTERSTOCK



Para Darwin no cabía duda de que el coxis, el final de nuestra columna vertebral, era el vestigio de una cola.

natural que existía para mantener este órgano y que esto sucediera al transitar de una vida arbórea a una vida terrestre», explica Rivas-González. Tuvo que depender del contexto, otra vez de la suerte. «Estamos acostumbrados a una idea muy finalista de la evolución, pero la evolución no es un proceso dirigido a conseguir ningún objetivo establecido *a priori*. Por el contrario, las novedades evolutivas aparecen por azar, son biológicamente adaptativas y, a partir de allí, la selección natural las favorece y mantiene a lo largo del tiempo», concluye De Andrés, autora del artículo «¿Por qué los humanos perdimos la cola?».

La pregunta de por qué se mantuvo esta amputación podemos remontarla a Darwin y los orígenes de la teoría de la evolución. Darwin ya se dio cuenta de que al final de nuestra columna vertebral, en el coxis (las vertebrales finales que están fusionadas formando un único hueso), estaba el vestigio de una cola. «No

puedo dudar de que es una cola rudimentaria», escribió en *El origen de las especies*.

Los seres humanos, aún hoy, cuando estamos en fase embrionaria, en el claustro materno, empezamos a desarrollar una pequeña cola posanal que, sin embargo, en un momento concreto, no crece al mismo ritmo que el resto del cuerpo, proceso biológico que se denomina alometría negativa. Al desarrollarse a un menor ritmo, la extremidad termina siendo insignificante. Además, no se presenta en nosotros como unas vertebrales caudales separadas y elásticas, como ocurre con los animales coludos. «El coxis es lo que queda de esa parte terminal de la columna vertebral donde están fusionadas las vértebras sacras con el vestigio de aquellas vertebrales caudales», explica De Andrés. Caudado proviene del latín *cauda*, que significa 'cola', y por eso a los primates con cola los llamamos caudados.

## EL PRECIO DE CAMINAR ERGUIDOS

Los científicos creen que la pérdida de este órgano estuvo ligada a la aparición de la bipedestación, es decir, al cambio anatómico que nos ha permitido ser humanos. «Ponerse de pie fue un evento muy cercano en el tiempo con la pérdida de la cola. Hubo ventajas, como poder tener los órganos de la visión elevados en un contexto que podemos llamar de sabana», explica De Andrés. El hecho de que aquellos primates mutantes se encontrasen en un entorno también mutante (por un cambio climático), con menos árboles, y donde levantarse sobre sus dos patas durante más tiempo podía representar un beneficio (había bichos terribles ocultos entre las hierbas del Mioceno), quizás superó el perjuicio inicial de carecer de cola.

La pérdida del apéndice caudal y hacernos bípedos son procesos que fueron entonces de la mano. Cuando la cola desapareció, se formó una malla muscular, una almohadilla de tejidos que cruza la pelvis y que fue básica para soportar el nuevo peso vertical. «Se reorientó todo cuando nos pusimos de pie, porque

## Las múltiples facetas de la cola

En los dinosaurios la cola tenía una función defensiva enorme, como el colazo de un tiranosaurio, o de un triceratops, que además presentaba pinchos al final. Era un arma defensiva y ofensiva», explica la doctora Victoria de Andrés. También en la naturaleza es hoy un reclamo sexual importante. «En muchos animales se adorna y se mueve de manera que resulta un reclamo a la hora del apareamiento, y en esto quizás hemos perdido mucho los homínidos», ironiza.

A los animales que tienen una cola prensil esta les sirve para agarrarse a las ramas, como sucede entre los monos arborícolas, verdaderos acróbatas. Entre los canguros y en algunos dinosaurios funcionaba como una tercera pata cuando estaban en reposo. «El conjunto opera como si fuera un trípode», dice De Andrés. En las aves, las plumas de la cola son fundamentales para orientar el vuelo y les otorga gran precisión en los movimientos. Y hay animales en los que opera como una reserva de nutrientes, «engordándose, como una zona donde se pueden acumular». Cualquiera que haya tenido perro o gato, sabrá que es igualmente un sistema de comunicación social. «En muchos animales el movimiento de la cola, más elevado o más bajo, por ejemplo, puede indicar situaciones de peligro, o situaciones de alerta, de relax y de aproximación», dice. Son capaces de saludar con ella o de mostrar aprecio. «Pueden indicar de una manera básica que tu presencia no es problemática o incluso que puede ser agradable», apunta. Del mismo modo, algunos la usan como regulador de la temperatura, porque aumenta la relación superficie/volumen. «En los sitios donde hace calor, nos enfriamos mejor teniendo una cola», concluye la doctora Victoria de Andrés.

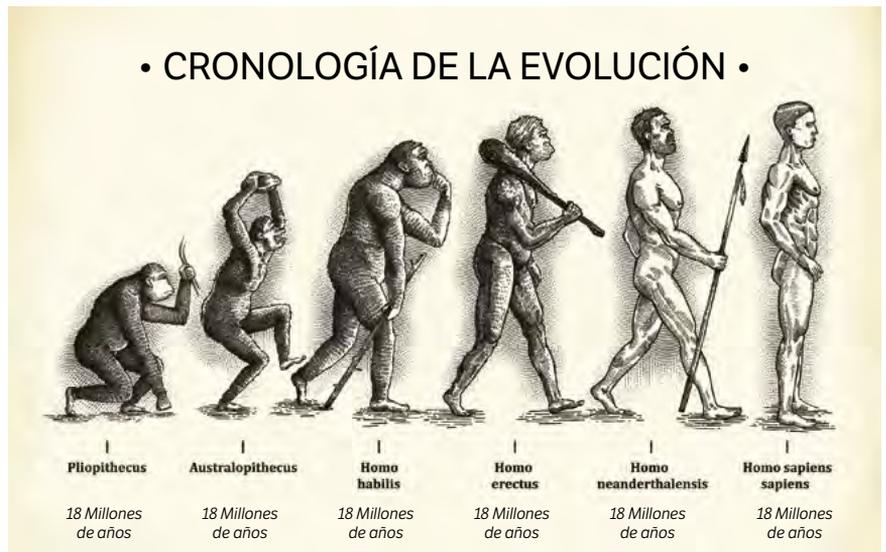
toda la fuerza del peso nos cayó sobre las extremidades posteriores, y la cadera tuvo que hacerse muchísimo más fuerte», dice De Andrés.

Entre los efectos colaterales, añade, está también que «el parto hoy nos duele muchísimo». O que cargamos mucho peso en caderas y rodillas (la cola ya no está para compensar la carga de un cuerpo que antes repartía su presión sobre cuatro patas). «Se dice que los humanos somos bípedos, y lo somos, pero todavía estamos evolucionando hacia el bipedalismo, y lo demuestra el hecho de que tenemos muchísimos problemas de espalda y de rodillas», apunta Rivas-González. Perder la cola tuvo entonces contratiempos importantes para nuestra especie (incluyendo la posibilidad de malformaciones congénitas como la espina bifida).

Aquel antepasado que perdió la cola no era, sin embargo, aún bípedo. Estaba en lo que se denomina el pronogrado (como los actuales chimpancés), periodo evolutivo anterior al ortogradismo (la postura erguida), y propio de una locomoción cuadrúpeda. «Primero se perdió la cola por la secuencia Alu, y eso ocurrió cuando todavía nos desplazábamos a cuatro patas y, en segundo lugar, como un fenómeno independiente, aunque cercano en el tiempo, nos pusimos de pie», explica De Andrés.

Pronto la evolución nos tendría guardada además una nueva jugada y está sí que iba a cambiar las reglas del juego. Hacernos bípedos facilitó que liberásemos las manos y que pudiéramos comenzar a utilizar herramientas. «Es posible que el haber perdido la cola haya hecho que podamos utilizar las manos de forma diferente, que se haya diversificado su uso», explica Rivas-González. «Aunque todavía la conexión no es muy clara», recalca. Junto al bipedalismo, el pulgar oponible y la liberación de las extremidades anterior-

**Aunque son sucesos cercanos, nuestra especie primero perdió la cola cuando aún íbamos a cuatro patas y más tarde adoptó la postura bípeda**



La evolución de cada especie se mide en “mya” o millones de años. Los homínidos (especies de primates sin cola como chimpancés y humanos) evolucionaron hace 6 millones de años, los gorilas hace 7, los pongos hace 14 y los gibones hace 18. Entre los no homínidos (tienen cola y son los parientes primates más lejanos de los humanos), los monos del viejo mundo evolucionaron hace 25, los monos del nuevo mundo hace 40, los tarsiformes hace 58 y los lemuriformes hace 63 millones de años.

res, empieza otro capítulo y la verdadera revolución de nuestra especie. «¿Qué habríamos hecho los seres humanos sin las manos? No habríamos podido crear la tecnología, no habríamos podido manipular el medio», asegura De Andrés.

A estas alturas ya podemos tener claro que, como en los mejores mitos, los geniecillos genéticos tanto dieron como quitaron. Somos humanos gracias a que nuestro linaje perdió esta extremidad que envidiamos en otros animales. Y, por la misma razón, no deberíamos nunca olvidar cuánto le debemos a nuestro órgano fantasma...

Lo cierto es que, gracias a la cola pudo conquistar el mundo aquel pez del fango prehistórico del que después evolucionamos el resto de animales terrestres. Los científicos, mediante modelos robóticos, han llegado a la conclusión, tal y como se publicó en la revista *Science*, que el tatarabuelo común —pájaros, mamíferos, reptiles y humanos (la realidad es que no dejamos de ser un pez mutante modificado por la selección natural)— pudo usar su cola para sujetarse en la tierra nueva, superando así las primeras cuevas de la vida terrestre.

De lo contrario, todo se habría quedado en un salto intrascendente. Sin cola, aquel pez de aletas lobuladas seguramente habría resbalado de nuevo al mar y fin de la historia. Luego, utilizaríamos el mismo apéndice para tomar el planeta, para vencer la gravedad y elevarnos sobre las cuatro patas. Para amarnos y pelearlos, para subir a los árboles y dominar los cielos. Y sí, hasta en la triste ruina de la rabadilla, está escrita, como si de un óseo jeroglífico se tratara, la epopeya de estos genes saltarines. □

CIENTÍFICO, PROFESOR Y AUTOR DE *LA LEVEDAD DE LAS LIBÉLULAS*

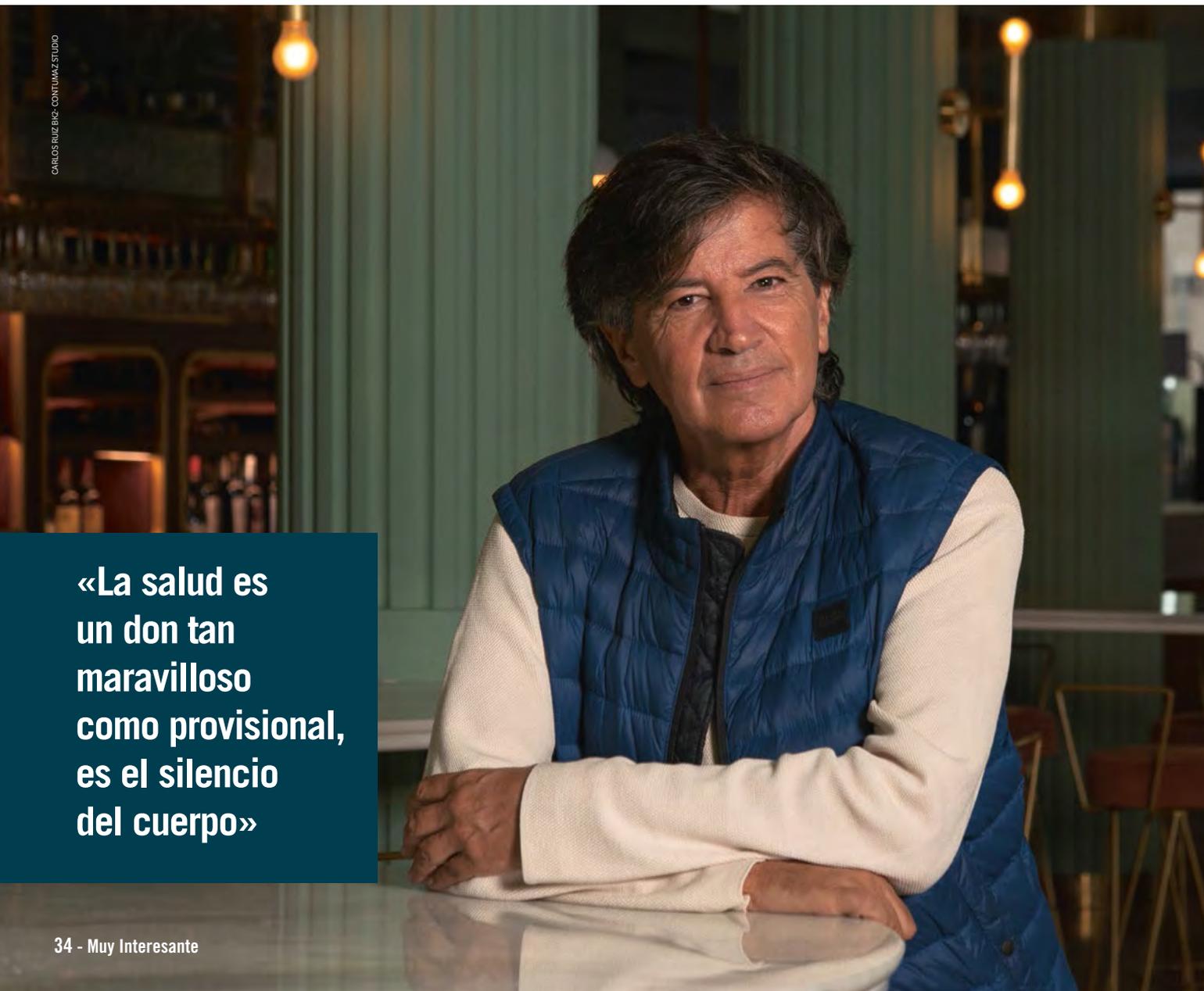
# Carlos López-Otín

Define la salud como «el silencio del cuerpo», algo positivo, pero no únicamente en el terreno físico, también en el emocional y social. Eso le ha llevado a incluir en la definición de salud claves y lenguajes nuevos que van más allá de lo fisiológico.

---

Texto de **GEMA BOIZA**, periodista

CARLOS RUIZ BIZC - CONTUMAZ STUDIO

A portrait of Carlos López-Otín, a middle-aged man with dark hair, wearing a blue quilted vest over a white long-sleeved shirt. He is sitting at a table in what appears to be a bar or restaurant, with shelves of bottles and warm lighting in the background. The lighting is soft and focused on him.

«La salud es un don tan maravilloso como provisional, es el silencio del cuerpo»



Carlos López-Otín es uno de los científicos españoles de mayor relevancia internacional, miembro de la Academia Europea y de la Real Academia de Ciencias de España. Doctor *honoris causa* por varias universidades españolas y extranjeras, su labor científica se complementa con una muy activa

en la docencia y divulgación del conocimiento. Autor de la *Trilogía de la vida*, cuyos libros *La vida en cuatro letras*, *El sueño del tiempo* y *Egoístas, inmortales y viajeras* se han traducido a varios idiomas, regresa ahora a las librerías con *La levedad de las libélulas* (Paidós). En este ensayo, el autor da un nuevo enfoque científico centrado en la medicina de la salud, que no es la ausencia de enfermedades, sino el equilibrio entre nueve claves celulares y moleculares que contribuyen al funcionamiento óptimo de nuestro organismo y a la armonía entre nuestra salud física y mental. En una entrevista con esta revista explica cuáles son los secretos para fomentar esa salud y cómo, ante el 'ruido' de la sociedad actual y esta «epidemia de soledad y tristeza», todos hemos de respetar y acompañar a aquellos que están sufriendo un desequilibrio o un naufragio emocional.

**¿Cómo define Carlos López-Otín su obra más reciente, *La levedad de las libélulas*?**

Como una reflexión acerca de qué representa hoy la salud en nuestra mente social, científica y emocional. *La levedad de las libélulas* analiza la manera de conceptualizar el concepto de salud de manera que vaya mucho más allá de la mera descripción de la salud en términos negativos como la ausencia de la enfermedad.

**¿Por qué este título tan sugerente a medio camino entre la fuerza y la fragilidad?**

El título es una metáfora sobre la fragilidad. Las libélulas son criaturas maravillosas, míticas y antiguas que llevan muchos millones de años en el planeta con nosotros y tienen muchos talentos: el de volar, el de hacerlo en cualquier dirección, el del equilibrio... su nombre viene de *libella* que significa balanza y es un buen ejemplo del equilibrio que hace falta en la vida para mantener la salud. Las libélulas son además muy perseverantes porque desde que se depositan los hue-

vos en un lugar húmedo hasta que eclosionan pueden pasar meses, y hace falta tener esa perseverancia para poder esperar al momento adecuado para salir. Hay más. Las libélulas tienen una forma de observar mucho más profunda que la nuestra porque su visión es panorámica. Y, pese a todos esos talentos, la libélula es frágil, como nos ocurre a nosotros. Yo defino la libélula como una breve línea recta que tiene colores y cuatro alas de cristal. Eso es la fragilidad y nuestra fragilidad es equivalente a la suya.

**¿Cómo ha sido la gestación de este libro?**

Todo se ha gestado en París. Después de una buena parte de mi vida en mi lugar en el mundo, en Asturias, en la universidad, investigando, viviendo, sintiendo, pensando... de repente encontré una toxicidad que de acuerdo con mis postulados vitales era incompatible con la manera de ver la vida, así que exploré otros territorios y encontré uno muy apropiado en París. Intelectualmente era un regalo porque allí, en

la Sorbonne, me encontré con Guido Kroemer, a quien dedico el libro y quien es para mí una de las tres personas más inteligentes que he conocido en mi vida. En París tuve también la oportunidad de eliminar interferencias, responsabilidades que ya no deseaba y pude ponerme a trabajar, a pensar... Fruto de esas reflexiones escribí artículos científicos que han resultado ser muy importantes, y un libro, este, que es de gestación muy reciente, pero de larga incubación mental, de casi dos años. Este es un libro para leer, ver y escuchar, porque también queda la música que escuchaba en cada sitio, y por supuesto para pensar.

char, porque también queda la música que escuchaba en cada sitio, y por supuesto para pensar.

**Y para viajar.**

Y para disfrutar, porque tiene humor y fantasía que se confunde con la realidad.

**¿Por qué has estructurado el libro en dos partes, una más histórica y otra más metafórica, onírica, científica, biográfica, social?**

Siempre he sido muy organizado, en mis clases de la universidad también, y así soy en mi libro. La primera parte parece histórica, pero no lo es, aunque cuenta muchas historias. Tiene un hilo argumental que nos lleva a recorrer cómo es el concepto de salud. En la primera parte hay más capítulos, pero también son más cortos que en la segunda. Esa primera parte se llama silencio, armonía y sabiduría, y la segunda salud mental: metáfora y verdad. Ambas van acompañadas de una iconografía, como el hombre de Vitru-

López-Otín afirma que en la definición de salud hay que incluir una nueva clave: la adaptación psicosocial. Así, para estar sano hace falta adaptarse al entorno social, encontrarnos mejor en nuestra vida cotidiana.

vio de Leonardo da Vinci que complementa al texto. Y esta colección de imágenes incluye una selección de las fotografías que tomé en los distintos escenarios de París en los que se va desarrollando la trama del libro que, creo, ponen una nota de realidad en aquellas páginas en las que las metáforas y la fantasía son las protagonistas centrales de la narración.

#### **Ese icono de Vitruvio se complementa con el paso del tiempo...**

Sí, en 1953 se complementó con la estructura en doble hélice, cuando del todo pasamos a las partes constituyentes. Y esta estructura resuelve dos grandes problemas, la herencia y la identidad. La vida viene de la vida, no hay ninguna intervención sobrenatural, y la identidad no es nada más que una larga tira de más de 3000 millones de piezas, tantas que son suficientes para crear una diversidad infinita. Los 8000 millones de seres humanos que hay en el planeta son diferentes todos entre sí.

#### **Con esos números parece inconcebible poder definir las claves de la salud.**

Eso es lo que hicimos en 2021 Guido [Kroemer] y yo. Después de pensar mucho definimos ocho claves de la salud,

pero nos seguía faltando algo. ¿Qué? ¿Qué ocurre con la salud cuando alguien tiene un naufragio emocional? Cuando eso pasa da igual todo lo fisiológico, lo que quieres es que te quieran. Y así fue como empecé a pensar que necesitábamos incluir en las claves de la salud otros lenguajes... yo había sido educado en los lenguajes genómicos, epigenéticos y metagenómicos. ¿Dónde quedaban los lenguajes emocionales y sociales? ¿Acaso no forman parte de la salud? ¿No son decisivos? ¿O es que como forman parte de las ciencias blandas no se deben incluir?

#### **Sí se han incluido...**

Es ahora cuando hemos añadido una nueva clave de la salud, que es la adaptación psicosocial. Para estar sano necesitas adaptarte al entorno social. Y es así como llegamos a las nueve claves. Necesitamos espacio, tiempo y regulación; y también nutrición, sueño, reposo, respetar los ritmos biológicos, evitar el estrés, la toxicidad... Necesitamos que la gente esté mejor en su vida cotidiana.

**«Un desequilibrio emocional conduce muchas veces a la obesidad, a la ansiedad, y a problemas cardiovasculares, metabólicos, neurológicos...»**

#### **¿Qué es la salud para Carlos López-Otín?**

¡Para mí la salud es algo tan esencial! Es un don tan importante, tan absolutamente

# «La salud no es la ausencia de enfermedades; ha de ser definida como algo en positivo»



## El autor

Carlos López-Otín es uno de los científicos españoles de mayor relevancia internacional. A lo largo de su carrera investigadora ha trabajado en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid y en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, también en las Universidades de Lund (Suecia), de Nueva York y de Oviedo (Asturias), en la Sorbonne (Francia) y en Harvard (Estados Unidos). Es miembro de la Academia Europea y de la Real Academia de Ciencias de España, y doctor *honoris causa* por varias universidades españolas y extranjeras. Ha recibido numerosas distinciones, incluyendo el Premio Nacional de Investigación Santiago Ramón y Cajal, y sus índices bibliométricos le sitúan como el científico español más citado en su campo. Su labor científica se complementa con una activa labor docente y divulgadora del conocimiento. Es también autor de la *Trilogía de la vida*, cuyos libros, *La vida en cuatro letras*, *El sueño del tiempo* y *Egoístas, inmortales y viajeras*, se han traducido a varios idiomas.

maravilloso como provisional que no es justo que lo definamos en negativo. La salud ha de ser definida como algo en positivo, es el silencio del cuerpo.

### ¡Qué poco sabemos de la salud! ¡Y del equilibrio entre la salud física y mental!

Lo primero que tenemos que hacer para mejorar en eso es considerar que son dos partes de la misma ecuación, dos partes inseparables. Un desequilibrio emocional conduce muchas veces a la obesidad, a la ansiedad, a problemas cardiovasculares, metabólicos, neurológicos... Hace falta respeto y educación. Respeto para aquellos que han entrado en un naufragio emocional y no saben cómo salir. Hace falta apoyo y compromiso. Millones de seres humanos están en una situación así. Un millón de personas se suicidan cada año en el mundo, y muchos son jóvenes. Todos ellos tienen nombres, apellidos, familia y amigos. Acompañemos a toda esa gente que lo está pasando mal.

### ¿Qué peso quieres que deje este libro en cada uno de los lectores?

Quiero que quien lo lea piense que la vida y la salud son dones maravillosos pero provisionales, y ambos hay que cuidarlos. ¿Cómo? El libro explica cómo debemos respetarlos y cómo educarnos para convertir la salud en la cultura de la vida. ¿Qué es eso? La cultura de la responsabilidad sobre nuestros dones. Hemos de cuidar lo mejor posible nuestro cuerpo para que esté preparado para cuidar la armonía.

¿Es más difícil encontrar esa armonía ahora, en esta

### sociedad donde hay tanto 'ruido'?

¡Claro! ¡Por eso esta epidemia de soledad y tristeza, porque hemos llegado a admitir casi como normal el ruido! Y eso yo lo había conocido siempre en términos científicos, como un ruido molecular y, sin embargo, hoy sé que el ruido va mucho más allá y eso es el ruido social, que adopta figuras durísimas como es la toxicidad humana. Uno puede decir que lo más duro son las enfermedades autoinmunes, el cuerpo contra tu cuerpo.... Y ahora veo que el ser humano es capaz de dañar a otro ser humano de una manera muy gratuita. El abuso debería ser castigado, duramente, porque eso nos lo tenemos que ahorrar. ¡Ya tenemos 17 000 enfermedades que adelgazan la salud y la vida! Si a estas les añadimos el peso de todo aquello que deriva del odio, la perversión, la envidia, la falta de empatía... ruido humano y ruido social...

### ¿Cómo hacemos frente a todo eso?

Apostando por la curiosidad y la empatía. La empatía trae la escucha y esta la atención.

### La falta de empatía y de silencio nos hacen muy difícil cuidar nuestra salud.

Nos lo hacen muy difícil, pero no imposible.

### Hablemos de otra armonía, de otro equilibrio, el de las letras y las ciencias que tú mezclas. ¿Goza la ciencia de buena salud en el mundo literario?

Yo animaría a los que centran su actividad en las humanidades a que se acerquen a la ciencia... y lo hagan con curiosidad. □



# EL SECRETO NEUROPROTECTOR QUE POTENCIA TU CEREBRO

El cacao, un alimento que ha deleitado a generaciones, es mucho más que una simple delicia para el paladar, ya que se ha demostrado que esconde sorprendentes beneficios que podrían revolucionar nuestra salud cerebral.

Texto de **EUGENIO MANUEL FERNÁNDEZ AGUILAR**, físico

# U

na publicación reciente, titulada «Diet enriched with high-phenolic cocoa potentiates hippocampal brain-derived neurotrophic factor expression and neurogenesis in healthy adult mice with subtle effects on memory» (Melgar-Locatelli et al., 2024), llevada a cabo por investi-

gadores de varias instituciones españolas, incluida la Universidad de Málaga y la Universidad de Granada, explora los efectos de una dieta enriquecida con cacao de alto contenido en polifenoles sobre la neuroplasticidad y el comportamiento cognitivo y emocional en ratones adultos. Entre los autores se encuentra María del Carmen Mañas Padilla, psicóloga clínica y doctora en Biomedicina, quien ha contribuido significativamente a este estudio, centrado en cómo los flavanoles del cacao pueden potenciar la neurogénesis en el hipocampo y mejorar la expresión de factores neurotróficos, sugiriendo posibles aplicaciones para la salud cerebral en humanos.

Es conocido por sus múltiples propiedades beneficiosas para la salud. Contiene una alta concentración de polifenoles, específicamente flavanoles, que han mostrado tener efectos neuroprotectores, antioxidantes y antiinflamatorios. Estos compuestos pueden ayudar a reducir el estrés oxidativo y la inflamación, problemas comunes en momentos de estrés o cam-

bios, como es la vuelta a la rutina tras un periodo de descanso o vacaciones. Pero además de estos efectos, algunos componentes del cacao, como la teobromina y la cafeína, son conocidos por mejorar la concentración y los niveles de energía, lo que puede ser clave en la adaptación al día a día.

María del Carmen Mañas Padilla nos explica a continuación en qué consiste la investigación y qué interés tiene para la población. Es psicóloga clínica, doctorada en Biomedicina y profesora del Máster Universitario en Neuropsicología y Educación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Este estudio tuvo como objetivo investigar los efectos del cacao y sus polifenoles en la neuroplasticidad del hipocampo, la función cognitiva y el comportamiento emocional. Y es que, más allá de los beneficios físicos, el cacao ha mostrado tener un profundo impacto en el cerebro.

Uno de los hallazgos más interesantes es que el consumo de cacao con un alto contenido de polifenoles puede aumentar significativamente la neurogénesis en el hipocampo, el proceso mediante el cual se generan nuevas neuronas en el cerebro adulto. Este fenómeno es clave para la memoria, el aprendizaje y el bienestar emocional.

Además, se ha demostrado un aumento en la expresión de BDNF (factor neurotrófico derivado del cerebro) en el hipocampo, una proteína esencial para la supervivencia de las neuronas, el crecimiento dendrítico y la plasticidad sináptica, lo que refuerza aún más el rol del cacao en la mejora de la salud cerebral.

# QUIERE CHOCOLATE!

### EFFECTOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO EMOCIONAL

Más allá de los beneficios cognitivos, el consumo de cacao mostró tener una influencia en el comportamiento emocional. Los ratones que recibieron una dieta rica en cacao mostraron comportamientos emocionales distintos a los de aquellos que no consumieron cacao. En el «test de natación forzada», que se utiliza para evaluar comportamientos relacionados con la desesperanza y la depresión en roedores, los ratones que habían consumido cacao redujeron su actividad física. Este comportamiento puede reflejar una estrategia de conservación de energía, lo que sugiere que el consumo de cacao podría mejorar la eficiencia en la gestión de respuestas al estrés, ayudando a los animales a conservar recursos en situaciones de desafío emocional.

Aunque el estudio fue realizado en ratones, los resultados apuntan a posibles beneficios para los seres humanos. La neuroplasticidad, que es la capacidad del cerebro para adaptarse y reorganizarse, es esencial, no solo para mantener una buena memoria y habilidades de aprendizaje, sino también para recuperarse de lesiones cerebrales y afrontar nuevos retos emocionales y cognitivos. En la vida moderna, caracterizada por el estrés constante y el impacto del envejecimiento en la función cerebral, estos procesos se vuelven aún más relevantes.

El consumo habitual de cacao, especialmente en su forma pura y con alto contenido en polifenoles, podría ser una herramienta eficaz para mantener una mente activa. En un mundo cada vez más demandante, el cacao podría ayudar al cerebro a adaptarse mejor a los desafíos, promoviendo la neurogénesis y fortaleciendo las conexiones neuronales. Estos beneficios son clave, no solo para mejorar el rendimiento intelectual en el ámbito laboral o académico, sino también para mantener la claridad mental en el desarrollo de la vida cotidiana.

Además, a medida que envejecemos, la neuroplasticidad y la capacidad de producir nuevas neuronas tienden a disminuir, lo que afecta nuestra memoria y capacidad de aprendizaje. Sin embargo, este estudio muestra que los flavanoles presentes en el cacao podrían desacelerar este proceso, proporcionando una opción natural para preservar la salud cerebral durante mucho más tiempo.

Los efectos del cacao sobre la neuroplasticidad y el bienestar emocional tienen un amplio potencial para distintos grupos de personas. Aquellos que

desean mejorar o mantener su función cognitiva, ya sea para hacer frente a las exigencias laborales o para optimizar su rendimiento personal, pueden encontrar en el cacao un aliado natural. Esto incluye tanto a estudiantes, que buscan mejorar su concentración y capacidad de aprendizaje, como a profesionales sometidos a mucha exigencia y a altos niveles de estrés mental.

Además, las personas mayores, que con frecuencia experimentan una disminución en la neuroplasticidad y el deterioro de las funciones cognitivas con el paso del tiempo, también podrían verse favorecidas por el consumo regular de cacao. Dado que la producción de nuevas neuronas y la expresión de proteínas clave como el BDNF disminuyen con la edad, integrar el cacao en la dieta puede ser una estrategia efectiva para prevenir estos efectos y mantener la mente ágil y alerta.

### NO VALE CUALQUIER CHOCOLATE

No todos los productos derivados del cacao proporcionan los mismos beneficios. El cacao que utilizamos en nuestros estudios es de alta calidad y contiene una concentración significativa de flavanoles. Sin embargo, muchos productos comerciales, como el chocolate procesado, son sometidos a tratamientos como la alcalinización, lo que reduce notablemente su contenido de polifenoles. Por tanto, para aprovechar los beneficios neuroprotectores, antioxidantes y antiinflamatorios, es recomendable consumir cacao puro o mínimamente procesado, que preserve mejor todas sus propiedades bioactivas.

En definitiva, el cacao, en su forma más pura, se revela como mucho más que un simple placer indulgente; se presenta como una herramienta poderosa para mejorar tanto la función cerebral como emocional. Sus componentes, como los flavanoles, polifenoles y la teobromina, trabajan en sinergia para ofrecer beneficios que superan lo que un solo compuesto podría lograr.

En este contexto, el cacao podría ser una clave natural para optimizar nuestra salud cerebral en la vida diaria, mejorando tanto la memoria como la capacidad para enfrentar los desafíos emocionales y cognitivos. A medida que valoramos cada vez más la salud mental y cognitiva, los hallazgos sobre el cacao subrayan su potencial como un remedio natural crucial para mejorar nuestra calidad de vida. □



# La crisis de la SALINIDAD del Messiniense



Durante el Messiniense, hace entre 6 y 5 millones de años, el estrecho de Gibraltar se cerró, lo que interrumpió el flujo de agua del Océano Atlántico hacia el Mediterráneo, provocando un proceso de desecación. Este impresionante evento geológico produjo el intercambio de especies de un lado a otro de Europa y África. Los principales testigos de esas migraciones son los roedores. Por ejemplo, restos de gerbílidos, roedores de procedencia africana, fueron hallados en localidades del final del Mioceno en el sur de España.

Texto de **RAEF MINWER-BARAKAT, ANTONIO GARCÍA-ALIX Y ELVIRA MARTÍN-SUÁREZ**,  
Universidad de Granada



Jerbo (o gerbo) norteafricano, *gerbillus campestris*, sobre un mapa del Mediterráneo desecado hace entre seis y cinco millones de años, en lo que se conoce como Crisis de Salinidad del Messiniense.

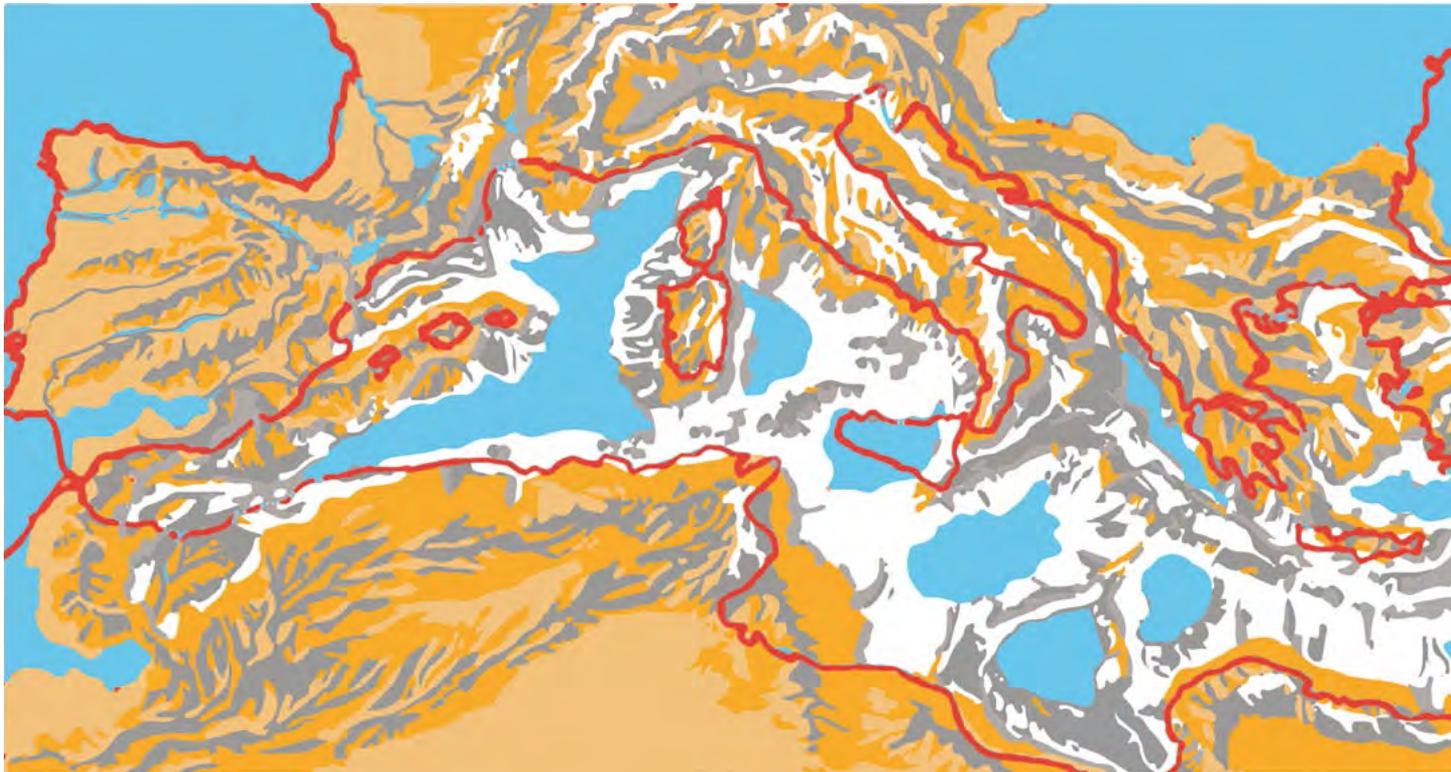


Imagen que recrea la crisis de salinidad del Messiniense —desierto con mares en evaporación y grandes extensiones cubiertas de costras de sal—. Este llamativo suceso que ocurrió hace unos 5-6 millones de años (Ma), al final de un periodo que recibe el nombre de Mioceno. Por aquel entonces los continentes aún no tenían las posiciones que ocupan hoy.

ASC



Actualmente, las faunas de mamíferos que pueblan los continentes africano y europeo son muy diferentes. Esto se debe principalmente a la separación física de estas dos masas de tierra mediante el mar Mediterráneo, que supone una barrera insalvable para la mayoría de mamíferos terrestres e impide su migración de un

continente a otro. Sin embargo, en un momento de la historia más o menos reciente de nuestro planeta esta situación cambió radicalmente. Hace entre seis y cinco millones de años tuvo lugar uno de los eventos geológicos más impresionantes que se conocen, la llamada crisis de salinidad del Messiniense, que toma su nombre de la última edad dentro de la época conocida como Mioceno.

Antes de que comenzara este evento, unos seis millones de años antes de nuestros días, el mar Mediterráneo y el océano Atlántico estaban comunicados por varios brazos de mar en la zona que hoy corresponde al sur de España y el norte de África. Sin embargo, el acercamiento paulatino de las placas tectónicas africana y europea (que todavía hoy continúa y que es el responsable del levantamiento, lento pero constante, de la cordillera Bética) fue cambiando esta

configuración de masas de tierra y de agua. El movimiento convergente de ambas placas, probablemente ayudado por otros factores como una bajada global del nivel del mar, fue cerrando de forma progresiva estos corredores marinos, llegando finalmente a la desconexión completa del Atlántico y el Mediterráneo, que se convirtió así en un enorme lago aislado con una elevada salinidad. Este evento culminó con la desecación prácticamente completa del Mediterráneo y la sedimentación de un ingente volumen de sales (yeso y halita), en algunos puntos con espesores de más de mil metros, debido a que la evaporación era muy intensa y superaba a los aportes de agua que llegaban a ese gran lago a través de los ríos.

La crisis de salinidad finalizó justo en el límite entre el Mioceno y el Plioceno (hace 5.33 millones de años), con la llamada «inundación zancliense» (el Zancliense es la primera edad dentro del Plioceno). En ese momento, nuevos movimientos de las placas tectónicas ocasionaron la apertura del estrecho de Gibraltar, de forma que el Mediterráneo y el Atlántico quedaron de nuevo conectados. Se produjo entonces un enorme flujo de agua desde el Atlántico, en forma de gran cascada, que rellenó de nuevo el mar Mediterráneo, dando lugar a la configuración que conocemos actualmente. En todo caso, no hay un acuerdo unánime entre los científicos sobre la velocidad de esta inundación, y se discute si se produjo de una forma gradual o catastrófica.

# Eones, eras, periodos, épocas y edades

La Tierra tiene una edad estimada de unos 4500 millones de años. Este tiempo geológico se divide en diferentes intervalos, llamados unidades geocronológicas, que se organizan de forma jerárquica, es decir, unas unidades de orden mayor se dividen en otras de menor envergadura. La unidad geocronológica de mayor orden es el eón, que se subdivide en eras. Las eras se dividen en periodos, estos en épocas y estas últimas en edades. Ahora mismo nos encontramos en el eón Fanerozoico y en la era conocida como Cenozoico. El penúltimo periodo del Cenozoico, en el que tuvieron lugar los acontecimientos descritos en este artículo, es el Neógeno, que comenzó hace unos 23 millones de años y terminó hace 2.58. El Neógeno se divide en dos épocas, Mioceno y Plioceno, que a su vez se subdividen en edades. La última edad del Mioceno, en la que se produjo la crisis de salinidad, es el Messiniense, que comenzó hace 7.2 millones de años y acabó hace 5.3.

Eonotema / Eón		Eratema / Era		Sistema / Período		Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma)
Fanerozoico		Cenozoico		Neógeno					
				Mioceno		S	Messiniense	↘	7.246
				Plioceno		S	Piacenziense	↘	3.600
						I	Zancliense	↘	5.333
				Cuaternario		S	Superior	↘	0.0117
						M	Chibaniense	↘	0.129
				Pleistoceno		M	Calabriense	↘	0.774
						I	Gelasiense	↘	1.80
						I	Langhiense	↘	2.58
				Oligoceno			Chattiense	↘	23.03
							Rupeliense	↘	27.82
				Eoceno			Priaboniense	↘	33.9
							Bartoniense	↘	37.71
							Luteciense	↘	41.2
							Ypresiense	↘	47.8
				Paleoceno			Thanetiense	↘	56.0
							Selandiense	↘	59.2
							Daniense	↘	61.6
								↘	66.0

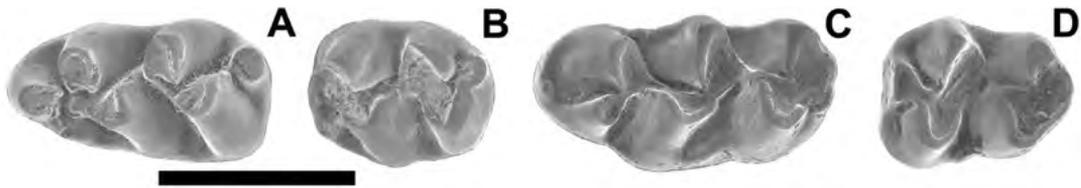
INTERNATIONAL COMMISSION OF STRATIGRAPHY (IUGS) TABLA DISEÑADA POR K.M. COHEN, D.A.T. HARPER, P.L. GIBBARD Y L.C. BR

## CONSECUENCIAS DRAMÁTICAS

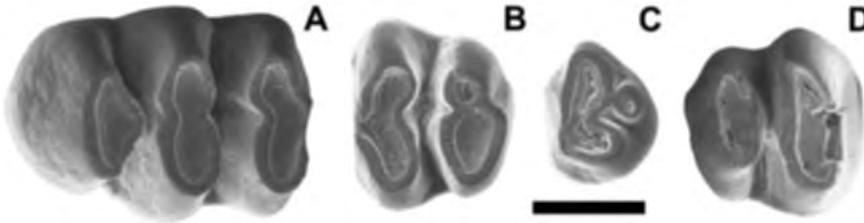
Evidentemente, la crisis de salinidad del Messiniense tuvo consecuencias dramáticas en la fauna acuática del Mediterráneo, que dejó de ser un mar para convertirse en un lago de extensión cada vez más reducida y salinidad creciente. Pero este evento geológico también afectó seriamente a la distribución de los animales terrestres, ya que la peculiar configuración de los continentes durante este intervalo temporal implicó la aparición de conexiones de tierra entre África y Europa, permitiendo así la migración de estos animales desde el norte de África hasta la Península Ibérica y viceversa.

Estos pasos intercontinentales sirven para explicar el hallazgo de fósiles de mamíferos típicamente africanos como camellos e hipopótamos en algunos yacimientos españoles del final del Mioceno. Sin embargo, los principales testigos de las migraciones entre África y Europa en el contexto de la crisis de salinidad del Messiniense son los roedores. Los primeros hallazgos de pequeños mamíferos de procedencia africana en localidades del final del Mioceno en el sur de España se realizaron en la década de 1970. Concretamente, se identificaron restos de gerbílidos, una familia de roedores que actualmente habita únicamente en ambientes áridos en los continentes africano y asiático. En décadas posteriores, aumentaron los descubrimientos de restos de roedores africanos en la Península Ibérica, al mismo tiempo que se identificaron fósiles de pequeños mamíferos típicamente europeos, como ratones de los géneros *Apodemus*, *Stephanomys* y *Castillomys*, hámsteres del género *Apocricetus* y lirones del género *Eliomys*, en yacimientos del norte de África. Todos estos hallazgos constituyen pruebas irrefutables de que las migraciones entre África y Europa durante la crisis de salinidad se produjeron en ambos sentidos.

Si nos centramos en el registro de roedores africanos en la Península Ibérica, tienen especial relevancia los gerbílidos de los géneros *Myocricetodon* y *Debruijnimys*. El primero fue un animal de muy pequeño tamaño (sus molares tienen una longitud de apenas un milímetro) cuya procedencia ha sido motivo de un intenso debate entre los paleontólogos hasta hace pocos años. ¿Llegó a la Península Ibérica desde el norte de África, mediante un paso emergido cercano al actual estrecho de Gibraltar, o experimentó una larga migración desde Asia, a través del Mediterráneo desecado durante la crisis de salinidad? Durante las últimas décadas del siglo XX, el principal problema para resolver esta cuestión fue la ausencia de un «candidato propicio» que pudiera corresponder al origen de los ejemplares de *Myocricetodon* encontrados en el continente europeo. Las especies asiáticas del género *Myocricetodon* son bastante diferentes a los fósiles encontrados en Europa, y en cuanto a las especies africanas, solo algunas mostraban un parecido razonable con las



Piezas dentarias del roedor *Myocricetodon jaegeri* procedentes del yacimiento de Almenara-M (Mioceno superior, provincia de Castellón). A, primer molar inferior izquierdo; B, segundo molar inferior izquierdo; C, primer molar superior izquierdo; D, segundo molar superior izquierdo. La barra de escala representa un milímetro.



Piezas dentarias del roedor *Debruijnimys almenarensis* procedentes del yacimiento de Negratín (Mioceno superior, provincia de Granada). A, primer molar superior izquierdo; B, segundo molar superior izquierdo; C, tercer molar superior izquierdo; D, segundo molar inferior derecho. La barra de escala representa un milímetro.

formas europeas, pero habían sido encontradas en yacimientos muchísimo más antiguos. El problema se resolvió cuando, ya bien entrado en siglo XXI, paleontólogos de la Universidad de Granada y del Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social de Tarragona observaron la gran similitud de los fósiles encontrados en yacimientos europeos con la especie africana *Myocricetodon jaegeri*, identificada en localidades de Marruecos de edad muy similar. En el año 2009, el estudio detallado de los fósiles de *Myocricetodon* del yacimiento de Negratín (cuenca de Guadix-Baza) permitió asignarlos a la especie *M. jaegeri*, demostrando su procedencia africana. No fue hasta 2018 cuando el mismo equipo de investigadores analizó el resto de fósiles de este género encontrados en otros yacimientos europeos, concluyendo que todos pertenecían a la misma especie y despejando así cualquier duda sobre su vía de entrada a nuestro continente.

El registro de *Myocricetodon* en Europa es muy escaso y restringido temporal y geográficamente. Su permanencia en nuestro continente debió ser, en términos de tiempo geológico, bastante breve, ya que solo se ha identificado en yacimientos correspondientes al final del Mioceno (entre 5.5 y 5.3 millones de años, coincidiendo con la crisis de salinidad). Además, todos estos yacimientos se ubican en el sur y el este de España (Negratín y Pino Mojón en la cuenca de Guadix-Baza, Salobreña en el litoral granadino y Almenara-M en la provincia de Castellón) y en el extremo suroriental de Francia

(Caselnou-3). No hay rastro de su presencia en otras cuencas españolas como las de Granada, Teruel o Cabriel, a pesar de que cuentan con un abundantísimo registro fósil del final de Mioceno. Precisamente, en esas áreas donde *Myocricetodon* está ausente, se registra en este intervalo temporal la presencia de otros animales de hábitos acuáticos como castores y desmanes, que nos indican la presencia de condiciones climáticas húmedas.

Todo esto hace pensar que *Myocricetodon* era un roedor con unos requerimientos ecológicos muy concretos, que solo podía vivir bajo condiciones climáticas muy cálidas y secas. Así, colonizó una franja estrecha cercana al litoral mediterráneo durante un tiempo breve en el que las condiciones climáticas le fueron propicias, pero desapareció al comenzar el Plioceno, una vez reestablecido un clima algo más frío y húmedo.

### MAYOR TOLERANCIA ECOLÓGICA

Por el contrario, *Debruijnimys*, aunque llegó a Europa en el mismo momento y a través de la misma vía de entrada que *Myocricetodon*, corrió una suerte distinta, seguramente debido a que tenía unos requerimientos ecológicos menos estrictos. Prueba de ello es, en primer lugar, que alcanzó una distribución geográfica mayor: se ha encontrado, además de en el sur de España y la costa de levante, en yacimientos del interior de Valencia y de la provincia de Teruel.

## Los gerbílidos del género *Myocricetodon* son de procedencia africana, de la especie *M. jaegeri*

# A diferencia de *Myocricetodon*, *Debruijnimys*, que llegó a Europa en el mismo momento, alcanzó mayor distribución geográfica y permaneció más tiempo

## Fósiles de mamíferos grandes y pequeños

Aunque los fósiles de mamíferos de gran tamaño siempre son los más espectaculares y los que causan mayor fascinación (es el caso, por ejemplo, de los mamuts o de los tigres de dientes de sable), lo cierto es que sus restos son bastante escasos. Al igual que ocurre en la actualidad, los mamíferos más abundantes y diversificados en el registro fósil son los de pequeñas dimensiones, particularmente los roedores. Este orden de mamíferos aparece en el Paleoceno, y ya en el Eoceno se convierte en un grupo muy diversificado. Actualmente comprende más de 2000 especies (incluyendo, entre otros, ratas, ratones, hámsteres, lirones, ardillas, castores y jerbos). Otros órdenes de mamíferos de pequeño tamaño relativamente comunes en el registro fósil son los insectívoros (topos, erizos y musarañas), los lagomorfos (conejos, liebres y picas) y los quirópteros (murciélagos). Algunos grupos de primates extintos, como los adapiformes (emparentados con los actuales lémures y lórisés) y los omomiformes (parientes de los actuales tarseros), que fueron muy abundantes durante el Eoceno, también tenían tamaño pequeño.

Los restos de estos pequeños mamíferos más estudiados por los paleontólogos son los dientes, fundamentalmente por dos razones. La primera es que son los elementos que mejor se preservan en las rocas sedimentarias, ya que el esmalte que los recubre es el tejido más duro y resistente del cuerpo de los vertebrados. Pero además, los dientes tienen una morfología compleja y muy diferente de unos grupos a otros, y por tanto son estructuras muy útiles para identificar especies fósiles.



*Northarcus* es un género extinto de primates que vivió en Europa y América del Norte durante el Eoceno.



RAEFANWIBBARAKAT

Yacimiento de Negratín (final del Mioceno, cuenca de Guadix-Baza), donde se han encontrado restos de los roedores africanos *Myocricetodon* y *Debruijnimys*. Los fósiles proceden del nivel de arcillas oscuras marcado con una flecha amarilla.

Además, *Debruijnimys* permaneció en Europa durante un tiempo mucho más prolongado: existen evidencias de su presencia en yacimientos del Plioceno datados en menos de cuatro millones de años, como Asta Regia, en la cuenca de Jerez. Es decir, a diferencia de *Myocricetodon*, *Debruijnimys* debió tener una tolerancia ecológica más amplia y fue capaz de sobrevivir al menos un millón de años después del comienzo del Plioceno, a pesar del enfriamiento que tuvo lugar en nuestras latitudes durante esta época.

En todo caso, los escasos hallazgos de estos roedores migrantes no son más que pequeñas piezas de puzzle que contribuyen a reconstruir, de una forma parcial e insuficiente, la historia de un evento que sin duda fue largo y complejo.

Muy probablemente, futuras excavaciones permitirán a los paleontólogos identificar otras especies de mamíferos, grandes o pequeños, que emprendieron estas mismas rutas intercontinentales, aumentando así mucho más nuestro conocimiento sobre uno de los episodios más espectaculares de la historia geológica del planeta. □

POR TATA GAVILÁN  
Coach Sistema  
Integral Alta  
Competición  
@tatagavilan



## HABLEMOS DE RAFA...

RAFA NADAL SE HA RETIRADO DEL MUNDO DEL TENIS, PERO HA DEJADO UNA HUELLA IMBORRABLE: EL EJEMPLO DE SU CATEGORÍA HUMANA Y SU EXCELENCIA.

**H**ablemos de Nadal, en un año que acaba marcado en lo deportivo, por su retirada. Hablemos de un chico que transformó la forma de ver el deporte, a nivel global. Pocas veces, poquísimas, se ha escrito tanto de un deportista, durante tantos años, en todos los puntos del mundo, y siempre bien. Y si vengo a contar que en realidad ha sido un revolucionario, dentro y fuera de la pista, igual tiene más mérito aún mantener en el tiempo esa buena imagen. No voy a escribir sobre su conocida trayectoria, ni sobre temas puramente deportivos y tenísticos. No. Voy a hacer algo que creo que es de justicia, y que nunca se ha hecho. Voy a hablar de todas sus fórmulas rompedoras con la vieja escuela.

**NADAL ES UN ANTES Y UN DESPUÉS,** en el deporte y en la sociedad. Con él llegó la revolución del entrenamiento mental. ¿Por qué? Porque él ha puesto imagen y realidad a que la parte más importante en cualquier persona, que compita o no, es la mente. Con Rafa, aunque no lo hiciera a propósito, se ha normalizado hablar de la importancia de la fortaleza

mental. Ese ha sido su gran legado.

Pero venía con muchas más revoluciones en su raquetero... Convertir un deporte elitista y poco unido al pueblo, en una cita que paralizaba las ciudades cada vez que jugaba una final. Algo, que en nuestro país, era casi exclusivo del fútbol y, sobre todo, de la selección nacional. Pues sí, un buen día, llegó ese chiquillo de Manacor, que ya sonaba en los ambientes deportivos, y nos dejaba torneo tras torneo sin aliento.

Era diferente a todo. Y atención a la dificultad añadida que era hacerse un hueco en un deporte donde todos estábamos deslumbrados con alguien irrepentible, el gran Federer. Roger era la imagen de la perfección, de la elegancia dentro y fuera de pista, de la clase hecha deporte y del tenis más perfecto visto hasta la fecha. En ese momento llegó Rafael, como lo llaman en casa, con sus camisetas sin mangas, su pelo largo, con más pinta de rapero que de tenista, y con su forma de celebrar los puntos, calibradas como desmesuradas por aquel público de sus comienzos. Un público, que quiero recordar aquí, para nada se lo puso fácil. No entraba en ni uno solo de los clichés marcados en este deporte.

Otra de sus grandes revoluciones, demostrar que innovar física, técnica y mentalmente no iba en contra de nada, ni de nadie, solo a favor del deporte, y que ahora también sabemos, de la vida. Gracias a Rafa tenemos claro que la elegancia es una actitud ante el rival, ante el público, ante todo aquel que se cruza y atiende. Nunca una raqueta rota, nunca una mal gesto al rival y mucho

menos al público. Y siempre, cariño, comprensión, empatía, reconocimiento y aplausos para sus rivales. Saber construirse sólidamente como ser humano siempre va en función de quien te rodea.

Un factor principal en su éxito, personal y profesional, es el equipo y su familia, que le han ayudado a poner piezas de calidad, como los buenos principios, los valores y siempre intentar poseer, entre otras cosas intuición, alegría, claridad en sus propósitos, originalidad, responsabilidad y libertad. Esto, ni más menos, es la descripción de vivir en la excelencia. Este jefazo, ha demostrado que se puede, que siempre se puede más, incluso estando en las peores circunstancias posibles.

Su legado es amplio, demasiado para este artículo.

**PERO RAFA NO ACABA AQUÍ, SOLO CAMBIA DE CAMINO,** y voy a poder escribir de él mucho tiempo. También sé que lo que decida hacer a partir de ahora lo hará igual o mejor, porque otra de sus lecciones ha sido demostrar su adaptación, señal de una inteligencia emocional nunca antes vista en el deporte. Para mí siempre serás amor y compromiso, en todo lo que te propongas. Bondad y calidad. Tan normal y tan distinto.

Para mí, tu mejor lección fue enseñarme lo que se necesita para ser grande, ahora lo sé, se necesita todo... Puedes estar tranquilo, porque has hecho algo extraordinario y es dejar un legado imposible de mejorar en lo deportivo, y lo más importante para ti, en lo humano.

Gracias, Rafa. □



SHUTTERSTOCK

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



# A VUELTAS CON LA DICHOSA DOPAMINA, O POR QUÉ AL CEREBRO LE ATRAEN LAS *FAKE NEWS*

NUESTRO CEREBRO QUIERE RECOMPENSAS PARA SENTIRSE BIEN Y UNA NOTICIA FALSA, POR ABSURDA QUE PAREZCA, SUPONE UN CHUTE DE DOPAMINA MUY SATISFACTORIO.

**S**eguro que todo el mundo ha oído hablar de la dopamina, ese neurotransmisor que, según se dice en multitud de artículos y programas de radio y televisión, tiene que ver con muchas cosas de nuestro comportamiento, unas buenas y otras no tanto. De hecho, es fácil que el lector haya oído que la dopamina es la culpable en gran parte de que las drogas que producen adicción tengan precisamente este efecto, pues sobreestiman la producción de esta sustancia, especialmente la que llega a una pequeña parte de los ganglios basales (que están debajo de la corteza cerebral, en el lóbulo frontal) y que se conoce como núcleo *accumbens*. La mencionábamos hace unos días cuando hablábamos de las relaciones entre emoción y razón, pero solo de pasada.

La estimulación del núcleo *accumbens* por la dopamina procede de unas estructuras muy primitivas de nuestro cerebro, principalmente de la llamada área tegmental ventral, en el tronco del encéfalo, que se pone en marcha en función de complejas com-

putaciones que se han producido en el mismo tronco del encéfalo respecto a si la situación que estamos viviendo tiene relevancia o no. Específicamente, este circuito se activa si estamos ante algo interesante, importante, de valor, especialmente para la supervivencia y la reproducción. Así, el alimento, el sexo, el bienestar, por ejemplo, son buscados por nuestro cerebro y cuando encuentra indicios de que puede conseguirlos se dispara la dopamina en el núcleo *accumbens*. En muchos textos y programas he visto llamar a esto placer, pero no es exactamente eso lo que uno siente cuando le suben los niveles de dopamina en el núcleo *accumbens*. Aunque es algo tremendamente agradable, es más bien una sensación de que van a ocurrir cosas buenas, que todo va a ir bien, van a funcionar las cosas, va a haber éxito (en lo que sea). Y esto lleva a que tengamos ganas de hacer cosas, de movernos, de conseguir propósitos, de hablar con la gente, de explorar... ganas de vivir. Y esto es curioso, porque a veces se activa con cosas que parecen insignificantes pero que, para el cerebro humano, son importantes. Una palmadita en la espalda, una sonrisa dirigida hacia mí, unas pupilas dilatadas que me miran con atención, un cumplido, un simple saludo cordial (sincero), son suficientes para subir la dopamina en el *accumbens*. Como aumenta cuando esperamos que vayan bien las cosas, esto también va a suceder cuando nos dan un producto inocuo pero que creemos eficaz, un placebo. Cuanto más aumente la actividad en el núcleo *accumbens* ante un placebo, tanto más eficaz será. En definitiva. La dopamina en el *accumbens* produce la sensación de que al-

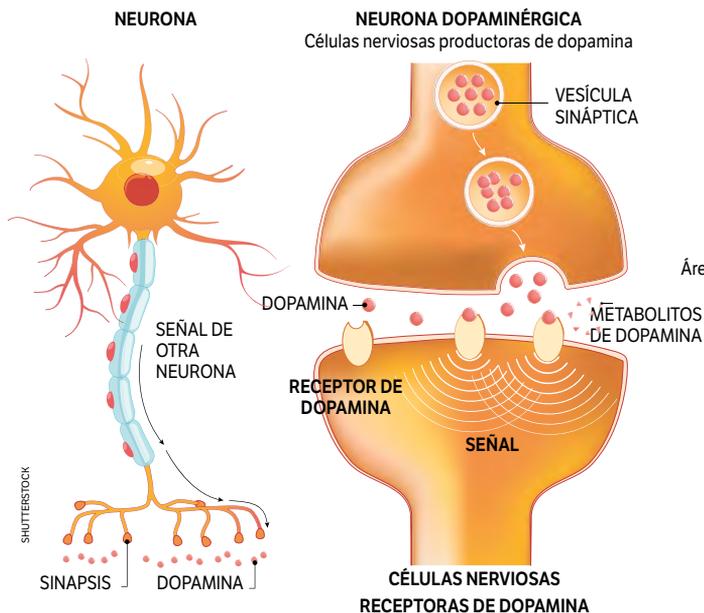
go bueno está por suceder, lo cual es una sensación muy deseable, aunque no es estrictamente placer.

**EL CIRCUITO QUE VA DEL TEGMENTAL AL ACCUMBENS** es ayudado por otro, de similar origen y composición química, pero que termina en las regiones prefrontales de la corteza. Estas regiones se emplean en la planificación, el cálculo, la toma de decisiones, y ayuda al circuito que «nos da ganas de vivir» determinando si lo que desea este último merece la pena y cómo conseguirlo. No siempre merece la pena, claro: podemos estar ante algo que sea ilegal, que haga daño a otras personas, o incluso a nosotros mismos, o que sea moralmente inaceptable, por poner solo unos ejemplos.

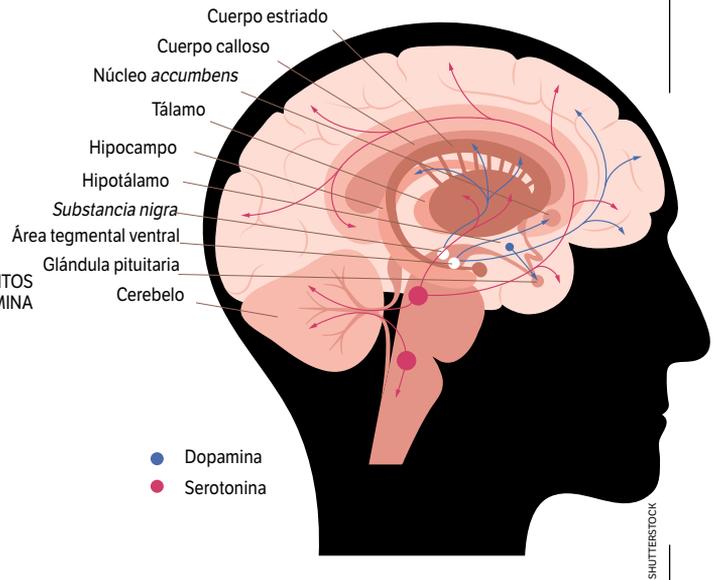
Los problemas en este equilibrio vienen precisamente cuando el circuito del *accumbens* ha sido invadido por las drogas adictivas; la liberación de dopamina es de tal magnitud que cuando nos falta la droga nos sentimos mal. Nos sentimos morir: las dosis de dopamina ni siquiera son las normales, están muy por debajo, ya que hemos acostumbrado al circuito a sobredosis producidas por la sustancia adictiva y que, sin ella, no recuperarán sus valores mínimos. Solo lo solucionaremos volviendo a ingerir esa sustancia. El circuito de la corteza prefrontal no podrá hacer nada, no opondrá resistencia. Lo curioso de este sistema y de lo que ocurre cuando rompemos su equilibrio es que parece ser que responde no solo a sustancias químicamente comparables a la dopamina, o que producen que esta aumente descontroladamente en los lugares oportunos, sino que circunstancias aún más artificiales pueden

EL ÁREA TEGMENTAL  
VENTRAL SE  
ESTIMULA ANTE  
SITUACIONES  
IMPORTANTES, EL  
ALIMENTO, EL SEXO  
O EL BIENESTAR

## DOPAMINA



## DOPAMINA Y SEROTONINA



desencadenar procesos parecidos. Son muchas las adicciones que no tienen un origen químico pero que parecen interferir en la misma maquinaria. La adicción al juego se debería, por ejemplo, a esa sensación de que a la siguiente jugada voy a ganar, y mucho; esa sensación de que ya llevo mucho perdido y ya toca esperar una gran ganancia. Es el lenguaje de la dopamina. La adicción a las redes sociales utilizaría mecanismos semejantes. Por eso están arrasando, ya que esas redes, ese intercambio de información social, está disponible las 24 horas, los 7 días de la semana. Y la tenemos en nuestros bolsillos. En las redes sociales, buscamos obtener «me gusta», equivalentes digitales a palmaditas en la espalda, sonrisas, o miradas de atención. Y esto sube la dopamina. Somos adictos al móvil y a estas tecnologías por mecanismos muy parecidos a los que producen las drogas.

**LA DOPAMINA ES UN NEUROTRANSMISOR** muy destacado en el cerebro humano. En comparación con el de otros primates, se suele decir que nuestro cerebro es altamente dopaminérgico, abunda la dopamina. Esto es así incluso teniendo en cuenta

que las células que la producen son solo un 0,0005 por ciento del total de sus neuronas. El núcleo *accumbens* se encuentra inserto en el llamado «cuerpo estriado», un grupo de estructuras cerebrales que participa, entre otras cosas, en la regulación del movimiento, pero también –y aquí viene lo interesante– en la cognición social, en la comprensión de las convenciones sociales, siendo crucial para la tolerancia entre los miembros del grupo, para reducir la agresividad y mejorar la convivencia. El cuerpo estriado humano es dos veces más grande que el del chimpancé, lo que explicaría que seamos una especie más tolerante con los miembros de nuestro mismo grupo. Pero no con los de otros grupos. Quién sabe si la polarización política actual no tendrá que ver con la alteración de los niveles de dopamina que está produciendo la irrupción de las redes sociales.

Algunas de las situaciones que más incrementan los niveles de dopamina incluyen solucionar algo pendiente, llegar a una conclusión o tomar una decisión. Ese alivio que se siente en estos casos tiene mucho que ver con la dopamina. Y esto es muy importante. Como han descubierto numerosos estudios, al cerebro humano

no le interesa la verdad. Lo que realmente quiere es sentirse satisfecho con una explicación de cómo son las cosas, aunque sea enrevesada y, muchas veces, mentira. Incluso aunque haya evidencias en contra, que ignoraremos oportunamente no vaya a ser que tengamos que volver a encontrar una explicación ahora que ya la teníamos. Y aquí viene la cuestión: cuando el cerebro humano encuentra una historia coherente que le explica las cosas, se da un premio de dopamina. Esto reforzará totalmente su creencia en esa historia y la blindará contra viento y marea.

Y así es como somos fácilmente víctimas de noticias falsas, de las famosas *fake news*. Da igual que la historia vaya de que las élites mundiales nos quieren manipular mediante chips imposibles o «ingeniería social»; da igual que la historia diga que el cambio climático no existe, o que la Tierra es plana. Alguien nos lo dijo, nos pareció coherente para explicar algunas lagunas de nuestro conocimiento y... ¡voilà! chute de dopamina! Desde entonces, creemos a pies juntillas cualquier noticia que esté de acuerdo con esa explicación del mundo, por absurda que parezca. Son las trampas del cerebro humano. □

# LOS RÍOS VOLADORES DE LA

# AMAZO



ISTOCK

La deforestación de la Amazonía pondría en peligro a toda América Latina. El continente podría secarse, asemejándose a la Australia actual: un gran desierto interior rodeado de franjas húmedas cercanas al mar.

# NIA

La transpiración de los árboles de la mayor selva tropical del mundo provoca el nacimiento de un verdadero ‘géiser’ que vierte hacia el aire un río vertical de vapor más caudaloso que el mismísimo Amazonas. Los sistemas de lluvia de América del Sur dependen de los ríos voladores que nacen en la Amazonia.

---

Texto de **BERNARDO GUTIÉRREZ**, periodista



Brasil depende de la humedad que viene de la Amazonia para la irrigación del campo, el abastecimiento de las reservas de agua y la generación hidroeléctrica.

ISTOCK

**E**

ste es el punto de encuentro de tres aguas: el agua del océano Atlántico, bastante agua que viene del río Amazonas y a nuestro alrededor aire húmedo. El viento principal viene del océano y empuja la humedad hacia Brasil. Es el inicio de nuestros famosos ríos voladores». En un vídeo del año 2012, el aviador ambientalista Gérard

Moss hablaba con entusiasmo, mientras sobrevolaba la costa brasileña, cerca de la desembocadura del río Amazonas. Entonces, Gérard –criado en Suiza, naturalizado brasileño y fallecido en marzo de 2022– llevaba ya cinco años surcando los cielos de la Amazonia recolectando muestras de humedad del aire. A bordo de avión monomotor anfíbio LA-250 Lake Renegade y de otros similares, Gérard puso su vida al servicio de los «ríos voladores» que desde la Amazonia transportan enormes cantidades de agua hacia otras regiones del continente. El proyecto Ríos Voladores, el mayor mapeo existente de los caudales líquidos que recorren la atmósfera sudamericana, fue su gran legado al mundo.

Con la ayuda de un filtro instalado en una ventana de la aeronave, el aire externo era succionado a través de unos tubitos insertados en un recipiente refrigerado

con hielo seco. Al enfriarse, el vapor de agua se condensaba y formaba gotas de agua dentro de los tubos. Las colectas se enviaban al laboratorio del Centro de Energía Nuclear de Agricultura (CENA), de la Universidad de São Paulo. Gracias a la colaboración de Gérard Moss y su mujer (la fotógrafa queniana Margi Moss), con diversas instituciones, el proyecto realizó mapas detallados del recorrido de cientos de ríos voladores. «En Brasil dependemos de la humedad que viene de la Amazonia para la irrigación del campo, para abastecer las reservas de agua para nuestro uso diario y para la generación hidroeléctrica. Entre mayo y septiembre, cuando los ríos voladores suben hacia Colombia, Venezuela y el Caribe en lugar de bajar hacia São Paulo y otros lugares, pasamos largos periodos sin lluvia», asegura Margi Moss a MUY INTERESANTE.

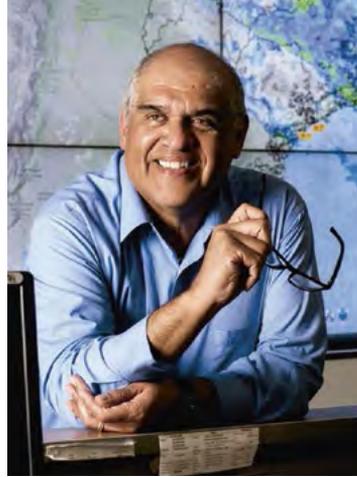
En realidad, los ríos voladores son una metáfora divulgativa reciente en la que desembocan diferentes investigaciones científicas que usan conceptos como «ríos atmosféricos», «chorros de bajos niveles» o «lagos aéreos». Pero, ¿en qué consiste exactamente el fenómeno de los ríos voladores?, ¿cómo se forman?, ¿qué cantidad de agua desplazan?, ¿son invisibles o tienen forma de nubes?

### DENOMINACIÓN CIENTÍFICA

El término «ríos voladores» surgió de las conversaciones informales entre Gérard Moss y el científico



ASC / YOUTUBE



ASC / CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN)

A la izquierda, Gérard y Margi Moss (arriba) y Antonio Donato Nobre, uno de los principales colaboradores del proyecto Rios Voadores (abajo). A la izquierda de estas líneas, el científico peruano-brasileño José Marengo. Abajo,



ASC / TED TALKS

lanzaron a la búsqueda de la explicación, utilizando todo tipo de laboratorios, torres, aviones, barcos, satélites o superordenadores.

En 1992, Reginald Newell y Nicholas Newell introdujeron el concepto de «ríos atmosféricos», para describir los flujos filamentosos de la atmósfera que ayudan a transportar grandes cantidades de agua como vapor. En 2004, José Marengo acuñó el concepto «chorros de bajos niveles» para explicar la circulación que conecta los vientos alisios del océano Atlántico que sobrevuelan la Amazonia y prosiguen hacia la parte meridional de América del Sur. Más recientemente, Josefina Arraut usó el concepto «lagos aéreos» para estudiar los remansos atmosféricos de América del Sur que propician que el vapor se transforme en agua.

peruano-brasileño José Marengo, uno de los mayores estudiosos de la humedad atmosférica en la Amazonia. Marengo explicó a la revista *((o))eco* que Gérard Moss, como buen piloto, entendía de meteorología, pero no de cuestiones técnicas como humedad atmosférica, vapor de agua o reciclaje de agua: «Yo le dije... es como un río volador, tienes una corriente de agua en la atmósfera. Sé que no ves ese agua, porque es vapor, gas, pero si la transformas en agua, es como un río.... Le gustó el nombre, lo adoptó y creó el proyecto Rios Voadores».

En los años setenta, el científico brasileño Enéas Satali descubrió que el bosque tropical mantiene el aire húmedo a más de tres mil kilómetros del océano Atlántico gracias a un misterioso mecanismo de reciclaje de la humedad. En aquella época, cuando se desconocía casi todo de dicho fenómeno, centenas de científicos se

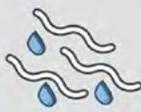
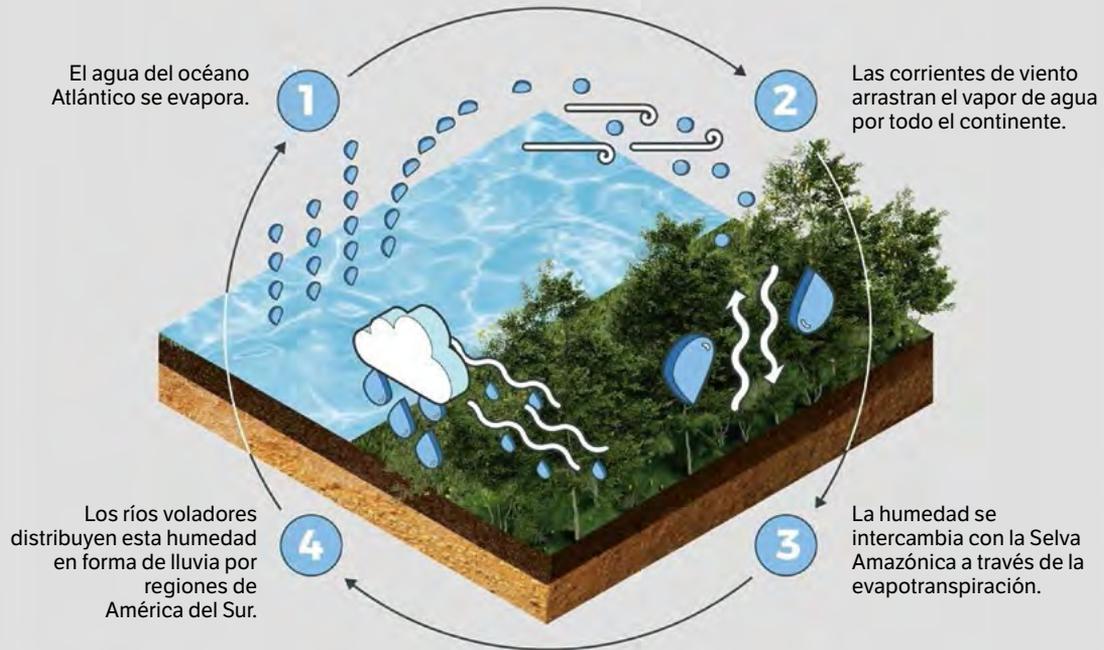
El misterio del reciclaje de agua de la Amazonia y de la formación de los ríos voladores reside en la fuerza de la «evotranspiración» de los árboles de la región. La evotranspiración, fenómeno que transforma agua en vapor, empieza en los árboles. «Las plantas sudan. La transpiración promueve que el agua del suelo, que carga consigo nutrientes, sea succionada por las raíces y fluya a lo largo del tronco, hasta las hojas, permite que la hoja abra sus microportales a la atmósfera (estomas), por donde sale el vapor, pero también por donde entra el abono gaseoso más esencial, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)», explica el científico Antonio Donato Nobre, uno de los principales colaboradores del proyecto Rios Voadores, en el influyente informe «El Futuro Climático de la Amazonia», de 2014.

En la Amazonia, las raíces de los árboles cogen agua a 50 o 60 metros de profundidad y la bombean al aire gracias al proceso de evaporación de las hojas. La potencia del mecanismo se debe a que la temperatura de la copa de los árboles en la Amazonia, en torno a 30 grados, es la ideal para la fotosíntesis. «Si la temperatura llegara a 43 grados, la fotosíntesis sería igual a cero. Si cae por debajo de 6 grados, es cero. El clima de la selva amazónica es muy importante para aumentar la eficiencia biológica y el reciclaje de agua», asegura telefónicamente Carlos Nobre, uno de los meteorólogos más respetados del mundo. Nobre explica que de esa forma el vapor de agua se condensa rápidamente y forma gotículas de agua, que tienen entre 10 y 20

## El bosque tropical mantiene el aire húmedo a más de 3000 kilómetros del Atlántico gracias al reciclaje de la humedad

## UN PROCESO DE LLUVIAS Y EVAPORACIÓN

Los ríos voladores son creados por corrientes de aire que transportan enormes cantidades de vapor de agua por el cielo.



**Estos ríos atmosféricos** desempeñan un papel fundamental en la regulación de las precipitaciones en la región del Amazonas y más allá.



**Solo el 6 % de las tierras de cultivo en Brasil** (cifra estimada) son irrigadas, lo que hace que la región dependa en gran medida de las precipitaciones.



**Los árboles del Amazonas liberan diariamente** a la atmósfera 20 000 millones de toneladas de agua. Esto es alrededor de 13 veces más de lo que descarga el río Misisipi.

**Brasil depende en gran medida de los ciclos del agua creados por la selva amazónica para sustentar el crecimiento de cultivos que alimentan a las comunidades locales y globales.**

WWF, FORBES, THE FUTURE CLIMATE OF AMAZONIA, RÍOS VOADORES NPS

## La pedagogía de los ríos que vuelan

Gerárd y Margi Moss pusieron en marcha un ambicioso plan educativo para explicar a niños adolescentes de muchas regiones de Brasil que buena parte de la lluvia de sus ciudades viene de la mayor selva tropical del mundo. El matrimonio estaba convencido de que divulgando la importancia de los ríos voladores iban a ayudar en la lucha por la conservación de la Amazonia. Realizaron cientos de encuentros en escuelas, produjeron videoanimaciones didácticas e incentivaron el lanzamiento del libro infantil *Ríos que voan*, escrito por la periodista Yana Marull. A su vez, el proyecto Ríos Voadores guardó cientos de dibujos realizados por niños sobre los ríos voladores.

micrómetros de diámetro (menos que el grosor de un cabello), imprescindibles para la formación de lluvia. El vapor amazónico produce una especie de polvo, denominado aerosol atmosférico, que garantiza que la selva genere su propia lluvia sin depender de las nubes provenientes del océano.

El misterio de la humedad mantenida por el bosque amazónico a miles de kilómetros del océano también está relacionado con el extraordinario tamaño de sus árboles. Un árbol con una copa de diez metros de diámetro es capaz de bombear hacia la atmósfera 300 litros de agua en forma de vapor en un único día, según un estudio del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Un árbol de una copa de veinte metros de diámetro puede bombear más de mil litros al día.

En 2007, Antonio Donato Nobre e Adriana Cuartas calcularon por primera vez la transpiración masiva del bosque amazónico. Utilizando datos de evaporación

colectados en torres de monitoreo, estimaron la cantidad total diaria de agua fluyendo del suelo hacia la atmósfera a través de los árboles que cubren 5,5 millones de km<sup>2</sup>: 20 000 millones de toneladas de agua transpirada al día. La cantidad es superior a la que el río Amazonas vierte diariamente en el océano Atlántico (17 000 millones de toneladas). En su conjunto, los árboles conforman un verdadero géiser selvático que vierte hacia el aire un río vertical de vapor más caudaloso que el propio río Amazonas.

## RUMBO AL SUR

De la cantidad de agua volcada a la atmósfera amazónica, el 55 % llega al océano a través de los ríos, tras procesos de lluvia, pero el 45 % sale en forma de ríos voladores. En muchos casos, los ríos voladores son invisibles. «Las nubes son una manifestación visible de la presencia de agua en la atmósfera. Pueden significar la presencia de un río volador o no. El río volador puede fluir invisiblemente por caminos en el cielo. Para entregar el agua que contiene, va a necesitar de las nubes generadas por factores como un cambio de temperatura que hace que el vapor invisible se condense en gotículas», afirma Margi Moss.

El estudio pionero de José Marengo sobre los «chorros de bajos niveles» reveló que la existencia de la cordillera de los Andes es crucial para el desvío de los ríos voladores. El aire húmedo amazónico da la vuelta en el Estado de Acre (frontera de Brasil con Bolivia) y, durante el verano, lleva cantidades generosas de vapor de agua a una latitud que en otros continentes depara geografías áridas o incluso desérticas. El cuadrilátero delimitado por Cuiabá al norte, São Paulo al este, Buenos Aires al sur y la cordillera de los Andes al oeste, tendería a la aridez sin los ríos voladores. Sin embargo, mientras en la misma latitud se extienden los desiertos de Atacama (al otro lado de los Andes), de Namibia y Kalahari (en África) y el desierto de Australia, el denominado «cuadrilátero afortunado» o «cuadrilátero de oro» está regido por un clima húmedo y produce el 70 % del PIB de América del Sur, según el informe «El futuro climático de la Amazonia».

El proyecto Ríos Voadores realizó un pormenorizado estudio de las trayectorias de los ríos voladores hacia ciudades ubicadas al sur de la Amazonia. Por ejemplo, Cuiabá, capital del estado de Mato Grosso, epicentro agropecuario del país, recibió 783 ríos vo-

## La existencia de la cordillera de los Andes es realmente fundamental para el desvío de los ríos voladores



ESTOCK

En la Amazonia, la raíces de los árboles cogen agua a 50 o 60 metros de profundidad y la bombean al aire gracias al proceso de evaporación de las hojas. La potencia del mecanismo se debe a que la temperatura de la copa de los árboles en la Amazonia, en torno a 30 grados, es la ideal para la fotosíntesis.

ladores entre 2011 y 2015. El proyecto elaboró incluso mapas detallados con la trayectoria exacta de ríos voladores concretos, gracias a una colaboración con el Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos (CPTEC). «Los ríos voladores tienen una gran importancia para las lluvias de América Latina. Eso es lo que explicamos a los agricultores. Los árboles de la Amazonia lanzan agua al cielo y ayudan a que regiones secas tengan más lluvia y generen riqueza, energía, producción de grano», asegura a MUY INTERESANTE Alexis de Sousa Bastos, coordinador de proyectos del instituto de estudios RioTerra.

¿Qué ocurriría si se acelera el proceso de deforestación de la Amazonia? «Como la mayor parte del agua que irriga el granero productivo del cuadrilátero de América del Sur meridional procede de los bosques de la Amazonia, el continente podría secarse considerablemente, pudiendo asemejarse con la Australia actual: un inmenso desierto interior, rodeado en uno de sus lados por franjas húmedas próximas al mar», relata el informe «El futuro climático de la Amazonia».

La periodista brasileña Eliane Brum, en su reciente ensayo *La Amazonia* (Salamandra, 2024), dedica muchas líneas a «los ríos voladores que irrigan el mundo sobre nuestras cabezas, ríos formados por el sudor de los árboles». Y vincula su continuidad a la existencia de los pueblos indígenas, verdaderos guardianes de la selva. «A menos que los pueblos-selva sigan siendo selva – escribe Brum – no habrá posibilidad de que la mayor selva tropical del mundo desempeñe su papel en la regulación del clima mediante su continuo gesto de lanzar ríos voladores a los cielos del mundo». □



# ASÍ FUNCIONA EL CEREBRO

## ¡Échate un buen sueño!

Porque si no lo haces, tu vida puede convertirse en un infierno. El sueño nocturno, regulado por una sutil coreografía bioquímica, es fundamental para una buena salud.

---

Texto de **ELENA SANZ**, periodista científica



Piensas que dedicar un tercio de tu vida a planchar la oreja es una pérdida de tiempo? Nada más lejos de la realidad. La neurociencia ha encontrado múltiples pruebas de que dormir entre siete y ocho horas cada noche resulta vital para mantener el cuerpo –y la mente– sano. La principal molécula responsable de este efecto reparador es la melatonina u hormona de la oscuridad. Además de relajar como un somnífero, la síntesis de esta sustancia tras la puesta de sol elimina los dañinos radicales libres de oxígeno y frena el envejecimiento. Dicho de otro modo, la melatonina permite que, cada noche, nuestro cuerpo remedie los daños causados en el transcurso del día para que podamos despertarnos como rosas. Y cuando empieza a amanecer, el tictac interno ordena liberar el neurotransmisor dopamina, que ayuda a salir del sopor y a comenzar la jornada con las pilas cargadas.

tonina u hormona de la oscuridad. Además de relajar como un somnífero, la síntesis de esta sustancia tras la puesta de sol elimina los dañinos radicales libres de oxígeno y frena el envejecimiento. Dicho de otro modo, la melatonina permite que, cada noche, nuestro cuerpo remedie los daños causados en el transcurso del día para que podamos despertarnos como rosas. Y cuando empieza a amanecer, el tictac interno ordena liberar el neurotransmisor dopamina, que ayuda a salir del sopor y a comenzar la jornada con las pilas cargadas.

### LA LUZ ARTIFICIAL LE CORTA EL BUEN ROLLO A LA MELATONINA

Ese delicado equilibrio puede echarse a perder en un abrir y cerrar de ojos si incurrimos en conductas ya tan extendidas como echar un vistazo a las noticias en la tableta antes de dormir, *wasapear* con los amigos o

tumbarnos en la cama a ver una película en plena madrugada. Y todo porque la exposición a luz artificial le corta el rollo a la melatonina. Tal y como demostraron investigadores del Centro de Trastornos del Sueño de la Universidad de California, cada vez que convertimos en compañeros de cama a nuestros *gadgets* con pantallas retroiluminadas estamos impidiendo la secreción de la sustancia sanadora.

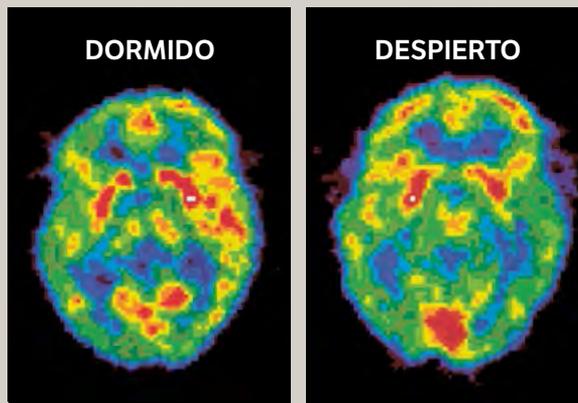
### UN TERCIO DE LA HUMANIDAD NO PEGA OJO

Eso podría explicar en parte por qué, según alertaba hace poco la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de un tercio de la población mundial padece insomnio en la era de la tecnología móvil. El resplandor de las farolas de la calle entrando por la ventana o el hecho de dejar la tele encendida en la habitación mientras dormimos también alteran el descanso. En definitiva, la mejor opción para conservar la salud es conciliar el sueño en una habitación completamente a oscuras.

Lo más preocupante es que, cuando escasea la melatonina, el sistema inmune se resiente, se altera el equilibrio de las hormonas reproductoras y aparece el fantasma de la depresión. Y puesto que esta hormona y sus derivados nos protegen del daño oxidativo, a manos de los citados radicales libres, si no se sintetiza nos arriesgamos a padecer más enfermedades, incluidas dolencias cardíacas y diabetes. Incluso los linfocitos asesinos o NK, que forman una primera línea de defensa contra las células cancerígenas, dis-

## Sesos siempre enchufados

Como han demostrado recientes investigaciones, el cerebro humano no desconecta ni siquiera durante las fases de sueño profundo. Se puede comprobar comparando las dos tomografías de la derecha: las zonas neuronales más activas —en rojo— e inactivas —azul— no presentan grandes diferencias entre el sujeto dormido y el despierto. Una de las regiones más operativas durante el periodo de descanso nocturno es el hipocampo, responsable de la consolidación de los recuerdos.



minuyen tras una noche toledana expuestos a la luz de una bombilla o una pantalla, tal y como explicaba hace poco Kristen Navara, de la Universidad de Georgia, en el *Journal of Pineal Research*. Por no hablar del desgaste que sufren la memoria y la capacidad de aprender y retener información.

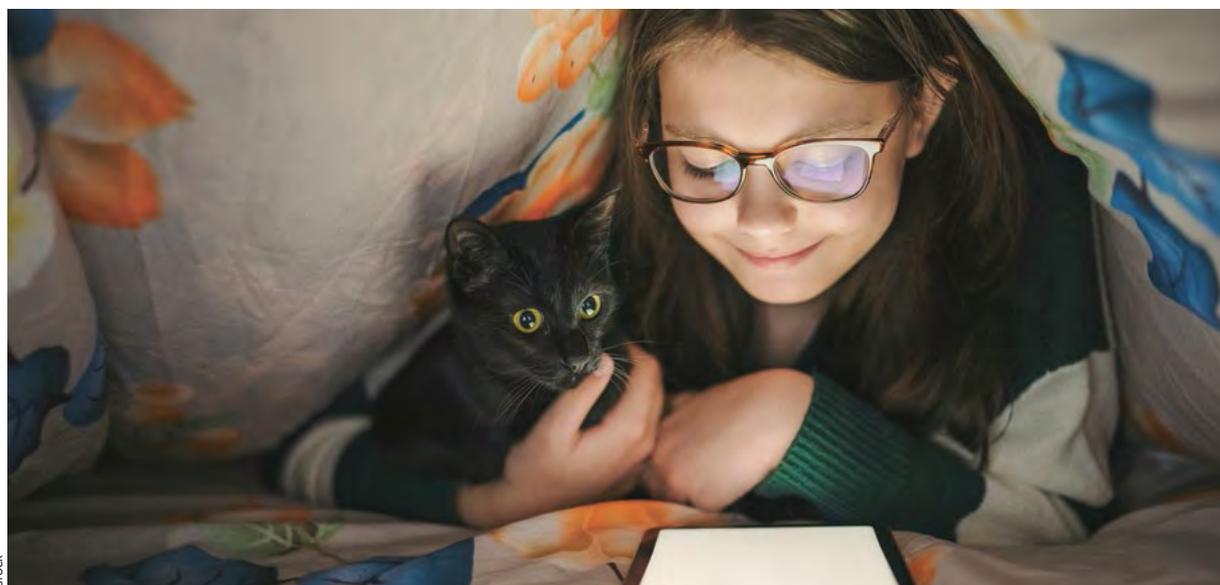
Y los problemas no acaban ahí. Si pasamos varias noches en blanco, nuestro cerebro acabará convirtiéndose en un auténtico vertedero. En esencia se debe a que durante el sueño se activa el sistema linfático, una especie de red de tuberías que, en el caso del cerebro, permite al líquido cefalorraquídeo filtrar los residuos e incorporarlos al sistema circulatorio. Finalmente, acabarán en el hígado, que elimina de la sangre las sustancias nocivas para el organismo. Es un dato a tener muy en cuenta, ya que, entre las muchas moléculas de las que nos deshacemos mientras

dormimos, se encuentra la proteína beta-amiloide, implicada en el alzhéimer.

Está claro que estos peligros nos acechan a todos. Si hurgásemos en las seseras de un urbanita típico, comprobaríamos que su reloj interno está retrasado nada menos que dos horas frente al reloj natural. Se debe a que la luz artificial de la oficina, el coche, el metro o el interior de nuestros hogares demoran la síntesis de la melatonina hasta después de la medianoche. Por otra parte, el desajuste hace que los niveles de la hormona no descendan hasta dos horas después de levantarnos: por eso muchos arrastramos los pies durante las primeras horas de la mañana.

### LA SOLUCIÓN

La buena noticia es que tales desacoples se pueden corregir. ¿Cómo? Basta con coger el saco de dormir



Las pantallas retroiluminadas de tabletas, móviles u otros dispositivos impiden la creación de melatonina, la sustancia que actúa a modo de somnífero, provocando que nuestro cuerpo se relaje y remedie los daños causados a lo largo del día.

# La química de la almohada

Estas seis sustancias segregadas por nuestro cuerpo de manera habitual cobran especial protagonismo, por su presencia o ausencia, mientras estamos durmiendo.



**MELATONINA.** Esta hormona clave es secretada por la glándula pineal cuando ciertos fotorreceptores especializados del ojo detectan el descenso de la luz exterior. Aparte de relajarnos, tiene efectos antioxidantes y antiinflamatorios y puede alargarnos la vida, tal y como ha demostrado Darío Acuña, catedrático de Fisiología de la Universidad de Granada.



**HORMONA DEL CRECIMIENTO.** Sintetizada principalmente durante la fase más profunda del sueño, permite mantener la masa y la fuerza muscular precisas para realizar ejercicios físicos, además de reducir la cantidad de grasa corporal. Es imprescindible en la etapa de crecimiento infantil, pero si escasea de adulto existe más riesgo de sufrir hipercolesterolemia, osteoporosis, envejecimiento prematuro o cáncer.



**CORTISOL.** Te levantas, te vistes, desayunas, corres al trabajo, te pilla un atasco, comes a toda prisa, pasas por el supermercado antes de volver a casa... Mientras esto sucede, los niveles de cortisol –la hormona del estrés– se mantienen altos e inhiben tu respuesta inmunitaria. Es necesario esperar a que anochezca y que bajen esos niveles para que las defensas luchen contra las infecciones e, incluso, sorteen eficazmente las alergias.



**BDNF.** La producción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), que protege el nervio auditivo, alcanza sus niveles más bajos cuando cae la noche. Una reciente investigación reveló que la cóclea u órgano de la audición es más sensible al ruido durante la noche; lo es hasta tal extremo que niveles acústicos inocuos de día pueden provocar pérdidas de audición irreversibles de madrugada.



**CONEXINA-43.** ¿Por qué no solemos levantarnos para ir al baño de noche? Parece una pregunta sencilla, pero lo cierto es que hace solo dos años que Osamu Ogawa y su equipo de la Universidad de Kyoto dieron con la respuesta. La clave está en que nuestro reloj circadiano ordena entonces un incremento en la producción de la proteína conexina-43 en las células musculares de la vejiga, que puede así aguantar más.



**OREXINA.** Cuando cae el sol, el hipotálamo reduce la producción de esta proteína, vinculada con la sensación de hambre. Un estudio publicado en la revista *Cell* reveló que cuando este mecanismo se deteriora, perdemos la capacidad de saber si estamos saciados, lo cual explica los constantes paseos nocturnos a la nevera de los afectados.

y la tienda de campaña y marcharte una o dos semanas de acampada libre a la montaña con una regla estricta: está prohibido usar luces artificiales durante la noche, incluidas las que emiten teléfonos móviles y linternas. El psicólogo Kenneth Wright, de la CU-Boulder, en Colorado, demostró que los campistas sometidos a este régimen de oscuridad se sienten enseguida más espabilados y alerta durante la mañana y caen fácilmente en los brazos de Morfeo por la noche.

No respetar el tiempo mínimo de descanso nocturno puede pasarnos factura también cuando nos subimos a la báscula. Concretamente, dormir menos de seis horas y media o más de ocho horas y media fomenta el sobrepeso, según ha constatado Bruce Bailey, de la Universidad Brigham Young, en Provo (Utah). Los experimentos le dan la razón: mediante resonancias magnéticas, investigadores de la Universidad de Upsala, en Suecia, demostraron que existe una región del cerebro relacionada con el apetito que se activa más intensamente en respuesta a imágenes de comida tras una mala noche, que si dormimos ocho horas. Por lo tanto, la falta de descanso puede fomentar los kilos de más a largo plazo.

A esto se suma que la cantidad de grasa corporal depende de la hora a la que abrimos los ojos. O lo que es lo mismo: de nuestro cronotipo, marcado funda-

mentalmente por la genética. Las personas alondras, que se despiertan de forma natural cada mañana al despuntar el alba, acumulan menos lípidos. Y al contrario, remolonear en la cama y levantarse tarde, propio de los búhos, afecta a hormonas relacionadas con el consumo de alimentos y favorece la acumulación de grasa corporal.

## EL HAMBRE SE AGUDIZA SI DORMIMOS POCO

No es la única diferencia conocida entre alondras y búhos: un estudio de la Universidad de Granada ha demostrado que los primeros conducen mejor y tienen más desarrollada la capacidad de atención en cualquier momento del día, mientras que los vespertinos disfrutaban de plenas facultades solo en horario de tarde. Otra ventaja de las alondras es que controlan mejor sus impulsos. Y al no depender de un despertador para sacarlas de la cama, no sufren el *jet lag* que afecta a los búhos. Aunque por madrugar en exceso también hay que pagar un precio: los tempraneros sufren antes fatiga mental que quienes trasnochaban y además son más vulnerables al cáncer.

«La noche es la mitad de la vida; y la mejor mitad», escribió Johann W. Goethe. Podemos no estar de acuerdo, pero al menos ha demostrado ser la más reparadora para nuestro organismo. □

## EL SUPERFLUIDO Y EL SUPERSÓLIDO

# VÓRTICES CUÁNTICOS QUE CONECTAN DOS MUNDOS

Un descubrimiento reciente abre una perspectiva para una mejor comprensión de los estados de materia cuántica al revelar una transición singular entre el superfluido y el supersólido mediante la creación de vórtices cuánticos.

---

Texto de **EUGENIO M. FERNÁNDEZ AGUILAR**, físico, escritor y divulgador científico. Director de Muy Interesante Digital

ASG. En el mundo cuántico, a diferencia de los fluidos, la rotación produce remolinos continuos en forma de vórtices discretos «cuantizados».



i habías oído hablar de la superfluidez y de la superconductividad, ahora le llega el turno a este nuevo descubrimiento. Estos estados exóticos ponen en cuestión los modelos convencionales de los sólidos y los líquidos, además de abrir nuevas posibilidades para investigar el comportamiento cuántico

en escalas macroscópicas. Mientras que en la física clásica los estados de la materia se pueden clasificar en sólidos, líquidos y gaseosos, la física cuántica nos sorprende constantemente con la aparición de estados de la materia que desafían estas categorías tradicionales. A diferencia de los fluidos comunes, en los cuales la rotación forma remolinos continuos, en el mundo cuántico estos remolinos se producen en forma de vórtices discretos o «cuantizados», manifestando propiedades especiales como la superfluidez y la ruptura de simetrías.

Los vórtices cuánticos tienen una importancia clave, ya que, en condiciones normales, el flujo de fluidos está asociado con la rotación continua en forma de remolinos. Sin embargo, en el mundo cuántico, los vórtices no son simples remolinos, sino formaciones discretas y bien definidas que poseen características físicas muy diferentes. Estas características pueden ser observadas tanto en superfluidos como en supersólidos. La superfluidez es la capacidad de un fluido de fluir sin fricción, mientras que el supersólido es una fase exótica de la materia que presenta propiedades tanto de sólidos como de superfluidos. Este fenómeno desconcierta y a la vez fascina a los físicos, ya que estos dos estados aparentemente opuestos coexisten de manera estable, abriendo nuevas avenidas para la investigación en física cuántica avanzada. Las implicaciones de este descubrimiento no solo podrían cambiar nuestra comprensión de la física de la materia condensada, sino que también podrían ofrecer nuevas oportunidades para aplicaciones tecnológicas en campos como la computación cuántica, la superconductividad y la física astrofísica, especialmente en sistemas tan extremos como las estrellas de neutrones.

La coexistencia de estas características en los supersólidos es un tema de gran interés para la física cuántica avanzada, con aplicaciones potenciales en sistemas como los superconductores y la corteza de las estrellas de neutrones. En este contexto, el estudio de los vórtices cuánticos y la dinámica de estos sistemas podría, no solo arrojar nuevas perspectivas sobre la materia a temperaturas extremadamente bajas, sino también acercarnos a la comprensión de fenómenos astrofísicos de gran escala, como los que ocurren en los núcleos de las estrellas de neutrones.

Un estudio reciente publicado en *Nature Physics* detalla cómo un equipo de investigadores ha logrado crear y observar vórtices cuánticos en un gas de átomos de

disproso, un material que presenta tanto características de superfluido como de sólido. Este avance es significativo porque permite una exploración experimental más profunda de la dinámica hidrodinámica en los supersólidos, un tipo de materia que ha sido objeto de estudio intenso por su capacidad para romper simultáneamente simetrías de traslación y de fase. Este descubrimiento abre nuevas perspectivas para explorar cómo se comportan los vórtices cuánticos en un entorno que desafía las categorías tradicionales de los sólidos y los líquidos.

## ¿QUÉ SON LOS SUPERSÓLIDOS? SUS PROPIEDADES Y LOS VÓRTICES CUÁNTICOS

Los supersólidos son una fase exótica de la materia que combina propiedades tanto de los sólidos como de los superfluidos. A diferencia de un sólido convencional, que tiene una estructura rígida, o de un superfluido, que puede fluir sin fricción, los supersólidos presentan una estructura cristalina pero mantienen la capacidad de fluir internamente como un superfluido. Este fenómeno es asombroso porque supone la coexistencia de dos características aparentemente incompatibles: la rigidez propia de los sólidos y la fluidez sin resistencia propia de los superfluidos.

Esta dualidad surge debido a la «coherencia de fase», un fenómeno cuántico en el que las ondas de materia se encuentran «bloqueadas en fase», lo que facilita la superfluidez. La coherencia de fase es crucial, ya que permite que todas las partículas del sistema se comporten como un solo objeto cuántico, lo que les permite fluir sin fricción. El estudio señala que los supersólidos se caracterizan por la coexistencia de propiedades superfluidas y sólidas, lo que genera una serie de efectos de fase inusuales y fenómenos cuánticos muy complejos que han atraído la atención de los físicos durante más de una década.

En este contexto, un supersólido es capaz de mantener su estructura cristalina, lo que le permite presentar propiedades que son típicas de los sólidos convencionales, como la rigidez. Al mismo tiempo, permite el movimiento interno sin resistencia, gracias a la presencia de vórtices cuánticos. Estos vórtices, que son estructuras discretas de rotación cuántica, marcan el flujo de superfluidez dentro del supersólido. En el experimento mencionado, los investigadores lograron por primera vez generar vórtices en un supersólido compuesto por átomos de disproso, los cuales presentan una fuerte interacción magnética, lo que hace que el sistema sea muy sensible a los efectos cuánticos. Este avance abre el camino para estudiar cómo estas formaciones de vórtices afectan al comportamiento cuántico de la materia en este estado de la materia tan peculiar.

## TÉCNICA DE MAGNETO-AGITACIÓN PARA INDUCIR VÓRTICES

Para inducir vórtices en el gas de disproso, el equipo utilizó una técnica innovadora llamada magneto-agitación. Esta técnica se basa en la aplicación de

un campo magnético rotatorio que ejerce un movimiento de agitación sobre el gas, lo que facilita la formación de vórtices a frecuencias específicas. El campo magnético rotatorio ajusta su dirección y frecuencia para activar la nucleación de vórtices sin destruir la delicada estructura del supersólido. Este enfoque es fundamental, ya que los supersólidos son muy frágiles y cualquier perturbación externa podría alterar su estructura o destruir las propiedades cuánticas que los definen.

El proceso de magneto-agitación permite que las gotas del supersólido se alineen a lo largo de la dirección del campo magnético, lo que facilita la rotación controlada y la formación de vórtices. Este método ha sido un avance experimental importante, ya que hasta ahora no era posible inducir vórtices en supersólidos de forma controlada. Al emplear este enfoque concreto, los investigadores han conseguido observar vórtices en un sistema cuántico en condiciones que antes eran totalmente inaccesibles, lo que marca un hito en la experimentación cuántica.

### COMPORTAMIENTO DE LOS VÓRTICES EN EL SUPERSÓLIDO

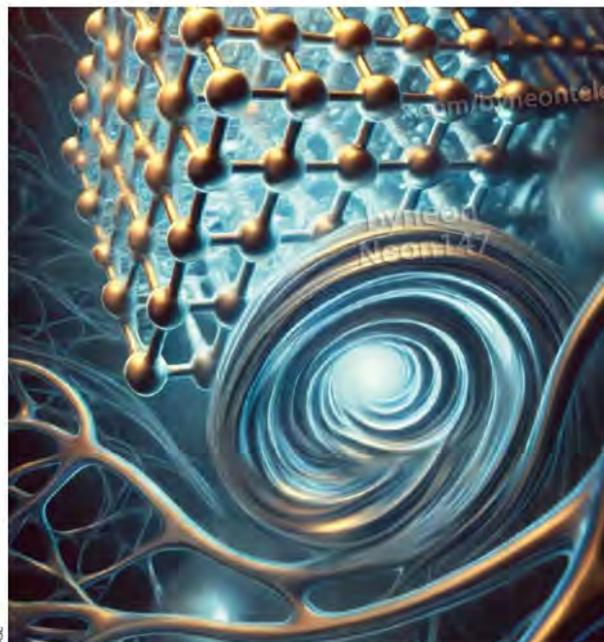
Los vórtices generados en un supersólido muestran un comportamiento bastante diferenciado en comparación con los observados en otros sistemas cuánticos, como los condensados de Bose-Einstein (BEC). En este experimento, los vórtices en el supersólido de disprosio se formaron a frecuencias de rotación más bajas que las observadas en los BEC no modulados. Esto se debe a la naturaleza «dual» del supersólido, que permite la coexistencia de un comportamiento cristalino y super-

fluido, lo que lleva a una reducción en la frecuencia de nucleación de vórtices y un aumento en el número de vórtices a frecuencias más altas. Este comportamiento es único y muestra que los vórtices cuánticos pueden interactuar con la estructura cristalina del supersólido de una manera muy diferente a como lo hacen en otros sistemas.

Según los resultados obtenidos en el estudio, «la doble naturaleza del estado conduce a una reducción en la frecuencia de nucleación de vórtices y un aumento en el número de vórtices a frecuencias más altas», lo que imita, en cierta forma, la rotación de un cuerpo rígido. Además, la capacidad del supersólido para sustentar la formación de vórtices sin perder su estructura cristalina ofrece una prueba experimental de la superfluidez, lo que subraya la robustez de este estado de la materia en condiciones extremas. La observación y el análisis de la configuración de los vórtices, junto con su interacción con la estructura cristalina, abre la puerta a estudios más profundos sobre fenómenos como la dinámica de fijación de vórtices o la oscilación de los vórtices en respuesta a cambios en el campo magnético.

### IMPLICACIONES DEL ESTUDIO EN LA FÍSICA CUÁNTICA

Este descubrimiento tiene implicaciones profundas en varios campos de la física cuántica. La presencia de vórtices en un supersólido proporciona una base fundamental para probar teóricamente los estados de materia que presentan más de una simetría rota. Esto es relevante para los sistemas de superconductores, ya que estos presentan propiedades de simetría rota similares. Además, los estudios de los supersólidos pueden



Los supersólidos presentan una estructura cristalina manteniendo la capacidad de fluir internamente como un superfluido. Es la «coherencia de fase» la que permite que se den dos características aparentemente incompatibles: la rigidez y la fluidez.

## Los estudios de los supersólidos ayudan a entender otros sistemas físicos extremos, como los cristales cuánticos

ayudar a entender mucho mejor fenómenos observados en otros sistemas físicos extremos, como los cristales cuánticos o las oscilaciones de cuasipartículas en el helio superfluido.

Los autores sugieren que la configuración experimental empleada podría permitir una comparación directa con fenómenos observados en sistemas astrofísicos, como las estrellas de neutrones. De hecho, la dinámica de los vórtices cuánticos en estos sistemas podría tener implicaciones en el estudio de la corteza de las estrellas de neutrones, donde las interacciones magnéticas y cuánticas juegan un papel importante.

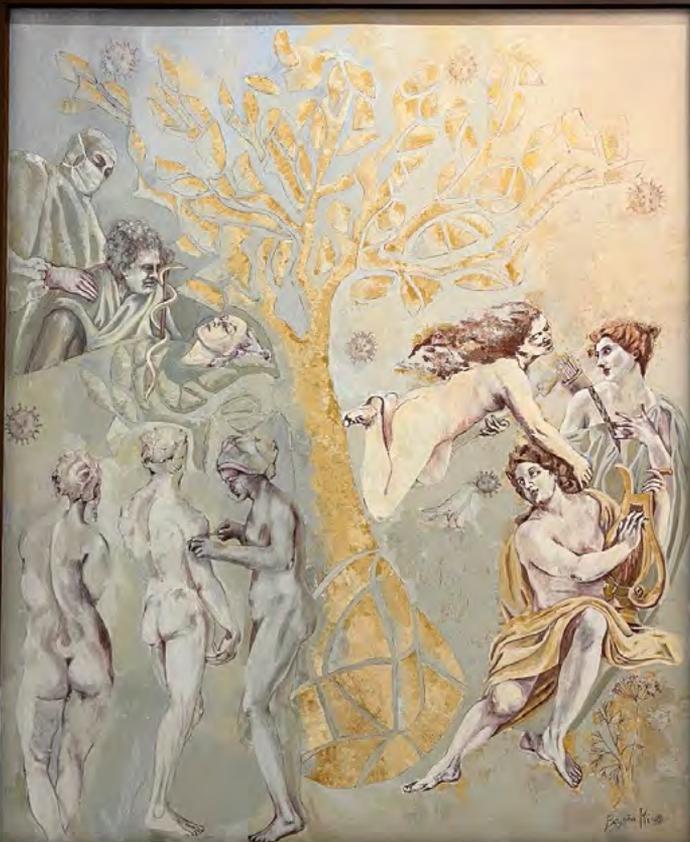
Por último, el avance en la experimentación y el control preciso de los estados cuánticos mediante técni-



El estudio de los vórtices cuánticos podría ayudar al desarrollo de los ordenadores cuánticos.

SHUTTERSTOCK

cas avanzadas, como la magneto-agitación, podría ser fundamental para aplicaciones futuras en computación cuántica y sensores cuánticos. La capacidad para inducir y mantener vórtices en un supersólido podría ofrecer una forma novedosa de almacenar y manipular información cuántica en sistemas físicos estables, lo que abre un nuevo horizonte para la creación de dispositivos cuánticos más eficientes y robustos. □



El Colegio de Médicos de Madrid inaugura

### **MURAL 'EN MEMORIA'**

*En la histórica sede del ICOMEM se expone ahora esta obra en reconocimiento a los médicos colegiados en Madrid que perdieron la vida atendiendo a los pacientes afectados por covid-19. Por su noble desempeño de la medicina, el servicio y la entrega por encima de su propia vida.*

Obra acrílica sobre muro acabado en escaloya.  
Autora. Begoña Rius Peña



Ilustre Colegio  
Oficial de Médicos  
de Madrid



# Carme Artigas

«La IA se parece a un psicópata porque simula una emoción, no la tiene»

Para Artigas la mejor defensa del ser humano frente a la inteligencia artificial es invertir en la exploración y desarrollo de la conciencia humana.

LAURA G. DERIVERA



Carme Artigas (Barcelona, 1968) es una de las personas que más sabe de inteligencia artificial, no solo en España, donde fue secretaria de Estado de Digitalización hasta 2023, sino en el mundo. De hecho, actualmente es copresidenta del Consejo Asesor de la ONU en este campo. Su visión se centra en el lado humanista de la tecnología y en el valor diferencial que nos hace inimitables como personas.

Texto de LAURA G. DE RIVERA, periodista científica



En el sector público ni el privado tienen secretos, en lo que a tecnología se refiere, para esta barcelonesa que lideró y coordinó las negociaciones para la aprobación de la Ley europea de Inteligencia Artificial, en el contexto de la presidencia española del Consejo de la UE, en diciembre de 2023. Carme Artigas era entonces secretaria

de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial y presidenta del Instituto Nacional de Ciberseguridad y de la Agencia Española de Supervisión de la Inteligencia Artificial (2020-2023), cargos que abandonó para retomar su vida como empresaria. Pero no se apartó de la trepidante escena pública internacional: desde 2023, es copresidenta del nuevo órgano supervisor de la ONU en esta materia, el Consejo Asesor de las Naciones Unidas para Inteligencia Artificial. Muy interesante pudo hablar con ella en el marco del congreso Sages&Scientists Mallorca Zoëtry, en octubre de 2024.

Su experiencia le da una visión panorámica sobre la vanguardia de la nueva economía de los algoritmos y el impacto que están teniendo en nuestras vidas, tanto a nivel nacional como a nivel global. Y es que, desde la pandemia, hemos vivido una digitalización acelerada en todos los sectores de la sociedad. ¿De verdad la necesitamos en todos los rincones y en todas las actividades de nuestra vida? La que fuera secretaria de Estado en esta materia nos contesta sin dudar: «Los procesos digitales hacen más eficientes procesos no digitales, tienen un gran impacto en la economía y abaratan mucho los costes». Sin embargo, tampoco está exenta de riesgos. «Existe una gran barrera para que llegue a todo el mundo por igual. Toda la tecnología tiene beneficios y costes y el ma-

yor reto es que tanto unos como otros se repartan por igual en la sociedad. Todavía no es así y hay muchas diferencias entre cómo sus consecuencias afectan a las distintas clases sociales, incluso, al Norte y al Sur Global», reconoce.

De igual forma, Artigas nos recuerda que la inteligencia artificial está suprimiendo la acción del hombre. Y afecta a todos los sectores. «No solo a la economía, también está penetrando en el tejido social. Además, es la única tecnología hasta ahora que puede evolucionar sin intervención humana. Por eso no se puede dejar sin regular», recalca. Asegurar que su uso se mantenga dentro de las fronteras de lo que es beneficioso para las personas podría apoyarse en la ética individual, empresarial o gubernamental... «pero la ética es subjetiva y es peligroso dejar en manos de cada uno decidir qué está bien y qué está mal», apunta. Por otra parte, «nos venden que no tenemos nada que decir, que solo nos queda conformarnos con lo que venga». Pero no es verdad. «Para eso están los instrumentos de gobernanza, que velan porque se actúe éticamente. Dentro de ellos, tenemos medidas como la reputación, los incentivos de mercado o la exigencia de transparencia. La Ley de IA es otra de esas herramientas», señala la experta.

Artigas sabe de lo que habla, porque en diciembre de 2023 estuvo en el corazón de las negociaciones que dieron lugar a este reglamento europeo, pionero en el mundo, que trata de poner un poco de orden en la implementación de la vida artificial en nuestras vidas. La normativa aterrizó de lleno en un salvaje

**«La conciencia es lo que nos diferencia de la IA y eso es lo que hay que promover y cuidar»**

Oeste donde, hasta ahora, el *software* ha sido el «niño mimado de la industria, con la excusa de que "si no me regulas, voy más rápido"», advierte Artigas que, de paso, denuncia cómo se ha ido construyendo una concentración de poder en unas pocas manos. A esto se suma que la empresa privada no está obligada a

# «Estamos ante la primera tecnología que sustituye a artistas e intelectuales, pero no a la mano de obra; pues no va a hacer el trabajo de repartidores, mecánicos o basureros»

publicar los entresijos de sus desarrollos tecnológicos, bajo la justificación de que son secretos comerciales. Lo malo es que «todas las innovaciones punteras en inteligencia artificial vienen del sector privado, no de la academia», observa.

## CONTROLAR A LOS GOBIERNOS: EL VERDADERO OBJETIVO

«La negociación tenía que conciliar dos posturas clave: la de los Estados miembros, que miran por el desarrollo económico dentro de sus fronteras, y la del Parlamento Europeo, que vela por los derechos de los ciudadanos», nos cuenta. En eso estaban cuando, a finales de 2022, entró en escena, como un tsunami, ChatGPT, con unas capacidades disruptivas inimaginables hasta entonces y una popularidad que arrasaba en todos los sectores de la sociedad. Así, de golpe, se abrió una distancia enorme entre ambos puntos de vista, el de los intereses comerciales y el de los derechos civiles. «Fue entonces cuando, junto a los sistemas de alto riesgo y los prohibidos, introducimos en el Reglamento regulación para los modelos de propósito general, donde entra toda la IA generativa», apunta Carme Artigas.

Estamos ante «la primera tecnología que, curiosamente, no elimina la capa de abajo de la mano de obra, sino que sustituye a artistas e intelectuales. No va a hacer el trabajo de repartidores, ni de los que engrasan la maquinaria, ni de los basureros. Es una tecnología que pinta y escribe por nosotros». Con todos los efectos secundarios, imaginados y no, que esto puede conllevar.

Son lo que se conoce como «riesgos sistémicos» derivados de los modelos generativos, que pueden utilizarse para diversas tareas, si tienen gran capacidad y son objeto de un uso generalizado. «Por ejemplo, los modelos potentes podrían causar accidentes graves o ser utilizados indebidamente para ciberataques de amplio alcance. Muchas personas podrían verse afectadas si un modelo propaga sesgos nocivos en múltiples aplicaciones», explica la Comisión Europea en su página web sobre esta ley. Para Artigas, la solución pasa por «exigir transparencia» sobre cómo están contruidos los modelos, cuáles son sus fuentes de entrenamiento, cuál es su huella de carbono...

En este sentido, nos confía que han recibido «muchas críticas que alegan que la Ley de IA frena la innovación». Sin embargo, la realidad es bien diferente, teniendo en cuenta que las prohibiciones que afectan a los sistemas recogidos en el reglamento excluyen a los desarrollos con fines de investigación. Esta exper-

ta tiene claro que apoyar el I+D está en la diana de la ley, además de «dar seguridad a los ciudadanos». Pero, sobre todo, destaca un objetivo clave: «controlar a los gobiernos autoritarios que puede haber dentro de la propia Unión Europea y podrían atentar contra derechos fundamentales de las personas».

## ¿LA IA CONTROLARÁ EL MUNDO?

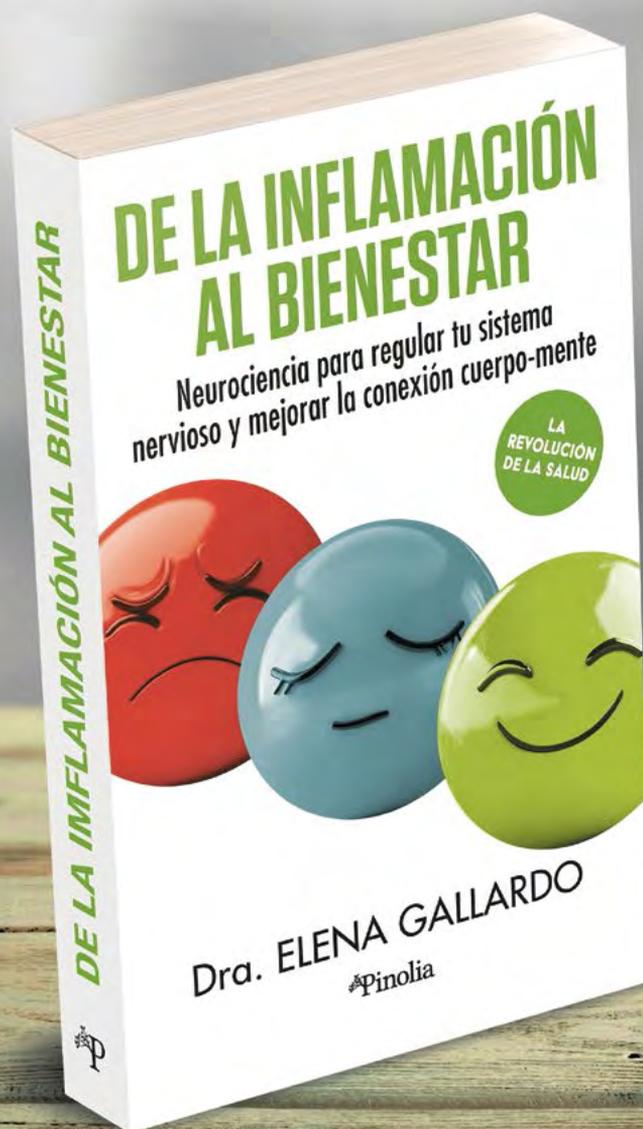
¿Llegará la inteligencia artificial a dominarnos? Para Artigas, este no es el verdadero problema, ya que los algoritmos «no tienen conciencia ni nunca van a tenerla. Eso es algo exclusivo del ser humano que, como señala el paleoantropólogo Juan Luis Arsuaga, vivió un momento pivotal cuando empezó a cuidar a los enfermos y a velar a sus muertos, aunque no había ningún motivo coste-efectivo ni racional detrás. La conciencia es lo que nos diferencia de la IA y esto es lo que hay que promover y cuidar». Así, esta científica empresaria recalca que «una persona se parece más a un perro que a la inteligencia artificial, que es como un psicópata, porque simula una emoción, no la tiene».

Vivimos, mientras tanto, momentos de ebullición y experimentación en que conviven perspectivas enfrentadas. Los ciudadanos de a pie apenas comenzamos a vislumbrar riesgos y soluciones para convivir con esta tecnología que nos ha calado de sopetón. Ha ocurrido, como decíamos, en todos los rincones de la civilización, incluida en la educación de nuestros menores. En este sentido, Artigas pone el ejemplo de Suecia, que «digitalizó los colegios y ahora ha dado marcha atrás y ha vuelto a los libros y los cuadernos. Las escuelas ya no son un lugar donde adquirir conocimientos teóricos, sino espacios esenciales donde adquirir habilidades para la vida».

En este escenario, «por cada euro que invertimos en IA, deberíamos invertir también un euro en la exploración y el desarrollo de la conciencia humana. Esta es nuestra mejor defensa», como dijo el historiador Yuval Noah Harari (en el Mobile World Congress, en 2021)». ¿Qué significa esto? En opinión de Artigas, «la verdadera gran revolución será la revolución de la conciencia, protagonizada por habilidades exclusivamente humanas, como la gestión de la frustración, la gestión de emociones, la curiosidad, la resiliencia, la creatividad». Si, como se espera, «la automatización de los procesos de trabajo permite desrobotizar al ser humano, es para que podamos tomar control de nuestras propias vidas y dejemos de vivir como pollos sin cabeza, algo que nos viene desde la revolución industrial», afirma Artigas. □

# ¡DISFRUTA DE GRANDES LECTURAS!

En *De la inflamación al bienestar. Neurociencia para regular tu sistema nervioso y mejorar la conexión cuerpo-mente*, Elena Gallardo nos explica cómo procesa nuestro cerebro todo lo que experimentamos a diario. Y es que, tanto los pequeños momentos de microestrés hasta las situaciones de mayor tensión generan un flujo de datos constante que afecta directamente a nuestra salud y provoca respuestas en nuestro cuerpo que van desde la inflamación hasta trastornos emocionales.



 Pinolia



Escanea este código QR y podrás comprar fácilmente este libro.

# LOS PREMIOS

## «OLVIDOS» Y FORTUNAS

Si bien el testamento de Alfred Nobel dejó a las Matemáticas sin premio en este campo del saber, a lo largo del siglo xx han surgido dos galardones que rellenan el terrible vacío del «olvido» de Nobel: la medalla Fields y el premio Abel.

Texto de **PEDRO J. MIANA**,

Departamento de Matemáticas, IUMA & Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

# T

al vez una de las más graves desconsideraciones sufrida por las Matemáticas fuese la instauración de las disciplinas de los «Premios Nobel». En el testamento del 27 de noviembre de 1895 firmado en el Club Sueco-Noruego de París, el empresario y químico Alfred Nobel legaba su fortuna de más de 33

millones de coronas suecas a una fundación que premiara a los más altos representantes en varios campos del saber. Así afirmaba:

«Todos mis bienes realizables restantes se desembolsarán de la siguiente manera: el capital, convertido en valores seguro por mis albaceas, constituirán un fondo, cuyos intereses se distribuirán anualmente en premios a quienes, durante el año anterior, han conferido el mayor beneficio a la humanidad. El interés se dividirá en cinco partes iguales y se distribuirá de la siguiente manera: una parte a la persona que haya realizado el descubrimiento o invención más importante en el campo de la física, una parte a la persona que haya realizado el descubrimiento o mejora química más importante; una parte a la persona que hizo el



Hay quien achaca el olvido del físico y empresario Alfred Nobel de las ciencias matemáticas en sus premios a su enemistad con el matemático sueco Gösta Mittag-Leffler (en la imagen).

# MATEMÁTICOS

## EN TESTAMENTOS

descubrimiento más importante dentro del dominio de la fisiología o la medicina; una parte a la persona que, en el campo de la literatura, produjo la obra más destacada en una dirección idealista; y una parte a la persona que haya hecho más o mejor para promover el compañerismo entre las naciones, la abolición o reducción de los ejércitos permanentes y el establecimiento y promoción de congresos de paz».

Se ha escrito sobradamente sobre las causas que llevaron a Nobel a dejar de lado a las Matemáticas como disciplina científica digna de ser reconocida en su galardón: desde un posible olvido hasta un odio o desdén por las ciencias matemáticas en general o por algunos de sus representantes en particular. Una causa esgrimida ha sido una posible enemistad manifiesta con el matemático también sueco Gösta Mittag-Leffler. Este fue una figura relevante de la matemática europea a finales del siglo XIX y principios del XX. Es conocido que Mittag-Leffler entabló contacto con Nobel para que donara parte de su fortuna a la Stockholm Högskola, institución académica precursora de la actual Universidad de Estocolmo. Finalmente el millonario optó por la creación de los premios, y varios adversarios de Mittag-Leffler presentaron este fracaso causado por una posible enemistad. Otra explicación más romántica involucra a la matemática y protegida

## Parecidos y diferencias entre los tres premios

La cuantía económica del premio Abel es de 660 000 euros aproximadamente, algo inferior a los 900 000 euros que se embolsan los ganadores del premio Nobel. Muy lejos quedan los 11 000 euros que reciben los ganadores de la prestigiosa medalla Fields. Mientras que los premios Nobel y Abel se conceden anualmente, las cuatro medallas Fields se conceden cada cuatro años en los congresos internacionales de Matemáticos (ICM).

Aparte de la cuantía económica, los ganadores del Nobel reciben un diploma y una medalla de oro. Al ganador del premio Abel se le entrega una placa conmemorativa, una medalla y un diploma. La medalla diseñada por MacKenzie se entrega a los ganadores de la Fields, acompañada de un diploma.

Alfred Nobel fijó las instituciones encargadas de conceder cada uno de los galardones: la Real Academia Sueca de Ciencias (Física y Química); el Instituto Karolinska (Fisiología o Medicina); la Academia Sueca (Literatura) y el Parlamento Noruego (Paz). La medalla Abel es concedida por la Academia Noruega de Ciencias y Letras. Las Medallas Fields son concedidas por la Unión Matemática Internacional.

de Mittag-Leffler, Sofia Kowalévskaia, a la cual pretendieron los hermanos Nobel sin éxito. En cualquier caso, solamente Alfred Nobel supo la razón verdadera de su decisión.

### LOS MATEMÁTICOS SE ORGANIZAN: LA MEDALLA FIELDS

A finales del siglo XIX, y promovido por un importante grupo de matemáticos, surge un importante movimiento corporativista, que llevó a la organización de los Congresos Internacionales de Matemáticos, ICM. En enero de 1897 se envía la primera circular para la celebración en Zúrich del llamado *Der Erste Internationale Mathematiker-Kongress* en agosto de ese mismo año. La carta venía firmada entre otros por Hurwitz, Klein, Minkowski, Mittag-Leffler y Poincaré. El congreso fue todo un éxito, al que acudieron más de 200 matemáticos de gran parte del mundo. España estuvo representada por el catedrático de la Universidad de Zaragoza Zoel García de Galdeano, quien participó en la sección de Análisis y Teoría de Funciones.

Posteriormente se celebraron las ediciones de París (1900), Heidelberg (1904), Roma (1908), Cambridge (1912), y Estrasburgo (1920). En este último se fundó la Unión Matemática Internacional (IMU), siendo desde entonces la responsable de la organización de los ICM. El matemático canadiense John Fields fue el presidente del VII Congreso Internacional de Matemáticas que se celebró en Toronto en agosto de 1924. Al término del congreso, el comité organizador descubrió que las cuentas del congreso arrojaban superávit, y Fields propuso dedicarlo para financiar un premio internacional de matemáticas, dos medallas que reconocieran un descubrimiento revolucionario en cualquier ámbito de las Matemáticas. Ocho años más tarde, Fields legó su fortuna de 45 000 dólares canadiense a la IMU para la creación de los galardones. En una carta redactada poco antes de morir, describe cómo debe ser el procedimiento de concesión y hasta describe las propias medallas:

«Propongo crear dos medallas de oro que se otorgarán sucesivamente en cada Congreso Internacional de Matemáticas por méritos matemáticos. Debido a la multiplicidad de las ramas de matemáticas y teniendo en cuenta que los congresos se realizan cada cuatro años, se entregarán dos medallas. Los premios estarán abiertos al mundo entero y se concederán por un Jurado Internacional. Los monedas se acuñaran en la Casa de la Moneda de Ottawa y serán custodiadas hasta su entrega por el Comité Internacional. Sería deseable decidir, con tres meses de antelación, los premiados en el siguiente Congreso. El jurado comunicará su decisión al presidente y secretario del comité organizador del Congreso, y este comité, a su vez, debe comunicar al primer ministro de Canadá los nombres de los destinatarios, para que se puedan acuñar a tiempo las medallas y ser enviadas al presidente del Comité organizador. Con respecto a las medallas, puedo decir que deberían contener un tamaño de 7,5 centímetros de diámetro. Al ser de carácter interna-



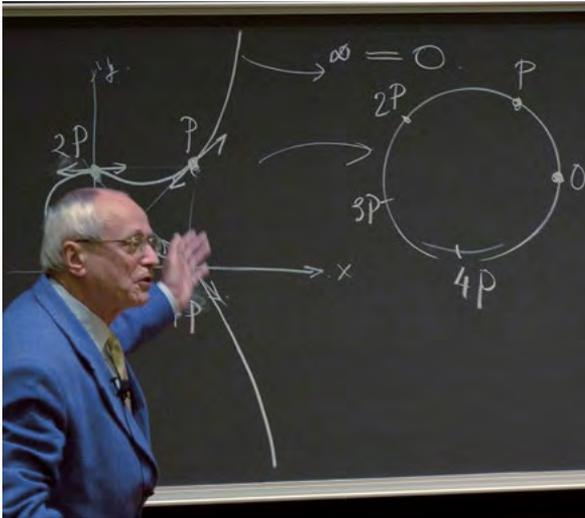
John Fields, matemático canadiense, legó su fortuna a la Unión Matemática Internacional para la creación de las Medallas Fields y dejó por escrito cómo tenían que ser concedidas.

cional, el idioma empleado parece aconsejable que sea el latín o el griego. Las medallas deben tener un carácter completamente internacional e impersonal, si fuera posible. No se deben vincular al nombre de ningún país, institución o persona».

En el ICM de Zúrich de 1932, la IMU aceptó el legado de Fields, muerto unos meses antes. Se nombró un comité de ocho miembros siendo su presidente Costantin Caratheodory y en el siguiente ICM de 1936 se otorgaron las dos primeras *Medallas Internacionales para Descubrimientos Sobresalientes en Matemáticas*, nombre oficial y conocidas popularmente como Medallas Fields. Desde entonces, y hasta 2022, se han entregado 64 medallas Fields, solo dos de ellas a mujeres.

La medalla fue diseñada por el escultor (y médico) canadiense Roberte T. MacKenzie en 1933. En el anverso figura la cabeza del matemático griego Arquímedes con la inscripción *Transire suum pectus mundoque potiri*, «Ir más allá de uno mismo y dominar el mundo». En el reverso figura uno de los elementos de estudios de Arquímedes, una esfera inscrita en un cilindro y la inscripción *Congregati ex toto orbe mathematici ob scripta insignia tribuere*, «Los matemáticos de todo el mundo se reunieron para dar esta medalla por escritos excelentes».

Aunque a menudo se identifica la medalla Fields como el «Nobel de Matemáticas», la primera tiene características propias que la diferencia notablemente del segundo. Fields propuso que los galardones fueran para gente joven, sin especificar la edad. Así se premiaba la creatividad propia de la juventud, esencial para resolver problemas complejos en ma-



ASC

Jean-Pierre Serre fue el ganador más joven de la Medalla Fields. Este matemático francés la obtuvo a los 27 años, en 1954, y también recibió el primer premio Abel del año 2003.

temáticas. En estos casi cien años de historia, se ha seguido la regla no escrita de premiar a menores de cuarenta años en el momento de la concesión. El francés Jean-Pierre Serre ha sido el ganador más joven a los 27 años en 1954.

En el otro lado de la balanza, el británico Andrew Wiles, quien demostró a los 42 años el famosísimo Último Teorema de Fermat en 1995, no fue galardonado con una medalla Fields. A cambio, se le entregó una placa honorífica de plata en el ICM 1998 en Berlín y en 2016 recibió el Premio Abel, el equivalente más fiel al Premio Nobel en Matemáticas.

### EL PREMIO ABEL, TRISTES INICIOS CON FINAL FELIZ

El matemático noruego Niels Henrik Abel (1802–1829) fue un genio incomprendido marcado por la fatalidad y la tragedia. Su triste vida aún por igual la pobreza más extrema con la genialidad más deslumbrante. Tuvo que endeudarse para salir de su Noruega natal y entrar en contacto con los grandes matemáti-

## Los premios de otras disciplinas sin Nobel

El editor Joseph Pulitzer dejó en su testamento las disposiciones para la creación de los Premios Pulitzer en periodismo, gestionado por la Universidad de Columbia.

En 1959 se estableció el premio Vetlesen considerado la más alta distinción en estudios geológicos. Se concede cada dos años por el Observatorio de la Tierra Lamont-Doherty de la Universidad de Columbia y la Fundación G. Unger Vetlesen.

En 1969 se entregó el primer «Premio de Ciencias Económicas del Banco de Suecia en Memoria de Alfred Nobel», conocido popularmente como Premio Nobel de Economía, con el consentimiento de la Fundación Nobel.

El Premio Pritzker, creado en 1979 por el empresario Jay A. Pritzker, se otorga anualmente a un arquitecto en vida que haya mostrado a través de sus creaciones las diferentes facetas de su talento.

El «Global Change Award» fue creado en 2015 por la organización sin ánimo de lucro H&M Foundation con el objetivo de apoyar las innovaciones disruptivas y sostenibles en el cambiante mundo de la moda. El éxito de esta iniciativa lo ha llevado a ser etiquetado como el «Premio Nobel de la Moda».

cos europeos. La profundidad de sus descubrimientos hizo que no se le reconocieran sus sobresalientes méritos hasta poco después de su temprana muerte por tuberculosis a los 26 años.

A pesar de su corta vida, Abel fue extraordinariamente prolífico y son numerosas y notables sus aportaciones a las Matemáticas. Demostró que las ecuaciones algebraicas generales de grado cinco y superiores no pueden resolverse algebraicamente, esto es, por el método de los radicales. Desarrolló un método general para la construcción de funciones periódicas recíprocas de las integrales elípticas; finalmente, descubrió una nueva clase de ecuaciones, las llamadas ecuaciones abelianas, aquellas que cada raíz

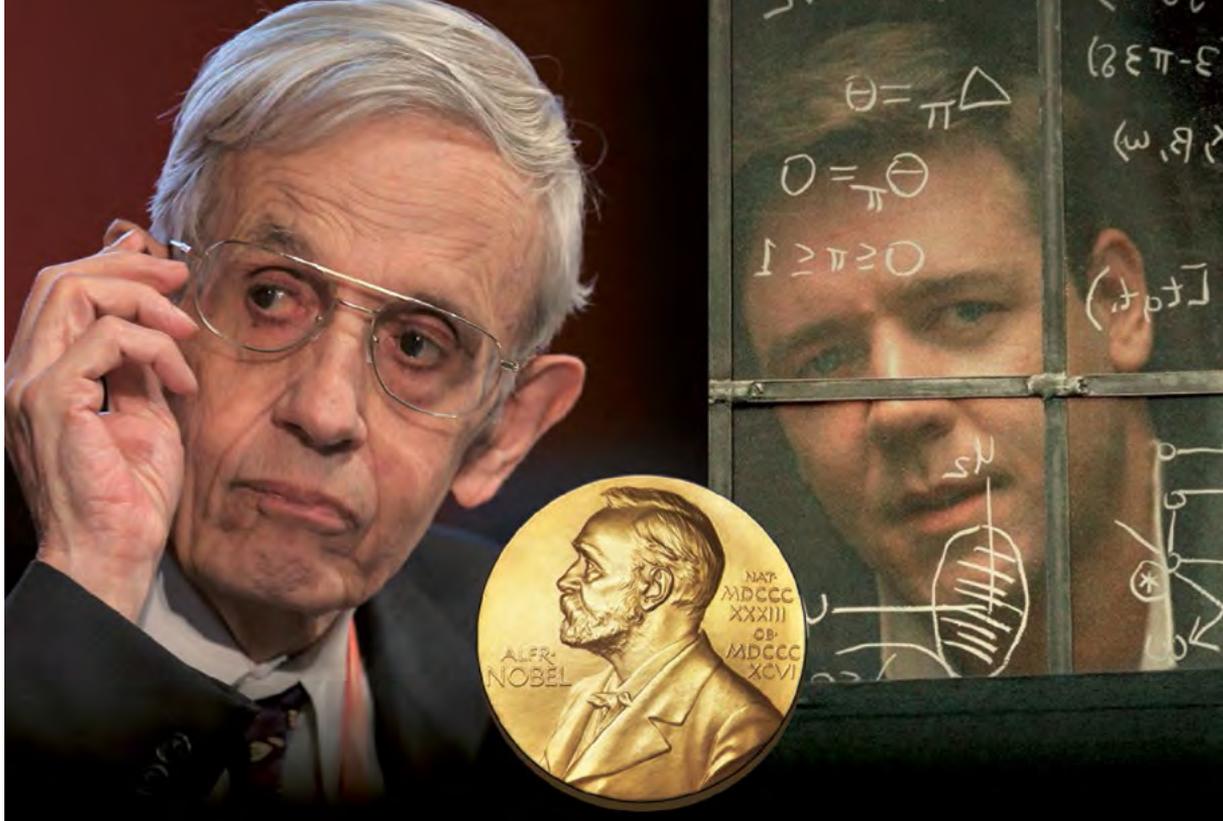


SHUTTERSTOCK

El matemático noruego Niels Henrik Abel, en la imagen en un billete noruego, vivió en la pobreza extrema, fue un genio incomprendido y no fue reconocido en vida por sus grandes aportaciones matemáticas, entre ellas las ecuaciones abelianas.

## GANADORES DE LOS PREMIOS ABEL EN SUS 22 EDICIONES (2003-2024)

Año	Nombre	Principales logros
2003	Jean-Pierre Serre	Papel central en la elaboración de la forma moderna de numerosas partes de las Matemáticas, en particular la Topología, la Geometría Algebraica y la Teoría de los Números.
2004	Sir Michael Francis Atiyah	Por haber descubierto y probado el Teorema del Índice, que une la topología con la geometría y el análisis, y por su papel destacado en la creación de nuevos puentes entre las matemáticas y la física teórica.
2005	Peter D. Lax	Por sus revolucionarias aportaciones a la teoría y la aplicación de las ecuaciones diferenciales y a la informatización de sus soluciones.
2006	Lennart Carleson	Por sus profundas y determinantes aportaciones al análisis armónico y a la teoría de los sistemas dinámicos continuos.
2007	Srinivasa S.R. Varadhan	Por sus determinantes aportaciones a la Teoría de la Probabilidad y, en particular, por haber creado una teoría unificada de las grandes desviaciones.
2008	John Griggs Thompson Jacques Tits	Por sus profundas contribuciones al Álgebra y, en particular, por dar forma a la moderna Teoría de Grupos.
2009	Mijail Leonidovich Grómov	Por sus revolucionarias aportaciones a la Geometría.
2010	John Torrence Tate	Por su notable y duradera influencia en teoría de números.
2011	John Willard Milnor	Por sus descubrimientos pioneros en topología, geometría y álgebra.
2012	Endre Szemerédi	Por sus contribuciones fundamentales a las matemáticas discretas y la informática teórica, y en reconocimiento al profundo y duradero impacto de sus aportaciones sobre la teoría aditiva de números y la teoría ergódica.
2013	Pierre Deligne	Por sus contribuciones fundamentales a la geometría algebraica y su impacto transformador en teoría de números, teoría de representaciones y áreas relacionadas.
2014	Yakov G. Sinai	Por sus contribuciones fundamentales en sistemas dinámicos, teoría ergódica y física matemática.
2015	John F. Nash Jr. Louis Nirenberg	Por sus esenciales contribuciones a la teoría de ecuaciones en derivadas parciales no lineales y sus aplicaciones al análisis geométrico.
2016	Andrew Wiles	Por su impresionante demostración del <i>Último Teorema de Fermat</i> mediante la conjetura de modularidad para las curvas elípticas semiestables, iniciando una nueva era en la teoría de números.
2017	Yves Meyer	Por su papel fundamental en el desarrollo de la teoría matemática de las ondículas.
2018	Robert P. Langlands	Por su programa visionario conectando la teoría de representación con la teoría de números.
2019	Karen Uhlenbeck	Por sus investigaciones con ecuaciones en derivadas parciales de las formas del espacio en varias dimensiones.
2020	Hillel Furstenberg Grigory Margulis	Por ser pioneros en el uso de métodos de probabilidad y dinámica en teoría de grupos, de números y combinatoria.
2021	László Lovász Avi Wigderson	Por sus contribuciones fundamentales a la informática teórica y la matemática discreta, y su destacada contribución para haberlas convertido en áreas centrales de las matemáticas modernas.
2022	Dennis Parnell Sullivan	Por sus contribuciones innovadoras a la topología en su sentido más amplio y, en particular, a sus aspectos algebraicos, geométricos y dinámicos.
2023	Luis A. Caffarelli	Por sus contribuciones fundamentales a la teoría de la regularidad para las ecuaciones diferenciales parciales no lineales, incluidos los problemas de frontera libre y la ecuación de Monge-Ampère.
2024	Michel Talagrand	Por sus innovadoras contribuciones a la teoría de la probabilidad y el análisis funcional, con destacadas aplicaciones en física matemática y estadística.



La vida del matemático estadounidense John Forbes Nash, premio Nobel de Economía en 1994 y Premio Abel en 2015, fue llevada a la pantalla en 2001: la cinta *Una mente maravillosa* fue dirigida por Ron Howard y protagonizada por Russell Crowe (a la derecha).

puede expresarse racionalmente en función de una cualquiera de las demás.

Uno de los pocos matemáticos que reconocieron en vida la genialidad de Abel fue su amigo prusiano August Leopold Crelle. Fundador de la revista de matemática pura *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, conocida popularmente como *Journal de Crelle*, publicó 22 artículos de Abel y escribió una emotiva necrológica afirmando:

«Atacaba sus metas con una energía tan potente y desde un punto tan alto, y se erigió hasta tal punto sobre el nivel de su época, que las dificultades desaparecían ante su energía victoriosa».

Al acercarse el primer centenario del nacimiento de Niels Abel, se produjo en Noruega un movimiento académico notable para recuperar y ensalzar la figura de su compatriota. Otro matemático noruego de renombre mundial, Sophus Lie, utilizó su prestigio internacional para recabar apoyos económicos para la creación de un fondo y conceder un Premio Abel cada cinco años a trabajos sobresalientes en matemáticas puras, contrarrestando la decisión del sueco Nobel de no incluir a las matemáticas en sus galardones.

Aunque el apoyo de los principales centros matemáticos de Europa fue abrumador, los compromisos adquiridos estaban demasiado ligados a Lie. Cuando éste murió en 1899, el proyecto perdió fuerza.

En la celebración del centenario en 1902, el rey Oscar II se interesó por el premio en honor de Abel e incluso los matemáticos Carl Størmer y Ludvig Sylow llegaron a redactar los estatutos y el reglamento de este premio. Sin embargo, la disolución de la unión

entre Suecia y Noruega en 1905 puso fin a la creación del galardón. El gran explorador y humanista Fridtjof Nansen lamentaba que era económicamente imposible para Noruega por sí sola establecer un fondo Abel a igual nivel que los Nobel. En una carta de 1906 al matemático Elling Holst añadía: «El Premio Abel prometido por el bendito Rey Oscar se fue al cielo con la Unión».

Cuando la Unión Matemática Internacional, con el apoyo de la UNESCO, designó el año 2000 como «Año Mundial de las Matemáticas», Abel fue el logotipo principal de Noruega.

La posición internacional de Abel, su dramática vida y sus extraordinarios descubrimientos fueron también el centro de los esfuerzos que condujeron a las celebraciones del bicentenario de su nacimiento. Era el momento oportuno para recuperar el proyecto del fallido premio Abel de hacía 100 años. Y el 23 de agosto de 2001, durante un discurso en el campus Blindern de la Universidad de Oslo, el Primer Ministro Jens Stoltenberg anunció que el Gobierno crearía un Fondo Abel dotado con 200 millones de coronas noruegas. Destacó el amplio consenso político en torno a la propuesta y expresó su esperanza de que el Premio Abel anual reforzara e inspirara los esfuerzos docentes y científicos en el campo de las Matemáticas.

En estas 22 ediciones de los premios Abel, ha habido 25 hombres ganadores y una única mujer, Karen Uhlenbeck; cinco ganadores de la Medalla Fields (Jean Pierre Serre, Michael Francis Atiyah, John Willard Milnor, John Griggs Thompson y Pierre Deligne) y un ganador de un Premio Nobel, en este caso de Economía (John Nash). □

POR  
JOSÉ MIGUEL VIÑAS  
@DIVULGAMETEO,  
meteorólogo de Meteored



## EL PAPEL DE LOS BOSQUES

LAS MASAS FORESTALES EJERCEN UN PAPEL REGULADOR FUNDAMENTAL EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO. HAY QUE AUMENTAR LA SUPERFICIE DE BOSQUES, PERO LA REFORESTACIÓN TAMBIÉN TIENE SUS LUCES Y SUS SOMBRAS.

**L**a condición de sumideros de carbono de los bosques los convierte en una pieza clave del sistema climático. Tanto la deforestación como la degradación que sufren muchas áreas forestales del mundo disminuyen la capacidad de los bosques para mitigar en parte el calentamiento global. La propia

subida de la temperatura, junto a algunas acciones humanas como los cambios de uso de suelo, está restando peso a los bosques en su papel regulador. Actualmente, su pérdida (especialmente preocupante en el caso de los bosques tropicales) y degradación suponen el 20 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero a la atmósfe-

ra, al dejar de ser absorbidas por ese sumidero natural.

**SE ESTIMA QUE ENTRE 2001 Y 2019 LAS MASAS FORESTALES TERRESTRES** absorbieron aproximadamente el doble de carbono del que emitieron a la atmósfera, que en números redondos fue el equivalente a 7600 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>. Debido a



Los bosques son sumideros de carbono. La deforestación, particularmente grave en el caso de los bosques tropicales, provoca un aumento neto de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Su preservación, como protagonistas principales de la acción climática, debe de ser algo prioritario.



La reforestación tiene efectos muy beneficiosos, pero también generan impactos sociales negativos como la pérdida de zonas de pastoreo y fuentes de sustento tradicional.

esa capacidad de absorción, parece lógico que contemos con los bosques a la hora de adoptar medidas de mitigación del cambio climático, empezando por su preservación y siguiendo con la recuperación de zonas que en su momento fueron forestales, pero que, o bien por los citados cambios de usos de suelo, o por los incendios, perdieron en algún momento esa condición.

En el último Informe del IPCC (AR6), en particular la contribución que hizo a él el Grupo de Trabajo II, publicada en 2022, se ofrecen las principales claves sobre el importante papel que desempeñan los bosques y cómo deberíamos de actuar con ellos, llevando a cabo una gestión sostenible e integral de los mismos. Los impactos que el calentamiento global está provocando ya en ellos es un serio toque de atención de lo que podría pasar si sigue subiendo la temperatura al ritmo actual o mayor. En el informe se analizan los cambios que tendrá lugar en los bosques si la temperatura alcanza el grado y medio (+1,5 °C) por encima de los valores preindustriales. En 2024 ya estuvimos ahí, aunque se necesitan más años con esa anomalía térmica o una superior para poder certificar

que la temperatura media planetaria ha alcanzado ese umbral. Con ese grado y medio –indica el IPCC– «se producirán cambios en la estructura y la fenología de los ecosistemas en todas partes, siendo los cambios especialmente fuertes en la región mediterránea y en las regiones montañosas. Para algunos ecosistemas, un aumento de la temperatura por encima de 1,5 °C desencadenará un punto de inflexión y se producirá una pérdida irreversible de los servicios ecosistémicos».

**SI BIEN PLANTAR ÁRBOLES ES ALGO QUE, DE ENTRADA, TODOS VEMOS COMO UNA ACCIÓN POSITIVA**, beneficiosa, necesaria... tiene sus luces y sus sombras. En el análisis que hacen los expertos del IPCC sobre la relación coste-beneficio, se introducen algunos matices poco intuitivos. Por un lado, se reconocen las aportaciones positivas que tiene la forestación en el empleo (personal dedicado a ello), el crecimiento económico, las exportaciones, el suministro energético renovable o la erradicación de la pobreza, pero también señalan los impactos sociales negativos que puede acarrear, como la pérdida de zonas de pastoreo y fuentes de sus-

## LOS BOSQUES SON NUESTROS ALIADOS Y TENEMOS QUE PRESERVARLOS CON UNA BUENA GESTIÓN FORESTAL

tento tradicional. Entre las soluciones aportadas destaca la siguiente: «La agrosilvicultura puede producir una amplia gama de beneficios económicos, sociales y del medio ambiente. Es probable que estos beneficios superen los beneficios de la forestación a gran escala».

Volviendo a la pérdida de bosques, en el último decenio del siglo pasado, la deforestación en la zona tropical ha sido el principal factor que ha contribuido a las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, mientras que el aumento de bosques en las zonas templadas y en parte de las boreales, fue el principal sumidero de carbono. Una de cal y otra de arena. La deforestación aportó en el periodo indicado 5,8 gigatoneladas de CO<sub>2</sub>/año, lo que tenemos que tratar de frenar si no queremos que las emisiones sigan disparándose, aparte, claro está, de reducir con urgencia la quema de combustibles fósiles.

El camino a seguir parece lógico: tenemos que mantener o aumentar la superficie forestal, lo mismo que la densidad de carbono *in situ*, en el terreno, así como aumentar sus reservas en los productos de la madera fuera de su lugar de origen, apostando por una sustitución cada vez mayor de todo lo que construimos con madera, así como del carbón, petróleo, gas natural. Hemos iniciado esa senda de cambio, pero de momento de forma muy lenta, a todas luces insuficiente. Los bosques son nuestros grandes aliados y tenemos que preservarlos, llevando a cabo una buena gestión forestal. No es solo una cuestión relativa al balance neto de carbono, es que son totalmente necesarios para la vida. □

POR  
EUGENIO MANUEL  
FERNÁNDEZ AGUILAR  
Físico  
Director de Muy  
Interesante Digital



## EMMY NOETHER: LA ARQUITECTA DEL ÁLGEBRA MODERNA

EL TRABAJO DE ESTA INVESTIGADORA, QUE FUE DEFINIDA POR EINSTEIN COMO «UN GENIO MATEMÁTICO» CAMBIO PARA SIEMPRE EL CURSO DE ESTA CIENCIA, AUNQUE SU CONDICIÓN DE MUJER Y DE JUDÍA MARCARON SU VIDA Y SU CARRERA.

**P**ocas figuras son tan decisivas y, a la vez, tan desconocidas como Amalie Emmy Noether. Nacida el 23 de marzo de 1882 en Erlangen, Alemania, Noether creció en el hogar de Max Noether, un matemático respetado. Aunque inicialmente planeaba dedicarse a enseñar idiomas, el entorno intelectual de su familia y su inclinación natural por el razonamiento lógico la llevaron a cambiar de rumbo y dedicarse de lleno a las matemáticas.

A principios del siglo xx, las universidades alemanas no permitían que las mujeres se matricularan como estudiantes. Por tanto, Emmy comenzó a ir a las clases como oyente y tuvo que superar múltiples obstáculos para completar su formación académica. Finalmente en 1907 obtuvo su doctorado en la Universidad de Erlangen, bajo la dirección de Paul Gordan, con una tesis sobre teoría de invariantes. Su trabajo fue bien recibido, pero pronto se dio cuenta de que los métodos tradicionales de Gordan eran insuficientes para abordar problemas más generales. Esto la empujó a buscar un enfoque más abstracto.

**LA MATEMÁTICA DETRÁS DE LA ABSTRACCIÓN.** El talento de Emmy Noether no pasó desapercibido para los matemáticos de su tiempo. En 1915 fue invitada a colaborar en la Universidad de Gotinga, un centro de referencia en investigación matemá-

tica, donde trabajaban grandes figuras como David Hilbert y Felix Klein. A pesar de su creciente reputación, los prejuicios de la época impedían que se le otorgara un puesto docente oficial. Hilbert defendió su inclusión, llegando a exclamar: «Caballeros, el Consejo no es una casa de baños, así es que no veo por qué una mujer no puede formar parte de él». Sin embargo, Noether solo obtuvo el permiso para enseñar formalmente en 1919 y, aun entonces, Hilbert tuvo que pre-

sentarla bajo su nombre en varias ocasiones para que sus conferencias fueran aceptadas.

Su trabajo en esta etapa cambió para siempre el curso de la matemática abstracta, especialmente en el campo del álgebra. Emmy Noether fue pionera en la formulación de teorías generales que permitieron unificar y simplificar numerosos problemas matemáticos complejos, estableciendo los fundamentos del álgebra moderna.



FUE PIONERA EN  
LA FORMULACIÓN  
DE TEORÍAS  
GENERALES  
ESTABLECIENDO  
LAS BASES DEL  
ÁLGEBRA MODERNA

**LA TEORÍA DE IDEALES Y EL IMPACTO EN EL ÁLGEBRA ABSTRACTA.** Uno de sus mayores logros fue el desarrollo de la teoría de anillos. En su trabajo *Idealtheorie in Ringbereichen* (1921), Noether introdujo conceptos fundamentales que forman el núcleo del álgebra abstracta contemporánea. Los anillos noetherianos, denominados así en su honor, reflejan su enfoque estructural y generalizador. Este concepto permite a los matemáticos trabajar con objetos algebraicos de forma sistemática, facilitando así la resolución de problemas complejos que antes parecían inabordables.

Su enfoque en la abstracción y su insistencia en el uso de principios generales revolucionaron el pensamiento matemático de su tiempo. La escuela «noetheriana», caracterizada por su búsqueda de estructuras universales, influyó de manera decisiva en la teoría de anillos, cuerpos y módulos.

## SU VIDA PROFESIONAL EN ALEMANIA SE VIO INTERRUMPIDA CON LA LLEGADA DEL NAZISMO EN 1933. **REFUGIADA EN ESTADOS UNIDOS, SIGUIÓ TRABAJANDO CON EL MISMO ENTUSIASMO Y DEDICACIÓN**, RODEADA DE ESTUDIANTES Y JÓVENES MATEMÁTICOS QUE RECONOCÍAN SU GENIO

**UNA FIGURA CLAVE, PERO INVISIBILIZADA.** A pesar de sus logros, Emmy Noether nunca recibió el reconocimiento académico que merecía en Alemania. Fue finalmente en 1932, en una conferencia en Zúrich, donde su trabajo comenzó a ser valorado públicamente, cuando se le otorgó el premio Ackermann-Teubner. Sin embargo, su vida profesional en Alemania se vio interrumpida de manera abrupta con la llegada del régimen nazi en 1933. Como judía, y además mujer, su posición se volvió totalmente insostenible.

Gracias al apoyo de colegas internacionales, Emmy encontró refugio en Estados Unidos, en el Bryn Mawr College, donde continuó su labor académica. A pesar de las dificultades, siguió trabajando con el mismo entusiasmo y dedicación, rodeada de estudiantes y jóvenes matemáticos que reconocían su genio.

La estancia de Noether en Estados Unidos fue corta. El 14 de abril de 1935, apenas dos años después de su llegada, falleció tras una operación de emergencia para luchar contra un tumor pélvico. Albert Einstein, en una carta al *New York Times*, la describió como «el genio matemático más significativo producido desde que comenzó la educación superior de las mujeres».

La figura de Noether incluso supera el ámbito de la investigación matemática, para aterrizar en el mundo académico. En palabras de sus estudiantes, Noether no solo enseñó matemáticas: enseñó a pensar de manera rigurosa y abstracta, a encontrar patrones ocultos y a valorar la elegancia de la simplicidad. □



ASC

A ella se deben conceptos fundamentales que son la base del álgebra abstracta contemporánea. Los anillos noetherianos permiten a los matemáticos trabajar con objetos algebraicos de forma sistemática, facilitando la resolución de problemas complejos.



# Criterios de la movilidad actual **ELECTRIFICACIÓN**

## **MÁS JUGADORES Y UN PULSO A LA SEGURIDAD**

2024 ha estado marcado por la electrificación, que ha llegado para quedarse y seguir acaparando un porcentaje del pastel; por una oleada de marcas chinas que ya son la opción para muchos compradores por precio y prestaciones; y por la incorporación obligatoria de un paquete de ayudas a la conducción para todos los vehículos de nueva matriculación, una halagüeña noticia en el difícil camino de conseguir cero accidentes de tráfico.



**POR JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ,  
DIRECTOR DE MOTOR  
(ZINET MEDIA GLOBAL)**

# N

o hace falta echar la vista demasiado atrás para darse cuenta de que la nueva movilidad y sus principales agentes son, y serán, los protagonistas del mercado automovilístico. Con una velocidad vertiginosa, la movilidad eléctrica se abre paso firme y

consiguiendo un tono seguro, demostrando en cada nuevo lanzamiento que el coche eléctrico ha venido para quedarse. No es nuevo decir que los problemas de la industria con el diésel, las decisiones inmaduras de políticos temporeros o la escasa contestación global de los fabricantes hayan creado situaciones problemáticas en absoluto en línea con las multimillonarias inversiones que se han hecho y se están realizando para poder llevar a buen puerto la movilidad eléctrica. Situaciones problemáticas que solo añaden carburante a la apatía que cada día invade con más fuerza la decisión de compra. Es más, esta gangrena puede ser una de las heridas más graves a las que se deberán de enfrentarse en los próximos años los estresados departamentos de *marketing* de las grandes industrias de la automoción. Y es que, hasta la fecha, el coche eléctrico se está convirtiendo en sinónimo de caro, situación que va a cambiar radicalmente a corto plazo porque ya hay modelos que, gracias a ayudas como el Plan Moves III y su adelanto de parte de las mismas, ya consiguen precios muy atractivos. ¿El problema? Las electrolinerías. En este momento disponemos en España de aproximadamente unos 35 698 cargadores instalados de los cuales más del 15 % no están operativos, y en absoluto acercándose a los más de 60 000 que deberían estar instalados. Quizás sea el momento

de hacer cuentas y ver si los objetivos que estoy seguro que debemos de cumplir son realmente alcanzables. Así, y llegado este punto, un híbrido enchufable es la elección más coherente cuando se busca una solución eléctrica y a la vez no se quiere estar limitado por dicha falta de infraestructura o por las limitaciones de autonomía. Pero aún más radical es mi afirmación de la pluralidad de tecnologías que nunca dejarán de estar presentes. La heterogeneidad de un mundo que solo se ve afectado si peligra dentro de sus fronteras nos lleva a la conclusión lógica de que los continentes americanos y asiáticos muy probablemente tendrán vehículos de combustión durante el siglo que nos ocupa. Pero si nos centramos el nuestro continente, no tengan miedo de comprar a día de hoy un coche eléctrico si este encaja con sus necesidades e infraestructuras, y tampoco tengan miedo de adquirir un vehículo de gasolina, y mucho menos un diésel, si los kilómetros que conducen lo precisa. Nos quedan por delante dos décadas de adaptación a la nueva movilidad así como de afianzamiento de las tecnologías que se quedarán. Y a estas alturas cualquiera de las existentes podrá quedarse si las fórmulas que actualmente se cocinan hacen milagros en los índices de emisiones.

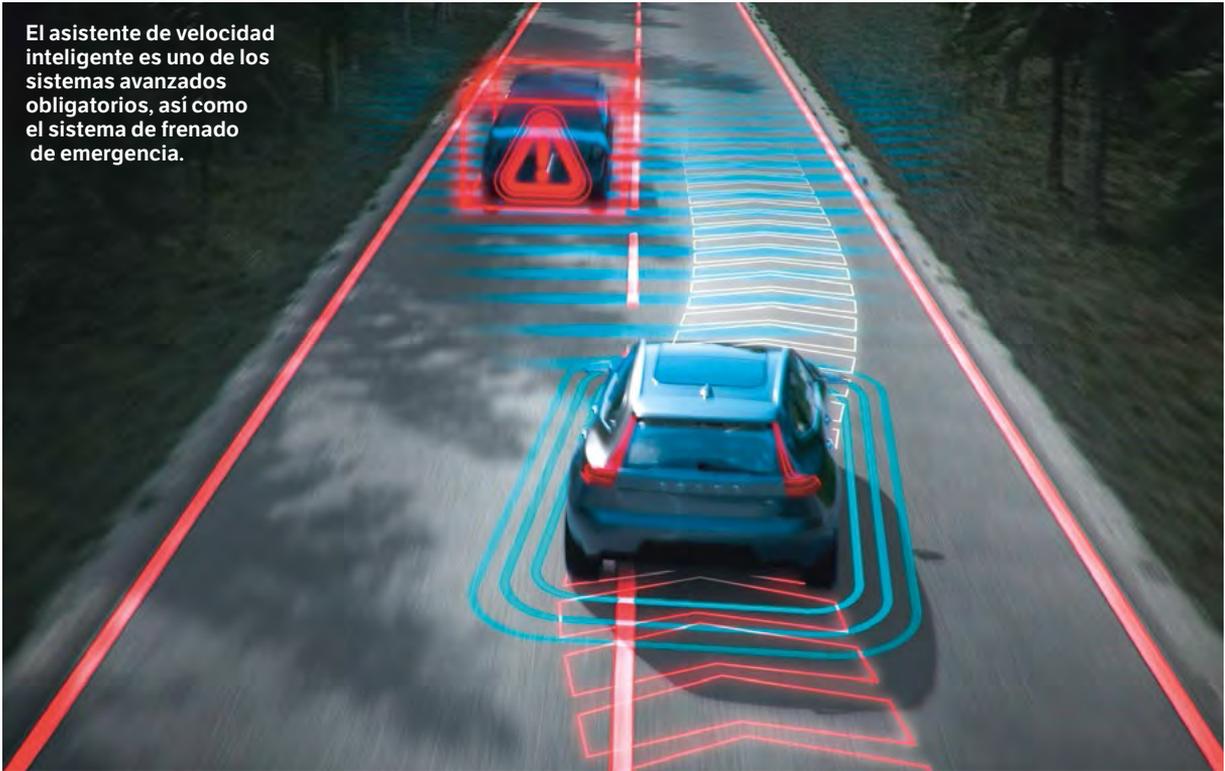
## NUEVAS MARCAS CHINAS

Otro tema que ha formado parte importante de este año, en lo que a movilidad se refiere, es la llegada de bastantes nuevas marcas al sector, sobre todo chinas. Todos sabemos de las artes empleadas por el gobierno chino para hacer triunfar sus marcas en el país en el que logran aterrizar. Precios de derribo conseguidos por inversiones millonarias por parte del gobierno chino aceptando pérdidas millonarias. Actualmente



**Un híbrido enchufable es la elección más coherente cuando se busca una solución eléctrica y no se quiere estar limitado por la falta de electrolinerías o por las limitaciones de autonomía**

El asistente de velocidad inteligente es uno de los sistemas avanzados obligatorios, así como el sistema de frenado de emergencia.



**Una de las claves para llegar un número cero de víctimas de accidentes es la responsabilidad de conductores y peatones**



El nuevo paquete de asistencia al conductor tiene como objetivo la seguridad de los pasajeros del automóvil y la de los peatones, ciclistas y otros vehículos con los que interaccione.

existen 137 marcas de automóviles chinas. Algunas marcas que ya no están incluidas en esta cantidad han desaparecido antes de construir un solo coche. En el mismo estudio la consultora AlixPartners afirma que solo el 13 % de las marcas estarán vivas en una década, o lo que es lo mismo, que solo 19 marcas tienen capacidad de viabilidad. A estos datos además deberíamos sumar más variables que aportan los países europeos, como falta de infraestructura de carga, limitación de uso por las autonomías de baterías... y que solo consiguen agravar más el problema de la electrificación en general y poner en riesgo las marcas que solo se dedican a la producción y venta de los coches eléctricos. ¿Una conclusión? Me quedo con la seguridad de las marcas que llevan décadas ofreciendo coches que son el referente para el resto del mundo y me quedo también con la tranquilidad de la posventa de marcas que celebran centenarios y que solo buscan seguir en la industria más siglos, pase lo que pase fuera de las puertas de sus concesionarios. Pero no lo olviden, la última palabra la tienen los compradores.

### AYUDAS PARA UNA ASISTENCIA PREVENTIVA

Algo que también hay que recordar, y tener en cuenta, es que, desde el pasado mes de julio, concretamente el día 7, es obligatorio un paquete de ayudas a la conducción para todos los vehículos de nueva matriculación. Estas ayudas, denominadas «ADAS» (Advanced Driver Assistance Systems) solo tienen una misión: ayudarnos a conseguir una conducción segura para los que están dentro del coche y seguridad para los peatones y coches que conviven y convivirán indiscutiblemente en el futuro, sea cual sea la movilidad que nos gobierne. El paquete de asistencias preventivas incluye, entre otras, la frenada automática de emergencia, el detector activo de cambio de carril, el asistente de velocidad inteligente o el control de la presión de neumáticos, pero estos son solo algunos de los 10 que componen el paquete. Lo primero que se me ocurrió tras conocer esta nueva ley es dar las gracias. La seguridad no solo debe estar al alcance de los que sean capaces de optar a ellas. Estos nuevos elementos nos permitirán pensar que en una década una gran mayoría de los coches dispondrán de sistemas de seguridad que realmente nos podrán hacer pensar en el número cero al hablar de víctimas mortales en accidentes de tráfico. Lo único que para lograr este reto falta conseguir modificar lo no conseguido hasta la fecha, es decir, la actitud de los conductores y de cualquier otra persona que viaja en el interior de



Entre las ADAS se encuentra el detector activo de cambio de carril.



Otra de las ayudas a la conducción es el asistente de velocidad inteligente.

un automóvil, sin olvidar la responsabilidad de los peatones, ciclistas, motoristas... que solo dependiendo de su actitud responsable pueden convertirse en víctimas o culpables en un accidente. Recientemente, el nacimiento del cinturón de seguridad ha cumplido cincuenta años y no os sorprenderá si os digo que el pasado año tres de cada diez víctimas en la carretera no llevaba el cinturón de seguridad. Simplemente las cosas no se hacen bien, somos los reyes del pillaje y, al igual que algunos conductores buscan mil inventos para no llevar el cinturón puesto, también buscaran cómo desconectar las nuevas ayudas. Por suerte, el cerco se cierra, la seguridad será cada vez más precisa y la conducción responsable no solo será una actitud, será una consecuencia.

**Las ADAS tienen la misión de ayudar a conseguir una conducción segura para los que están dentro del coche y seguridad para los peatones y coches que están conviviendo**

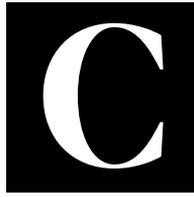


El atractivo diseño exterior se completa con un interior más llamativo aún.

# TERRAMAR, PARA COMPLETAR UNA FINA GAMA DE PRODUCTO CUPRA



Está disponible desde su lanzamiento en versiones microhíbridas de 150 CV y etiqueta ECO, y los VZ con opción de gasolina TSI de 265 CV, e híbrida enchufable con etiqueta CERO de 272 CV.



Cupra está viviendo el mejor año de su historia. Con el recién estrenado Terramar, un SUV deportivo muy interesante, redondea su portfolío. En el exterior adopta el nuevo lenguaje de diseño de la marca con una apariencia atrevida y llamativa en el que destaca la icónica firma lumínica de tres triángulos con faros Full LED, el logotipo CUPRA integrado e iluminado en la parte central o la misma entre los pilotos posteriores. El interior es todavía más llamativo si cabe, con asientos deportivos revestidos en sus zonas centrales con tejido creado a partir de tejido reciclado, volante en cuero con botones satélite de arranque y modos de conducción e iluminación ambiental.

### GRAN EQUIPAMIENTO

También la conectividad se ha mejorado considerablemente. Equipa una mejorada e integrada interfaz hombre-máquina, tanto en la instrumentación tras el volante Digital Cockpit de 10,25 pulgadas, como en el sistema de infoentretenimiento, que incorpora una pantalla de serie de 12,9 pulgadas y un control deslizante retroiluminado. Pero hay más equipamiento a destacar: cámara de visión trasera, el sistema de arranque Kessy Go, el climatizador y los sensores de aparcamiento delanteros y traseros, entre otros.

Bajo el capó, el Terramar está disponible, por ahora, con las versiones microhíbridas 1.5 eTSI 150 CV con cambio automático DSG y etiqueta medioambiental ECO; gasolina 2.0 TSI de 265 CV, con cambio DSG y tracción integral 4Drive, asociado al acabado VZ; y la nueva generación de tecnología híbrida enchufable con etiqueta CERO emisiones 1.5 e-Hybrid de 272 CV DSG, asociado al acabado VZ, y que ofrece ahora una autonomía de hasta 121 km en modo completamente eléctrico, y permite carga rápida de hasta 50 kW.

Por último, la dinámica de conducción del Cupra se beneficia también de la suspensión deportiva de serie, la dirección progresiva, el nuevo control de chasis adaptativo (DCC Sport), y los potentes frenos opcionales Akebono, disponibles para la versión más prestacional: VZ TSI 265 CV.



# KONA HÍBRIDO ELÉCTRICO: EL PRIMER PELDAÑO EN ELECTRIFICACIÓN DE HYUNDAI



Con etiqueta ECO, el Kona con el motor híbrido eléctrico, combina combustión y eléctrico, es perfecto para el día a día y para viajar sin la preocupación de tener que parar a cargar baterías, porque se recargan gracias a un sistema de frenado regenerativo.

**R**

almente era muy difícil redondear un producto que ya funcionaba. Hyundai con el Kona había creado un SUV bonito estéticamente hablando, lleno de tecnología y seguridad, y con una completa gama de motorizaciones entre las que elegir.

Pero con la llegada de la segunda generación, lo han convertido en un coche más atrevido, con un espacio interior maximizado, más tecnología y las más eficientes opciones mecánicas. De hecho, todo esto le han convertido en el Mejor Coche del Año ABC 2024. Las claves de este éxito son un interesante maletero de 466 litros, un generoso espacio para los pasajeros de la segunda fila, huecos portaobjetos y muchas opciones de personalización en el interior, así como dos pantallas de 12,3 pulgadas y funciones de coche conectado. En el exterior sobresale su diseño limpio y futurista con una iluminación LED Seamless Horizon o sus robustos pasos de rueda. Con una amplia gama mecánica, sobresalen las versiones híbridas e híbridas ligeras de 48 voltios, todas ellas con variantes

deportivas N Line. La primera opción, el Kona híbrido eléctrico cuenta con un motor gasolina y otro eléctrico que funcionan en conjunto para ofrecer 129 CV, más un sistema de frenado regenerativo que se encarga de cargar la baterías para que tú no tengas que hacerlo. La solución ideal, con etiqueta ECO de la DGT, para ser eficiente en el día a día y viajar sin preocuparse por nada.



# KONA ELÉCTRICO: EL PIONERO DE HYUNDAI Y EL MEJOR DE SU CLASE

El Kona 100 % eléctrico es un SUV compacto que ofrece el mejor espacio interior de su categoría, con mucho sitio para las piernas y la cabeza en los asientos de la segunda fila, ofrece una autonomía líder en su clase y es el primer modelo de Hyundai en equipar el nuevo puesto de conducción Connected Car Navigation Cockpit.

**E**

l desarrollo del nuevo y futurista Hyundai Kona comenzó con la versión eléctrica, en su segunda generación, que ofrece un diseño robusto y dinámico, con mayores dimensiones: más largo, ancho y alto; pero igual de maniobrable y práctico.

También incorpora elementos de diseño específicos para vehículos eléctricos, como un maletero delantero, aletas de ventilación activas, tomas de corriente Vehicle-to-Load (V2L) interiores y exteriores, Head-up Display (HUD), modo de conducción i-PEDAL -que habilita un modo de conducción que permite a los conductores acelerar, desacelerar y detenerse utilizando únicamente el pedal del acelerador-, sistema regenerativo inteligente -ajusta automáticamente la potencia de la frenada regenerativa basándose en la información del flujo de tráfico precedente-, y un paquete Eco que se traduce en el uso de materiales sostenibles en el interior. En referencia a esto último, el

Kona de nueva generación ofrece el mejor espacio interior de su clase: más espacio para las piernas y para la cabeza en los asientos de la segunda fila.

El Kona eléctrico ofrece una autonomía líder en su clase en el segmento de SUV compactos superando los 500 kilómetros de autonomía en su versión de autonomía extendida. Esta está asociada a una batería de 65,4 kWh y un motor eléctrico con una potencia máxima de 218 CV. La versión estándar asocia una batería de 48,4 kWh con un motor de 156 CV para una autonomía máxima de 377 kilómetros.



# FORD CAPRI: VUELVE EL ICONO DEPORTIVO CON EL OBJETIVO DE GIRAR CABEZAS



El Capri incluye un abanico de tecnologías avanzadas de asistencia a la conducción.

El nuevo Capri reinventa el diseño clásico y la diversión al volante del icono automovilístico que terminó su producción en 1986, cuya actitud en el exterior es muy llamativa gracias a colores como el atrevido Amarillo Vivid.

**U**

n nuevo Capri ha entrado a formar parte de la familia Ford. Han pasado casi cuatro décadas, sigue siendo un auténtico *coupé* deportivo, pero ahora ha cambiado un poco de estilo, SUV y 100 % eléctrico, para iniciar un nuevo capítulo en la historia de este clásico de

culto. Diseñado en Europa para conductores europeos, la altura de la carrocería y el techo del Capri contribuyen a que tenga un centro de gravedad más bajo, lo que ayuda a mantenerlo más nivelado en las curvas para conseguir esas sensaciones deportivas. Una deportividad que se nota en sus cifras. Se puede equipar con un motor eléctrico que desarrolla 286 CV de potencia, asociado a

una tracción trasera y con el que se pueden lograr hasta 627 kilómetros de autonomía. Si se elige el modelo de 340 CV y tracción total, recorres hasta 592 kilómetros. Y como está orientado a viajes en familia por carretera, hay que destacar que el nuevo Capri es silencioso y refinado, muy comfortable sea cual sea el asiento en el que vayas, y con un amplio abanico de tecnologías avanzadas de asistencia a la conducción. Pero eso no significa que no tenga alma deportiva. Hay una opción Sport para los Modos de Conducción Seleccionables que hace que el pedal del acelerador sea más sensible, mejora la retroalimentación de la dirección y ha sido especialmente ajustada para el Capri, modificando el control de estabilidad electrónico para ofrecer una sensación única de conducción.



# EL VEHÍCULO MÁS VENDIDO DE FORD EN EUROPA SE ENCHUFA: NUEVO PUMA GEN-E

Con toques que lo hacen más distintivo y aerodinámico, el Puma eléctrico ofrece hasta 376 km de autonomía con una recarga completa, cuya batería solo tarda 23 minutos en pasar del 10 al 80 % en un cargador rápido de CC de 100 kW.



El Puma eléctrico está equipado con dos pantallas de alta definición.

# F

Ford ha presentado su nuevo modelo 100 % eléctrico. Y no es otro que su vehículo más vendido en Europa, el Puma. Ahora denominado Puma Gen-E, se distingue en su exterior por un «escudo» que reemplaza la parrilla convencional en el frontal o un deportivo

alerón trasero; y porque debajo de su «piel» el sistema de propulsión es eléctrico. Cuenta con hasta 376 kilómetros de autonomía, lo que permite viajes largos, mientras que sus hasta 523 kilómetros de autonomía en ciudad significan días y días de trayectos urbanos sin necesidad de recarga. Y junto a todo esto hay que resaltar el innovador espacio de almacenamiento del

maletero MegaBox del Puma, que se ha mejorado para convertirse en GigaBox, lo que significan hasta 574 litros de espacio para el equipaje con los asientos traseros en su sitio; más de lo que algunos de los SUV más grandes pueden ofrecer. Un maletero delantero (*frunk*) de 43 litros aprovecha el espacio que deja libre el motor de gasolina, y es ideal para guardar elementos a los que se quiere tener acceso rápido y fácil cuando el maletero está lleno. Por último, en el interior equipa dos pantallas de alta definición, cuyo sistema de infoentretenimiento con navegación conectada facilita, por ejemplo, la circulación en ciudad. Algo a lo que también ayuda su palanca de cambios electrónica simplificada detrás del volante, o la conducción con un solo pedal.



# EL LEXUS MÁS COMPACTO HASTA LA FECHA

Desde las atractivas líneas contemporáneas de la decidida imagen exterior del vehículo hasta el diseño, el confort y los detalles del interior, el LBX transmite una calidad de clase superior.



**S**

Si hay algo que ha sobresalido siempre en un Lexus es la alta calidad de sus acabados y su aprecio por una conducción silenciosa y confortable. Y crear un modelo pequeño no era dejar a un lado todo eso. Al contrario, desde las atractivas líneas contemporáneas de la decidida imagen exterior del vehículo hasta el diseño, el confort y los detalles del interior, el LBX transmite una calidad de clase superior, del estilo que

cabría esperar de un modelo más grande, de un segmento superior. De hecho, está destinado a despertar una gran atracción entre el público más joven y preocupado por el estilo. Con varios ambientes a escoger, Elegant, Relax, Emotion y Cool, hay un LBX según tu carácter: refinado, dinámico, deportivo... La elección se hace a través de diferentes colores y del tacto y la imagen de las tapicerías y los acabados.

El LBX puede tener unas dimensiones compactas, pero ello no afecta en absoluto al confort y a la sensación de confianza y control que siente el conductor al volante. Los elementos que definen la conducción característica de la marca, Lexus Driving Signature, se priorizan en todo nuevo Lexus. El conductor disfruta de una vista dominante, típica de un SUV, con un cuadro de mandos situado más bajo y un parabrisas de gran amplitud. Y el sistema multimedia Lexus Link Connect, que se maneja mediante una pantalla táctil central de 9,8 pulgadas o un sistema de control por voz que responde a peticiones en un estilo más conversacional.

Asimismo, la forma y el ángulo del volante, así como la posición de los pedales, se han determinado con precisión, mientras que la pantalla totalmente digital de 12,3 pulgadas del cuadro de mandos se puede personalizar tanto en términos de apariencia como de contenido, según las preferencias del conductor o las prioridades del viaje.



# JEEP AVENGER

## SABIA COMBINACIÓN DE PRESTACIONES PARA CAMPO Y CIUDAD

El Jeep Avenger supone todo un hito para el segmento SUV compacto por su concepto novedoso y su oferta electrificada, que ofrece tres tecnologías: 100 % eléctrica, e-Hybrid y 4xe, que unen tracción total con hibridación suave.

**L**

a última incorporación de Jeep, el Avenger, es compacto, polivalente y con el espacio y la robustez que se espera de un SUV, con múltiples posibilidades para superar terrenos abruptos y para moverse con agilidad en trayectos urbanos. Para lo primero, destaca por ofrecer unos ángulos de ataque de 20 grados, ventral de otros 20 grados, y 32 de salida.

Eso sí, estas cotas también pueden ser muy útiles en ciudad para enfrentarse a rampas de estacionamiento pronunciadas o a calles en cuesta con total tranquilidad. Asimismo, el Avenger es una de las pocas alternativas del segmento de los SUV compactos que puede ofrecer en el mismo catálogo versiones gasolina, microhíbridas -también con variante 4xe, un tren motriz híbrido con tracción total- y 100 % eléctricas -es el primer Jeep en ofrecer esta mecánica-, todas ellas fiables y de altas prestaciones. La más notable



## El Avenger reúne materiales duraderos, tecnologías avanzadas y elementos de diseño únicos, como los detalles Summit Gold

es esta última puramente eléctrica con 156 CV y una autonomía de 400 kilómetros, que puede llegar hasta los 600 en recorridos solo urbanos. Sin olvidar las últimas incorporaciones: el Avenger 4xe The North Face Edition y el Avenger 4xe Upland. El primero, limitado a 4806 unidades, que simbolizan la altura de Mont Blanc. En concreto, combina materiales duraderos, tecnologías avanzadas y elementos de diseño únicos como los detalles Summit Gold y los motivos topográficos, lo que refleja un compromiso con la exploración y la belleza del paisaje natural. El segundo, capta inmediatamente la atención por sus robustas mejoras que incluyen luces antiniebla, rieles de techo o un gancho de remolque.

Para 2025, el Avenger se completará con un equipa-

miento más avanzado. Por ejemplo, faros antiniebla LED, cámara trasera de «vista de dron» de 180 grados, luces largas automáticas, arranque sin llave y un espejo con atenuación automática. Aunque una de las características más destacadas del Jeep Avenger 2025 es la integración de ChatGPT como un versátil copiloto virtual, diseñado para mejorar la experiencia de conducción con personalización de rutas, consejos de exploración e información, todo ello alineado con los valores fundamentales de Jeep. Por último, también se actualiza su paleta de colores, introduciendo el nuevo y elegante gris pastel «Storm» en todos los acabados, sustituyendo al anterior tono «Lake» y añadiendo un toque refinado a la línea aventurera de la gama.



# 100 % ELECTRIFICADO EN TODAS SUS VARIANTES: RENACE UN NUEVO OPEL GRANDLAND

El nuevo Grandland, el SUV tope de gama de Opel, ha dado un gran salto en lo que a diseño, materiales y prestaciones se refiere en esta su nueva generación.

**E**legante y dinámico, espacioso y versátil con una gama de trenes motrices totalmente electrificados: así es el nuevo Opel Grandland. El SUV más grande de Opel crece en tamaño y en espacio: cinco pasajeros viajan holgadamente y alcanzan los 1645 litros de capacidad en el maletero. En el exterior destaca su apariencia gracias, sobre todo, al nuevo Vizor 3D y en el interior cabe destacar que, en el puesto de conducción, la pantalla central de 10 o 16 pulgadas ligeramente orientada al conductor y la consola central alta generan una sensación deportiva. Pero también va en búsqueda de la sostenibilidad: el 100 % de los tejidos y revestimientos del interior, asientos, paneles de puertas y paneles de instrumen-

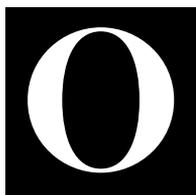
tos, por ejemplo, están fabricados con materiales con contenido reciclado. Sin olvidar los espacios de almacenamiento inteligente como los bolsillos para teléfonos en los respaldos de los asientos delanteros, el cargador inalámbrico ubicado detrás de un vidrio, o el gran espacio debajo de la consola central, con, además, una toma de corriente de 12 V.

A elegir con una mecánica microhíbrida con 136 CV, un híbrido enchufable de 195 CV o el 100 % eléctrico. Con esta última, y dependiendo de la capacidad de la batería, se podrán recorrer hasta 523 kilómetros (con la batería de 73 kWh) o 582 kilómetros (con la batería de 82 kWh) entre cargas. Próximamente llegará un paquete de baterías mayor, con hasta 98 kWh, que permitirá al Grandland Electric recorrer hasta casi 700 kilómetros de autonomía sin parar para cargar.

# CONFORT, ARSENAL TECNOLÓGICO Y MUY CAPAZ: LLEGA UN NUEVO FRONTERA



Opel adapta a nuestro tiempo el concepto de vehículo polivalente y aventurero con el que nació el Frontera, con el lanzamiento de su nueva generación: eficiente, tecnológica y con una gama totalmente electrificada.



Opel ha decidido traer al 2024 un nombre mítico en su historia, pero con un concepto muy diferente. Comercializado entre 1991 y 2004, el Frontera fue uno de los primeros SUV fabricados en Europa que ayudó a definir lo que se entendía por robustez y la capacidad de enfrentarse a todo tipo de terrenos. Dos décadas después, el nuevo Opel Frontera recoge el testigo ofreciendo una alternativa versátil y espaciosa para el segmento de los SUV compactos para cinco pasajeros, y siete en un futuro. Estéticamente, el nuevo Frontera tiene un aspecto robusto y musculoso, en el que des-

tacan sus pasos de rueda pronunciados o un frontal en el que destaca la imagen *hi-tech* del Opel Vizor, con el nuevo «Blitz» de la marca en el centro. Otras características muy interesantes son su amplio maletero de 460 litros, que puede extender su capacidad hasta los 1600 litros, y sus infinitas posibilidades, reforzadas por las barras de techo que, lejos de ser un elemento decorativo, permiten cargar hasta 240 kg en parado. Además, el habitáculo está lleno de espacios y soluciones inteligentes.

Bajo el capó, el nuevo Opel Frontera llega con mecánicas totalmente electrificadas. A elegir, microhíbrido con potencias de 102 y 136 CV, o 100 % eléctrico, con 113 CV de potencia y que puede recorrer hasta 300 km sin recargar. Más adelante se podrá optar por una motorización con 400 km de autonomía.



## UN EXQUISITO RANGE ROVER INSPIRADO

La Range Rover Sport SV Celestial Collection es una colección limitada del equipo de diseño de SV Bespoke de cinco vehículos sofisticados y armoniosos: Gaea, Theia, Io, Vega y Sol.

**R**

ange Rover es exclusividad. Lo demuestra una magnífica colección limitada de Range Rover Sport SV personalizados y seleccionados con mimo denominada concretamente Range Rover Sport SV Celestial Collection.

Está compuesta por cinco vehículos únicos, Gaea, Theia, Io, Vega y Sol, cada uno de ellos inspirado en la mitología antigua y en el cosmos. Cada vehículo presenta un color exterior personalizado, así



# EN LA MITOLOGÍA ANTIGUA Y EL COSMOS

como inscripciones y acabados únicos en partes del interior como la consola y los estribos. Por ejemplo, Gaea se inspira en la mitología griega para representar el lugar donde comenzó la vida: la Tierra. Así, destaca por su pintura exterior en acabado *Green Terre Matte* o acabados interiores en madera *Natural Brown Silver Birch*. Theia se asocia con la vista y la luz resplandeciente. La pintura exterior se inspira en la Luna, y, en el interior, reposacabezas y consola guardan relación con los cráteres de la Luna o una constelación. Por su lado, Io, el cuerpo volcánico más activo del sistema so-

lar, cuenta con un exterior naranja distintivo y unos asientos en tejido impreso en 3D y biseles y respaldos de fibra de carbono. Vega, que significa literalmente «el águila que cae», se representa en el vehículo con un símbolo similar a un ala descendente; y Sol representa al astro del mismo nombre. Es un Range Rover Sport SV dramático y llamativo visualmente y simboliza el poder del Sol en su característico exterior brillante *Aurora Yellow*: un tributo al fenómeno de las auroras boreales que se deja entrever en su color amarillo verdoso.



Este siete plazas *premium* destaca por su comodidad y seguridad, así como por su mecánica híbrida enchufable que ofrece más de 70 kilómetros de autonomía totalmente eléctrica con una sola carga.



**U**

n siete plazas *premium*, práctico, cómodo, capaz y seguro? Para dar solución a esta respuesta, e incluso superarla si cabe, Volvo ha creado el XC90 mejorado. Puede que el SUV híbrido insignia del fabricante ya fuera un éxito de ventas y eso

sea imposible de superar, pero hay varios atributos que lo demuestran. Primero, un motor híbrido enchufable que ofrece más de 70 km de autonomía eléctrica para recorrer la ciudad sin emisiones, y que permite que el XC90 supere los 800 gracias a combinar un eficiente motor de gasolina con el eléctrico. Juntos incluso ofrecen una tracción integral constante para una conducción todoterreno.

Segundo, seguro. Uno de los vehículos Volvo más seguros que existen. Y es que está equipado con un habitáculo de seguridad avanzado, así como con un conjunto completo de funciones de seguridad activa. Mediante un radar y una cámara delantera, el XC90 puede detectar si te has desviado hacia el carril

contrario y devolverte de manera segura a tu carril para evitar el riesgo de una colisión. También te ayudará a no salirte de la carretera sin darte cuenta. Además, puede usar el freno y la dirección para ayudar al conductor a evitar colisiones con otros vehículos, peatones o ciclistas.

Y tercero, experiencia y digitalización. Por ejemplo, para disfrutar aún más de la experiencia dentro del nuevo XC90, Volvo ha instalado una pantalla central más grande e independiente de 11,2 pulgadas. También almacenamiento o un cargador de teléfono inalámbrico. Pero qué sería de la conducción sin unos asientos realmente confortables y la suspensión mejorada de serie. Cada amortiguador individual ahora puede adaptarse mecánicamente a las condiciones de la carretera para optimizar tanto el confort como la estabilidad, para una experiencia de conducción más segura y relajada. Si quieres ir a por todas, la suspensión neumática opcional funciona junto con un chasis activo que supervisa al vehículo, la carretera y el conductor 500 veces por segundo para conseguir la conducción más cómoda posible.

# UN SUV ELÉCTRICO QUE SUPERA LOS 700 KILÓMETROS DE AUTONOMÍA

El Polestar 3 sobresale por su aerodinámica, un sistema de propulsión que invita a viajar sin preocuparse por nada más que no sea la carretera, y un habitáculo lleno de materiales obtenidos de forma responsable y sostenible.

**E**l SUV *coupe* 100 % eléctrico estrella de Polestar, el Polestar 3, es lujo y dinamismo. Bajo un diseño muy aerodinámico y limpio, que no sencillo, se encuentra un interior en el que destacan unos asientos deportivos, materiales sostenibles, un techo solar panorámico y un pantalla central de 14,5 pulgadas que alberga un ecosistema digital con aplicaciones y servicios de Google integrados. Se puede equipar entre tres opciones de propulsión que se adaptan a las preferencias personales de quienes lo conducen y a cualquier entorno de conducción. Long range Dual motor con Performance pack ofrece 517 CV de potencia, 910 Nm de par y puede alcanzar los 567 kilómetros de autonomía. La Long range Dual motor ofrece 489 CV y supera con facilidad los 600 kilómetros. El último, la variante de un solo motor de gran autonomía, denominada Long Range Single Motor, llega a los 706 kilómetros, lo que le convierte en el modelo de su categoría que ofrece una

de las autonomías más amplias. Utiliza la batería de 111 kWh mencionada, con una capacidad de 250 kW que permite pasar el 10 al 80 por ciento de carga en solo 30 minutos usando corriente continua. En el Polestar 3 el confort y el control al volante están garantizados por un sofisticado sistema de amortiguadores pasivos con tope de rebote hidráulico y amortiguación selectiva de frecuencias. El Polestar 3 también destaca por su fuerza de frenada, ya que utiliza el sistema de frenos Brembo, con altos estándares de seguridad.







# AUTONOMÍA Y CALIDAD DE RODADURA: EL MEJOR NEUMÁTICO PARA UN COCHE ELÉCTRICO

Turismo, SUV, 4x4... coches térmicos, híbridos, con pila de hidrógeno y eléctricos, todos los neumáticos Michelin son compatibles, eficientes y seguros.

**L**os coches eléctricos son tendencia. Cada vez se venden más y no paran de mejorarse autonomías, eficiencia y seguridad. Esto, aunque no te lo imagines, vendrá dado por todos los componentes del coche. Y es que, ¿sabías que los neumáticos forman parte, importante, de esta (r)evolución? Son el único elemento que une al coche con la carretera, así que elegir el correcto y cuidar su mantenimiento es vital. Se requieren neumáticos cada vez con mayor rendimiento en términos de vida útil, eficiencia energética, capacidad de carga y confort y Michelin aspira a la excelencia en todos ellos. Y más con un coche eléctrico. Así, la tecnología Michelin Acoustic contribuye a reducir el ruido interior causado por los neumáticos gracias a un anillo de espuma de poliuretano en el interior del neumático; esta es una gran ventaja para los vehículos eléctricos con motores silenciosos.

Asimismo, y para que el peso de este tipo de coches no afecte a este elemento, el fabricante suministra neumáticos de la misma dimensión o de

mayor diámetro pero que ofrecen una mayor capacidad de carga. Michelin también ha lanzado el neumático Selfseal, que se repara solo en caso de pinchazo, ahorrando así el peso añadido de una rueda de repuesto. Incluso todos los neumáticos Michelin son compatibles con coches térmicos, híbridos, con pila de hidrógeno y eléctricos, bien sea turismo, SUV, 4x4...

Pero, hay dos ejemplos claros muy a tener en cuenta en el caso de los cero emisiones. Los Michelin e-Primacy son perfectos porque ofrecen un 7 % más de autonomía de batería. Es decir, cerca de 30 kilómetros adicionales para una autonomía estimada de 400 km. Y también los Michelin Pilot Sport EV, en este caso solo para turismos deportivos, que ofrecerán una conducción segura y divertida, incluso a gran velocidad, y con un agarre en mojado de larga duración. Así como una conducción silenciosa, porque el nivel de ruido percibido es un 20 % menor gracias a la tecnología Acoustic mencionada. De igual modo, conduce durante más tiempo tu vehículo eléctrico de altas prestaciones, hasta 60 km de autonomía adicional. O lo que es lo mismo, hasta un 10 %.

# FIAT RECUPERA EL ICONO 600 PARA ENTRAR EN UN NUEVO SEGMENTO Y EN LAS CERO EMISIONES

El Fiat 600, en versión Hybrid y 100 % eléctrica, 600e, está disponible en 5 puertas con una gran habitabilidad para cinco personas y 360 litros de capacidad en el maletero.



**F**

iat regresa al segmento B, una categoría en la que ha tenido un gran protagonismo a lo largo de su historia, con el 600e, una relectura contemporánea del mítico 600, pero ahora adaptado a la ciudad y a sus restricciones.

Con una autonomía eléctrica de más de 400 km, y más de 600 km en ciudad, es una alternativa perfecta tanto para recorrer las calles de una gran urbe como para realizar largos recorridos por autopistas o carreteras. Disponible en 5 puertas, ofrece una gran habitabilidad con sus 5 plazas y 15 litros de almacenamiento interior, sumados a los 360 litros de capacidad en el maletero. El diseño exterior, elegante y dinámico a la vez, se ve realzado por las llantas de aleación de 18 pulgadas, los faldones y los pasos de rueda

en negro mate, o los nuevos pilotos traseros.

Pero Fiat quería ofrecer opciones a todas las necesidades. Por eso no podía faltar en su gama 600 una versión Hybrid. O más bien dos. Dos motorizaciones de 100 CV y 136 CV. Las prestaciones de un motor gasolina de tres cilindros y 1,2 litros de cilindrada se combinan armoniosamente con el confort, el silencio, la ausencia de vibraciones y el placer de conducir que caracterizan a la movilidad eléctrica. Todo ello con una reducción del 15 % en el consumo de carburante y las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a un motor gasolina con cambio automático de características similares. Además de proporcionar la etiqueta «Eco» de la DGT, el motor eléctrico aporta potencia extra cuando se necesita, para arranques más ágiles, salidas silenciosas y transiciones rápidas.





# EL LEÓN MÁS TECNOLÓGICO Y EFICIENTE DE LA HISTORIA

ENLACE AL CANAL

[x.com/byneontelegam](https://x.com/byneontelegam)

© escansa al código QR



Todas las opciones electrificadas del Seat León cuentan con cambio automático DSG de serie y están disponibles con las carrocerías 5 puertas y Sportstourer.



**E**

l Seat León cumple 25 años. Una fecha muy a tener en cuenta cuando se trata de un coche que desde su lanzamiento, en 1999, ha marcado tendencia en el segmento de los compactos a través de cuatro generaciones, siempre dispuesto a innovar en materia de diseño, tecnología, deportividad y equipamiento. De hecho, diseñado, desarrollado y producido íntegramente en la fábrica de Martorell, en Barcelona, donde

se han fabricado más de 2,5 millones de unidades del Seat León hasta la fecha, ahora llega la última actualización. Y, como no, con un acabado especial para celebrar este hito: León «25 Aniversario», disponible para el Style y el FR asociado al motor eTSI de 115 CV.

En concreto, el nuevo León recibe ahora mejoras técnicas y tecnológicas, entre las que destacan un mayor nivel de digitalización y las nuevas versiones que se añaden a la gama electrificada: la nueva generación con tecnología híbrida enchufable con etiqueta medioambiental CERO emisiones, que incorpora el nuevo motor 1.5 e-Hybrid de 204 CV, aumenta la autonomía eléctrica hasta los 133 km y permite carga rápida en solo 26 minutos (CC hasta 50 kW); y las dos variantes de motores eTSI con tecnología microhíbrida y etiqueta ECO, que incluye el nuevo motor de 115 CV y el ya conocido de 150 CV, añadiendo mejoras técnicas.

En cuanto a las novedades tecnológicas añadidas en su oferta de equipamiento, el Seat León recibe los nuevos faros Matrix LED, disponibles por primera vez en este modelo (de serie en el e-Hybrid). De serie en toda la gama incluye ahora el reconocimiento de señales de tráfico y los sensores de aparcamiento delanteros y traseros. Asimismo, el interior mejora su diseño, así como también el sistema de infoentretenimiento, con pantallas que aumentan sus dimensiones a 10,4 y a 12,9 pulgadas.

POR  
**JOSÉ MANUEL  
 LÓPEZ NICOLÁS**  
 Vicerrector de  
 Transferencia y  
 Divulgación Científica  
 de la Universidad  
 de Murcia y autor  
 del blog *Scientia*.



# RAFA NADAL, EL ADIÓS DE UN CIENTÍFICO

TRAS EL JUEGO DEL DEPORTISTA MÁS IMPORTANTE DE LA HISTORIA TAMBIÉN HABÍA CIENCIA. LA DEL GOLPE, LA DE LA RAQUETA O LA INDUMENTARIA.

**H**ace unas semanas se despidió de las pistas de tenis Rafael Nadal, el deportista español más importante de la historia. Sobre la calidad, el coraje y el pundonor de Rafa Nadal se ha escrito mucho. Sin embargo, poco se ha analizado la ciencia que hay detrás del tenista de Manacor. En este artículo analizaré, por un lado, la ciencia que se esconde detrás del golpe preferido de Nadal y, por otro, las cinco principales ramas de la ciencia que los tenistas utilizan para optimizar su rendimiento.

## LA CIENCIA DEL LIFTADO

El golpe favorito de Nadal es el liftado. Con este golpe, el manacorí logra tres cosas: i) el liftado hacia adelante hace que la pelota rebote alto, complicando la devolución de su oponente, especialmente el revés a una mano de su gran rival, Roger Federer; ii) el liftado hacia atrás o *backspin* es clave en sus dejadas; iii) el liftado lateral le permite superar a los rivales en la red con los espectaculares *passing-shots* de Nadal, comúnmente llamados *banana-shots*.

De acuerdo con el Efecto Magnus y la dinámica de fluidos (una rama de la física que analiza el movimiento de objetos en el aire), para que un golpe liftado funcione correctamente la pelota debe girar mucho y moverse rápidamente por el aire (exceptuando las dejadas). Pero ¿Realmente se cumplen estos dos requisitos en la Academia de Tenis Rafa Nadal de Manacor donde él entrenaba?

• **Temperatura.** Cuando las temperaturas son altas, la pelota se desplaza con mayor velocidad porque el aire

es menos denso. Además, el calor aumenta la presión interna de la pelota, lo que provoca que rebote más alto al golpear el suelo. Estas condiciones benefician a Nadal en sus entrenamientos en Manacor o en grandes torneos como Roland Garros (París)

## LAS PELOTAS PESADAS, COMO LAS DEL OPEN DE AUSTRALIA, DIFICULTAN EL JUEGO DE LOS TENISTAS QUE USAN LIFTADO, YA QUE RESULTA MUCHO MÁS COMPLICADO MOVERLAS

o el Open de Australia que se juegan con temporadas calurosas. De hecho, Rafael Nadal se ha quejado de jugar por la noche, cuando las temperaturas son más frías.

• **Humedad.** El aire húmedo de Manacor, compuesto por moléculas de agua, es menos denso que el aire seco, formado por moléculas de nitrógeno y oxígeno. Como resultado, la pelota viaja más rápido en condiciones de humedad, lo que es ventajoso para los jugadores que usan el liftado. Sin embargo, la humedad también

tiene un inconveniente: a medida que las bolas se mojan, se vuelven más pesadas y difíciles de mover.

• **Presión atmosférica.** A diferencia de lo que piensa mucha gente, jugar al tenis a nivel del mar, como en Manacor, no beneficia a tenistas que emplean el liftado porque la mayor presión atmosférica reduce el rebote de la pelota.

• **Densidad del aire.** Al estar al nivel del mar, la densidad del aire de Manacor es elevada, lo que dificulta el movimiento de la pelota, algo que tampoco favorece a Nadal.

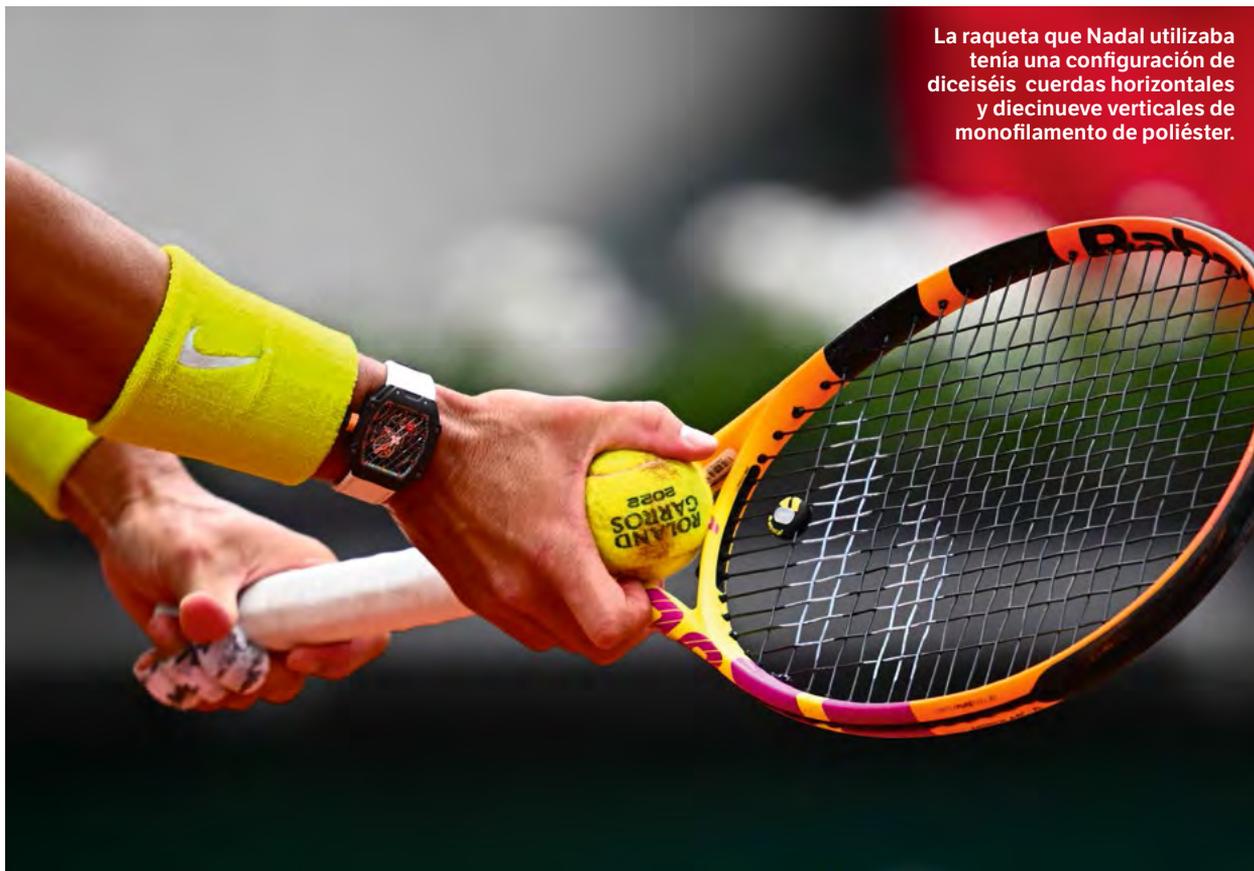
• **Superficie.** La tierra batida, que es la superficie preferida de Nadal, es ideal para su estilo de juego por dos razones: i) al rebotar, la pelota alcanza una altura considerable; ii) una vez que toca el suelo, la pelota se frena, lo que proporciona a los jugadores que utilizan el liftado el tiempo necesario para ejecutar el golpe de manera óptima biomecánicamente.

• **Pelota.** Las pelotas pesadas dificultan el juego de los jugadores que usan liftado, ya que resulta más complicado moverlas. Por esta razón, Nadal ha expresado su descontento con los torneos que utilizan pelotas pesadas como el Open de Australia.

## CIENCIAS TENÍSTICAS

A continuación, mencionaré las cinco principales ramas de la ciencia que los tenistas pueden utilizar para optimizar su rendimiento.

• **Inteligencia artificial y big data.** Gracias a ellas, los entrenadores pre-



La raqueta que Nadal utilizaba tenía una configuración de dieciséis cuerdas horizontales y diecinueve verticales de monofilamento de poliéster.

vén con precisión las condiciones de temperatura, humedad y presión atmosférica en la pista. Esto les permite elaborar estrategias más efectivas para el partido y seleccionar el tipo de cordaje o la tensión más adecuada para el tenista en cada situación y partido.

- **Telemetría.** Para obtener datos precisos sobre sus tenistas, los entrenadores recurren a la telemetría, colocando diversos dispositivos, como acelerómetros, giroscopios y sensores de vibración, en las raquetas y muñequeras. Según el análisis

de estos resultados, realizan ajustes en el juego de los tenistas.

- **Aerodinámica.** La raqueta de Nadal pesa, sin encordar, 300 gr. Su diseño aerodinámico reduce la resistencia del aire en comparación con otras raquetas, permitiéndole aplicar un mayor efecto liftado a la pelota.

- **Química de los materiales.** Nadal usaba habitualmente una configuración de dieciséis cuerdas verticales y diecinueve horizontales hechas de monofilamento de poliéster, un material muy popular entre los jugadores

que aplican liftado. Además, la tensión de las cuerdas es de 22-26 kg, lo que es ideal para su estilo de juego.

- **Ciencia textil.** Para adaptarse a las altas temperaturas que benefician al liftado de Nadal, el tenista español utiliza camisetas especiales que incorporan materiales como el poliéster (que las hace más ligeras, duraderas y transpirables), elastano (que permite una elongación del 600 % antes de desgarrarse) y poliuretano (que funciona como aislante). También se utilizan esferas de aluminio o filamentos de titanio para proporcionar una sensación de frescura. Algunas de estas camisetas incluso liberan sustancias refrescantes cuando la temperatura aumenta.

LA RAQUETA DE NADAL QUE PESA 300 GR,  
SIN ENCORDAR, TIENE UN DISEÑO  
AERODINÁMICO QUE REDUCE LA  
RESISTENCIA DEL AIRE, PERMITIENDO UN  
MAYOR EFECTO DE LIFTADO A LA PELOTA

Estimados lectores de MUY INTERESANTE, cuando se acuerden del juego de Rafa Nadal no solo piensen en su calidad tenística o en su pun-donor, también recuerden que detrás de cada uno de sus golpes había un sinfín de disciplinas científicas. □

Para Stenton, Superman, el símbolo de la verdad y la justicia del ideario norteamericano, era la herramienta perfecta para luchar contra la impunidad del Ku Klux Klan.



# SUPERMAN CONTRA EL KU KLUX KLAN

En 1946 un valiente norteamericano que se había infiltrado en la peligrosa organización racista, quiso sacar a la luz sus oscuros rituales. Ante la indiferencia de las autoridades estadounidenses, tuvo que utilizar la fama del hombre de acero de DC Cómics para lograr su objetivo.

---

Texto de **ÓSCAR HERRADÓN**, periodista y escritor



an pasado 86 años desde su creación y el primer gran superhéroe de la historia siempre está de actualidad. Pero entre los múltiples relatos y anécdotas que lo circundan en casi un siglo, existe uno más que singular que vincula a Superman con una de las más deleznable sociedades secretas de la historia contemporánea, el

Ku Klux Klan. Esa sociedad tuvo al hombre de acero como indirecto protagonista de la misma –o, para ser más correctos, vehículo para darla a conocer– y penetra de lleno en ese mundo «discreto» lleno de conspiraciones, códigos secretos y organizaciones clandestinas: la historia de cómo un norteamericano se infiltró entre los mismísimos caballeros blancos, tarea temeraria que bien pudo costarle la vida.

El nombre de aquel hombre era William Stetson Kennedy, quien pasó a mejor vida en 2011, a los 94 años, y su proeza es todavía hoy una declaración de intenciones. Y eso que la realizó a comienzos de los años 40. Kennedy fue el primer estadounidense que se infiltró en el Klan, arriesgando su integridad física para sacar a la luz pública los ritos de lo que él consi-

deraba una ignominiosa organización en un momento en el que, sin embargo, muchos de sus compatriotas la miraban de otra manera, incluso con cierta simpatía, en tiempos de una fuerte segregación racial y pánico al comunismo.

Stetson Kennedy nació el 5 de octubre de 1916 en Jacksonville, Florida, y ya en su adolescencia sintió una gran afición hacia el folclore en sus distintas formas. Estudió en la Universidad de Florida y tras licenciarse comenzó a trabajar para una editorial donde se puso a cargo de la sección de historia, tradición y estudios étnicos, que le cautivaron definitivamente, empezando a viajar para escribir en primera persona sobre las culturas con las que se encontraba. Pronto, comenzó también a destacar como activista y defensor de los derechos humanos en una sociedad marcada por la segregación racial, las injusticias sociales y la fiebre anticomunista. Pionero de la investigación sobre las tradiciones de los pueblos durante la primera mitad del siglo pasado, su nombre pasaría a engrosar la lista de valientes del siglo cuando decidió hacer frente a una de las organizaciones más temibles de su tiempo. Stetson se convirtió en parte fundamental de la abolición del denominado impuesto al sufragio y para que se modificaran las llamadas «primarias blancas», una fórmula norteamericana que impedía votar a los afroamericanos.

## INFILTRADO EN EL KLAN

En 1945, cuando el mundo estaba pendiente del fin de la sangrienta Segunda Guerra Mundial, primero en Europa y más tarde en el Pacífico, Stetson decidió infiltrarse en el Ku Klux Klan, algo para lo que había que tener sin duda arrestos. Y lo hizo. Se las ingenió de tal manera para engañar a los orgullosos supremacistas blancos que pronto acabó formando parte de sus tenebrosos rituales: cruces ardiendo, túnicas y capirotos que parecían cubrir la ignominia, saludos fascistas, símbolos fundacionales de corte místico, etc.

El arriesgado activista pasó un año entero dentro de la organización, recopilando información sobre la jerarquía, las funciones de los altos mandos del Klan, las obligaciones con las que debían cumplir sus miembros, las contraseñas que utilizaban entre ellos para pasar desapercibidos (aún hoy, siguen usando palabras clave para identificarse) y los citados rituales, muy elaborados para causar impresión entre los neófitos. Todo ello acabaría por salir a la luz gracias a Stetson, para vergüenza de una sociedad que no acababa de ser la meca de la libertad por mucho que se empeñaran en ello los propagandistas. De todas maneras, no fue fácil para nuestro hombre que sus relevantes informes sobre la «Gran Hermandad Aria» llegaran a la opinión pública.

En 1946, año en que salió de la peligrosa organización para hacer pública su investigación, el gobierno estadounidense comenzaba a sumirse en la histeria anticomunista: el senado no tardaría en estar tomado por Joseph McCarthy, azote de todo lo que no oliera a patriotismo recalcitrante. Fueron los años de las listas



Stetson intentó en vano denunciar a la organización racista después de haber estado infiltrado en ella. Pero en esa época el objetivo de las autoridades eran los comunistas.



En la imagen, Stetson en una fotografía de 1947 vestido con el traje del Ku Klux Klan y uno de los panfletos de la organización racista titulada «Comunidad blanca».

negras, el acoso a actores, guionistas y directores de Hollywood –al punto de que se produjeron no pocos suicidios– e incluso, pocos años después, la ejecución del matrimonio Rosenberg por espionaje atómico al servicio de la URSS. Unos cuantos miles de hombres encapuchados, a pesar de sus linchamientos entre la comunidad negra sureña y sus ataques a los derechos civiles, no quitaban el sueño a las autoridades; es más, muchos de los que formaban parte del *status quo* simpatizaban en cierta manera con estos nuevos «soldados arios de Dios» que también perseguían a los comunistas con inquina (de hecho, algunos miembros del Comité de Actividades Antiamericanas, la temida HUAC, eran simpatizantes del KKK). Así que los ruegos de Stetson Kennedy no fueron escuchados. De poco sirvió que se presentase ante los mandamases de la citada HUAC, convertida en Comité Permanente desde el año anterior, que no tenía ojos más que para el color rojo y hacía caso omiso al impoluto blanco de la organización racial.

Kennedy ni siquiera obtuvo repercusión alguna cuando, ataviado como un miembro del Klan, túnica y capucha incluidas, luciendo en la pechera el escudo de la Orden, se presentó en Washington con una maleta llena de informes: lo único que consiguió fue ser detenido y pasar un día entero en el calabozo. Mientras tanto, las vías legales se agotaban.

## EL HOMBRE DE ACERO CONTRA EL SUPREMACISMO BLANCO

Fue entonces cuando a Stetson Kennedy se le ocurrió la brillante idea de acudir al por entonces superhé-



El actor Georges Reeves encarnó al superhéroe en la serie *Las aventuras de Superman*, un programa de muchísimo éxito que se mantendría en antena durante más de una década. Esa serie fue utilizada para desvelar los códigos ocultos del KKK.



Para escribir *El Klan desenmascarado* William Stetson Kennedy arriesgó su vida en una de las organizaciones más asentadas, peligrosas y violentas de los Estados Unidos.

roe más famoso, cuando la lista que engrosaban estos era bastante más breve que hoy en día. Superman era tan célebre que traspasaba el universo de la viñeta y trascendía a otros medios. Kennedy se reunió con los responsables del exitoso programa radiofónico «Las aventuras de Superman» ese mismo año, 1946. El personaje vestido de licra azul y roja nació en 1938, en un momento de gran complejidad política en Europa, cuando el Ku Klux Klan aún gozaba de gran popularidad, sembrando el terror entre la población negra estadounidense (se calcula que en la década de 1920, un 15 % de la población del país de las barras y estrellas era «afiliado» o al menos simpatizante del Klan). Lo hacía de la mano de Jerry Siegel y Joe Shuster que darían forma a sus primeras aventuras en Action Comics 1 (más tarde reconvertida en la multinacional DC). Las aventuras del hombre de acero proveniente de Krypton llegaron después a la radio, el 12 de febrero de 1940, bajo la citada cabecera de *Las aventuras de Superman*, un programa con un éxito de audiencia sin parangón que se mantendría en el aire de forma ininterrumpida durante más de una década.

Símbolo de la verdad y la justicia del ideario norteamericano, quién mejor que Superman (creyó Stetson) para desvelar al mundo los códigos ocultos del ignominioso KKK. Según confesaría más tarde el infiltrado, el equipo del programa estaba entonces escaso de ideas para realizar los guiones, y su propuesta fue aceptada con entusiasmo. Hasta el momento, el superhéroe de Action Comics se había enfrentado a todo tipo de enemigos en las páginas de los tebeos, incluido Adolf Hitler. Ahora le tocaba el turno a los otros racistas, en este caso estadounidenses (aunque sus miembros seguían sin sentirse identificados con esa «Unión», a pesar de que hacía casi un siglo que había terminado la Guerra Civil Americana; de hecho,

## La forja de una organización temible

El origen del Ku Klux Klan se remonta a los momentos inmediatamente posteriores a la Guerra de Secesión Estadounidense y la derrota del Sur. Fue creado por seis oficiales del Ejército de los Estados Confederados en Tennessee, agrupando a modo de sociedad secreta a varias organizaciones supremacistas blancas y de ideología que hoy llamaríamos de extrema derecha; facciones locales en todas las antiguas tierras de la Confederación que usaban la coacción y la violencia para mantener el control blanco sobre los exesclavos negros recién liberados por los unionistas, ganadores de la contienda.

El nombre de la organización racista estaba compuesto con la fusión del griego *Kuklos* (*Kyklos*) y *Klan* (clan), en recuerdo a los ancestros de los fundadores, todos ellos escoceses. Para darle mayor notoriedad, decidieron escribir con K en lugar de C y, al gustarle el sonido rítmico de las palabras, separaron *Kuklos* en dos, cambiando la «o» por una «u» y la «s» final por una «x», de pronunciación más potente.

Su primer mago sería un oscuro personaje de nombre Nathan Bedford Forrest (1821-1877). Terrateniente, se había hecho rico con las plantaciones de algodón en Tennessee y como comerciante de esclavos. Cuando estalló la guerra civil, se alistó en el Ejército Confederado y pasó de soldado raso a general sin ningún tipo de entrenamiento previo, convirtiéndose en un hábil estratega experto en caballería. En abril de 1864 las tropas bajo su mando en la batalla de Fort Pillow masacraron a cientos de tropas compuestas por sureños blancos de Tennessee leales a la Unión y principalmente soldados negros.

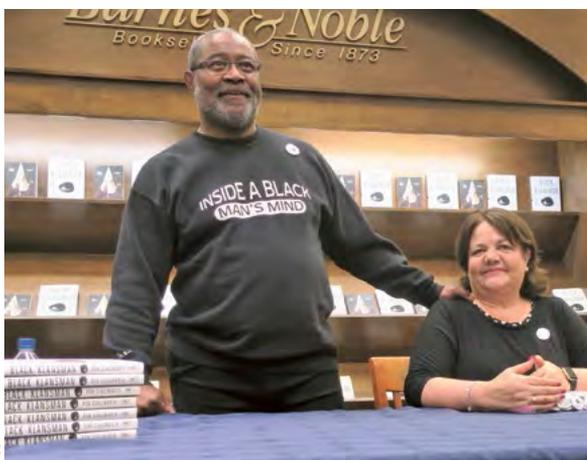
Bedford pertenecía a la francmasonería y se unió al Ku Klux Klan dos años después de su fundación, convirtiéndose en su primer Gran Mago. Sin embargo, en 1869 Forrest expresaría su desilusión por la falta de disciplina del Klan y escribió una carta de disolución, ordenando además la destrucción de las vesti-

mentas de sus miembros, aunque el grupo radical continuó su trayectoria. El renegado Bedford, en sus últimos años de vida, afirmó que nunca había formado parte del KKK y realizó discursos en los que abogaba por la armonía racial.

Tras Tennessee, el Klan se expandió por otros estados sureños, extendiendo el terror contra líderes republicanos de distintos orígenes raciales. Es de reseñar que en aquellos años el partido republicano era algo diferente del actual: su programa, abolicionista, lo hacía muy popular en el norte pero muy impopular en el sur, no solo por la abolición de la esclavitud, sino por su política proteccionista que perjudicaba a los estados sureños, que no tenían casi industria y que necesitaban el libre comercio para colocar sus productos agrícolas en el viejo continente. Hubo linchamientos de negros pero también asesinatos de corte político, como el del congresista de Arkansas James M. Hinds y el de tres miembros de la Legislatura de Carolina del Sur.

El Klan sería disuelto por el presidente republicano Ulysses S. Grant a través de la denominada Acta de Derechos Civiles de 1871, pero en 1915, aprovechando la difusión de los medios de comunicación de masas y a raíz del estreno y éxito de la película de David W. Griffith *El nacimiento de una nación*, se refundía otra organización que tomaría el mismo nombre, más formal y organizada, con una estructura estatal y nacional y miembros registrados, que gozaría de gran popularidad hasta la llegada de la Gran Depresión en 1929, llegando a tener entre 4 y 5 millones de miembros.

Hoy, en una América profundamente dividida, el KKK (cuyas «facciones» tienen nombres tan rimbombantes como «Iglesia de los Caballeros Estadounidenses del Ku Klux Klan», «Caballeros de la Camelia Blanca» o «Clanes Imperiales de los Estados Unidos») se disputa el espacio político con otros grupos radicales, como los neonazis o la llamada *alt-right* (derecha alternativa) que apoya sin fisuras a Donald Trump.



El agente Ron Stallworth publicó sus memorias décadas después de destapar al KKK, levantando la furia de las organizaciones supremacistas de Estados Unidos.

aún hoy aparecen en numerosos actos públicos enarbolando la bandera sureña o confederada).

La idea se aprobó y tomó la forma de serial: 16 episodios bajo el título de *Clan of the Fiery Cross* («Clan de la Cruz Ardiente»), que se emitirían en junio de 1946. Lo más interesante es que los guionistas utilizaron el material del infiltrado, exponiendo a la audiencia muchos de los secretos mejor guardados de la organización racista, incluidas sus claves ocultas para establecer contacto. Así, los caballeros blancos eran despojados de toda la mística y parafernalia que los rodeaba. Dos semanas después de la exitosa emisión del programa piloto, la imagen del KKK estaba seriamente dañada. Un año más tarde, Stetson Kennedy lograba, gracias a su proeza, la eliminación de la corporación como asociación nacional.

El valiente activista que desafió a la América supremacista de su tiempo moría el 27 de agosto de 2011, a los 94 años, tras una larga vida dedicada a los más



La película dirigida por Spike Lee de 2018, *Infiltrado en el KKKlan*, contaba la historia del agente negro Ron Stallworth, que asestó un golpe desde dentro a la organización racista.

desamparados. Él sí que fue un verdadero héroe, aunque no tuviera superpoderes.

### UN HOMBRE NEGRO EN LAS FILAS DEL KKK

Tres décadas más tarde de la hazaña de Stetson Kennedy, se produjo otra proeza en relación con las infiltraciones en la organización racista, aún más sorprendente por quién fue su protagonista: la historia del policía negro Ron Stallworth, que consiguió infiltrarse también en el KKK. ¿Un negro en las filas de la organización que pocas décadas antes linchaba a los afroamericanos y que continuaba declarándoles la guerra abierta? ¿Cómo fue posible?

Todo comenzó en 1978, cuando Stallworth no llevaba demasiado tiempo en el cuerpo. Había sido el primer policía negro que contrató la ciudad de Colorado Springs y también el más joven de sus compañeros de comisaría. Llevaba un año trabajando allí, soportando las burlas y el racismo imperante de gran parte de los agentes, cuando se sumó a la unidad de inteligencia. En noviembre de ese año Stallworth vio un anuncio clasificado en el periódico que rezaba: «Ku Klux Klan. Para información», seguido de un correo postal para contactar.

Stallworth, con el anonimato que aportaba el correo, decidió responder al aviso y pedir información. Así, envió una carta al Klan en la que decía ser un hombre blanco que «odiaba lo que estaba pasando en el país» y que creía en la «raza blanca y pura». No obstante, cometió un error que podía haberle costado muy caro: firmó la misiva con su verdadero nombre, aunque al menos anotó la línea telefónica de la que disponía como policía encubierto.

A partir de ahí, el agente negro pensó que, de responderle, recibiría algún folleto con información del grupo supremacista, pero una semana después le llamó al teléfono nada menos que el líder local del KKK, David Duke. Este quería conocer a Rob en persona, pero era obvio que Stallworth no podía acudir, así que ideó un plan: mientras él hablaba por teléfono con Duke, un agente blanco, alias «Chuck» (cuya identidad, por seguridad, no trascendió), se haría pasar por él y llevaría un micrófono oculto a las reuniones con los radicales.

El mismo Stallworth contó que una ocasión preguntó a Duke, que más tarde llegaría a ser miembro de la Cámara de Representantes de Luisiana, si no temía que la policía o incluso la comunidad negra pudiera infiltrar a uno de los suyos en su organización, y Duke le contestó, presuntuoso, que aquello era imposible, pues él «era capaz de reconocer a un negro por la forma de hablar», por cómo pronunciaba las palabras, lo que generó unas buenas risas entre los agentes. No sabemos lo riguroso que el líder local del KKK sería como historiador, pero desde luego como profeta no tenía futuro alguno.

La operación encubierta fue sin duda todo un desafío, gracias a la cual descubrieron que la célula de Colorado Springs estaba preparándose para iniciar una «guerra racial» y pretendían colocar explosivos en dos bares de ambiente gay. La arriesgada e insólita investigación (en la que a punto estuvieron de descubrirlos, lo que habría provocado consecuencias probablemente trágicas), duró ocho meses y durante ese tiempo alertaron incluso al FBI de los movimientos de la organización supremacista blanca. Cuando se retiró como agente, Stallworth decidió publicar sus memorias. Habían pasado varias décadas pero aún así los grupos supremacistas se enfurecieron.

Según declaró el propio «infiltrado» a la BBC hace unos años: «Una página web publicó una foto mía a color y lo que pensaban que era mi dirección y mi teléfono. El FBI me notificó que había amenazas de muerte en mi contra y que tomara precauciones. Empecé a cargar mi arma otra vez y a estar alerta en la calle». En 2018, Spike Lee dirigió una cinta sobre esta sorprendente historia, titulada *BlacKkKlansman*, protagonizada por John David Washington (en el papel de Ron Stallworth) y Adam Driver, que se puso en la piel del agente encubierto «Chuck».

A pesar del alto riesgo que corrieron, como hiciera en los años 40 William Stetson Kennedy, Stallworth y su compañero lograron asestar un ingenioso golpe desde dentro a los radicales. Todo un acto de determinación y compromiso con la justicia. □

## HISTORIA DE LOS VENENOS NATURALES

**¿Sabías que el cuerpo humano produce moléculas parecidas a la morfina?**

¿O que hay diversas culturas indígenas del África subsahariana que utilizan la savia tanto como cura como veneno para flechas? ¿Por qué nos resultan adictivas ciertas sustancias como la nicotina o los opiáceos? En *Historia de los venenos naturales. Un viaje por las toxinas más seductoras de la naturaleza* Noah Whiteman nos enseña qué son las toxinas y qué papel han desempeñado en la evolución. Muchos seres vivos a lo largo de los siglos han perfeccionado sus métodos de defensa ante sus enemigos, algunos se han vuelto veloces, otros han endurecido sus cuerpos, han desarrollado púas o colmillos muy afilados. Sin embargo, otros se han decantado por una opción un poco más ingeniosa: el veneno. Esta ha sido una de las tácticas de protección más eficaces para muchas plantas, animales, hongos...

Todos somos conscientes del peligro de la picadura de una araña, el mordisco de una serpiente o el roce de una ortiga. No obstante, estas toxinas están en muchos más lugares de los que pensamos, en nuestros frigoríficos, hospitales, bares o productos cosméticos. De la misma manera que hay seres que han evolucionado para ser venenosos, otros han desarrollado sistemas de defensa o han aprendido formas de utilizar estas sustancias a su favor. Descubriremos cómo gran variedad de especies sin haber dado nunca una clase de química ni haberse leído ningún informe de laboratorio, ya eran conscientes de los beneficios que podían obtener al utilizar determinadas partes de ciertos seres. *Historia de los venenos naturales* nos habla de un mundo familiar y fascinante, pero a través de una nueva lente que desvela, por primera vez, conexiones y secretos de la naturaleza.

El veneno de las serpientes es a la vez un medio para protegerse y una forma de ataque.



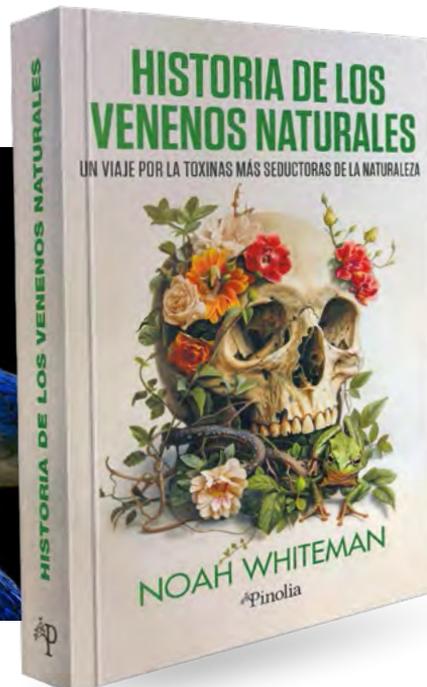
SHUTTERSTOCK



SHUTTERSTOCK

Ciertas plantas, animales y hongos contienen sustancias letales que han sido utilizadas a lo largo de los siglos.

**Noah Whiteman** es profesor de Genética, Genómica, Evolución y Desarrollo y director del Museo Essig de Entomología de la Universidad de California, Berkeley. Imparte el curso introductorio de Evolución. Sus investigaciones se centran en comprender cómo y por qué las plantas, los microbios e incluso algunos animales utilizan toxinas en ataque y defensa, y en comprender cómo pueden aprovecharse las toxinas biológicas para prevenir y tratar enfermedades humanas.



Pinolia  
26,95 €

SHUTTERSTOCK



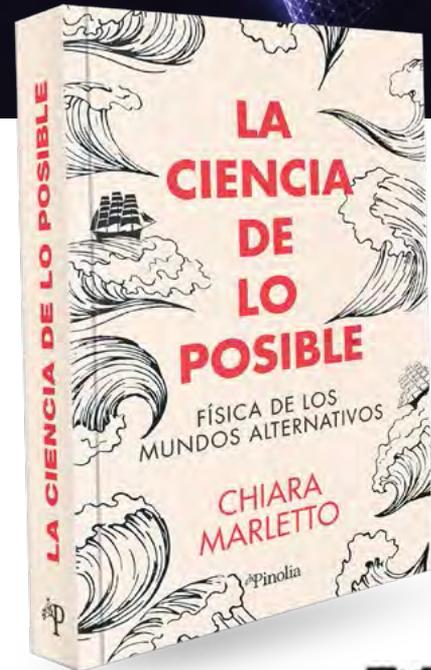
La física de los mundos alternativos contempla fenómenos y cosas que hasta ahora la ciencia había ignorado.



## LA CIENCIA DE LO POSIBLE

**Las referencias a la mitología griega, Shakespeare, el ajedrez y los Legos dan vida a este estudio** de Chiara Marletto. Hay una gran cantidad de cosas que la ciencia ha ignorado hasta ahora casi por completo, pero que son fundamentales para comprender la realidad física, tanto a nivel cotidiano como de los fenómenos más fundamentales de la física. Y es que, tradicionalmente se ha supuesto que era imposible incorporarlas a las explicaciones científicas fundamentales. No son hechos sobre lo que es (lo real), sino sobre lo que podría ser (contrafácticos).

Según la física Chiara Marletto, las leyes sobre cosas posibles o imposibles pueden generar una forma alternativa de dar explicaciones. Este planteamiento fascinante y de gran alcance promete revolucionar la forma de formular la física fundamental y proporcionar herramientas esenciales para afrontar los retos tecnológicos actuales: desde el desarrollo de la próxima generación de dispositivos de procesamiento de la información, más allá del ordenador cuántico universal, hasta el diseño de la inteligencia artificial. En cada capítulo del libro se explica cómo este planteamiento radicalmente distinto puede resolver un problema abierto y controvertido de la ciencia, y se complementa con breves relatos de ficción que explican el tema principal del capítulo. Como demuestra Marletto, contemplar lo que es posible puede darnos una imagen más completa y esperanzadora del mundo físico.



Pinolia  
24,95 €



**Chiara Marletto** es física teórica en el Wolfson College de la Universidad de Oxford, pionera en el campo de la teoría del constructor y los contrafácticos, su investigación se ha centrado en cuestiones de Teoría Cuántica de la Información, Física de la Materia Condensada, Biología Cuántica y Termodinámica.

**Pinolia**

**¡ENTRA Y HAZTE CON ELLOS!**



Alianza Editorial  
18,95 €

## LA CAJA DE PALABRAS

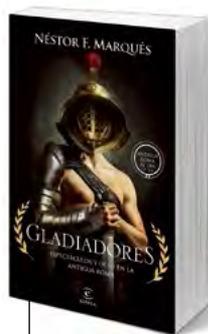
La lingüista de *Pasapalabra*, **Lucía Sesma**, nos muestra el apasionante poder del lenguaje mediante anécdotas, intrigas extraordinarias y juegos literarios. De los misterios sibilinos del oráculo de Delfos, el despiste en una rueda de prensa que derribó el muro de Berlín, la creación del mito de «Houston, tenemos un problema» o el código secreto de los soldados navajos en la Segunda Guerra Mundial, hasta los orígenes del español entre los quesos de las despensas monacales, pasando por personajes como Einstein o Lola



Destino  
18,90 €

## PLANTAS QUE NOS AYUDAN

Dicen que el mejor amigo del hombre es el perro, pero seguro que los humanos que lo domesticaron ya comían vegetales, utilizaban sus fibras para vestirse o quemaban madera para calentarse. **Rosa Porcel**, doctora en Bioquímica y Biología Molecular, profesora en la Universitat Politècnica de València e investigadora y vicedirectora del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP), nos hace entender que el mejor amigo del hombre siempre han sido las plantas.



Espasa  
19,85 €

## GLADIADORES

¿Realmente los gladiadores morían en los combates? ¿Se inundaba la arena del Coliseo para celebrar batallas navales? ¿Gritaban «¡Ave César, los que van a morir te saludan!»? **Néstor F. Marqués González** —un guía excepcional que conoce la antigua Roma como la palma de su mano— da respuesta a estas y otras muchas preguntas sobre este y otros famosos espectáculos de la antigua Roma: luchas de gladiadores, cacerías, carreras de carros y mucho más. No todo lo que la tradición y el cine nos han contado es cierto.



Grijalbo  
21,75 €

## LA MUJER CIEGA QUE PODÍA VER CON SU LENGUA

¿Qué pasa en nuestro cerebro cuando nos enamoramos? ¿Cómo se almacenan y se evocan los recuerdos? ¿Cómo tomamos las decisiones cada día? **Diego Redolar** nos descubre cómo funciona este maravilloso órgano y cómo entiende el mundo que nos rodea. Nos habla de neuroplasticidad, de cómo y por qué tomamos decisiones, de dormir... y nos da las claves para promover un funcionamiento y un estado cerebral saludable.

TELEVISIÓN / DOCUMENTALES

## LA BATALLA DESCONOCIDA ¡COMPRA AHORA! LA CONSPIRACIÓN CONSUMISTA

Este documental británico de 2024 (Netflix) —dirigido por Nic Stacey, miembro del equipo ganador de dos premios Oscar— desvela las tácticas ocultas y las estrategias encubiertas que usan las empresas y las grandes marcas para atraparnos en un ciclo interminable de compras. A través de un enfoque visual poderoso y un montaje trepidante descubrimos cómo las grandes empresas manipulan a los compradores para que consuman en exceso y desperdicien, y destacan el daño ambiental resultante del aumento del consumismo. Desde el desarrollo de las compras en línea con un solo clic por parte de Amazon hasta el creciente deseo de Apple de mantenerse al día con la última tecnología.



## NASA, ARCHIVOS DESCLASIFICADOS

Las plataformas MAX y Amazon Prime Video, emiten este documental que nos presenta relatos de primera mano de astronautas y científicos sobre misteriosos objetos voladores. Viajamos más allá de nuestro mundo para adentrarnos en las profundidades del espacio, donde los descubrimientos más intrigantes de la NASA desafían todo lo que sabemos. A través de imágenes exclusivas

científicos de la NASA intentan descubrir si hay vida más allá de nuestro planeta: investigaciones extraterrestres, civilizaciones alienígenas, señales misteriosas... A medida que se revelan los misterios del universo, se revela la verdad sobre los extraterrestres.



## EXPOSICIONES

# ROSTROS DEL TURUÑUELO

El patio del edificio de dos plantas de Casas del Turuñuelo (Guareña, Badajoz), donde se ha documentado un numeroso sacrificio de animales, principalmente équidos, se abre a un amplio espacio o «habitación de las gradas» donde se encuentra la entrada principal al edificio, orientada a la salida del sol. En el relleno de esta habitación, junto a un lote de márfiles etruscos, se hallaron numerosos fragmentos de piedra esculpidos en

relieve. Varios de ellos se corresponden con dos rostros femeninos. El conjunto, destrozado intencionadamente, fue hallado a diferentes cotas, desde los tres metros de altura hasta el suelo, lo que demuestra que fueron arrojados desde el piso superior en el proceso de relleno de esta estancia. Las circunstancias del hallazgo hacen pensar que cuando avancen las excavaciones se podrán completar las esculturas que, hipotética-

mente, formarían parte de un gran relieve donde se representaría una escena de carácter mítico. Hasta el 2 de febrero de 2025 la Sala de Novedades Arqueológicas del MAN acoge la muestra «Los relieves de Casas del Turuñuelo. Guareña, Badajoz». Comisariada por Sebastián Celestino y Esther Rodríguez, podemos descubrir estos rostros escultóricos en el contexto de la protohistoria peninsular. Entrada gratuita.



# SOROLLA, CIEN AÑOS DE MODERNIDAD

La sala de exposiciones temporales de La Galería de las Colecciones Reales acoge hasta el 16 de febrero de 2025 la gran muestra que clausura el centenario de la muerte del pintor valenciano. Comisariada por Blanca Pons-Sorolla, Consuelo Luca de Tena y Enrique Varela Agúí, está organizada por Patrimonio Nacional y Light Art Exhibitions en colaboración con el Museo Sorolla y la Fundación Museo Sorolla, y en ella se reúnen 77 pinturas representativas de todas las fases de la producción del artista y de sus principales temas. Muchas son de las más importantes y de mayor calidad y alguna de ellas rara vez o nunca se han visto antes en España. El Museo Sorolla, que cerrará temporalmente para su rehabilitación en octubre, trasladará sus obras más emblemáticas a esta exposición.

## ENCUENTROS

### 'CIENCIA EN EL ATENEO'

El Instituto de Física de Cantabria (IFCA) inaugura una nueva temporada de charlas de divulgación científica en el Ateneo de Santander, sobre diversos aspectos de la actualidad desde una perspectiva científica.

Las investigaciones más recientes en diversos ámbitos —la medicina productiva, la teoría de cuerdas, el universo invisible, la inteligencia artificial, ChatGPT, el legado climático que dejaremos a nuestros hijos, etc.— son observadas desde una perspectiva histórica cada segundo miércoles de cada mes. La entrada al encuentro es libre hasta completar aforo.



# METEORITOS. ¿DESTRUCTORES DE MUNDOS O CREADORES DE VIDA?

Hasta el 26 de enero de 2025, en la Casa de las Ciencias de Logroño y producida por el Planetario de Aragón, descubrimos en esta exposición los secretos de los meteoritos a través de una completa y variada colección de ejemplares. Además, podremos contemplar el tanque de combustible de una estación espacial acribillado por micrometeoritos; se podrá tocar un meteorito de 150 kilogramos o simular el impacto de una de estas rocas en un lugar de la Tierra. Esas piedras caídas del cielo son un regalo que nos permite investigar y analizar cómo fue el origen de nuestro sistema solar. Gracias a ellas se ha descubierto que buena parte del agua de nuestro planeta y algunas moléculas orgánicas provienen de asteroides.



## EN LAS BIBLIOTECAS DE MADRID

Te invitamos a disfrutar con nosotros de las mejores lecturas científicas y divulgativas y, además, a charlar con grandes autores sobre su último libro. Un doble placer que disfrutarás en el maravilloso entorno que ofrecen las bibliotecas de Madrid.

Sin dudarlo, Pedro Gargantilla —médico, escritor y divulgador científico— se embarcaría, de la mano de Magallanes, en el primer viaje de la historia de la humanidad para dar la vuelta al mundo. «No volveríamos, pero la experiencia valdría la pena». Así lo afirmó en el evento **Madrid descubre. Encuentros con la ciencia**, organizado por la red de Bibliotecas de la Comunidad de Madrid y la revista Muy Interesante. Fue el pasado 27 de noviembre, cuando Pedro Gargantilla tuvo una charla en la biblioteca Rafael Alberti alrededor de su libro *Viajes que cambiaron nuestra forma de ver el mundo*, en el que reúne 42 viajes asombrosos hacia distintos puntos del planeta.

La última charla de 2024 —el 19 de diciembre en la Biblioteca Pública Antonio Mingote (Rafael Finat, 51), en el distrito de Latina— es cosa del prestigioso astrofísico Miguel Ángel Sabadell y de su libro *Principios fundamentales de la astrofísica* (editorial Pinolia). Se cierra un año en el que hemos compartido buenas lecturas, pero ya preparamos nuevos encuentros para el 2025. □

Esta actividad está destinada a adultos y jóvenes a partir de 14 años y requiere inscripción previa.

Reserva ya tu plaza en: <https://eventos.zinetmedia.es/2024/principios-fundamentales-astrofisica>.



Las imágenes corresponden a diferentes momentos del encuentro de los lectores con Pedro Gargantilla.



LUCÍA  
SESMA PRIETO,  
filóloga



## PALABRAS COMO AGUJAS

COMO UNA GOTA QUE VA CAYENDO EN LA ROCA, LAS PALABRAS, POR BREVES QUE SEAN, PUEDEN PRODUCIR UNA GRIETA QUE NOS HAGA RESQUEBRAJARNOS.

**L**os profesionales de la medicina tienen una influencia enorme sobre nuestras vidas. A lo largo de la historia, todas las civilizaciones han puesto a su disposición nuestros maravillosos cuerpos. Unos más que otros, aunque esto haya ido cambiando según el canon estético de cada época. Lo que es innegable es que fuimos capaces de inventar el fuego, sobrevivimos a varias glaciaciones, salimos al espacio exterior y, además, descubrimos el chocolate. Todos estos hitos alcanzados por el ser humano dependieron de que conservase durante sucesivas generaciones su estructura orgánica, tan delicada que algo tan diminuto como un virus le resulte potencialmente letal. Una piedrecilla que provocase una caída tonta a Isaac Newton, un piojo tenaz en la melena de Marie Curie, una seta tóxica en el estofado de Louis Pasteur o una chispa fatal en el mismo centro del sistema nervioso de Santiago Ramón y Cajal. El más mínimo acontecimiento puede ser decisivo en el devenir de la humanidad.

**LAS PALABRAS, POR BREVES QUE SEAN**, actúan como las microscópicas bacterias: las beneficiosas curan, las nocivas matan. ¿De qué es capaz un golpe de voz en el momento justo? Una niña de apenas tres años sube emocionada las escaleras de un hospital de la mano de su madre. Una nueva aventura en la ciudad de siempre. Se pone de puntillas, aun-

que su mirada no alcanza el pomo que el oftalmólogo gira para abrir la puerta. Una butaca preside la sala, iluminada apenas por una pantalla al fondo, como un inmenso cine. Aún no conoce las letras del abecedario, así que el doctor proyecta los dibujos de un niño, una casa, una flor, un gatito, un sol, un coche y un pájaro, en orden de mayor a menor tamaño. No consigue distinguir ninguno: no ve absolutamente nada de la difusa película. «¡Esta niña está ciega!», grita una y otra vez aquel señor con aliento



a coñac. «¡Ciega!» provoca el llanto, igual que el virus causa la fiebre, el puñetazo revela un futuro moratón y la bala desangra un cuerpo al atravesarlo. Antes las sanguijuelas curaban; ahora, ya no.

**LA COMUNICACIÓN EN LA PRÁCTICA MÉDICA** es tan importante como la propia ciencia. El conocimiento que nos ha llegado desde la Antigüedad hasta la actualidad ha permitido que la enfermedad haya sido más amable e incluso en ocasiones nos

haya librado de cruzar al otro lado del Estigia. La penicilina está muy bien, pero si uno va a la consulta con un uñero mal cuidado y el profesional arquea las cejas, resopla y te dice que te revises ese dedo de forma urgente porque quizá es cáncer, ¡cáncer!, poco importa que sean las ocho de la tarde. Gracias a que vives en un país con un sistema público y privado de alto nivel, llamas a una clínica donde en unas horas te atienden un podólogo y un oncólogo. Durante el tiempo que pasas en la cama sin dormir, has redactado mentalmente los cambios en tu testamento, has pensado quién se encargará del trabajo que dejas pendiente; tu mujer y tu hija te echarán de menos, pero qué se le va a hacer; por otro lado, ya no tendrás que reclamar las facturas que te deben desde hace un año, otra preocupación que te quitas. Una pena no ver ganar la liga al Barça, justo esta temporada que iba en cabeza. Y así has

recompuesto tu futura no vida para que a la mañana siguiente aquellos dos te la desbarajusten y digan que tan solo es una inflamación que se ha complicado más de lo esperable. Al menos tenemos las películas de Woody Allen, que nos alivian la hipocondría, el miedo a la muerte y la angustia vital, con su sentido del humor punzante y certero. Como en la película *Desmontando a Harry*, cuando su personaje afirmaba: «las palabras más bonitas de nuestro idioma no son “te quiero”, sino “es benigno”». □

POR  
JAVIER MORENO  
Matemático  
y escritor



## ¿UNA NUEVA CIENCIA?

¿LA INVESTIGACIÓN COLECTIVA, EN MANOS PRIVADAS, ESTÁ ACABANDO CON EL ALTRUISTO DE LA CIENCIA? POR OTRO LADO, EL TRABAJO COORDINADO CUENTA CON NUEVAS HERRAMIENTAS, COMO LAS TECNOLÓGICAS, E INTELIGENCIAS NO HUMANAS.

**Y**a en su obra *Invention, the care and feeding of ideas* Norbert Wiener, el padre fundador de la cibernética, se lamentaba de que la investigación científica estaba dando un giro a su parecer peligroso. Frente a las figuras más señeras de la ciencia que confiaban sus descubrimientos al talento teórico y, por tanto, a la comprensión profunda de grandes parcelas del universo, Wiener detectaba que la investigación científica se hacía cada vez más colectiva, auspiciada por laboratorios o centros de investigación que dependían de modos de financiación a menudo privados. El altruismo de la ciencia podía quedar entonces en entredicho. Wiener concluía en su obra que el científico necesitaba independencia y, sobre todo, tiempo, sentirse liberado de la necesidad de obtener resultados a corto plazo. Subyace como trasfondo en el análisis de Wiener la idea de que la ciencia abandona paulatinamente su modo de operar teórico para centrarse en cuestiones prácticas, una mudanza que Wiener experimenta como una pérdida irreparable. Es posible que, como diagnostica Peter Thiel, socio fundador junto a Elon Musk de Paypal y miembro de uno de los mayores fondos de inversión, las grandes ideas estén ya todas agotadas.

**ES POSIBLE** que Thiel tenga en parte razón. Newton, Einstein, Darwin, Heisenberg o John von Neumann descubrieron el grueso, la megaestructura del conocimiento científico. Sin embargo, resulta evidente que la

ciencia ha seguido avanzando en base a nuevas investigaciones y descubrimientos. Es cierto que esos nuevos hallazgos parecen requerir cada vez mayor esfuerzo, como si el universo -sus leyes- (como afirma Thiel) fuese una mina condenada a la depleción. En las últimas décadas, sin embargo, ese esfuerzo científico ha encontrado un aliado en las nuevas tecnologías. Es frecuente que los más recientes descubrimientos prescindan del trabajo en solitario, basados no tanto en el talento individual del científico teórico sino más bien en el trabajo colectivo y el auxilio de herramientas cuya inteligencia no es totalmente humana. Refinar la red del conocimiento exige el trabajo coordinado de cientos (a veces miles) de hombres y mujeres, una descomunal energía humana, pero no solo humana. Los ordenadores son aliados en esa carrera por el descubrimiento. Su capacidad de análisis y cálculo, guiados por las nuevas herramientas algorítmicas, les permite llegar donde no llegan a veces nuestros congéneres. Quizás (y en eso llevara razón Wiener) ya pasó el tiempo de los grandes hombres capaces de desentrañar de manera autónoma los secretos del universo.

La ciencia actual, menos arrogante, tal vez menos ingenua, demanda el trabajo colectivo y, como decimos, no solo colectivo, sino auxiliado por las nuevas herramientas tecnológicas.

**PODRÍAMOS MENCIONAR** algunos logros que habrían resultado imposibles sin el concurso de estas herramientas tecnológicas (probabilidad bayesiana, redes neuronales, etcétera). En matemáticas, sin duda es el 'teorema de los cuatro colores' uno de los más destacados. Este teorema afirma que todo mapa puede colorearse con cuatro colores distintos sin que dos regiones o países limítrofes posean el mismo color. La primera demostración informática de dicho teorema (hay que decir que ningún matemático ha conseguido demostrarlo por el habitual método deductivo que se usa en las pruebas matemáticas) estuvo a cargo de Kenneth Apple y Wolfgang Haken quienes, con ayuda de un ordenador, consiguieron probarlo en 1970. Resulta de gran utilidad el uso de redes neuronales en el campo de la medicina, al ser capaces de acelerar el diseño de fármacos al predecir cómo reaccionarán las moléculas sin la necesidad de pruebas experimentales. Asimismo el proyecto AlphaFold, desarrollado por DeepMind, usa redes neuronales para predecir la estructura tridimensional de proteínas a partir de sus secuencias de aminoácidos. Esto ha supuesto una revolución en el ámbito de la biología, ya que el plegamiento de proteínas es fundamental para entender procesos celulares y desarrollar tratamientos. El virólogo

ES POSIBLE QUE  
LAS GRANDES  
IDEAS ESTÉN  
YA TODAS  
AGOTADAS

español Marcos de la Peña participó en 2022 en otro gran descubrimiento: la identificación de 132 000 nuevas especies de virus, incluidas nueve de coronavirus, gracias a una nueva herramienta informática capaz de peinar gigantescas bases de datos genéticos, como las procedentes de hospitales y ecosistemas naturales. En astronomía y exploración espacial las redes neuronales ayudan a analizar grandes volúmenes de datos astronómicos. Un ejemplo es la identificación de ondas gravitacionales, donde se usaron redes neuronales para analizar datos del LIGO (Observatorio de Interferometría Láser de Ondas Gravitacionales). Esto ha permitido detectar eventos cósmicos como fusiones de agujeros negros.

**LA LISTA DE HALLAZGOS**, como podemos apreciar, es inagotable. Lo que nos interesa analizar es el trasfondo filosófico de dichos descubrimientos. Si volvemos al teorema de los cuatro colores, la demostración de Apple-Haken contó con muchos detractores en el terreno de las matemáticas. ¿Qué tipo de demostración era esa que no podía ser rastreada por un humano, que no podía ser desglo-

sada en una sucesión -más o menos larga- de inferencias lógicas? ¿Se trata de una verdadera objeción a la verdad científica o es solo el prurito de aquel (el matemático) que se resiste a ceder el cetro para compartirlo con la máquina? Es posible entonces que lo que se haya agotado o, al menos, sobreviva al borde de la extenuación sea el razonamiento lógico, la silogística de raigambre aristotélica, recuperada más tarde por el matemático y lógico británico Georges Boole. Los algoritmos de redes neuronales (pero no solo ellos), con sus capas ocultas, actúan de manera que resulta imposible rastrear el detalle de sus cálculos. Hay algo inhumano, por tanto, en dichos algoritmos, en el sentido de que escapan a nuestra percepción y control. Su esencia es inherentemente paradójica ya que, guiados por una lógica precisa, son capaces de producir, sin embargo, resultados del todo imprevistos. Pareciera que, a cierta escala, esa red tupida del conocimiento de la que hablamos, hubiera de ser tejida por agentes no humanos. Ordenadores, pero también -a veces- agentes orgánicos. Uno de los casos más llamativos es el del conocido como moho

de lodo, específicamente la especie *Physarum polycephalum*. Dicho moho ha sido utilizado en la resolución de problemas de optimización como la búsqueda de la ruta más corta, que es un problema clásico en matemáticas y ciencias de la computación. Se ha demostrado que el *physarum polycephalum* puede imitar el diseño de redes de transporte complejas. En un experimento, los científicos colocaron pequeñas cantidades de alimento (avena) en posiciones que correspondían a la ubicación de ciudades en la región de Tokio, Japón. El moho extendió sus filamentos para conectar los puntos de comida, optimizando el consumo de energía y creando una red de conexión que se asemejaba notablemente al sistema ferroviario real de Tokio. El hongo básicamente «calcula» la ruta más eficiente, similar a cómo lo haría un algoritmo de optimización, adaptando y reforzando los caminos más cortos y efectivos hacia las fuentes de alimento. Esta capacidad de encontrar rutas óptimas sin una estructura de «inteligencia» como la que se conoce en sistemas computacionales es una forma única de «resolución matemática» en un organismo tan simple.

**DEBEMOS ACOSTUMBRARNOS** a compartir el protagonismo a la hora de resolver problemas con esas otras otras inteligencias no humanas que son las de los ordenadores y las de los organismos vivos. Mikel Lynch, el malogrado fundador de Autonomy, una empresa tecnológica basada en un *software* cuyo cometido es extraer sentido a partir de datos no estructurados, veía la unión de las ideas de Bayes y el poder de procesamiento moderno como característico de una fase nueva y más madura de la tecnología: una era en la que la humanidad ya no creerá que está en el centro del universo. Según Lynch: «La computación booleana basada en reglas presupone que sabemos mejor que nadie cómo resolver un problema», afirma. «Mi formación es exactamente la contraria: el problema te dice cómo resolverlo. De eso se tratará la próxima generación de la informática: de escuchar al mundo». □



Quizás el ser humano ha de acostumbrarse a compartir el protagonismo de la resolución de problemas con otras inteligencias no humanas.

SHUTTERSTOCK

POR  
VICTORIA PASCUAL  
Socióloga y criminóloga



# DEL ACOSO ESCOLAR AL CIBERACOSO

LA VIOLENCIA Y EL ACOSO EN EL ÁMBITO EDUCATIVO, QUE SUFRE MÁS DE UNO DE CADA TRES ESTUDIANTES EN EL MUNDO, SE AMPLIFICA CON EL CIBERACOSO.

**E**l acoso escolar, comúnmente conocido como *bullying*, es una forma de violencia que afecta a estudiantes en entornos educativos de todas las edades. Este fenómeno implica comportamientos de hostigamiento y agresión que se repiten en el tiempo, afectando gravemente al desarrollo emocional, social y académico de los niños y adolescentes que lo sufren. En las últimas décadas, y especialmente desde la aparición de las nuevas tecnologías, el acoso escolar ha evolucionado, extendiéndose más allá del entorno físico de las aulas y transformándose en ciberacoso, lo cual agrava aún más sus consecuencias.

El acoso escolar es definido como una serie de comportamientos intencionadamente hostiles, repetitivos y que suponen un desequilibrio de poder entre el agresor y la víctima. Este desequilibrio puede derivarse de factores físicos, psicológicos o sociales. A diferencia de los conflictos interpersonales, en el acoso escolar la víctima se percibe como incapaz de defenderse o de cambiar la situación de abuso. El *bullying* incluye agresiones físicas, verbales, psicológicas, sociales y, con el auge de internet y de las redes sociales, también el acoso digital o ciberacoso.

El acoso escolar se manifiesta a través de distintas formas de violen-

cia, cada una con unas características particulares:

**1. Física:** este tipo de acoso incluye golpes, empujones, peleas y daños a pertenencias personales. Aunque este puede ser el tipo de acoso más visible, no siempre es el más frecuente en todas las etapas educativas.

**2. Verbal:** el acoso verbal comprende insultos, burlas, apodosos humillantes, amenazas y comentarios despectivos hacia aspectos físicos o

noscabar la autopercepción y la seguridad emocional de la víctima.

**4. Social:** este tipo de acoso tiene como objetivo la exclusión de la víctima del grupo. Puede incluir la difusión de rumores, la humillación pública y el aislamiento forzado. Esta forma de acoso suele pasar desapercibida, ya que se da en el contexto de las relaciones interpersonales.

**5. Digital o ciberacoso:** a medida que las tecnologías se han integrado en la vida cotidiana, el acoso ha encontrado nuevos espacios para manifestarse. El ciberacoso ocurre a través de medios digitales como redes sociales, mensajes de texto, correos electrónicos o plataformas de videojuegos. A diferencia de otras formas de acoso, el ciberacoso tiene un alcance mucho mayor, ya que las agresiones pueden ser anónimas y perpetuarse más allá del horario escolar, siguiendo a la víctima a cualquier espacio con acceso a internet.



culturales. Este tipo de acoso es dañino porque socava la autoestima de la víctima y refuerza los estereotipos y los prejuicios.

**3. Psicológica:** el acoso psicológico suele implicar amenazas o chantaje emocional, además de intentos de manipulación que buscan me-

**DATOS GLOBALES Y EN ESPAÑA.** El acoso escolar es una problemática global que afecta a millones de estudiantes. Según la UNESCO, más de uno de cada tres estudiantes en el mundo ha experimentado acoso escolar. En un informe de UNICEF, se estima que el 32 % de los jóvenes entre 13 y 15 años en todo el mundo han sido víctimas de alguna forma de ciberacoso. Además, el acoso escolar se encuentra entre los principales factores que contribuyen

al abandono escolar y al deterioro de la salud mental de los estudiantes.

En España, el acoso escolar sigue siendo una preocupación significativa. Según datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional, aproximadamente un 10 % de los estudiantes de primaria y un 15 % de los estudiantes de secundaria en España han sido víctimas de acoso escolar en alguna de sus formas. Los estudios también muestran que el ciberacoso ha experimentado un aumento preocupante en la última década. Las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística (INE) indican que el 20 % de los adolescentes de entre 12 y 17 años ha experimentado algún tipo de acoso en redes sociales o plataformas de mensajería.

### EVOLUCIÓN DEL ACOSO ESCOLAR CON LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.

La aparición y expansión de internet y las redes sociales ha cambiado significativamente la naturaleza del acoso escolar. Hoy en día, los jóvenes tienen acceso a plataformas que permiten compartir y difundir contenidos a una audiencia amplia, lo que ha propiciado el ciberacoso. En este contexto, el acoso se vuelve incesante, y la víctima queda expuesta a agresiones que pueden volverse virales, amplificando el impacto psicológico.

El ciberacoso, a diferencia del acoso tradicional, no tiene límites de tiempo o espacio. Puede ocurrir en cualquier momento y lugar, y suele implicar la participación indirecta de un grupo más amplio, ya que las publicaciones o mensajes pueden ser vistos, compartidos y comentados por otros. Esta exposición multiplica el impacto de la agresión, afectando gravemente a la salud mental y emocional de las víctimas. La naturaleza «permanente» de los contenidos digitales (mensajes o imágenes) hace que el acoso deje una huella persistente, que es difícil de eliminar y que puede seguir afectando a la víctima durante mucho tiempo.

**CONSECUENCIAS DEL ACOSO ESCOLAR.** Las víctimas de acoso escolar pueden experimentar una amplia gama de efectos negativos, tanto a corto como a largo plazo. En el corto



El acoso físico incluye golpes, peleas, empujones y daños a pertenencias personales.

plazo, los estudiantes que son acosados suelen mostrar síntomas de ansiedad, depresión, falta de interés en actividades escolares y sociales, así como bajo rendimiento académico. En el largo plazo, las consecuencias pueden incluir problemas de salud mental como estrés postraumático, dificultades en la creación de relaciones interpersonales y, en casos extremos, ideación suicida.

El acoso escolar también tiene consecuencias para los agresores. Según estudios longitudinales, los jóvenes que acosan a sus compañeros tienen más probabilidades de mostrar comportamientos antisociales y delictivos en la edad adulta. Además, los testigos del acoso tam-

bién pueden sufrir efectos negativos, como el desarrollo de sentimientos de culpa, miedo y estrés.

El acoso escolar, en cualquiera de sus formas, es una problemática que afecta a los estudiantes, las familias y las instituciones educativas. La prevención y la intervención temprana son fundamentales para mitigar sus efectos y crear un entorno escolar seguro. Es importante fomentar programas educativos que enseñen habilidades sociales y empáticas, promoviendo el respeto y la inclusión desde una edad temprana. La familia y la escuela deben trabajar en conjunto para identificar y atender cuanto antes cualquier señal de acoso escolar.

Las tecnologías también pueden utilizarse positivamente en la lucha contra el acoso escolar. Muchas plataformas y aplicaciones han implementado funciones de reporte de contenido abusivo o de bloqueo, que pueden ayudar a las víctimas de ciberacoso. Asimismo, programas de concienciación sobre el uso responsable de internet y las redes sociales pueden ser una herramienta valiosa para educar a los jóvenes sobre los riesgos y las responsabilidades en el entorno digital. □

**EL CIBERACOSO NO TIENE LÍMITES DE ESPACIO Y TIEMPO, LO QUE MULTIPLICA EL IMPACTO DE LA AGRESIÓN**

# MUSEOS B



Las catacumbas de París datan de finales del siglo XVIII y exhiben huesos y calaveras. Se abrieron al público como cementerio público en 1809.

# AJO TIERRA

## Viajes fantásticos hechos realidad

Estos novedosos espacios museísticos ofrecen a sus visitantes una auténtica experiencia inmersiva, con visos de aventura cultural, a varios metros de profundidad.

---

Texto de **LUIS FELIPE BRICE**, licenciado en Ciencias de la Comunicación por la UNAM

# C

uando pensamos en un museo, regularmente imaginamos una antigua edificación o una construcción moderna en donde se exhiben obras de arte, piezas arqueológicas, ejemplares disecados de la naturaleza u objetos de carácter histórico. Sin embargo, recientemente, el concepto

del museo tradicional se ha ampliado para incluir novedosos espacios de exhibición en las profundidades de la tierra o el fondo del mar. Se trata de los museos subterráneos y submarinos que se han vuelto importantes lugares de preservación cultural y lucrativos atractivos turísticos.

### TÚNELES DEL TIEMPO

Desde hace siglos, los viajes a las entrañas de nuestro planeta han sido del interés de exploradores y arqueólogos, así como tema recurrente de escritores y cineastas del género fantástico. A ello se suman, en tiempos recientes, las iniciativas de crear museos para que el público en general viva la fascinante expe-

riencia de visitar el interior de la Tierra. Tales espacios han sido dedicados a distintas temáticas en diferentes partes del mundo.

Entre esas temáticas, destaca la historia de las ciudades a través de exhibiciones en túneles de estaciones del metro fuera de servicio, como es el caso del Museo de Tránsito de Nueva York, en Brooklyn, inaugurado en 1976. En su interior, cuya edificación data de 1936, se cuenta el devenir de este importante medio de transporte masivo a través de viejos vagones —algunos de ellos construidos en 1907— e instalaciones que se conservan como en la época que funcionaban, así como fotografías y artefactos (torniquetes, taquillas para la compra de boletos, etc.) de aquel entonces.

Por su parte, el Metro de Estocolmo es considerado la galería más larga del mundo, con sus más de cien kilómetros de túneles y 90 estaciones, en donde se exhiben murales, esculturas e instalaciones artísticas que tanto los usuarios habituales de ese medio de transporte como los turistas pueden admirar. El recorrido es posible hacerlo uno mismo, adquiriendo alguna de las opciones de billetes (desde el viaje sencillo hasta el pase para siete días), ya sea en máquinas expendedoras o taquillas, o bien contratando un *tour* con guía en español. De cualquier manera, según las recomendaciones



SHUTTERSTOCK



ASC

En el Museo del Metro de Nueva York en Brooklyn (a la izda.), se muestra la historia de este medio de transporte con vagones que datan de 1907. A la dcha., la antigua estación de Chamberí del Metro de Madrid, hoy en desuso, que puede visitarse.

para viajeros, las estaciones imperdibles del Metro de la capital sueca son: T-Centralen, cubierta de azulejos blancos y azules desde las paredes hasta el techo; Kungsträdgården, que semeja un jardín subterráneo; Rådhuset, que simula una auténtica cueva vikinga, y Thorildsplan, en cuyos muros se reproducen figuras de populares videojuegos, como el Comecocos.

En tanto, los Museos del Metro de Madrid ofrecen a los visitantes la experiencia de explorar la histo-

ria y arqueología de la ciudad desde una perspectiva subterránea. Se trata de seis espacios de gran atractivo, diseñados por Antonio Palacios. Construida entre 1922 y 1923 por este arquitecto español y restaurada en 2008, la Nave de los Motores de Pacífico conserva tal cual la maquinaria (motores diésel, alternadores, transformadores, etc.) que sirvió para generar energía eléctrica, no solo para la marcha de los trenes, sino incluso para la capital española en general.



ASC

El Museo de las Cuevas de Naours, en Francia, se ubica en un entramado de túneles de entre 22 y 30 metros de profundidad construidos desde el siglo II d. C. para proteger a la población de las frecuentes invasiones extranjeras.

Perteneciente a la primera línea del Metro inaugurada en Madrid en 1919, es la estación de Chamberí, cuyos muros y techos fueron recubiertos con distintos tipos de azulejos, algunos de ellos utilizados como soporte de anuncios publicitarios de la época que aún se conservan. La estación Chamartín, por su parte, exhibe restaurados 12 coches de los trenes históricos, incluyendo los primeros que circularon hace poco más de un siglo por la Línea 1, así como un centenar de piezas también históricas del suburbano madrileño.

Mención aparte merece la estación Ópera, que resguarda el mayor museo arqueológico bajo tierra de Madrid. En sus 200 metros cuadrados de superficie, pueden verse vestigios de los siglos XVI y XVII provenientes de la Fuente de los Caños del Peral, el Acueducto de Amaniel y la Alcantarilla del Arenal. Por último, el antiguo vestíbulo de la Estación Pacífico ha sido remodelado, conservando el mismo aspecto, incluyendo el estilo arquitectónico, que tenía en 1923, cuando se inauguró la estación.

### INFRAMUNDOS DE LA GUERRA

Otro tipo de museos subterráneos son aquellos que han sido creados en lugares que fueron construidos como refugios para la protección de ataques bélicos y actualmente son espacios museísticos. Tal es el caso del Museo de las Cuevas de Naours, al norte de Francia, que forma parte de un sistema de túneles

con una longitud de dos kilómetros, a una profundidad de entre 22 y 30 metros, cuya edificación inició en el siglo II d. C, y que, desde entonces, fue refugio de los habitantes de la región ante las frecuentes invasiones extranjeras, incluyendo las de ambas guerras mundiales. Este curioso museo recrea, desde el año 1949, cómo vivían y sobrevivían en tales circunstancias los habitantes de esa considerada ciudad subterránea.

También en el norte francés está el Museo Somme 1916, localizado en el interior del sistema de túneles de 250 metros de longitud, construidos a 10 metros de profundidad. Inaugurado en 1991, en honor de los combatientes y caídos en la Batalla del Somme, este espacio museístico también recrea las condiciones en que pervivían los soldados franceses atrincherados ahí durante la Primera Guerra Mundial.

En relación con la Segunda Guerra Mundial, cabe destacar el Museo Pietro Micca, que forma parte del Tour Subterráneo de Turín (Italia), a 15 metros de profundidad. Fundado en 1961, el recinto lleva el nombre del soldado italiano que heroicamente —incluso a costa de su vida— impidió el acceso de los invasores franceses a la red de túneles que les hubiera facilitado la toma de la ciudad durante el asedio de 1706. Dos siglos y medio después, esos mismos túneles servirían como refugio antiaéreo durante la guerra mundial iniciada en 1939.



El Museo del Somme 1916, en el norte de Francia, está localizado en un sistema de túneles de más de 250 metros de longitud y recrea las condiciones de vida de los soldados franceses atrincherados allí durante la Primera Guerra Mundial.

## Museos subacuáticos: aventuras a fondo

Al igual que los museos subterráneos, sus homónimos submarinos son espacios creados en las profundidades, pero no de la tierra, obviamente, sino en el fondo del mar, donde las exhibiciones combinan la experiencia cultural con la conciencia ecológica. Un ejemplo destacable es el Museo Atlántico de Lanzarote, en Islas Canarias (España). Inaugurado en 2016, es un espacio cuya idea surgió de la mente del escultor británico Jason deCaires Taylor, a quien se le ocurrió crear un conjunto de 200 esculturas que representarían a seres humanos de tamaño natural, en distintas posiciones y actitudes, para instalarlas a 14 metros de profundidad en una extensión de 50 metros cuadrados. No solo para ser admiradas como obras de arte en ese singular entorno, sino también para que sirvieran como arrecifes coralinos artificiales que contribuyeran a preservar la vida. Inspiradas en los lugareños, las esculturas están realizadas en hormigón de pH neutro.

Del otro lado del Atlántico, en Cancún, Quintana Roo (México), se ubica el Museo Subacuático de Arte (MUSA), en aguas del mar Caribe. Fundado en 2009, con más de medio millar de esculturas figurativas, tanto del mencionado deCaires Taylor como de otros artistas mexicanos y de otras nacionalidades, el MUSA también combina la expresión artística con la preservación natural al crear e instalar dichas figuras para que hicieran también las veces de arrecifes artificiales. El museo, que ocupa una superficie de 420 metros cuadrados, está dividido en tres galerías: Punta Nizuc y Punta Sam, a una profundidad de entre dos y cuatro metros, ideal para quienes practican el esnórquel o prefieren ver las esculturas desde un barco con fondo de cristal; así como Manchones, a 10 metros de profundidad, recomendable solo para buceadores.

Otros museos submarinos dignos de mencionar son: el Museo Arqueológico de Alicante (España), que exhibe ruinas y vestigios subacuáticos de origen romano; el Museo de Arte Subacuático, en Queensland (Australia) y el Parque de Esculturas Submarinas de Molinere, en Granada (España), ambos creados también por el citado Jason deCaires, así como el Museo Subacuático de Baréin (país insular del Golfo Pérsico), cuya pieza principal es un Boeing 747 hundido en sus aguas.



En el MUSA las figuras hacen las veces de arrecifes.



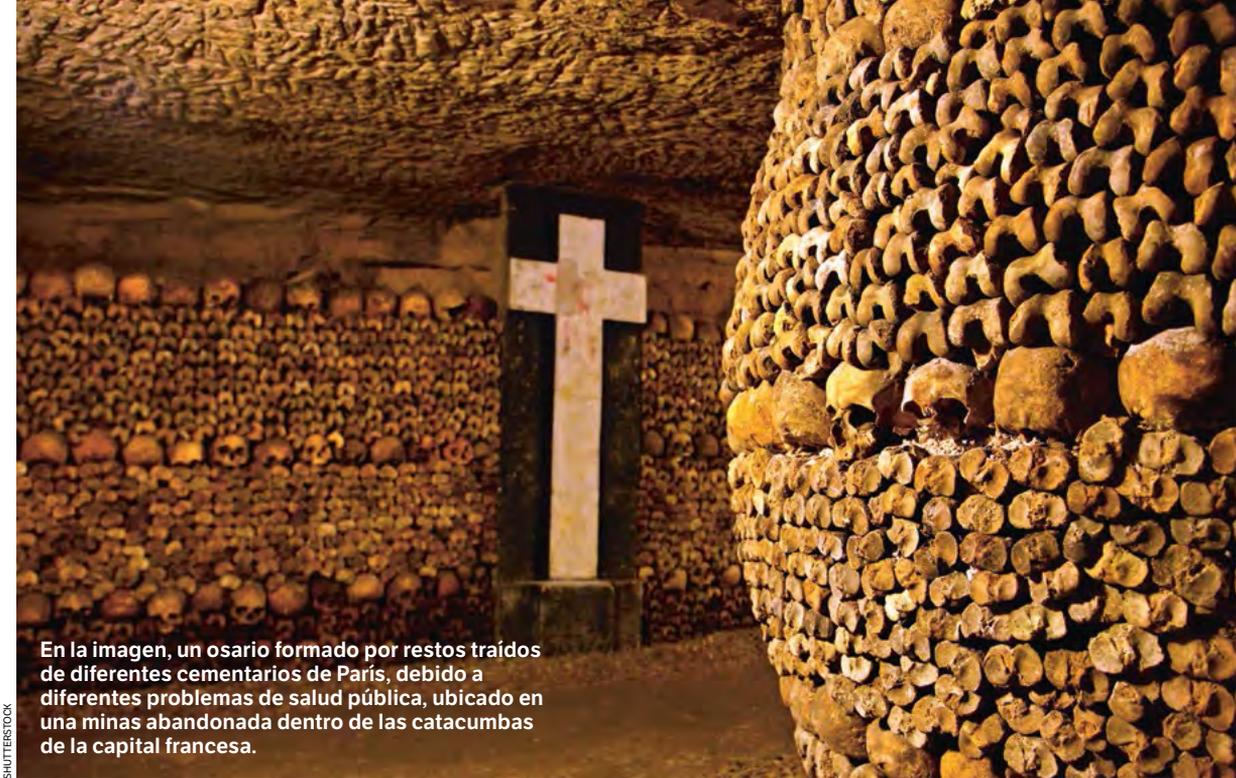
El Museo de la Resistencia de Ámsterdam testimonia cómo los holandeses, sobre todo judíos, hicieron frente a la ocupación nazi.

Otro museo referido a este conflicto internacional es el Museo de la Resistencia de Ámsterdam (Países Bajos), que da cuenta de cómo los holandeses —sobre todo de origen judío— enfrentaron heroicamente la ocupación nazi de 1940 a 1945, a través de audios, videos, fotografías, objetos y recreaciones de aquel oscuro periodo. No puede faltar en este recuento el Mundo Subterráneo de Berlín (Alemania), donde es posible apreciar las portentosas arquitectura e ingeniería aplicadas por los nazis para construir sus impenetrables búnkeres.

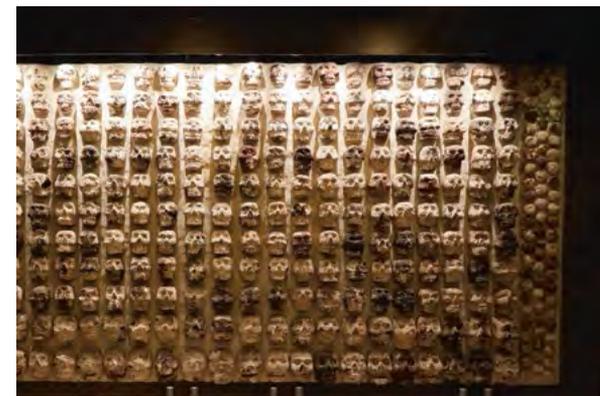
### DE LAS CLOACAS A LAS CATACUMBAS

Entre los muchos museos de París (Francia), cabe destacar dos subterráneos. Uno de ellos es el Museo de las Cloacas, que forma parte del recorrido por las redes del drenaje de la ciudad, a bordo de una embarcación ex profesora con la opción de guía y audioguía en español. El espacio museístico da cuenta de la historia del sistema hidráulico y de alcantarillado parisinos desde sus orígenes hasta la actualidad. Como dato curioso, el visitante podrá experimentar los pasajes vívidos ahí por Jean Valjean, protagonista de la novela *Los Miserables* (1862), del escritor francés Victor Hugo.

**En el Museo de la Cloacas de París puede hacerse un recorrido en una embarcación y revivir alguno de los pasajes de la novela *Los miserables* de Victor Hugo**



En la imagen, un osario formado por restos traídos de diferentes cementarios de París, debido a diferentes problemas de salud pública, ubicado en una mina abandonada dentro de las catacumbas de la capital francesa.



El museo subterráneo que forma parte del Templo Mayor, en Ciudad de México, tiene un templo dedicado a Ehécatl.



La Mina de Sal de Wieliczka, en Polonia, alberga un espectacular lago de salmuera y la Capilla de Santa Kinga.

El otro espacio construido bajo la Ciudad Luz no ostenta en su nombre la denominación de museo, pero fue creado con criterios museísticos. Se trata de las Catacumbas de París, creadas a finales del siglo XVIII en una mina abandonada para albergar millones de restos óseos trasladados de distintos cementerios, debido a problemas de salud pública. En un inicio, las osamentas fueron colocadas en desorden, pero luego fueron dispuestas estéticamente y el cementerio subterráneo fue abierto al público en 1809, ofreciendo un macabro recorrido turístico de kilómetro y medio de túneles, a más de 20 metros de profundidad, comenzando con la advertencia: «Alto, este es el imperio de la muerte», y finalizando en una tienda de souvenirs.

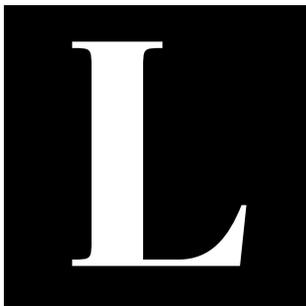
En el que fuera corazón de la Nueva España, el Centro Histórico de la Ciudad de México, abrió sus puertas al público en 2022 un museo subterráneo que forma parte de la zona arqueológica del Templo Mayor. Durante el recorrido, pueden observarse vestigios de un templo dedicado a Ehécatl (dios mexica del viento), así como de una cancha del juego de pelota y de ofrendas prehispánicas. Además, pueden verse los cimientos de una de las primeras casas virreinales construidas tras la Conquista.

Finalmente, las antiguas minas también han sido aprovechadas para crear museos subterráneos. Un ejemplo es la Mina de Sal de Wieliczka, en Polonia, que fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1978. Sus tres kilómetros de longitud se localizan a 135 metros de profundidad, donde causa admiración un lago de salmuera y la espectacular capilla de Santa Kinga, construida dentro de la mina, en cuyo interior pueden apreciarse cómo se ha extraído la sal desde su apertura en el siglo XIII hasta la fecha, cuando los museos bajo tierra se han convertido en imprescindibles atractivos turísticos. □

# DESCUBREN 6 TIPOS DE DEPRESIÓN

Científicos de la Universidad de Stanford han descubierto que esta compleja afección se muestra de seis formas distintas. Cada tipo de depresión debe ser tratada de forma diferente para obtener los mejores resultados, concluyen los expertos.

Texto de **SARAH ROMERO**, periodista científica



La depresión va más allá de la mera tristeza o de un sentimiento temporal de estar «deprimido». Es la principal causa de discapacidad en todo el mundo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Es una afección generalizada y compleja que afecta a millones de personas a nivel mundial (alrededor de 280

millones de personas) y que puede afectar significativamente a la calidad de vida de un individuo, alterando sus pensamientos, sentimientos, comportamientos y salud física. Aparte de la desidia, tristeza, falta de interés o desesperanza, también se puede manifestar a través de síntomas físicos como cambios en el apetito, alteraciones del sueño, fatiga y dificultad para concentrarse. No existe cura para la depresión.

En esencia, los signos de depresión, que pueden variar de paciente a paciente, pueden ser: sentimientos persistentes de tristeza, vacío o desesperanza, pérdida de interés o placer en actividades que antes sí se disfrutaban, cambios en el apetito y el peso (ya sea pérdida o aumento), alteraciones del sueño (insomnio o dormir demasiado), fatiga o falta de energía, dificultad para concentrarse, tomar decisiones o recordar cosas, sentimientos de inutilidad o culpa excesiva, síntomas físicos como dolores de cabeza, dolores de estómago u otros dolores y molestias inexplicables o incluso pensamientos oscuros de muerte o suicidio.

Pero no todas las depresiones son iguales y ahora, un equipo de científicos de la Universidad de Stanford ha presentado una investigación en la que han identificado hasta seis tipos distintos de depresión combinando imágenes cerebrales con aprendizaje automático. Los resultados revelan seis subtipos de depresión, lo que podría revolucionar el tratamiento de la depresión y cada una de ellas debe ser tratada de manera diferente.

## NO HAY UN SOLO TIPO DE DEPRESIÓN

Esto encaja con el hecho de que, para algunas personas con depresión, encontrar el tratamiento o fármaco adecuado puede ser un proceso tedioso, casi de prueba y error, que puede incluso empeorar los síntomas de la enfermedad. Incluso a pesar de los prolongados tratamientos, muchas personas, hasta dos tercios de los que la sufren, no consiguen aliviar completamente los síntomas. Algo no encaja.

«El objetivo de nuestro trabajo es descubrir cómo podemos hacerlo bien la primera vez», explicó Deanne Williams de Stanford Medicine. «Es muy frustrante estar en el campo de la depresión y no tener una alternativa mejor a este enfoque único para todos» puntualizó el experto.

Para identificar estas seis variantes dentro de la depresión, los investigadores emplearon imágenes cerebrales combinadas con el aprendizaje automático que arrojaron seis «biotipos». Concretamente, utilizaron resonancia magnética funcional (fMRI) para escanear los cerebros de 801 participantes diagnosticados con depresión o ansiedad y con una edad promedio

**La depresión, que afecta a la calidad de vida de un individuo, altera sus pensamientos, sus sentimientos y su salud física**

de 30 años. Todas estas exploraciones cerebrales se llevaron a cabo tanto en reposo como realizando tareas diseñadas para evaluar la función cognitiva y emocional de los voluntarios del experimento. Luego, utilizaron la inteligencia artificial mediante aprendizaje automático, para lograr identificar distintos patrones de actividad cerebral y conectividad correspondientes a diferentes biotipos de depresión.

«Hasta donde sabemos, esta es la primera vez que hemos podido demostrar que la depresión puede explicarse por diferentes alteraciones en el funcionamiento del cerebro», aclaró Williams. En esencia, es una demostración de un enfoque de medicina personalizada para la salud mental basado en medidas objetivas de la función cerebral».

### ¿CUÁLES SON LOS SEIS TIPOS DE DEPRESIÓN?

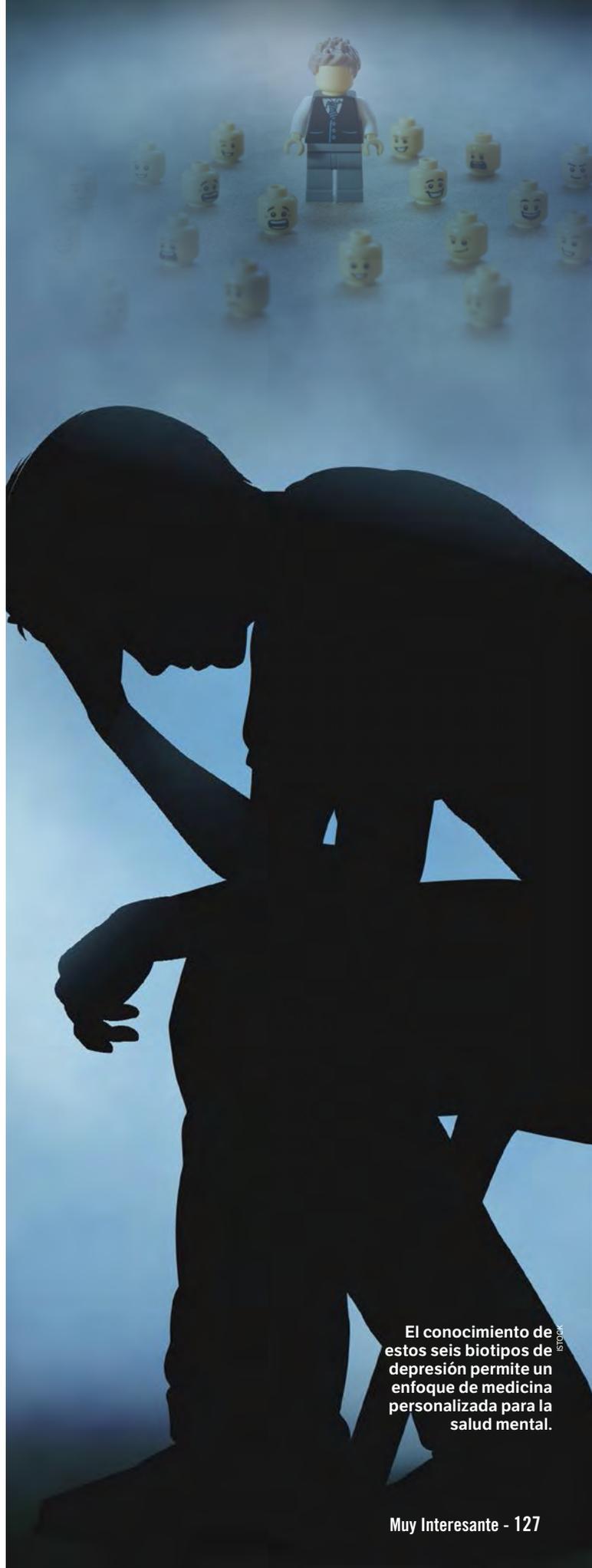
Los seis biotipos de depresión que encontraron los investigadores incluyen: uno caracterizado por hiperactividad en las regiones cognitivas, asociado a más ansiedad, prejuicios negativos, desregulación de amenazas y anhedonia (falta de interés por las experiencias de la vida) que otros biotipos.

Otro biotipo estuvo marcado por niveles más altos de conectividad cerebral en tres regiones asociadas con la depresión y la resolución de problemas. Los autores, que han publicado sus resultados en la revista *Nature Medicine*, descubrieron que sus síntomas se aliviaban mejor con la terapia de conversación conductual, que enseña habilidades para abordar mejor los problemas diarios.

Otro de los tipos de depresión se distinguió claramente por presentar niveles más bajos de actividad en el circuito cerebral que gestiona la atención, hecho que fue asociado a menos posibilidades de poder mejorar con la terapia.

De la misma forma, otro de los biotipos fue relacionado con una menor actividad en las regiones cognitivas del cerebro y menos conectividad en las regiones emocionales, lo que significa que los voluntarios tenían dificultades para responder a la información cognitiva y regular las emociones negativas. También encontraron otro caracterizado por una alta reactividad emocional, viéndose mucho más afectados por estímulos emocionales como sus propias emociones o las expresiones faciales de las personas que el resto.

El último biotipo de depresión resultó bastante sorprendente, ya que no se diferenciaba respecto a las personas sin depresión en cuanto a la referencia en los escáneres cerebrales, lo que podía apuntar a un tipo de depresión subyacente aún no tipificada. ■



El conocimiento de estos seis biotipos de depresión permite un enfoque de medicina personalizada para la salud mental.

SCIENCE FEST

# ¡LA GRAN FIESTA DE LA DIVULGACIÓN!



**MUY**  
INTERESANTE  
SCIENCE FEST

**MUY**  
INTERESANTE  
SCIENCE FEST

El Teatro Capitol Gran Vía reunió a los seguidores del evento de divulgación más grande de España.

ALBERTO CARRASCO

El Teatro Capitol de Madrid se convirtió el pasado 23 de noviembre en un hervidero de mentes curiosas y apasionadas por la ciencia. Un año más, Muy Science Fest reunió a las más destacadas personalidades de ciencia y humanidades en un evento que se consagra como el mayor espectáculo de divulgación científica de España.



astrofísicos, matemáticos, historiadores, psiquiatras, botánicos, paleontólogos, matemáticos... Todas las ramas del saber se dieron cita en Madrid de la mano de la revista MUY INTERESANTE para celebrar nuestro Science Fest 2024. Si algo caracteriza a la revista MUY INTERESANTE es su afán divulgador, empeño para el que siempre hemos contado con las máximas personalidades en ciencia y humanidades, grandes colaboradores capaces de hacernos comprender el mundo en el que vivimos y el futuro que está por llegar. Y cuando se trata de subir ese saber a un escenario, todos acuden a

nuestra llamada. En esta ocasión fueron autoridades de la talla del paleoantropólogo Juan Luis Arsuaga, el psiquiatra Luis Rojas Marcos, el historiador y ensayista Juan Eslava Galán, el historiador Santiago Castellanos, el astrofísico Miguel Ángel Sabadell, la botánica Rosa Porcel, la matemática Marta Macho, la doctora en Medicina Paloma Fuentes (la primera Gerente de Felicidad en España) y el químico José Manuel López Nicolás. Todos ellos acercaron la ciencia al público asistente en forma de amenas charlas en las que explicaron las últimas investigaciones científicas y las teorías e innovaciones más revolucionarias de los últimos años. La ciencia y el saber contado por sus protagonistas, por las mujeres y los hombres que se preguntan el por qué de las cosas y dedican su vida a hallar la respuesta. □



Arriba, stand de Turismo de Austria, en el centenario del nacimiento de Johann Strauss hijo; abajo, el nuevo LBX de Lexus que pudo verse en la entrada del teatro. Ambos patrocinadores de la gala, entre otros.

**El psiquiatra, investigador y docente, Luis Rojas Marcos** —arriba junto a Marta Ariño, Editora de *Muy Interesante*—, profesor de psiquiatría en la Universidad de Nueva York, y miembro de la Academia de Medicina de Nueva York y de la Asociación Americana de Salud Pública, llegó desde la Gran Manzana para acompañarnos e impartir su charla.



ALBERTO CARRASCO



**De los viajes de Colón a las bebidas energéticas.** Los ponentes acercaron la ciencia al público con charlas que trataron de diversos temas históricos y científicos: los viajes de Colón, el imperio romano, la matemáticas y la poesía, qué tomamos cuando bebemos bebidas energéticas, por qué el parto es doloroso o cuales son las claves para llevar una vida sana física y mentalmente.

## Fueron premiadas mujeres que han destacado por su trabajo de investigación en neurociencia, filosofía, biología, IA...



**Premios Mujeres Científicas.** Como cada año, el gran broche de oro a la fiesta de la ciencia lo puso la cuarta edición de estos premios patrocinados por Aena. Fueron galardonadas, Isabel Quiroga por su innovador programa de trasplante de útero en el Reino Unido; Ana Ibáñez, por sus avances en neurociencia, Nerea Luis Mingueza como joven promesa en IA; Ana Grande por su trabajo en estrategias antivirales y su apoyo a mujeres en STEM; Helena Matute por su estudio de los sesgos cognitivos y el impacto de la IA; Olivia Piquero por su labor de preservación del lenguaje; y la filósofa Nerea Blanco por su defensa del pensamiento crítico.

**POR  
SOLO  
29<sup>,99</sup>€**

**ESTA NAVIDAD REGALA**

**ARTE**

**Los cuatro maestros italianos**



**Miguel  
Ángel**

**CARAVAGGIO  
LUCES Y SOMBRAS**  
**Caravaggio**

**LEONARDO  
EL GRAN GENIO UNIVERSAL**  
**Leonardo**

**Botticelli**

**Escanea y visita la web**



ES MÁS QUE UN  
DESTINO.  
ES UNA ACTITUD.



 **COMUNITAT  
VALENCIANA**

**ACTITUD  
MEDITERRÀNEA**