

NATIONALGEOGRAPHIC.COM.ES | JULIO 2025

NATIONAL GEOGRAPHIC

LA BÚSQUEDA
DE VIDA EN
LOS OCÉANOS
EXTRATERRESTRES

FULANIS,
LOS NÓMADAS
INDOMABLES
DEL SAHEL

LOS PATITOS
FEOS DE LA
NATURALEZA

HOMO PLASTICUS

Los microplásticos están ya en nuestro
cuerpo y amenazan nuestra salud

ENLACE AL CANAL

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

O escanea el código QR:



6,00€ PVP CANARIAS 6,15€
5 700 1
9 771138 143008

ESTE VERANO REFRESCA TU MENTE CON

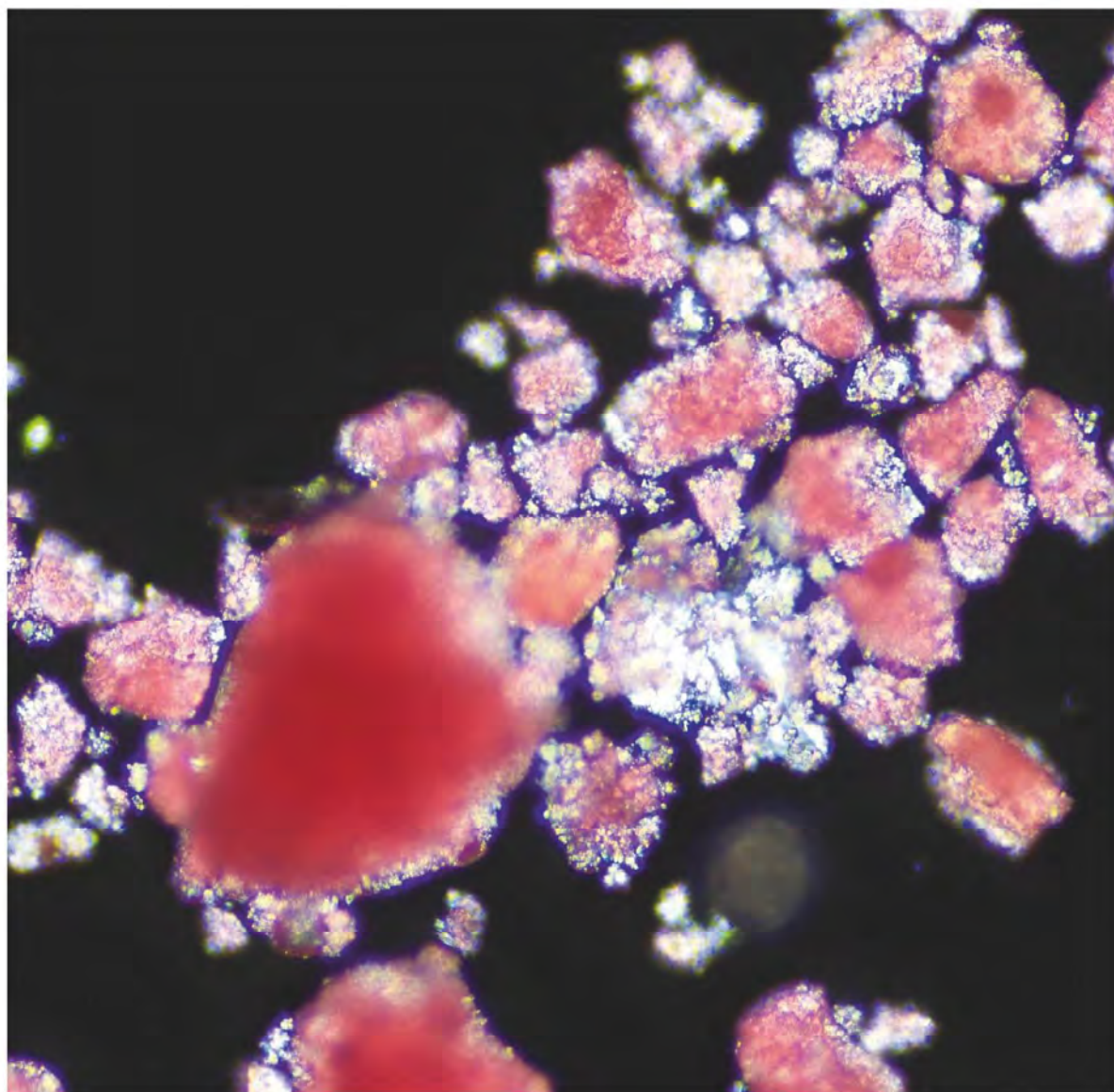
PASATIEMPOS



DIVIÉRTETE,
APRENDE Y PON
A PRUEBA TU
INGENIO EN UN
VIAJE ÚNICO



SUMARIO



2

HOMO PLASTICUS

Es una crisis silenciosa que amenaza con convertirse en una emergencia sanitaria: el plástico, que desde hace décadas inunda los ecosistemas de la Tierra, ha penetrado en la cadena trófica y ya está en nuestro cuerpo. Los estudios científicos confirman su presencia en todos los rincones de nuestro organismo, como el cerebro o la placenta. ¿Cuáles serán los efectos de esta contaminación masiva y omnipresente para la salud humana?

Texto de EVA VAN DEN BERG

EN PORTADA

Representación del «bebé de plástico», una alegoría inquietante de ese material que prolifera a nuestro alrededor y envenena nuestro mundo.

Imagen:

© Plastic Soup Foundation

REPORTAJES



26

LA BÚSQUEDA DE VIDA
EN OCÉANOS ALIENÍGENAS

Los lugares más inhóspitos de la Tierra ofrecen grandes posibilidades para el estudio de posibles formas de vida en las lunas heladas de otros planetas del sistema solar.

Texto de NADIA DRAKE
Fotografías de
CARSTEN PETER y CHRIS GUNN



54

FULANIS, LOS NÓMADAS
INDOMABLES DEL SAHEL

En todo el continente africano, cientos de miles de fulanis siguen llevando un estilo de vida ancestral, pero, poco a poco, adaptan sus tradiciones a un mundo en transformación.

Texto de ALEXA McMAHON
y HANNAH RAE ARMSTRONG
Fotografías de ROBIN HAMMOND



78

LOS PATITOS FEOS
DE LA NATURALEZA

Algunos animales tienen un problema de imagen. Sin embargo, esos rasgos que los convierten en los menos agraciados pueden ser verdaderos superpoderes.

Texto de A. J. JACOBS
Fotografías de JOEL SARTORE

SECCIONES

TU FOTO

VISIONES

EXPLORA

Guitarra portuguesa

EXPERIENCIAS NG

Visita al epicentro de la conservación del patrimonio cultural

INSTINTO BÁSICO

Gruñidos de amor en la oscuridad

GRAN ANGULAR

Marismas con alma humana

EDITORIAL

EN TELEVISIÓN

PRÓXIMO NÚMERO



Envíanos tus cartas o comentarios a
forum-ngme@rba.es



Síguenos en X en
[@NatGeoEsp](https://twitter.com/NatGeoEsp)



Hazte fan de nuestra página de Facebook: facebook.com/NationalGeographicEsp



Síguenos en Instagram en
[@NatGeoEsp](https://www.instagram.com/NatGeoEsp)



Síguenos en Threads en
[@NatGeoEsp](https://www.threads.net/@NatGeoEsp)



Más información en nuestra página web:
nationalgeographic.com.es

ATENCIÓN AL CLIENTE

Teléfono 910 920 129 (de lunes a viernes, de 10 a 15 horas)

Email: suscripciones@rba.es



CAZADORES DE IMÁGENES

CON GOTZON MANTULIZ

Móbulas

Fotografía tomada por Rafael Fernández Caballero
en el Mar de Cortés, «El acuario del mundo».
Buzo, Gotzon Mantuliz.

**ANA AMTMANN**

@Anaamtmannphoto

El naturalista francés Jean-Baptiste Lamarck sugirió en el siglo XIX que las jirafas tenían un cuello tan largo porque habían evolucionado para buscar alimento en lo alto de los árboles. Hoy los científicos sopesan otras teorías, entre ellas, la termorregulación o la selección sexual. Sea cual fuere la causa, este rasgo anatómico distintivo puede suponer una ventaja... o un inconveniente, por ejemplo, a la hora de beber. Ana Amtmann captó desde un *hide* esta insólita imagen de un ejemplar que acudió a un abrevadero en la reserva natural de Zimanga, Sudáfrica.

DÓNDE Zimanga, Sudáfrica
CON QUÉ Nikon z8; 14 mm; f/4; ISO 200

PARTICIPA EN NUESTRA COMUNIDAD #TuFotoNatGeo

En *National Geographic España* queremos que seáis partícipes del protagonismo que la fotografía tiene en nuestra revista. Para participar en esta iniciativa, simplemente tenéis que incluir la etiqueta **#TuFotoNatGeo** en las fotografías que subáis a Instagram que tengan que ver con los grandes temas



JOSÉ ALZA

@jose.alza.dsn

Un día de finales de invierno, José Alza salió a fotografiar artrópodos en una zona de vegetación cercana a su casa, cuando encontró esta araña de la especie *Thomisus onustus*, una de sus favoritas. Estaba perfectamente camuflada y completamente inmóvil entre unas flores amarillas, como si esperase pacientemente a su presa. «Me fascina la capacidad de camuflaje de estos artrópodos, su facilidad para cambiar de color», dice el fotógrafo, quien ha retratado arañas amarillas, naranjas, blancas y hasta rosas.

DÓNDE L'Ametlla de Mar, Tarragona
CON QUÉ Olympus OM-D; 90 mm; f/14; ISO 200

que cubrimos habitualmente. No está permitida la manipulación fotográfica, únicamente el ajuste de niveles. Cada semana publicaremos una selección de las mejores imágenes en las *stories* de Instagram y cada mes seleccionaremos una para publicarla en la revista impresa, en la sección «Tu Foto».

 #TuFotoNatGeo



VEINTE AÑOS DESPUÉS,
**SÍ, SEGUIMOS
QUERIENDO**

20 ANIVERSARIO
DE LA LEY DE
MATRIMONIO
IGUALITARIO



028 | SERVICIO
LGTBI
#SÍSEGUIMOSQUERIENDO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE IGUALDAD

SECRETARÍA DE ESTADO DE IGUALDAD
Y PARA LA ERRADICACIÓN DE
LA VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES

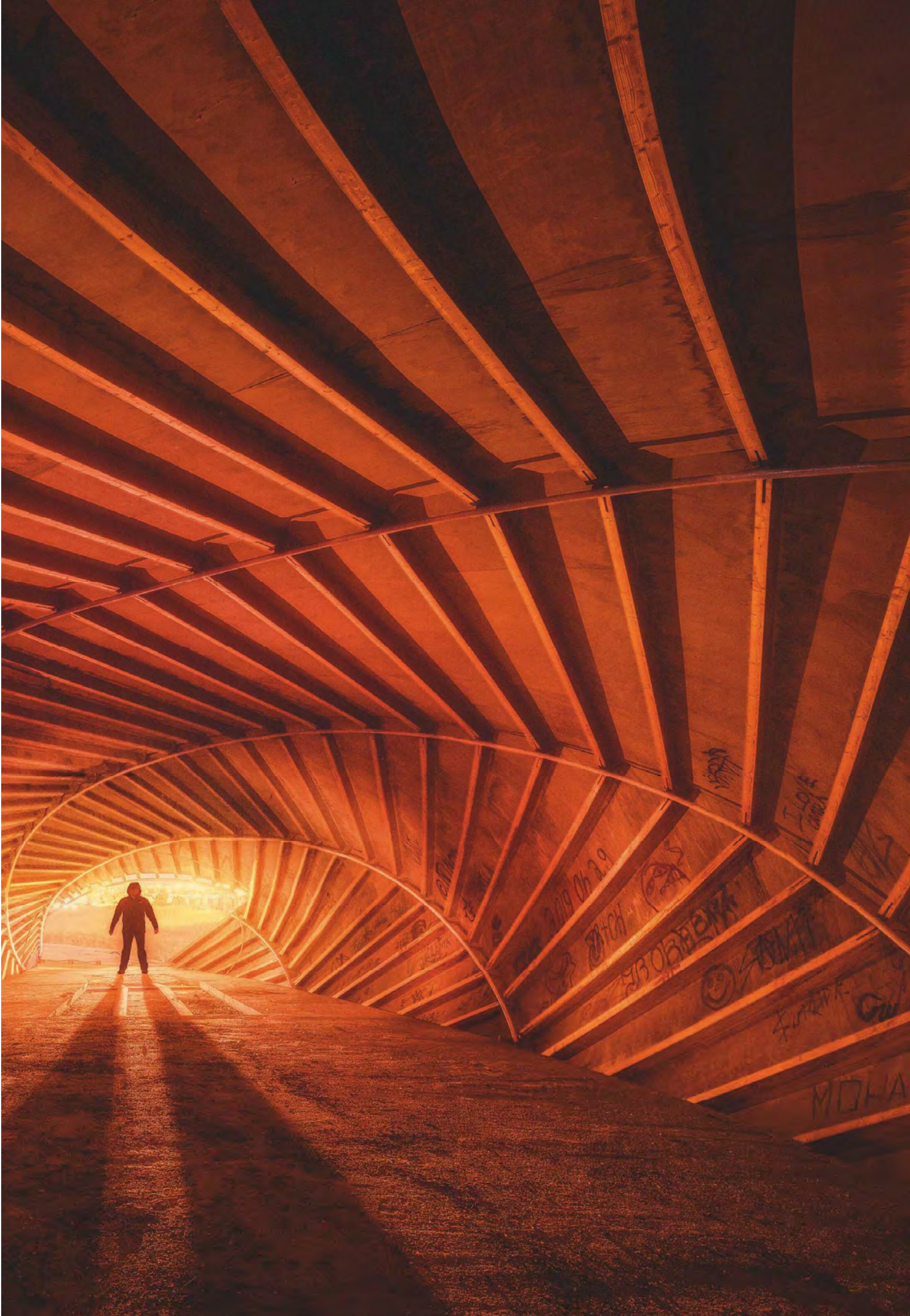
DIRECCIÓN GENERAL PARA
LA IGUALDAD REAL Y EFECTIVA
DE LAS PERSONAS LGTBI+

VISIONES

UNA CARACOLA OLVIDADA

Un transeúnte proyecta su sombra en el interior de La Caracola, una estructura helicoidal de madera diseñada por el prestigioso arquitecto japonés Toyo Ito que debía formar parte del Parque de Relajación de Torre Vieja, en Alicante, un balneario de lodos cuya construcción nunca llegó a culminarse debido a la mala planificación urbanística y a la crisis financiera de 2008, por lo que hoy la obra languidece en estado ruinoso.

FOTO: JUAN MARÍA COY VERGARA/GETTY IMAGES

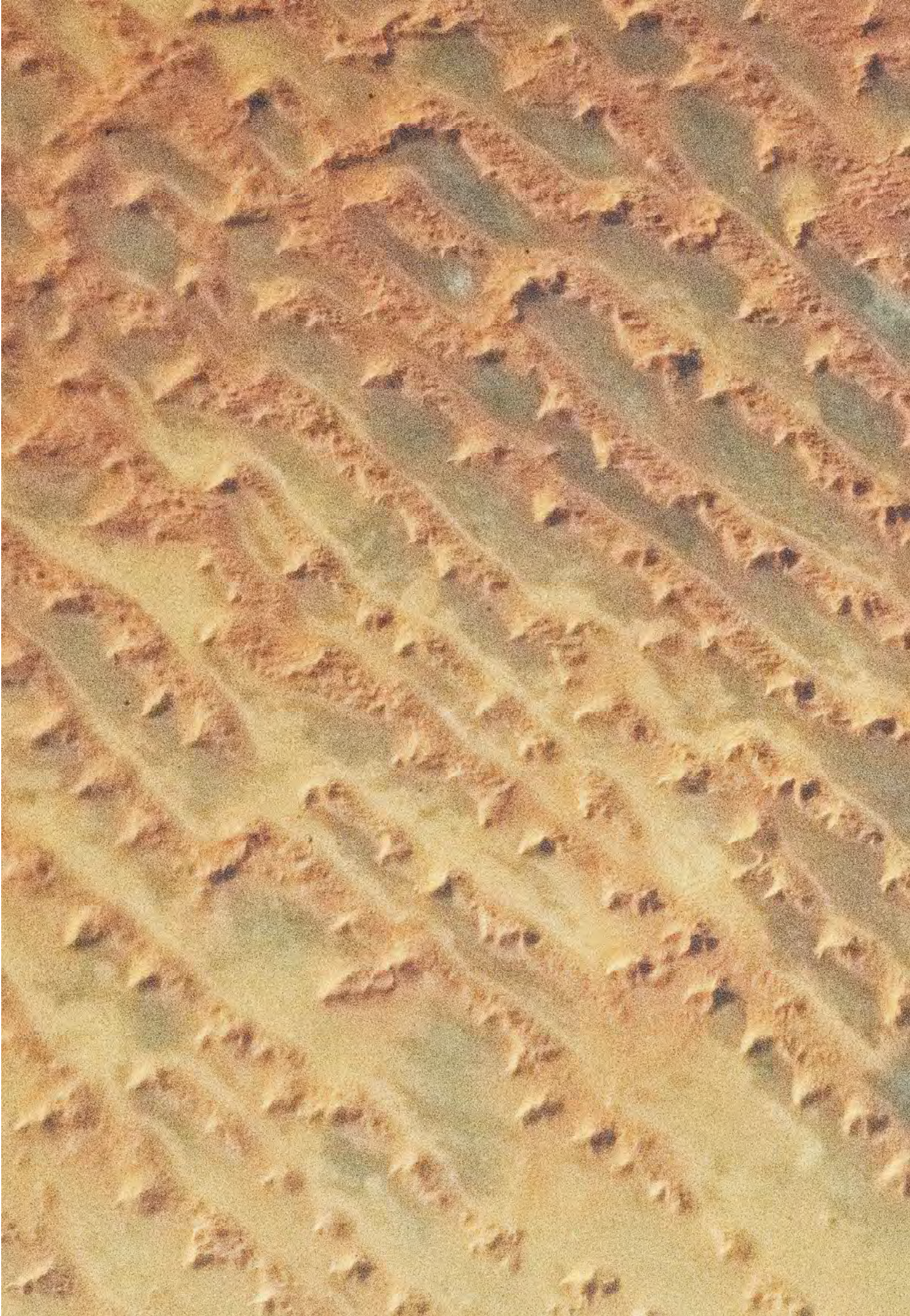




MAESTRAS DE LAS ACROBACIAS

Una libélula flecha roja (*Sympetrum sanguineum*) parece otear el horizonte desde lo alto de un tallo seco. Estos insectos odonatos poseen una particularidad: sus dos pares de alas pueden aletear de forma conjunta o por separado, lo que les confiere una extraordinaria habilidad para maniobrar en el aire. Son capaces de realizar giros bruscos e incluso volar hacia atrás.





The background of the entire page is a high-resolution aerial photograph of a desert. It shows a vast expanse of sand dunes that have formed into intricate, repeating star-like or hexagonal patterns across the landscape. The colors are warm, ranging from light tan to deep ochre and brown, with shadows that emphasize the three-dimensional structure of the dunes.

VISIONES

GEOMETRÍA VARIABLE

Esta fotografía tomada desde la Estación Espacial Internacional refleja la composición geométrica de un mar de arena en el desierto de Rub al-Jali, en la península arábiga. Las grandes formaciones arenosas como esta combinan diversos patrones de dunas: las lineales, formadas por fuertes vientos, y las que presentan forma de estrella, creadas por la acción del viento en múltiples direcciones.

FOTO: NASA

¿Con cuántas herramientas se fabrica una

GUIARRA PORTUGUESA?

Texto y fotografías de LUÍS QUINTA

NACIDO EN ALMADA, ciudad de la península de Setúbal, José «Casanova» Manuel Santos vive en Costa de Caparica, donde fabrica y repara guitarras desde hace siete años. Todas las semanas toca en casas de fado de la orilla sur del Tajo y en Lisboa, sobre todo en el célebre Bairro Alto. Su arte ebanista está especializado en la construcción artesanal de guitarras portuguesas de tipo Coímbra. Como muchos instrumentos de cuerda, este, desarrollado en el siglo XVIII a partir de la cítara, puede utilizar cinco o seis maderas distintas. Algunas partes del instrumento requieren maderas duras, densas y resistentes; otras necesitan maderas blandas, sin vetas y de buena resonancia. Para fabricar una guitarra hacen falta tiempo, grandes dosis de precisión y rigor, materiales de calidad y, sobre todo, un lutier capaz de combinar todos estos elementos con maestría.



②



①



1 MODELO COÍMBRA

El diseño de la caja difiere del tipo Lisboa en que el extremo del mástil tiene forma de lágrima, entre otros detalles. La imagen muestra el instrumento en su fase inicial.

2 ALICATE DE PUNTAS

Con este alicate adaptado se enrollan las cuerdas metálicas y se hacen los lazos de 10 vueltas que se fijarán al clavijero.

3 DIAPASÓN

La madera del diapasón suele ser dura (de ébano o palisandro) y exige rigor en la medición y construcción de las muescas en las que se asentarán los trastes, travesaños metálicos que estarán en contacto con las cuerdas.

4 CUERDAS

Se fijan 12 cuerdas metálicas con el mayor de los esmeros. Suelen ser de acero inoxidable.

5 FORMONES

Con ellos se hacen microajustes en las secciones de madera, que deben unirse sin huecos. También crean muescas para el taraceado, que puede decorar diversas zonas del instrumento.

6 CLAVIJERO

Pieza metálica en la que encajan los lazos de las cuerdas en el extremo superior del mástil. En ella se afina todo el cordaje de la guitarra.

7 SELLETA

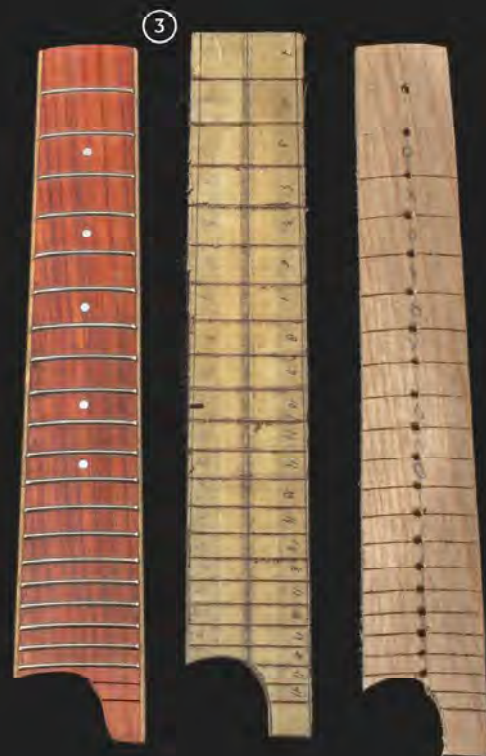
Pieza metálica en la que se fijan las cuerdas a la guitarra, en la base del instrumento.

8 PUENTE

Pieza de hueso (puede ser de vaca) sobre la que se apoyan las cuerdas, cerca de la boca de la guitarra. La altura de esta pieza puede modular el sonido.

9 TRASTES

El diapasón de una guitarra con más de 24 trastes requiere una medición milimétrica. Los trastes son de acero inoxidable o de níquel y suelen ir en rollos.



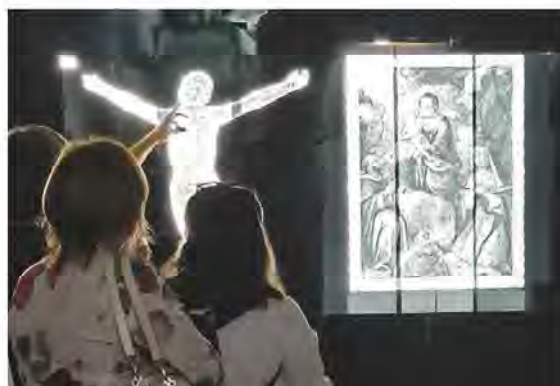


EXPERIENCIAS

VISITA AL EPICENTRO DE LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

CUANDO OBSERVAMOS UNA PINTURA, una escultura, una pieza arqueológica o los muros decorados de un monumento histórico, pocas veces reparamos en el trabajo que los investigadores del arte y restauradores han invertido para que esa obra se muestre en todo su esplendor, rescatada del olvido. En España, esta labor científica de recuperación recae en manos de los profesionales que integran el equipo técnico del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE), dependiente del Ministerio de Cultura.

En esta Experiencia National Geographic, un grupo de suscriptores tuvo el privilegio de visitar las instalaciones del IPCE en Madrid y conocer el trabajo de investigación, conservación y restauración que allí se realiza. La visita comenzó haciendo un recorrido por el edificio, obra de Fernando Higueras y Antonio Miró que combina el hormigón armado visto con la vegetación, conocido como «la corona de espinas» por su peculiar forma exterior. Identificar escenarios de series y películas rodadas allí provocó más de un *selfie*. Pero el verdadero asombro de los suscriptores llegó al entrar en los laboratorios donde los expertos radiografían pinturas y esculturas, restauran incunables, descifran inscripciones ocultas o devuelven la expresión a rostros de piedra de 2.500 años, como los del Turuñuelo, portada de *National Geographic España* en diciembre de 2024. El cierre de la visita tuvo lugar en la biblioteca circular: sin duda, la joya de esta corona.



La emblemática sede del IPCE alberga una extraordinaria biblioteca (arriba) con más de 50.000 volúmenes y 1.680 revistas especializadas. Durante su visita, los suscriptores pudieron observar las radiografías de dos obras de arte del Renacimiento (abajo).



Escanea este código para
conocer las Experiencias
National Geographic.

GRUÑIDOS DE AMOR EN LA OSCURIDAD

Texto de EVA VAN DEN BERG

TÍMIDO, ELUSIVO, corto de vista e incapaz de volar, el kiwi, endémico de Nueva Zelanda, abandona la madriguera cuando cae la noche para salir en busca de alimento: semillas, frutos y pequeños invertebrados que detecta incluso bajo tierra gracias a su superolfato. Una curiosidad: es la única ave con fosas nasales en la punta de su largo pico y, además, luce unos bigotes muy sensibles al tacto.

Habitantes de la oscuridad, el plumaje de estas aves no voladoras aproximadamente del

CONSERVACIÓN
En áreas protegidas y sin un control de depredadores, el 95% de los polluelos de kiwi muere por depredación.

OTROS DATOS
El kiwi pone huevos seis veces más grandes que los de las gallinas.

tamaño de una gallina no es en absoluto llamativo, y el canto tampoco es lo suyo. Por eso, a la hora de ligar, los machos, más que lucir palmito o cantar bellas serenatas de amor, optan por una estrategia muy extendida también en nuestra especie: la persistencia.

«Durante la época de cría, que tiene lugar entre junio y marzo, los meses en que el alimento es más abundante, los machos persiguen constantemente a las hembras emitiendo gruñidos sin parar —explica Michelle Impey, directora ejecutiva de Save the Kiwi, organización que lucha por la salvaguarda de la especie—. Como la hembra es más grande, el macho necesita su plena cooperación. Él le da golpecitos en el lomo y ella, si está predispuesta, se agacha estirando la cabeza hacia delante y apoyándola en el suelo. En ese momento el macho intenta encaramarse a su lomo, lo que no resulta nada fácil sin alas ni cola que le ayuden a mantener el equilibrio». Para no caerse, se sujeta a las plumas del lomo de «su chica» hasta que consigue la postura adecuada. Pero ellas son las que llevan la batuta: a veces, de pronto pierden el interés y se alejan, dejando al pobre macho tirado en el suelo como un fardo. Sin embargo, si el *match* tiene éxito, es probable que la pareja permanezca unida... hasta que la muerte los separe.



Existen cinco especies de kiwis. En la imagen, un ejemplar de kiwi norteño (*Apteryx mantelli*), habitante de la isla del Norte de Nueva Zelanda.



MARISMAS CON ALMA HUMANA

Oasis de biodiversidad

La organización Salarte trabaja en Andalucía para que las marismas recobren el esplendor de antaño y sean, de nuevo, un puntal ecológico y social.

Texto de EVA VAN DEN BERG
Fotografías de JUAN MARTÍN BERMÚDEZ

NOS HALLAMOS ENTRE marismas salineras, en pleno corazón del Parque Natural Bahía de Cádiz. A orillas del río Guadalete, en El Puerto de Santa María, se erige el antiguo molino de mareas El Caño, sede de uno de los mejores restaurantes del mundo: Aponiente. Aquí es donde el célebre «chef del mar» Ángel León, comprometido con la conservación del mar, hace sus creaciones gastronómicas aprovechando especies marinas históricamente descartadas, e incluso dando valor a otras nunca antes valoradas: microalgas, organismos bioluminiscentes, hierbas de la playa y hasta una gramínea acuática nutricionalmente muy prometedora, la zosterá marina, que el equipo de Aponiente ha estudiado en colaboración con la Universidad de Cádiz.

Las ideas de Ángel León se cocinan en el Laboratorio de Investigación Gastronómica del restaurante. En este lugar, bajo la supervisión del ambientólogo Juan Martín Bermúdez, coordinador de I+D y Medio Ambiente de Aponiente y autor de estas imágenes, se experimenta con todo tipo de productos procedentes del salvaje océano Atlántico y sus espacios intermareales. En especial, de las salinas artesanales, «ricos y amenazados ecosistemas donde se pescan camarones, langostinos, chocos, lenguados, albueros, doradas y lubinas, mientras cientos de flamencos, espátulas, cigüeñas

Juan Ariza, el Machaca, levanta una nasa de camarones en las salinas de Balbanera, Puerto Real, en el Parque Natural Bahía de Cádiz. Con 55 hectáreas de superficie, estas salinas artesanales han sido restauradas por Salarte.

*En sentido horario, desde
arriba a la izquierda*

ALGAR FRACTAL

Las comunidades de macroalgas de fondos blandos son claves para el funcionamiento global de los ecosistemas marinos. En los del Parque Natural Bahía de Cádiz se han identificado hasta 31 especies de macrófitos acuáticos.

BACTERIAS PINTORAS

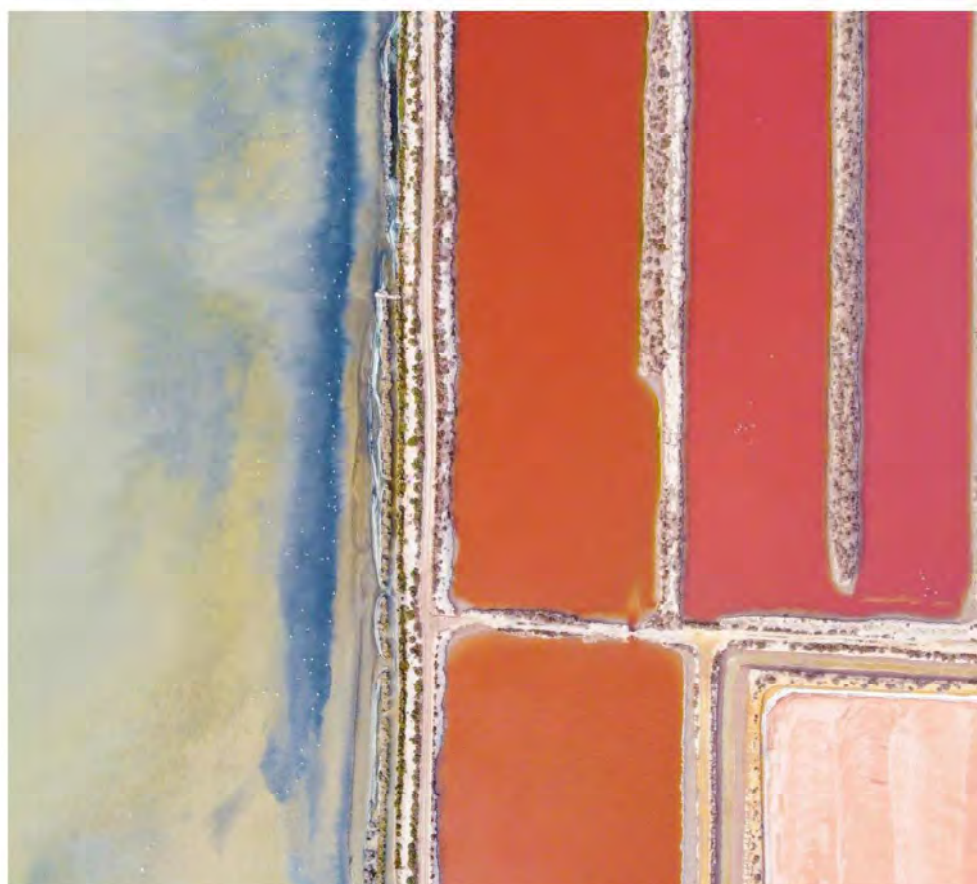
Los diferentes tonos de rojo generados por pigmentos orgánicos creados por organismos acuáticos decoran los cristalizadores en las salinas de La Tapa y Marivélez.

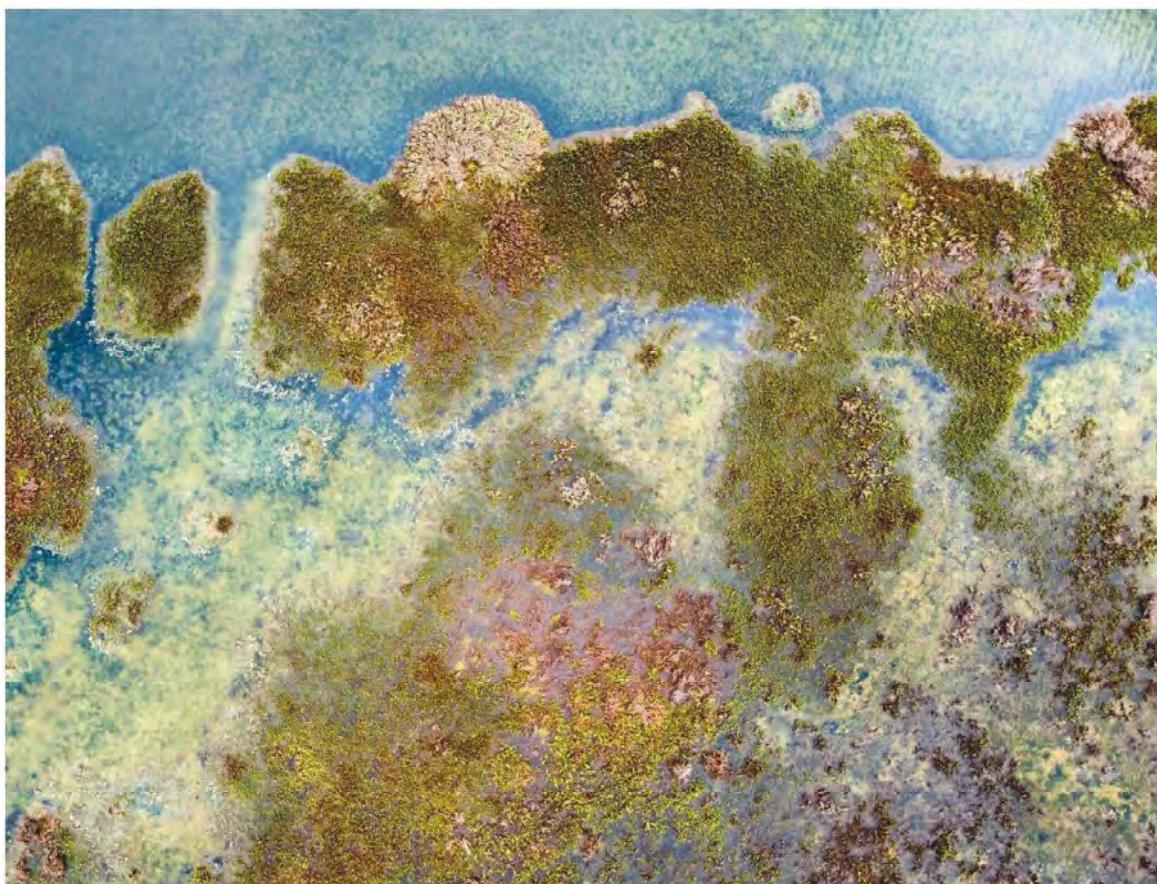
MARISMAS DE VIDA

Esta marisma gaditana forma parte del estuario del Guadalquivir, una reserva de pesca en la que se refugian y viven más de 150 especies acuáticas amenazadas.

SALINAS CENTENARIAS

El agua salada, o salmuera, circula por los serpentes y a continuación pasa a otros estanques menos profundos, donde la sal cristaliza. Los diminutos puntos blancos en el agua son flamencos comunes.







*En sentido horario, desde
arriba a la izquierda*

El pescador artesanal Francisco Romero, el Largo, lanza la atarraya en una reserva de las marismas del Guadalquivir. Una garza imperial descansa en las marismas de Trabujena. La amenazada cerceta pardilla alza el vuelo en unos esteros. Sobre estas líneas, ocaso en la Doñana gaditana.



negras, zarapitos, chorlitejos y charrancitos encuentran una fabulosa despensa, y zonas de cría, de alimentación y de descanso», explica.

Durante siglos la sal fue un producto valiosísimo para la conservación de los alimentos, y la bahía de Cádiz, un lugar geoestratégico para su comercio con América. Pero con la irrupción de la industria del frío, la sal fue dejando de ser esencial y su demanda fue decayendo. Hasta los años sesenta en estas marismas había alrededor de 160 salinas, hoy solo subsisten cinco.

Para recuperar estos tesoros naturales y la actividad económica y social que son capaces de sustentar, en 2012 Juan Martín fundó el Fondo para la Custodia y Recuperación de la Marisma Salinera, Salarte, que actúa en emblemáticos espacios naturales salineros. Entre ellos, tres situados en Andalucía: el Parque Natural Bahía de Cádiz, el Espacio Natural de Doñana y las marismas de Trebujena. «Las marismas son los ecosistemas más productivos del planeta, además de importantes sumideros de CO₂. Estas en concreto constituyen una auténtica "área de servicio" para las aves en la ruta migratoria del Atlántico Este», recalca. Las salinas, apunta, son uno de los pocos ejemplos de transformación del medio natural que redundan en un importante aumento de la biodiversidad. Sobre todo en los esteros, donde se da el primer embalsamiento de agua marina. Son zonas de aguas cálidas que, en palabras de Ángel León, constituyen «un *spa* marino y una auténtica *nursery* para la vida acuática».

Recuperarlas es bueno para la biodiversidad y también para que la gente de este territorio, que sufre una alta tasa de desempleo, pueda enraizarse de nuevo en estas tierras. Para ello, Salarte impulsa proyectos como MedArtSal y ST3ER, que fomentan la reactivación económica, social y medioambiental de salinas del ámbito mediterráneo, o la Alianza Marismas del Guadalquivir-Doñana, un esfuerzo de todos los sectores implicados en la restauración de las marismas y su aprovechamiento sostenible. Demos la importancia que se merecen a estos humedales salobres tan infravalorados, piezas clave de la economía azul.

CREEMOS QUE CUANDO
LAS PERSONAS ENTIENDAN MEJOR
EL MUNDO QUE HABITAMOS,
TOMARÁN MAYOR CONCIENCIA
SOBRE SU PROTECCIÓN.

NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE
ESPAÑA

GONÇALO PEREIRA ROSA
Director

ANA LLUCH Subdirectora

JOAN CARLES MAGRIÀ
Director de Arte

BÁRBARA ALIBÉS,
SERGI ALCALDE
Redacción

VÍCTOR ÁLVAREZ
Maquetación

MIREIA PLANELLES
Coordinación Editorial

JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ
Tratamiento de Imagen

CATERINA MILORO Directora
Editorial Divulgación

MÓNICA ARTIGAS
Subdirectora Área NG y Ediciones
Internacionales

OLIVER TAPIA Director Digital
www.nationalgeographic.com.es

ESTHER MOYANO
Revista Digital

SYLVIA ROIG
Coordinadora Experiencias NG

ASESORES

MARÍA TERESA ALBERDI PALEONTOLOGÍA

JUAN LUIS ARSUAGA PALEOANTROPOLOGÍA

EUDALD CARBONELL ARQUEOLOGÍA

CARMEN HUERA ETNOLOGÍA

ALBERT MASÓ
ENTOMOLOGÍA Y VERTEBRADOS

JOAN PINO BOTÁNICA

MANUEL REGUEIRO GEOLOGÍA

VÍCTOR REVILLA HISTORIA ANTIGUA

ELOÍSA RODRÍGUEZ VIDA MEDICINA

JOANDOMENEC ROS ECOLOGÍA

ADOLFO DE SOSTOA ICTIOLOGÍA

TRADUCTORA

EVA ALMAZÁN

COLABORADORES DE ESTE NÚMERO
EVA VAN DEN BERG

RBA BRANDS

ENRIQUE BLANC, CEO

ARIADNA HERNÁNDEZ FOX, Directora General

SERAFÍN GONZÁLEZ, Director de Negocio Digital

MADRID, NORTE Y ANDALUCÍA

ARANTXA SÁNCHEZ, Directora de Oficina

ADRIÁN GARCÍA DE MANUEL, Subdirector de
Publicidad

BEGONA LLORENTE, Subdirectora de Publicidad

YOLANDA TRIGUEROS, Coordinadora de Publicidad

C/ López de Hoyos, 141 28002 Madrid
Tel. 915 10 66 00

BARCELONA Y LEVANTE

ANA GEA, Directora de oficina

MÓNICA MONGE, Directora de Publicidad Barcelona

PALOMA CAMPOS, Directora de Publicidad Levante

IVANA STELMASZEWSKI, Coordinadora de
Publicidad

Av. Diagonal, 189 08018 Barcelona
Tel. 934 15 73 74

ATENCIÓN AL CLIENTE

suscripciones@rba.es
910 920 129

Distribución: LOGISTA PUBLICACIONES
Impresión-Encuadernación:

ROTOCOBRI, S.A.
Depósito legal: B-333 67-1997

ISSN 1138-1434
ISSN edición digital 2604-6156
Printed in Spain - Impreso en España
Edición 10-2025

Copyright © 2025 National Geographic Partners, LLC.
Todos los derechos reservados. National Geographic
y Yellow Border: Registered Trademarks® Marcas
Registradas. National Geographic declina toda
responsabilidad sobre los materiales no solicitados.

Difusión controlada por



NATIONAL GEOGRAPHIC CONTENT

PRESIDENT: Courteney Monroe

EVP & GENERAL MANAGER: David Miller

EDITOR IN CHIEF: Nathan Lump

HEAD OF VISUALS: Soo-Jeung Kang

HEAD OF CREATIVE: Paul Martinez

HEAD OF DIGITAL: Alissa Swango

INTERNATIONAL EDITIONS

EDITORIAL DIRECTOR: Amy Kolczak

INTERNATIONAL EDITIONS EDITOR: Leigh Mitnick

PRODUCTION EDITOR: Ariana Pettis

EDITORS

ALEMANIA: Werner Siefert

BULGARIA: Tatiana Grigorova

CHINA: Tianrang Mai

COREA: Junemo Kim

ESLOVENIA: Marija Javornik

ESPAÑA Y PORTUGAL: Gonçalo Pereira

FRANCIA: Frédéric Vallois

GEORGIA: Ketevan Chumburidze

HUNGRÍA: Tamás Vitray

INDONESIA: Didi Kaspi Kasim

ISRAEL: Miri Friedman

ITALIA: Marco Cattaneo

JAPÓN: Shigeo Otsuka

KAZAJISTÁN: Yerkin Zhakipov

LATINOAMÉRICA: Alicia Guzmán

LENGUA ÁRABE: Hussain AlMoosawi

LITUANIA: Frederikas Jansonas

PAÍSES BAJOS/BÉLGICA: Robert Vermue

POLONIA: Agnieszka Franus

REPÚBLICA CHECA: Tomáš Tureček

TAIWÁN: Yungshih Lee

THAILANDIA: Kowit Phadungruangkij

Copyright © 2024 National Geographic Partners, LLC.
Todos los derechos reservados. National Geographic y
Marco Amarillo: ® Marcas Registradas.

RBA REVISTAS

Licenciataria de
NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS, LLC.

RICARDO RODRIGO Presidente

JOAN BORRELL Director General Corporativo

AUREA DÍAZ Directora General de Contenidos

BERTA CASTELLET Directora de Marketing
y Comercial

SUSANA GÓMEZ MARCULETA Directora Editorial

JORDINA SALVANY Directora creativa

JOSEP OYA Director General de Operaciones

RAMÓN FORTUNY Director de Producción

© RBA REVISTAS, S.L. 2024

Reservados todos los derechos. Queda prohibida la
reproducción, almacenamiento en cualquier medio o
soporte, distribución, comercialización y comunicación
pública de la presente publicación, su transformación
total o parcial, así como la de sus textos, dibujos,
fotografías, portada, marca y cualquier contenido.
La prohibición alcanza también a cualquier uso de
los contenidos relativos a la denominada inteligencia
artificial. Tampoco se pueden utilizar para recopilaciones,
reseñas, revistas de prensa o citas, sin la autorización
expresa y por escrito de la titularidad de la revista.

La infracción de cualquier derecho sobre la presente
publicación, titularidad de RBA REVISTAS S.L., será
perseguida siguiendo las leyes aplicables y se exigirá
a los infractores la imposición de las sanciones civiles
y/o penales establecidas en la normativa vigente,
y las indemnizaciones que correspondan.



LA SOPA DE PLÁSTICO y el momento de actuar

GONÇALO PEREIRA ROSA

LAS GRANDES CAMPAÑAS ambientales a veces nacen de una combinación improbable. En 1997, el capitán Charles J. Moore avistó una gran mancha de basura en el Pacífico Norte. Quedó tan impresionado que acuñó un término inolvidable: «isla de plástico». En 2008, la productora de televisión holandesa Maria Westerbos oyó hablar por primera vez de esa sopa flotante en el océano: todo el plástico producido hasta entonces seguía existiendo de una forma u otra, ya que es un material que nunca se degrada por completo. Eso la impactó hasta tal punto que dejó la televisión y en 2011 fundó Plastic Soup Foundation, una organización que comenzó su andadura en la mesa de su cocina.

La primera campaña fue Beat the Microbead, sobre las minúsculas partículas plásticas usadas como ingrediente oculto en productos de cuidado personal, como el dentífrico. Tuvo tanto éxito que la Unión Europea ha prohibido la adición de microplásticos en cosméticos, productos de limpieza y pinturas. En 2016 la atención se centró en nuestra salud: ¿nos enferma el

plástico? Desde entonces se han acumulado las evidencias científicas de que así es.

Hace unas semanas hablé con Robbert Meulenveld, actual director de la fundación, un hombre elocuente y con una fe inquebrantable en la ciencia. Me comentó que uno de sus «descubrimientos» más inquietantes fue un artículo científico que sugería que las partículas de plástico dañan nuestras células cerebrales y podrían provocar enfermedades como la demencia y el párkinson. «Debemos pues considerar el efecto del plástico y sus componentes químicos en nuestro cuerpo como una de las mayores crisis sanitarias de nuestro tiempo —afirmó—. Pero seguimos produciendo cada vez más plásticos desechables y envenenando nuestro mundo. Los humanos somos la única especie de este planeta que contamina su propio nido y envenena a sus hijos».

La imagen de un bebé de plástico que ilustra la portada de este mes ofrece una alegoría inquietante a este problema. Tenemos que cerrar el grifo al plástico lo antes posible. Es urgente actuar ya.



Micro y nanoplásticos invaden la naturaleza, también nuestro organismo. ¿Hasta qué punto representan estos residuos un peligro para la salud?

Plástico



El término «microplástico» fue acuñado en 2004 por el investigador británico Richard Thompson. Hoy sabemos que esas partículas a las que en un principio no se prestaba atención están presentes en la cadena trófica y que los fragmentos más pequeños son los más peligrosos para la salud.

FOTO: PETER DAZELEY/GETTY IMAGES

Texto de
EVA VAN DEN BERG

en el cuerpo



Basura fuera de control

A bordo de pequeñas embarcaciones, unos voluntarios recogen plásticos en el Citarum, uno de los ríos más contaminados del planeta, a su paso por Batujajar, en la provincia indonesia de Java Occidental. El Citarum, vía de transporte en la isla y vertedero de residuos fabriles, provee de agua a unos 25 millones de personas. Indonesia es uno de los países del mundo que más contamina los océanos. Pese a las iniciativas privadas y a que el Gobierno anunció hace unos años un ambicioso plan para reducir la contaminación por plásticos, la situación no ha cambiado mucho.

FOTO: TIMUR MATAHARI/GETTY IMAGES



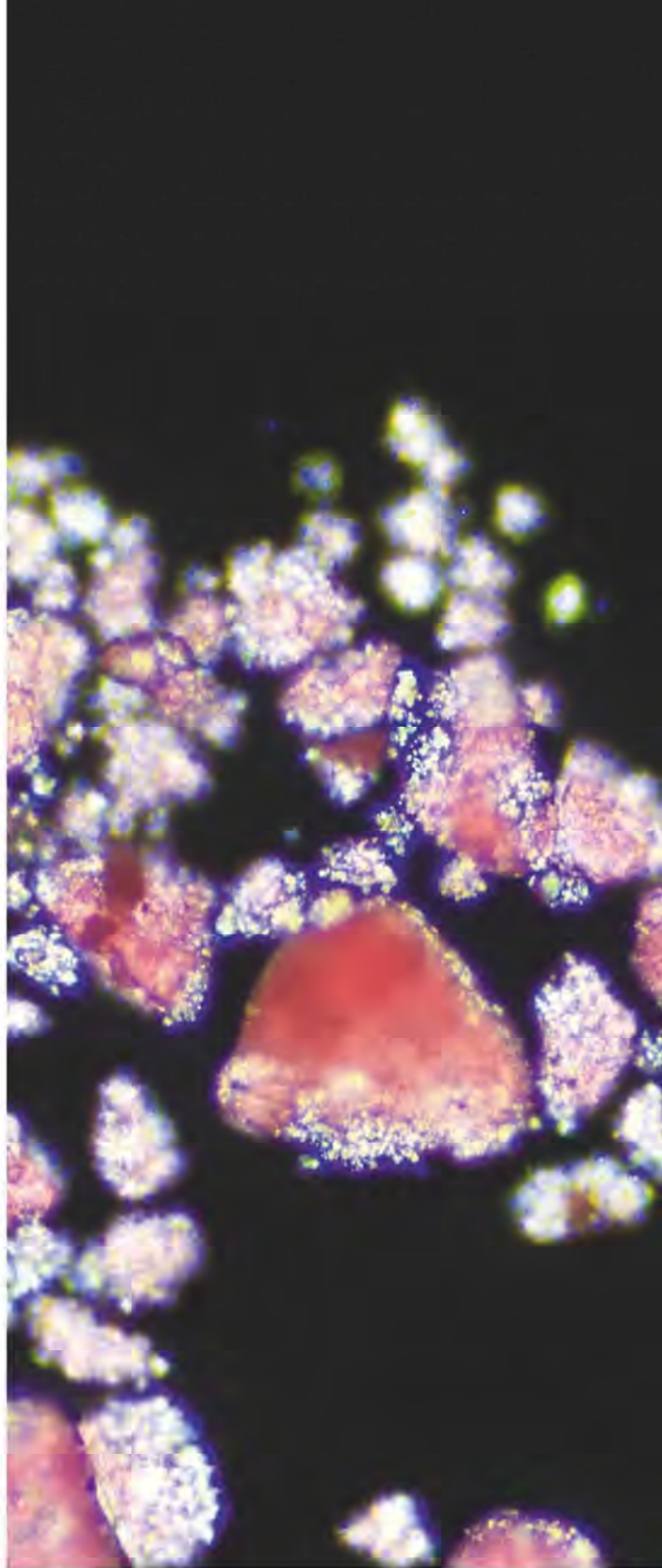
E

ES UN HECHO INCONTESTABLE: la contaminación plástica supone una grave amenaza para la salud humana. Los microplásticos, partículas que miden menos de cinco milímetros de tamaño, y los nanoplásticos, inferiores a una micra, contaminan todos los ecosistemas del planeta, desde el océano hasta el aire que respiramos. Ya han penetrado en la cadena trófica y se hallan en el organismo de multitud de especies, también en el nuestro, como era de esperar. ¿Qué consecuencias tiene para la salud humana esta contaminación masiva y omnipresente? La comunidad científica trabaja a toda velocidad para encontrar respuestas. Pero el tema es complejo: existe una gran variedad de formas y tamaños de microplásticos y están hechos de distintos polímeros. Además, contienen miles de aditivos y sustancias químicas, muchas de las cuales ni siquiera sabemos cuáles son. Y los fragmentos más diminutos, los nanoplásticos, son muy difíciles de detectar.

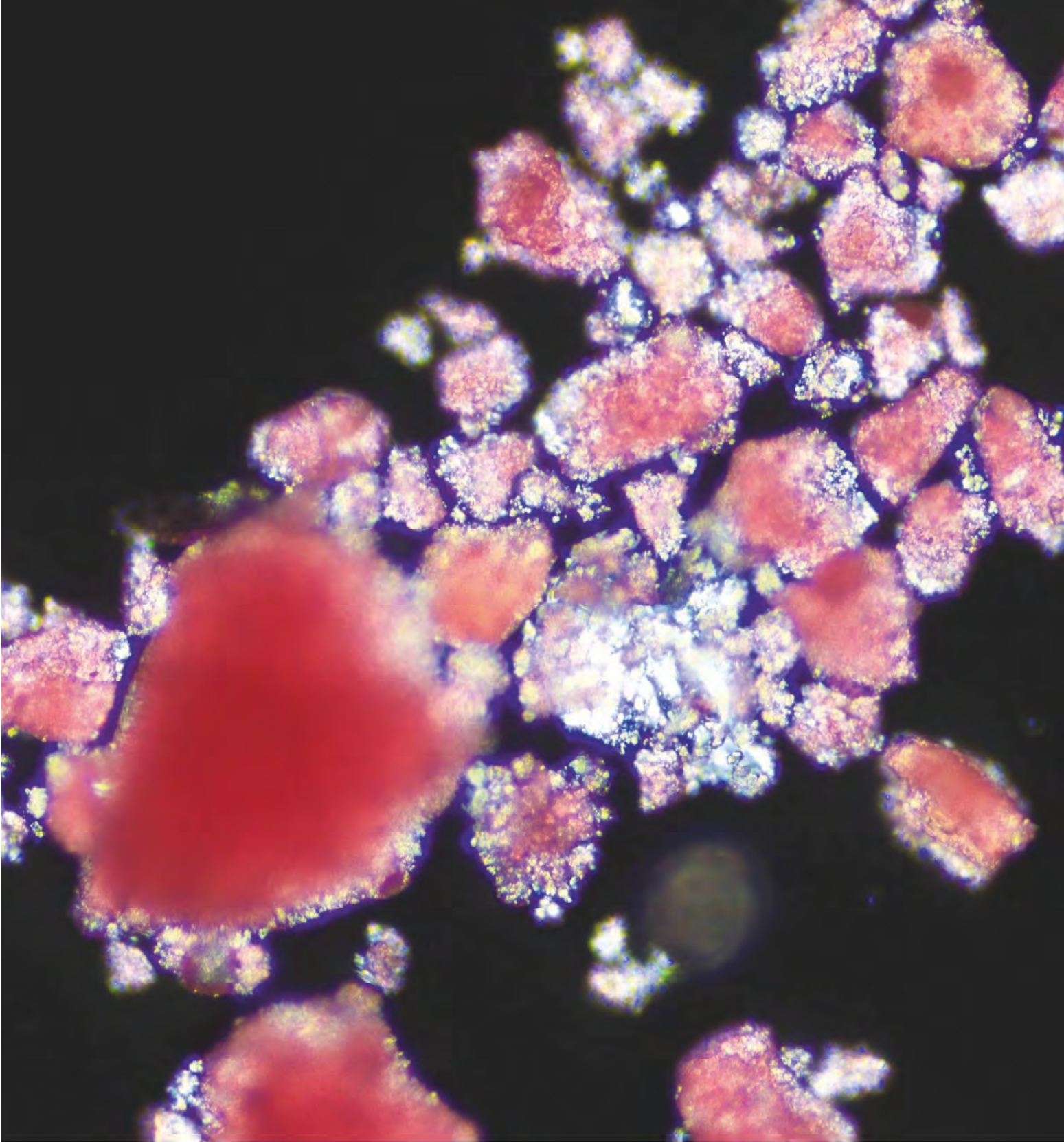
Aunque aún falta mucho camino por recorrer, ya sabemos cosas relevantes. Según un estudio de la Universidad de Leeds, en Inglaterra, publicado recientemente en *Nature*, cada año arrojamos al medio ambiente unos 52 millones de toneladas de productos plásticos. Con el tiempo, estos residuos se van fragmentando en millones de millones de partículas cada vez más pequeñas y, ya sea por inhalación, ingestión o contacto dermatológico, penetran en nuestro cuerpo. Algunas, las más minúsculas, tienen la capacidad de traspasar las diversas barreras defensivas, alcanzan el torrente sanguíneo y se diseminan por los intestinos, el hígado, los riñones, la vejiga, los pulmones, el corazón, el esperma, la placenta...

También llegan al cerebro. Otro estudio científico, este liderado por la Universidad de Nuevo México, señala que pueden colonizarlo a través de la circulación de la sangre o bien migrando desde la cavidad nasal a través del nervio olfativo.

FOTO: SINCLAIRSTAMMERS/SPL/ALBUM



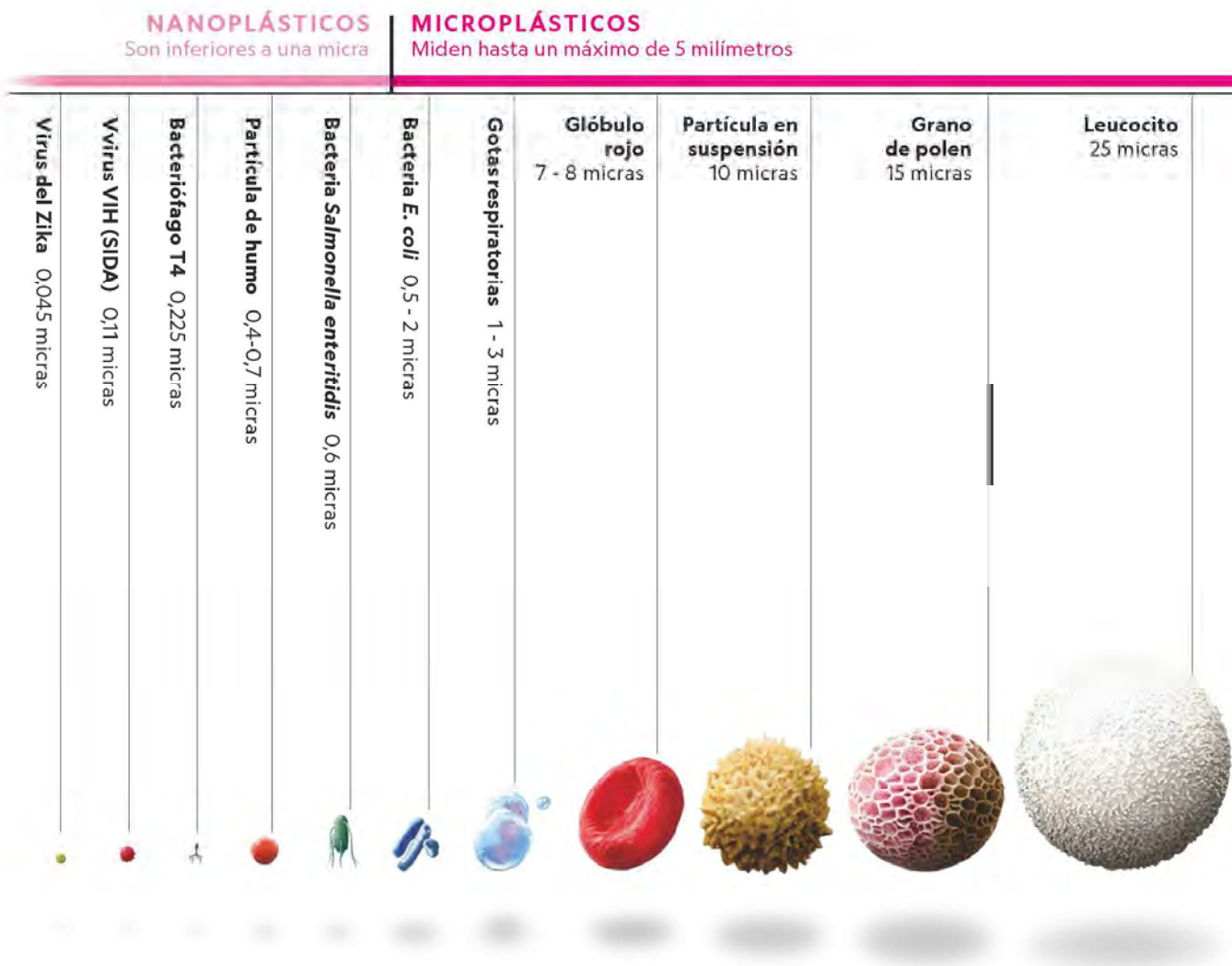
Micrografía de una gota de agua de mar repleta de partículas plásticas que se acumulan en los océanos, lagos y ríos y penetran en la cadena trófica. Los animales marinos, desde el plancton hasta las ballenas, ingieren estos residuos de forma habitual, ya sea por filtración, por confundirlos con su alimento o por hallarse en las presas que consumen.



Tras examinar muestras de 52 cerebros de personas fallecidas en 2016 y en 2024 se constataron varias cosas: una, que la acumulación de partículas plásticas, en su mayoría de polietileno, era un 50 % superior en las muestras más recientes. Dos, que todas albergaban entre siete y 30 veces más microplásticos y nanoplásticos (englobados bajo la siglas MNPL) que las muestras de hígado

y de riñón de esos mismos individuos. Y tres: que los niveles de MNPL eran entre tres y cinco veces superiores en los 12 cerebros de las personas diagnosticadas de demencia.

Mientras la ciencia se apresura para conseguir evidencias, los expertos ya dan por sentado que estamos ante un grave problema de salud pública de escala planetaria.



A medida que el tamaño de las partículas de los residuos plásticos se reduce, su potencial para causar daños en la salud aumenta. Los nanoplásticos, denominación que engloba los fragmentos que miden menos de una micra, tienen la capacidad de penetrar en el interior de las células, lo que podría causar múltiples disfunciones orgánicas, como están investigando numerosos estudios científicos.

ILUSTRACIÓN: ANYFORMS

CUANDO EL PLÁSTICO IRRUMPIÓ en nuestras vidas, el mundo entero consideró que habíamos creado un material de lo más maravilloso y ecológico. El exitoso invento llegó para sustituir a muchas materias primas naturales y, en un primer momento, permitió además que se dejara de masacrar animales. Como los elefantes, cuyos colmillos de marfil eran la materia prima perfecta para las demandadas bolas de billar. En 1867 el *New York Times* publicaba que solo en Ceilán se habían matado en tres años más de 3.500 animales para este fin. O las tortugas carey, abatidas indiscriminadamente por su caparazón para fabricar peines y otros muchos objetos.

Un «repaso exprés» por la historia de la expansión del plástico nos retrotrae a 1858, año en el

Cuanto más pequeños, más peligrosos

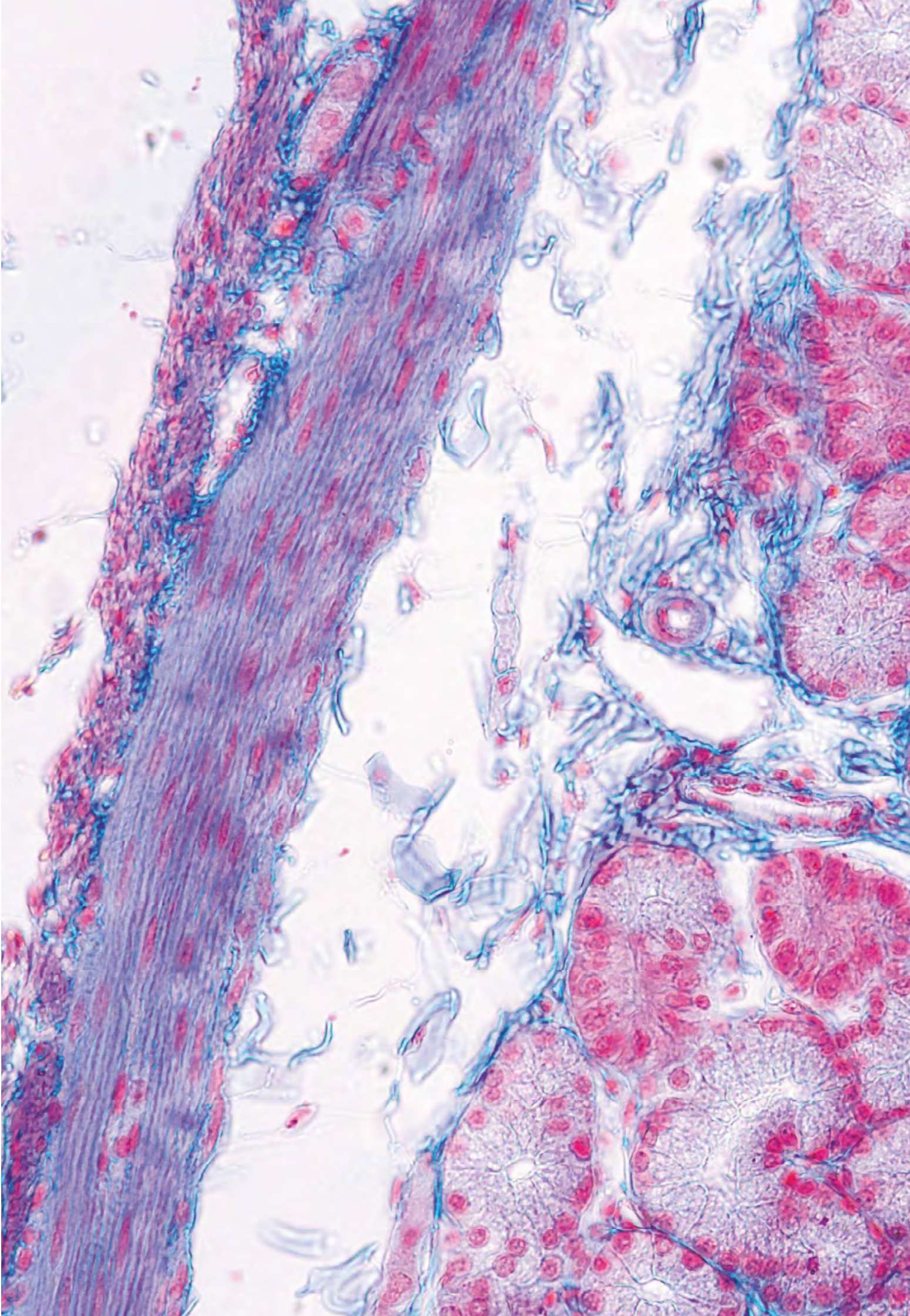
La ilustración muestra los diferentes tamaños de micropartículas que nos son familiares. Sus dimensiones permiten visibilizar el tamaño de los microplásticos que ingerimos o inhalamos.

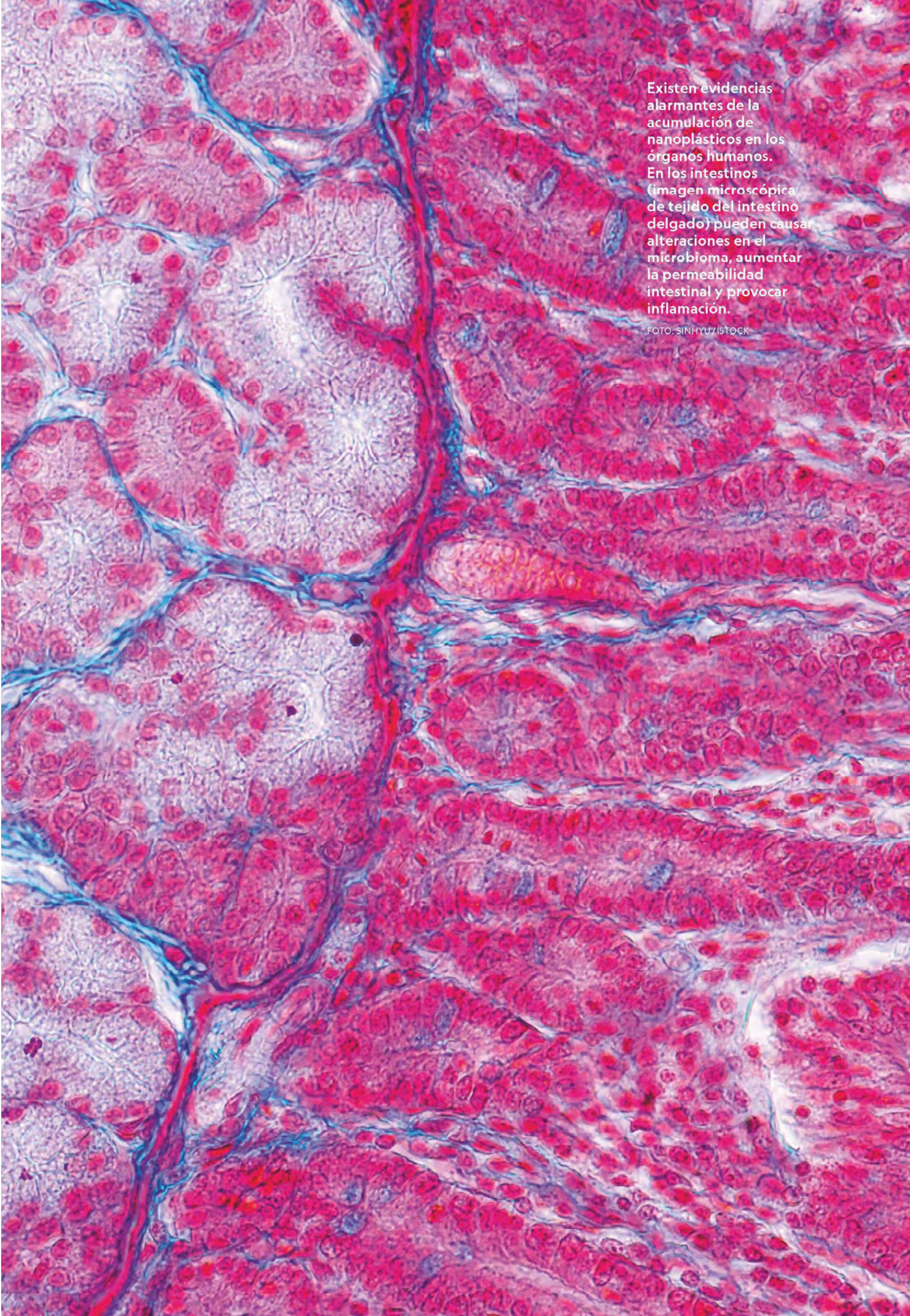


que Michael Phelan, fabricante y propietario de varias salas de billar en Nueva York, publicaba un libro donde explicaba cómo debían ser las bolas usadas en este deporte de precisión. Pero había un problema, decía, eran terriblemente caras: un colmillo de elefante proporcionaba marfil para fabricar un promedio de tan solo cuatro o cinco bolas de billar. «Si algún genio de la inventiva descubriera un sustituto del marfil que poseyera las cualidades que lo hacen valioso para el jugador de billar, se haría con una buena fortuna y se ganaría nuestra más sincera gratitud», auguraba Phelan.

La historia cuenta que en 1863 él mismo ofreció 10.000 dólares a quien lo lograra, y un entusiasta inventor, John Wesley Hyatt, se puso a ello.

Tras años de experimentos y fracasos, Hyatt acabó optando por una mezcla de nitrocelulosa y alcanfor (de la que ya existían algunos precedentes como la parkesina), y funcionó. El nuevo material plástico, llamado celuloide, se fue perfeccionando hasta sustituir tanto al marfil como al carey. Un folleto publicitario de la empresa que creó Hyatt decía: «Así como el petróleo vino en ayuda de la ballena –refiriéndose a los tiempos, antes del petróleo, en que las lámparas se alimentaban de aceite de ballena–, el celuloide ha dado al elefante, a la tortuga y al insecto coral –aludía a los pólipos de los corales– un respiro en sus hábitats naturales; y ya no será necesario saquear la Tierra en busca de sustancias cada vez más escasas».





Existen evidencias alarmantes de la acumulación de nanoplasticos en los órganos humanos. En los intestinos (imagen microscópica de tejido del intestino delgado) pueden causar alteraciones en el microbioma, aumentar la permeabilidad intestinal y provocar inflamación.

FOTO: SINHYU/ISTOCK

Cómo nos afectan los microplásticos

Las evidencias científicas se han ido acumulando desde 2018, cuando un estudio de la Universidad Médica de Viena documentó por primera vez la presencia de microplásticos en el cuerpo humano. Desde entonces, cientos de estudios han confirmado la intrusión de estos materiales en numerosos órganos humanos, pero sus efectos a largo plazo aún no están claros.

VÍAS DE ACCESO

Las dos principales vías de entrada de los microplásticos en el cuerpo humano son la inhalación y la ingestión, pero también se cree que la absorción cutánea, la translocación placentaria y la vía oral indirecta son puertas de entrada para estas partículas. ¿Cómo funciona cada vía?

1. Inhalación

Las partículas pequeñas viajan por el aire y pueden inhalarse fácilmente a través de fuentes de contaminación atmosférica (en el caso de los plásticos en descomposición), del polvo (en el caso de las microfibras) o incluso por exposición ocupacional en entornos industriales.

2. Ingestión

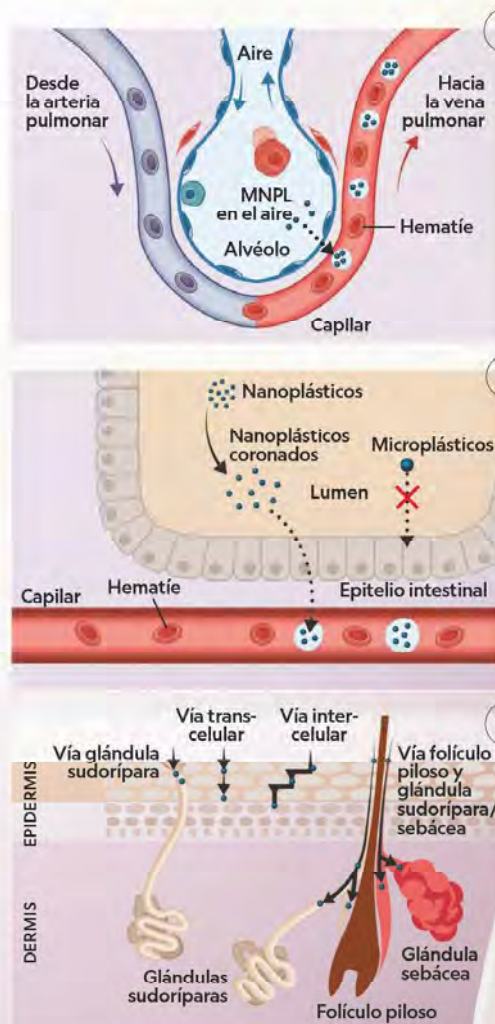
Los microplásticos pueden ingerirse a través de los alimentos y el agua. Los peces ingieren partículas de plástico en su entorno marino o fluvial. Los alimentos procesados pueden incorporar partículas plásticas durante su elaboración.

3. Absorción cutánea

Pueden asimilarse a través de cosméticos y otros productos de cuidado personal.

4. Translocación placentaria

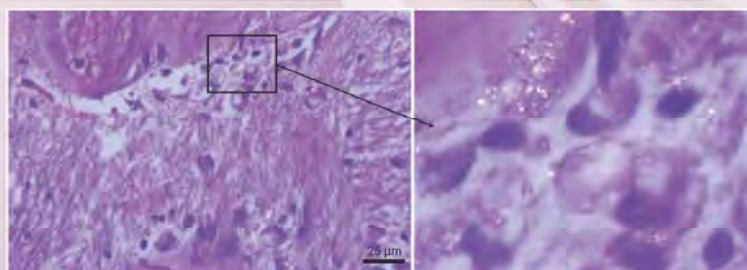
Algunos estudios apuntan a que los microplásticos presentes en la sangre materna pueden alcanzar el feto a través de la placenta.

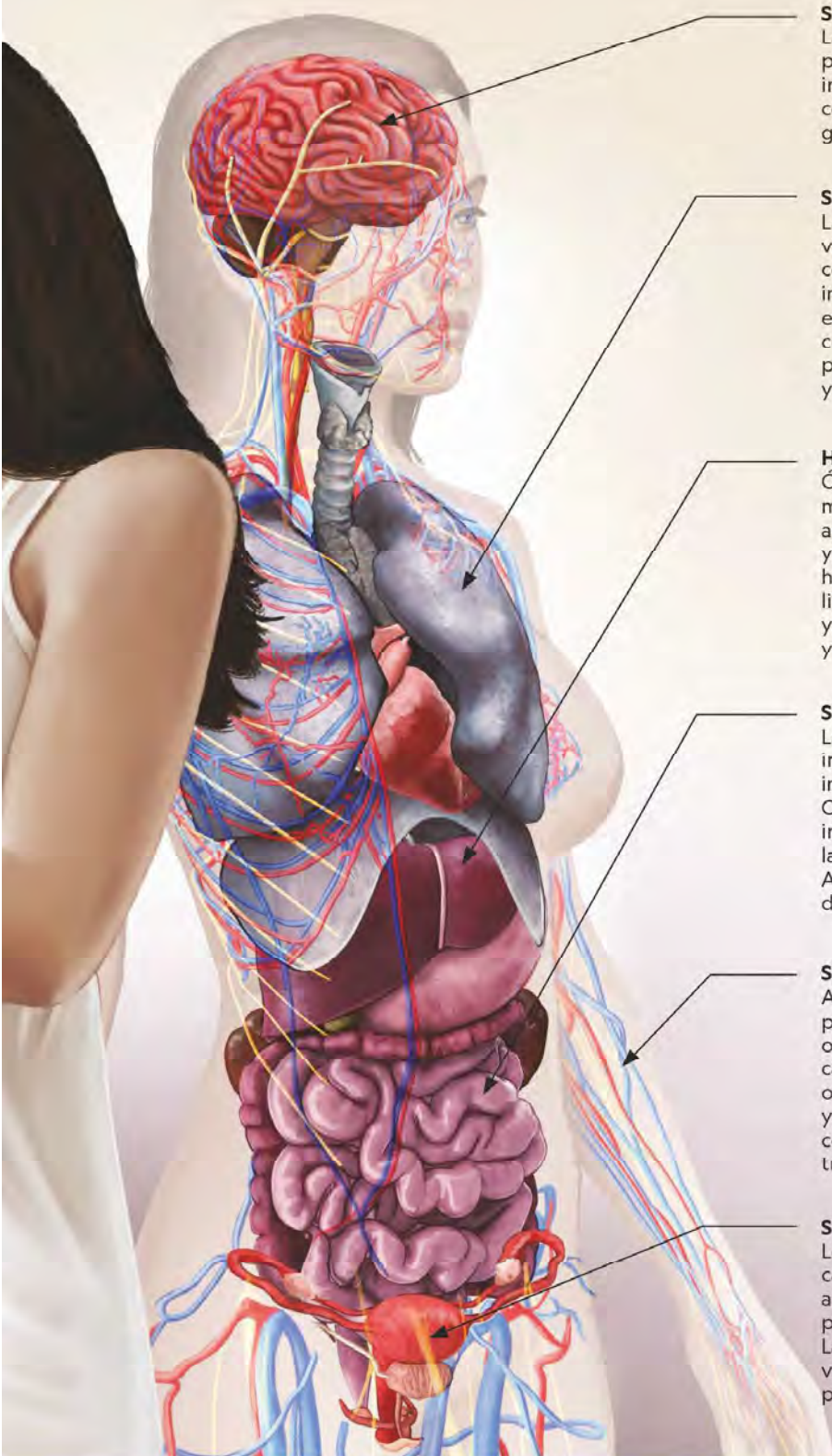


LAS PRIMERAS EVIDENCIAS

El primer estudio

Philipp Schwabl y sus colegas publicaron un estudio sobre microplásticos en el cuerpo humano en 2018: las muestras fecales de ocho personas de diferentes partes del mundo contenían partículas de polipropileno, polietileno o tereftalato de polietileno. En 2024, Alexander J. Nihart y sus colegas mostraron las primeras evidencias de bioacumulación de microplásticos en el cerebro humano de personas fallecidas.





Sistema nervioso

La presencia de microplásticos en el cerebro podría producir inflamación neurogénica, induciendo inflamación en el sistema nervioso central y el riesgo de enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer o el Parkinson.

Sistema respiratorio

La inhalación puede causar inflamación en las vías respiratorias. Las micropartículas actúan como cuerpos extraños que activan las células inflamatorias en los pulmones. Otro efecto es el estrés oxidativo, responsable de enfermedades crónicas como la bronquitis. También son posibles el engrosamiento del tejido pulmonar y la degradación de la función respiratoria.

Hígado y riñones

Órganos esenciales para filtrar toxinas y metabolitos, la acumulación de microplásticos afecta la metabolización de sustancias tóxicas y reduce la capacidad de filtrado. También se han sugerido alteraciones en el metabolismo lipídico, que causarían resistencia a la insulina y enfermedades como la diabetes de tipo 2 y el hígado graso.

Sistema digestivo

La ingestión de microplásticos puede causar inflamación en el tracto gastrointestinal, irritando las células y afectando la microbiota. Otra hipótesis postula alteraciones del sistema inmunitario intestinal, que pueden provocar la enfermedad de Crohn o la colitis ulcerosa. A largo plazo pueden causar cáncer o desequilibrios hormonales.

Sistema circulatorio

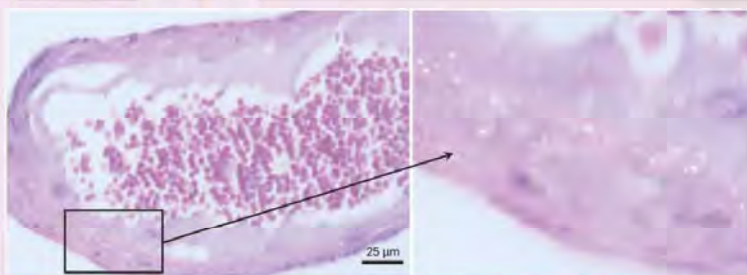
Al entrar en el torrente sanguíneo, los plásticos pueden causar inflamación y estrés oxidativo, factores asociados a enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares o hipertensión. Al interactuar con los leucocitos y los hematíes del torrente sanguíneo, comprometen la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y combatir infecciones.

Sistema reproductivo

Los componentes químicos del plástico pueden causar desequilibrios hormonales, que afectan a los estrógenos y a la testosterona y originan problemas de fertilidad en hombres y mujeres. Las funciones ovárica y testicular también pueden verse afectadas. Durante el embarazo, pueden presentarse problemas en el desarrollo fetal.

Imágenes perturbadoras

Las imágenes del estudio de Nihart, de la Universidad de Nuevo México, se basan en el índice de refracción de los polímeros, el cual revela inclusiones de polímeros en el cerebro, con mayor presencia en casos de demencia, en especial en regiones con una acumulación notable de células inmunitarias (a la izquierda, con su ampliación) y a lo largo de las paredes vasculares (a la derecha).





Micrografía electrónica de barrido (MEB) con falso color de un corte transversal de una arteria muscular. Los nanoplásticos pueden provocar una reducción del flujo sanguíneo y aumentar el riesgo de infarto de miocardio y accidente cerebrovascular.

FOTO: STEVE GSCHMEISSNER / SRI / GETTY IMAGES



La periodista y escritora Susan Freinkel relata en su libro *Plástico, un idilio tóxico*: «El celuloide apareció en un momento en el que Estados Unidos dejaba de ser una economía agraria para convertirse en una economía industrial. Si antes cultivábamos y preparábamos nuestros alimentos y nos hacíamos la ropa, ahora cada vez comíamos, bebíamos, vestíamos y usábamos más artículos fabricados en serie. Cada vez estábamos más cerca de convertirnos en un país de consumidores». Fue una expansión sin precedentes, en especial a partir de que en 1907 Leo Baekeland inventase la baquelita, el primer plástico completamente sintético, moldeable y superresistente. Luego fueron surgiendo otros muchos plásticos sintéticos, muchísimos, altamente dependientes del petróleo, su principal materia prima. Los plásticos, añade Freinkel, «nos liberaron de los confines del mundo natural, de las limitaciones materiales y de la escasez de recursos que durante tanto tiempo habían constreñido la actividad humana. Esa nueva flexibilidad también difuminó las fronteras sociales. La llegada de aquellos materiales tan maleables y versátiles proporcionó a los productores la capacidad de crear un sinfín de nuevos productos, a la vez que ampliaba las oportunidades para que las personas de medios modestos se convirtieran en consumidores».

Tal euforia llevó a la revista *Life* a publicar en agosto de 1955 un artículo titulado «La vida de usar y tirar», ilustrado con la imagen de una familia que posa sonriente y feliz bajo una lluvia de artículos de plástico para el hogar. «Se tardaría 40 horas en limpiar todos los objetos que vuelan por el aire –reza el pie–. Pero ninguna ama de casa tiene que preocuparse: todos están pensados para desecharse después de usarlos». El reinado del plástico de un solo uso quedó inaugurado y, con él, un consumismo desenfrenado.

EMPEZAMOS A PREOCUPARNOS realmente por las consecuencias de esa proliferación de residuos perennes ya en la década de 1960, cuando comenzaron a darse voces de alarma ante las primeras acumulaciones masivas en playas y océanos. Plásticos y más plásticos que, por la acción de la radiación solar, la lluvia y el viento, se descomponen en fragmentos cada vez más

pequeños que se dispersan por los lugares más insospechados. El primero en constatarlo fue el biólogo Ed Carpenter, quien en 1972 publicó en *Science* lo que había avistado en pleno mar de los Sargazos: miles de partículas de plástico flotando en el océano a más de 800 kilómetros de tierra firme. Pronto se hallarían también en los estómagos de muchos animales marinos, desde pequeños organismos invertebrados hasta las enormes ballenas, pasando por tortugas y aves marinas. Su biodisponibilidad abrió la puerta de entrada del plástico a la cadena trófica.

Para profundizar en este tema acudo a Laura Monclús, investigadora en la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU), en Trondheim, quien me confirma que las aves marinas, uno de los grupos más estudiados, pronto revelaron problemas de salud asociados a la ingesta de plásticos. En el marco del proyecto *PlastImpact*, esta experta en ecotoxicología investigó la presencia de sustancias químicas en productos plásticos y sus impactos en el medio ambiente. «Observamos que las aves expuestas a diferentes tipos y tamaños de MNPL presentaban problemas de salud: alteraciones en parámetros bioquímicos sanguíneos, en el metabolismo lipídico y en hormonas reproductivas. Eso nos llevó a hipotetizar la existencia de una posible disrupción endocrina, probablemente causada por sustancias químicas asociadas a los plásticos», explica. En otro estudio más reciente, el proyecto *PlastChem*, el equipo con el que trabaja Monclús identificó más de 16.000 sustancias químicas asociadas a los plásticos. «De estas, 4.200 se consideran preocupantes por su alto riesgo para la salud de los seres vivos», afirma.

¿Puede todo esto afectar a los humanos?, se preguntó un día de 2017 el gastroenterólogo de la Universidad Médica de Viena Philipp Schwabl, sorprendido ante una noticia sobre el hallazgo de microplásticos en el pescado. «Recuerdo que estaba duchándome y no podía sacarme esa noticia de la cabeza –me cuenta Schwabl–. ¿Habrían ascendido esas extrañas partículas por la cadena alimentaria? Y, de ser así, ¿podrían detectarse en las personas, o en sus heces? Todavía a medio secar, me puse a buscar algún artículo científico que pudiera confirmar o refutar mi hipótesis,

pero descubrí que la investigación sobre microplásticos en el campo de la medicina era muy escasa. Fue entonces cuando decidí desarrollar un proyecto para detectarlos en muestras de heces humanas, algo que llevé a cabo en colaboración con la Agencia de Medio Ambiente de Austria para seguir los métodos adecuados».

Tras pedir a amigos y colegas de distintas partes del mundo que le mandaran muestras fecales –Schwabl bromea contándome lo extraña que les pareció al principio su propuesta–, constató algo que alarmó a la comunidad científica internacional: pese a la variabilidad de las muestras, en todas ellas, sin excepción, se encontraron microplásticos.

«Nuestro descubrimiento fue sorprendente y, por suerte, tuvo una gran repercusión mediática», recuerda. El término se volvió tan popular que en 2018 la Fundación del Español Urgente, FundéuRAE, declaró «microplástico» palabra del año. En 2019 la Organización Mundial de la Salud (OMS) advirtió al mundo de la necesidad de investigar las posibles repercusiones de los MNPL en la salud humana. Pero para entonces ya se habían detectado en todas partes. Las grandes fuentes de emisión son los vertederos y las plantas de tratamiento de residuos, así como las actividades agrícolas e industriales. Se cuelean en el aire, el agua y la tierra, y están presentes en alimentos, bebidas, productos cosméticos y medicamentos. Se desprenden constantemente de las pinturas con las que protegemos nuestros edificios, de los neumáticos de los vehículos, de las prendas sintéticas que metemos en la lavadora, de las colillas de los cigarrillos, del césped artificial... y hasta de ciertas bolsitas de té y de los biberones (que suelen albergar polipropileno) con los que alimentamos a los bebés.

EL HALLAZGO DE SCHWABL fue el detonante para poner en marcha numerosos estudios científicos en todo el mundo, cinco de los cuales se han desarrollado en el marco del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea. El proyecto AURORA ha estudiado los impactos en la salud humana causados por la exposición a MNPL durante la gestación y las primeras etapas de la vida; IMPTOX, la relación

En agosto se reanudarán las negociaciones por un tratado mundial contra la contaminación por plásticos.

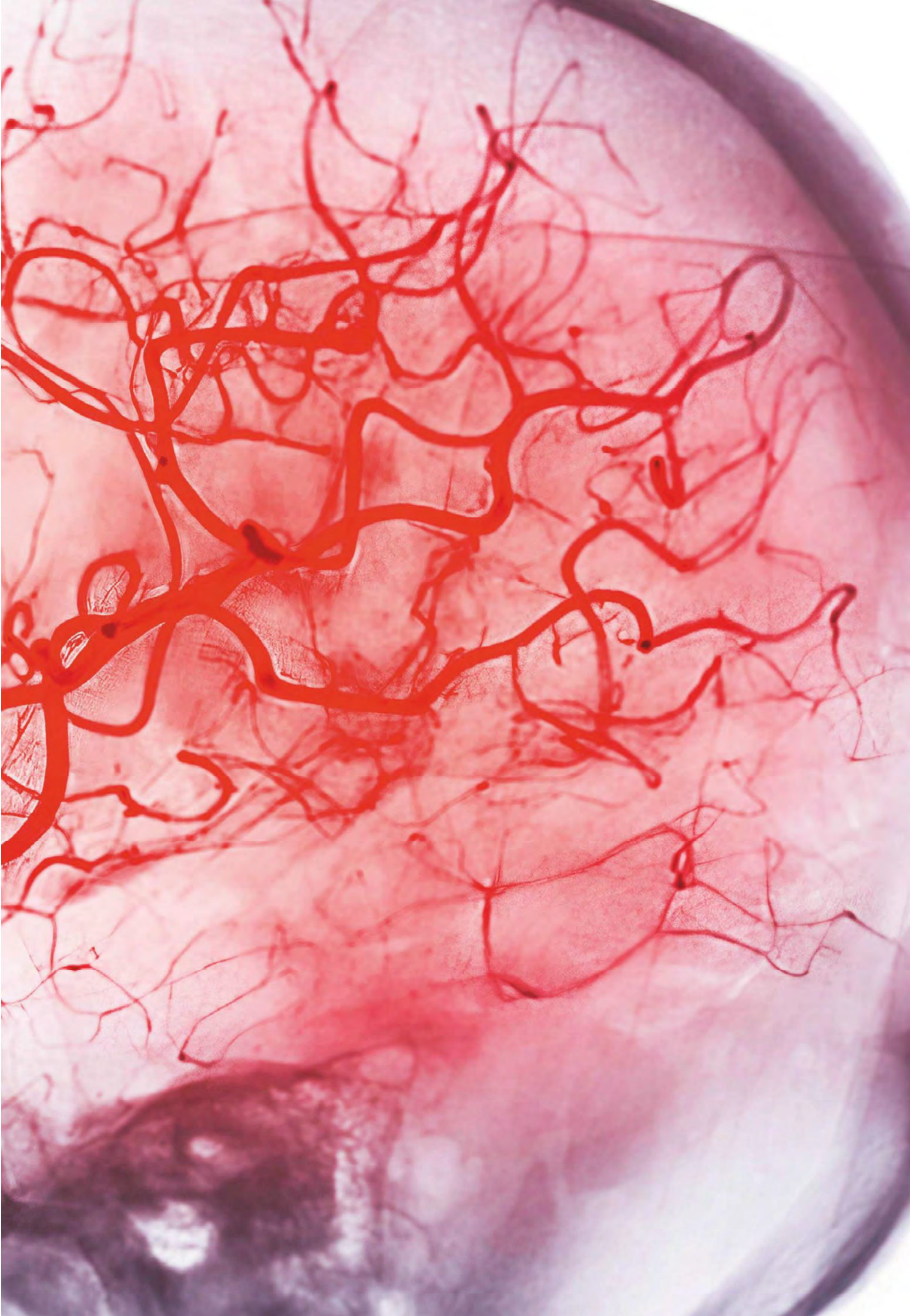
entre los MNPL y las enfermedades alérgicas; PlasticFatE ha investigado la influencia que pueden tener en la salud la ingestión e inhalación de los contaminantes presentes en estas partículas; POLYRISK se ha centrado en los efectos adversos que pueden causar en el sistema inmunitario. El quinto proyecto, PlasticHeal, que acaba de finalizar en marzo, ha sido coordinado por la profesora del departamento de Genética y Microbiología de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) Alba Hernández Bonilla. ¿Su objetivo? Generar herramientas y conocimientos para evaluar de forma adecuada los riesgos que entrañan los fragmentos más pequeños de los MNPL, los nanoplásticos, para la salud humana.

«Hemos estudiado cómo interactúan con el organismo a diferentes niveles: en cultivos celulares humanos, en modelos animales y en muestras biológicas de personas expuestas», explica Hernández Bonilla, quien recalca que el problema del plástico no es el material en sí, sino el mal uso que hacemos de él. «Lo cierto es que hoy por hoy sigue formando parte de la solución en numerosos sectores, como las energías renovables, el aislamiento de los edificios, la conservación de los alimentos y la electrónica. O los equipamientos médicos: en el estudio de los MNPL debemos hacer complejos protocolos para evitar que la contaminación de plástico venga del propio laboratorio», señala la investigadora.



En esta angiografía, técnica diagnóstica que utiliza rayos X y un contraste para visibilizar los vasos sanguíneos, se aprecia la compleja y delicada red de arterias cerebrales. El cerebro es uno de los órganos que más MNPL (microplásticos y nanoplásticos) acumula. Sus puertas de entrada son el sistema circulatorio y el nervio olfativo.

FOTO: SUPHACHAI
PRASERDUMRONGCHAI/ISTOCK



Otra dificultad importante, añade, que conlleva retos tecnológicos y científicos de gran envergadura es poder detectar esos nanoplásticos. «Los hay más pequeños que las células humanas, incluso más que el propio ADN. Y al contener carbono, omnipresente en el organismo, se confunden fácilmente o pasan desapercibidos».

Una de las primeras cosas que tuvo que hacer el equipo para poder investigar fue fabricar nanoplásticos, pues, a diferencia de otras muestras con las que se trabaja en entornos científicos, estos no se consiguen de forma estandarizada. Producirlos fue un proceso largo y laborioso, como queda patente en *Homo plasticus: plastic inside us*, un interesante documental de la cadena ARTE que todavía no se ha estrenado pero al que hemos podido tener acceso, que explica cómo distintos científicos de diferentes organismos europeos trabajan para descubrir los riesgos de los MNPL para la salud humana. El documental muestra cómo un miembro del equipo de PlasticHeal erosiona manualmente un trozo de plástico para obtener, tras semanas de dedicación exclusiva, apenas cuatro gramos de nanopartículas PET. «Es un tesoro que no tiene ningún otro laboratorio en el mundo», recalca Hernández Bonilla, quien los usó para forzar *in vitro* su interacción con distintas células humanas. Uno de los logros fue observar cómo penetran en la membrana celular y llegan al interior del núcleo, vaticinio de futuras disfunciones en nuestro organismo. «Cuando las células perciben que algo está tocando su membrana, "engullen" las nanopartículas, que permanecen inalterables en su interior», explica.

Tras cuatro años de investigación, se ha evidenciado que, efectivamente, los nanoplásticos afectan el ADN celular, lo que puede derivar en inflamación crónica, alteraciones del sistema inmunitario y una mayor sensibilidad a otros contaminantes conocidos, como el arsénico o el tabaco. En paralelo se han comenzado a identificar los grupos de población con mayor riesgo de exposición o susceptibilidad: personas con enfermedades previas, en situaciones de fragilidad (como embarazadas o bebés) o expuestas a determinadas condiciones ambientales (como las que trabajan en la industria del plástico).

Otros equipos científicos apuntan que los MNPL pueden también propiciar mutaciones genéticas y desencadenar cáncer; detonar procesos de inflamación crónica, resultado del esfuerzo que hacen las células para deshacerse infructuosamente de esos agentes intrusos; afectar a la microbiota, favoreciendo la aparición de bacterias patógenas, y perjudicar el sistema inmunitario: los macrófagos, las primeras células defensivas en actuar, no pueden destruir los nanoplásticos, lo que acaba produciendo hiperactividad y sobrecarga en esa compleja red que nos protege frente a las agresiones externas.

EN NUESTRO PAÍS, como en el resto del mundo, también son muchos los científicos que trabajan para ir desvelando las respuestas que necesitamos para conocer y afrontar como es debido este problema de salud pública. Hasta una docena de universidades y centros de investigación, además de asociaciones y ONG, están englobadas en la red temática de investigación EnviroPlanet, impulsada en 2020 desde el Ministerio de Ciencia e Innovación y especializada en el campo de la contaminación por residuos plásticos.

En ese marco se desarrollan estudios sobre microplásticos y nanoplásticos, basura marina, toxicidad y riesgos del plástico, su impacto ecológico, así como otros que impulsan soluciones ambientales y la difusión a la sociedad de los hallazgos y conocimientos generados. «Es un inmenso esfuerzo colectivo en el que hemos obtenido datos pioneros», recalca Miguel González Pleiter, microbiólogo del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Madrid. Entre otras cosas, en 2023 publicaron un artículo científico en el que se cifraba la deposición atmosférica de plástico en España; es decir, la cantidad de partículas de este material que tras flotar en la atmósfera se depositan en la superficie: entre 5 y 100 microplásticos por metro cuadrado y día, y las tasas más altas se dan en ciudades como Madrid, Barcelona y Vigo. Otro estudio, este de 2024, se centró en dos especies que se pasan la mayor parte de su vida volando, el vencejo y el avión, para comprobar cuántos de ellos contenían en sus sistemas digestivos microplásticos y fibras artificiales: un 75% de las aves analizadas.

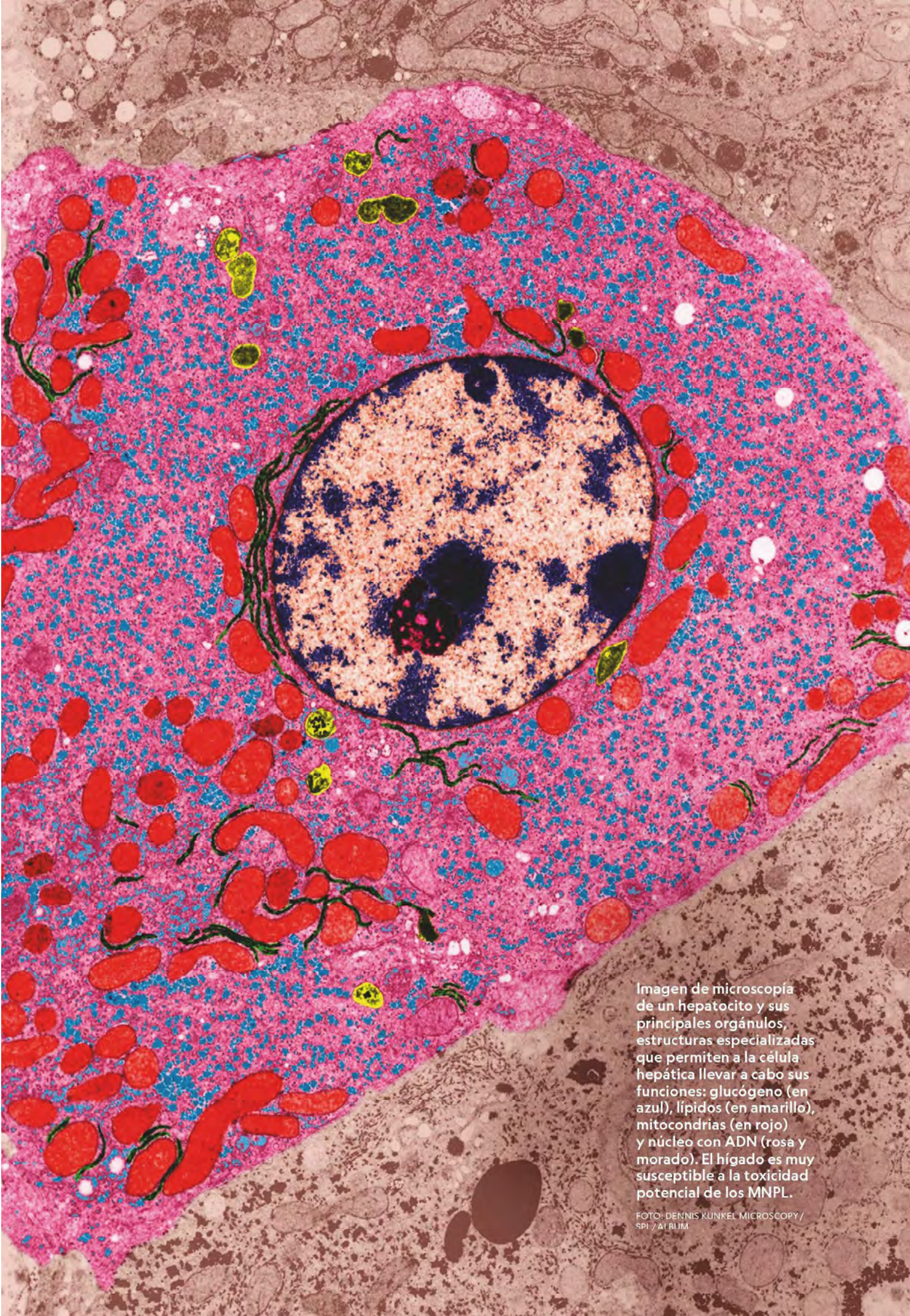


Imagen de microscopía de un hepatocito y sus principales orgánulos, estructuras especializadas que permiten a la célula hepática llevar a cabo sus funciones: glucógeno (en azul), lípidos (en amarillo), mitocondrias (en rojo) y núcleo con ADN (rosa y morado). El hígado es muy susceptible a la toxicidad potencial de los MNPL.

FOTO: DENNIS KUNKEL MICROSCOPY / SPI / ALIJM

También han verificado que el agua embotellada contiene muchos más microplásticos que la del grifo, después de analizar botellas procedentes de cinco de las principales marcas de agua embotellada: 0,7 microplásticos por litro frente a una concentración de 0,01 en el agua del grifo.

¿Y los nanoplasticos? Según otra investigación realizada por la Universidad de Columbia, en Nueva York, si contamos esas nanopartículas, un litro del agua embotellada contiene una media de 240.000 fragmentos de plástico detectables, entre 10 y 100 veces más que las estimaciones anteriores.

MUCHAS PREGUNTAS están aún en el aire: ¿Qué cantidad de MNPL tenemos en el cuerpo y a partir de qué cifra empiezan a suponer un riesgo para nuestra salud? ¿Cuánto tiempo permanecen en el organismo? ¿Qué cantidad es excretada? ¿En qué órganos se alojan más y en cuáles son más peligrosos? ¿Qué sustancias químicas contienen exactamente y cuál es la peligrosidad de cada una de ellas? ¿Qué sectores de la población son más vulnerables?... Las respuestas a esas cuestiones serán de vital importancia para mejorar la regulación y certificación de los materiales plásticos y desarrollar las medidas de salud pública y concienciación adecuadas para afrontar este peligro ambiental que afecta a todos los seres vivos y ecosistemas de la Tierra.

La buena noticia es que el número de investigaciones al respecto crece de forma exponencial. Si en 2019 se publicaron alrededor de 300 trabajos científicos, en los últimos tres años la cifra anual ronda los 7.000. Como explicó el experto en contaminación ambiental de la Universidad Técnica de Dinamarca Steffen Foss Jansen, miembro de PlasticHeal, durante la presentación de resultados de dicho proyecto europeo, la inteligencia artificial será fundamental para filtrar una cantidad de información tan colosal.

A esa falta de respuestas se aferran los países y grupos de presión que han impedido que en la quinta ronda de negociaciones del tratado mundial contra la contaminación por plásticos, impulsado en 2022 por la ONU y celebrado en diciembre en la ciudad surcoreana de Busán, más de 200 naciones llegaran a un acuerdo.

INFOGRAFÍA: NGM-E. FUENTE: UNIVERSIDAD CORNELL

Cómo reducir los MNPL en el día a día

Casi todo lo que fabricamos contiene plástico. Nos rodea en el hogar, en el trabajo, en los comercios y hospitales. Su desgaste desprende partículas que se esparcen por todos los rincones, desde la Antártida hasta el cerebro humano. Estas son algunas ideas para reducir esa invasión en nuestro entorno. Pero una cosa no admite discusión: debemos reducir su uso al máximo.

1 EN EL HOGAR

Ventila a menudo tu espacio vital. Evita la acumulación de polvo. Aspira con frecuencia alfombras, sillones y cortinas. Elige muebles de madera, cristal o metal, mejor que los de resinas, melamina o conglomerados. Usa estropajos, cepillos y bayetas de fibras naturales. Compra productos de limpieza a granel. Usa detergente en polvo o líquido y evita las cápsulas plásticas.



2 LA ROPA

Los tejidos sintéticos son la mayor fuente de emisión de microfibras, uno de los microplásticos más comunes. Compra solo la ropa que necesitas y, a poder ser, de fibras naturales. Pon la lavadora cuando esté al límite de carga y dosifica el detergente, mejor que este sea en polvo o líquido. ¡Y pon a secar la ropa al aire! La secadora libera MNPL a través del conducto de ventilación.



3 LA ALIMENTACIÓN

Prioriza los alimentos frescos y no envasados frente a los procesados. Usa botellas reutilizables de vidrio o de metal. No calientes la comida en recipientes de plástico. Sustituye los utensilios de cocina de este material por otros de madera, acero inoxidable, cerámica o vidrio. Compra productos a granel, también las hierbas para infusiones. ¡Lleva a la tienda tus propios recipientes!



«La absorción de microplásticos a nivel



Ranking de ingestión de microplásticos en 109 países

Según un estudio realizado en 2024 por un equipo de la Universidad Cornell, en Ithaca, Nueva York, el consumo humano de microplásticos a través de la dieta aumentó entre 1990 y 2018 en 109 países con distintos niveles de desarrollo, en todos los continentes. Los investigadores recalcan que esas cifras podrían reducirse a la mitad si hubiese una buena gestión de los residuos plásticos.

4 HIGIENE PERSONAL

Pasta de dientes, jabón de manos, gel de ducha, champú, cremas exfoliantes... Los productos de higiene y cuidado personal están repletos de MNPL. Descarta los que lleven microperlas y los que contengan polietileno. Utiliza un cepillo de dientes de bambú o de madera, y que el hilo dental sea de fibra natural. Compra pastillas de jabón y champú en formato sólido.



5 EN EL TRABAJO

Pide la instalación de dispensadores de agua, y botellas, tazas y vasos reutilizables. Elige una cafetera que no requiera cápsulas. Vela para un buen reciclaje de la basura: orgánico, vidrio, papel y plástico: nada de «resto». No calientes la comida en el microondas en un táper de plástico, sino de vidrio. Sustituye el papel de aluminio de tu desayuno por envoltorios de tela orgánica.



6 LA SANIDAD

Los equipos médicos están hechos mayoritariamente de plástico y, por ende, los hospitales generan una gran cantidad de residuos plásticos de un solo uso: jeringas, guantes, mascarillas, bolsas de suero, cubos... El sector estudia cómo mejorar el problema. El foco está en reducir al máximo su uso, optimizar la gestión de residuos y fomentar el desarrollo y uso de nuevos materiales.



¿CUÁNTO PLÁSTICO INGERIMOS?

Microplásticos consumidos por persona y mes, en gramos



INGESTIÓN

LOS QUE MÁS

1. Malasia
2. Indonesia
3. Egipto
4. Filipinas
5. Vietnam
6. Laos
7. Thailandia
8. Camboya
9. Ghana
10. Congo

LOS QUE MENOS

1. Paraguay
2. Pakistán
3. Siria
4. Guinea-Bissau
5. Bolivia
6. Sudáfrica
7. Jordania
8. Iraq
9. Serbia
10. Venezuela

España se sitúa en el puesto 83 de la lista de los que más plástico consumen

INHALACIÓN

LOS QUE MÁS

1. China
2. Mongolia
3. Reino Unido
4. Irlanda
5. Gambia
6. Egipto
7. Laos
8. Myanmar
9. Malasia
10. Filipinas

LOS QUE MENOS

1. Corea del Sur
2. Zambia
3. Namibia
4. Portugal
5. **España**
6. Estados Unidos
7. Canadá
8. Malawi
9. Mozambique
10. Kuwait

Los españoles inhalan entre 60.000 y 240.000 partículas plásticas por mes

nacional es un indicador crítico de la contaminación plástica y los riesgos para la salud pública».
—Fengqi You, profesor de Ingeniería de Sistemas Energéticos en la Universidad Cornell

Allí estuvo Carmen Morales, investigadora del Instituto de Investigación Marina (INMAR) de la Universidad de Cádiz y miembro de la Coalición Científica para un Tratado Efectivo sobre los Plásticos, una iniciativa creada por una red internacional de expertos que participa y asesora en dichas negociaciones. «Muchos países trabajan para lograr ese acuerdo y algunos de forma especialmente ambiciosa, como los de la Unión Europea, Panamá, México, Noruega o Ruanda», apunta. En concreto, el país africano lucha contra la contaminación plástica desde 2008, año en que se erigió como una de las primeras naciones en prohibir las bolsas de un solo uso y donde hoy no se permite entrar con ellas en el país. Peter Katanika, consultor ruandés de medio ambiente del Banco Mundial, lo explica: «La prohibición se hizo efectiva al constatar los impactos negativos que esos residuos causaban en la producción agrícola (pues contaminan el medio), en la erosión del suelo (los plásticos dificultan su compactación) y en la calidad de la carne de res (como vacas y cabras, que se ven afectadas por la ingesta de plástico)».

Pero, cómo no, hay muchos intereses económicos en juego. «Más de 220 lobistas de la industria del plástico y los combustibles fósiles formaron la delegación más numerosa en las negociaciones de Corea del Sur, superando en número a las de todos los Estados miembros de la Unión Europea, para dejar claro que no quieren abordar el tema de las sustancias químicas presentes en los plásticos, a pesar de que miles de ellas están clasificadas como peligrosas y otras tantas aún están por evaluar», dice Morales. Los países cuyas economías dependen en gran medida de la producción y exportación de petróleo tampoco quieren hablar de reducir el consumo, únicamente admiten la necesidad de tratar los residuos, a sabiendas de que apenas se recicla un 9%. El 91% restante permanece en los vertederos.

¿Se imaginan el volumen de residuos que estamos esparciendo a diestro y siniestro? En la actualidad fabricamos unos 460 millones de toneladas de plástico anuales, y la mayoría son de un solo uso. Si la tendencia actual se mantiene, esa producción se duplicará en 20 años.

NUESTRO MUNDO DEPENDE de ese material ligero, resistente y barato que inventamos hace 150 años, pero que hoy lo inunda y nos pone en peligro. ¿Por qué, ante esta realidad, reciclamos tan poco? En opinión de Carmen Morales, existen varias razones. «El plástico es un material duradero, pero una vez fabricado inicia un proceso de degradación. Su composición va cambiando, por lo que muchas veces, y debido a esa compleja mezcla de sustancias, su reciclaje se hace inviable. Además, el plástico virgen es barato, así que desde un punto de vista económico puro y duro suele salir más a cuenta comprarlo que reintroducir con éxito el plástico usado en la cadena de producción».

El mes que viene, en agosto, tendrá lugar en Ginebra la segunda parte de aquella reunión que quedó a medias en Busán, para desencallar este asunto crucial en el que los que más pegas ponen son los mismos que dificultan la lucha contra el calentamiento global. «Lo que pedimos desde la Coalición de científicos es que el acuerdo sea vinculante, es decir, de obligado cumplimiento –dice la experta–. Que se establezcan cotas máximas de producción y que esta sea transparente. Que se inventarían las sustancias químicas que lo componen. Que se responsabilice al productor por la contaminación causada y que, en definitiva, se vele por la justicia humana y social: como siempre, los problemas ambientales afectan más a los países menos desarrollados, con mayores índices de contaminación y menor infraestructura para la gestión de los residuos».

Algunos científicos, apuntan en *Homo plasticus*, han calculado cuánto plástico ingerimos al mes en forma de MNPL. Las cantidades difieren según los países. En Francia, 1,8 gramos; en Estados Unidos, 2,4, y en Indonesia, casi 13 gramos, el equivalente a tragarse un rotulador.

«Solo nosotros los humanos generamos residuos que la naturaleza no puede digerir», dijo en su día el capitán Charles J. Moore, oceanógrafo y descubridor de la «isla de plástico» en el Pacífico Norte. Hoy, 70 años después de aquella celebrada vida de usar y tirar, la fiesta ha terminado y el destrozo es considerable. Vamos a ver si este mes de agosto se impone en Ginebra el sentido común. □



En 2020 un equipo científico italiano halló por primera vez microplásticos en las paredes de la placenta humana. Los efectos que causarán esas partículas tras haber traspasado también esta barrera todavía se desconocen, pero se baraja una posible reducción del desarrollo fetal.

FOTO: CLOUDS HILL IMAGING LTD./GETTYIMAGES

Bajo su corteza helada y fracturada, Encélado, una de las lunas de Saturno, alberga un océano global que podría contener todos los ingredientes para que exista vida tal y como la conocemos.

AI





EN LUNAS

POR NADIA DRAKE
FOTOGRAFÍAS DE
CARSTEN PETER Y
CHRIS GUNN

+

LOS ASTROBIÓLOGOS BUSCAN
VIDA EN LAS **LUNAS HELADAS**
DEL SISTEMA SOLAR. PERO
ANTES DEBEN ENSAYAR SUS
TÉCNICAS AQUÍ, EN LA TIERRA.

En el archipiélago noruego de Svalbard, el fotógrafo Carsten Peter, iluminado por dos motonieves, pilota un dron para captar el pingo –un accidente geográfico cupuliforme– más grande de la zona. El microbiólogo Dimitri Kalenitchenko, que estudia los microbios que viven en un depósito de agua bajo el pingo y en su hielo, trabaja en una cornisa cercana, envuelto en el crepúsculo ártico.

CARSTEN PETER



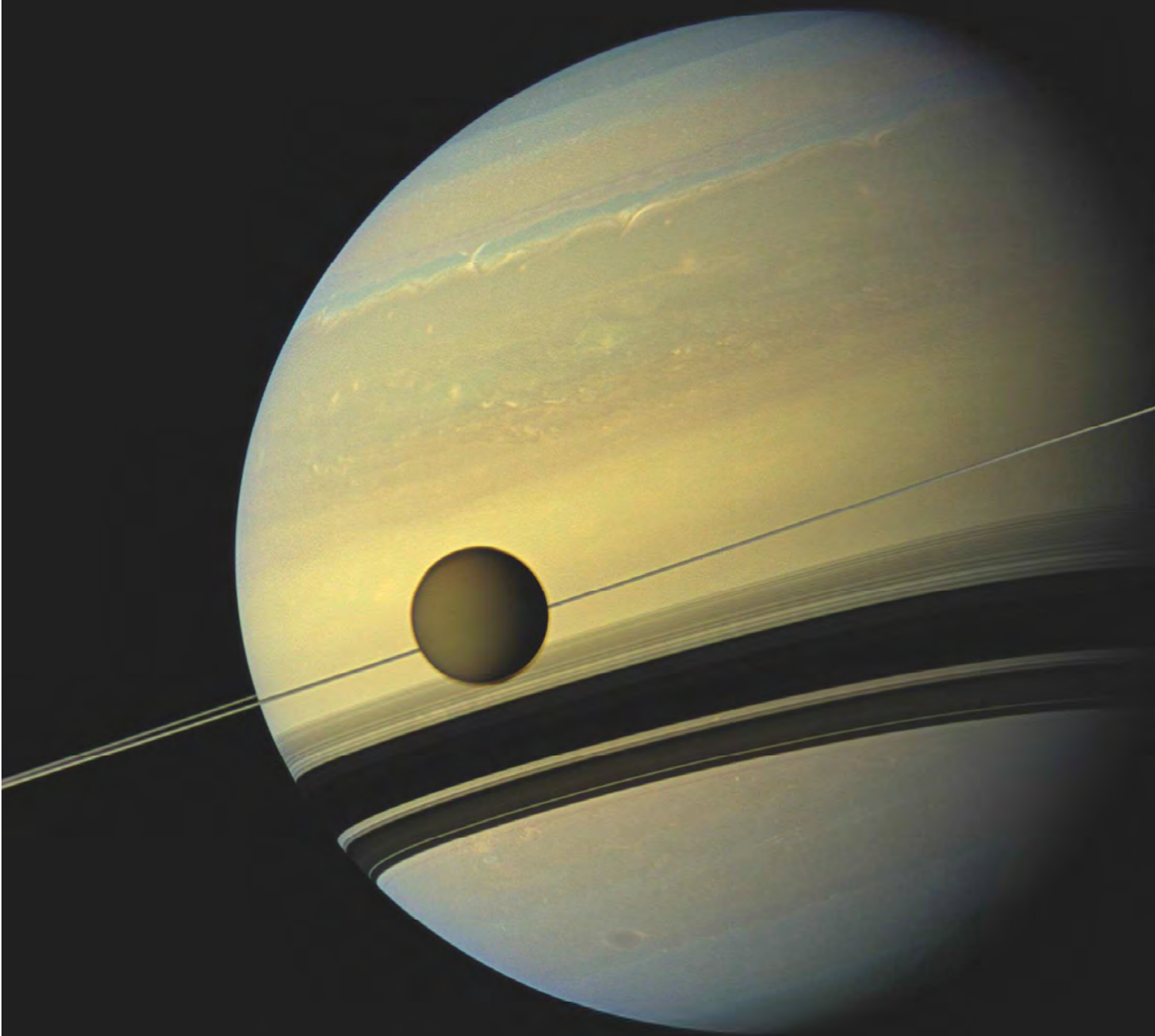


El astrobiólogo y Explorador de National Geographic Kevin Hand (con anorak rojo) ayuda a Kalenitchenko (a su derecha) a extraer un testigo de hielo de uno de los pingos de Svalbard. Los microbios que viven en el hábitat oscuro y gélido del interior de los pingos podrían valerse de estrategias similares a las de las formas de vida que quizás habiten en las lunas heladas del sistema solar.

CARSTEN PETER







La gigante y nubosa Titán, una de las lunas de Saturno, se cuenta entre los entornos más intrigantes del sistema solar desde el punto de vista astrobiológico. Los científicos solían juzgar la capacidad de un cuerpo celeste

para albergar vida basándose en su distancia al Sol. Pero lunas como Titán se caldean gracias a la atracción gravitatoria de los planetas que orbitan, de modo que podrían contener entornos fértiles.

MOSAICO DE SEIS IMÁGENES GENERADO POR LA NASA/JPL-CALTECH/
SPACE SCIENCE INSTITUTE



ACELERO MI MOTONIEVE,

que se desliza sobre un mar de nieve y hielo. En la penumbra del anochecer, el paisaje se tiñe de azules etéreos. Regreso a la ciudad tras pasar la jornada zigzagueando sobre un fiordo congelado, uno de los muchos que recortan el archipiélago noruego de Svalbard, un grupo de islas montañosas en pleno Ártico, donde las auroras boreales danzan a menudo en el cielo y los narvales, las belugas y las morsas patrullan en el mar.

Es marzo de 2023; hace un mes que el sol regresó por fin al cielo. Acompaño a una decena de científicos en busca de unas peculiares formaciones terrestres llamadas pingos, o, para ser más exactos, de los microbios que habitan en su interior. Ancladas en el permafrost, estas cúpulas de distintos tamaños –desde pequeñas lomas hasta colinas en toda regla– se expanden y contraen con las estaciones, conforme se congela y descongela el agua que se infiltra en ellas. Tienen algo de erupción helada a cámara lenta. Las temperaturas rondan los -25 °C mientras los científicos, armados con rifles por si se acercase un oso polar, hacen múltiples viajes cada día a sus puntos de estudio para acopiar testigos de hielo y muestras de agua.

Es posible que los microbios que habitan en los pingos permitan vislumbrar cómo podría sobrevivir la vida extraterrestre en otros mundos del sistema solar: lunas heladas con océanos globales ocultos debajo de unas cortezas de hielo.



Con la ayuda de la espeleóloga Valentina Mariani (arriba), los espeleobuzos Kenny Broad (en el centro) y Nadir Quarta se preparan para sumergirse en el lago Verde del sistema de cuevas de Frasassi, en Italia. En sus aguas tóxicas y oscuras prosperan poblaciones microbianas, algunas de las cuales podrían utilizar el sulfuro de hidrógeno para alimentar una de las vías metabólicas más arcaicas de la Tierra. Estos entornos podrían arrojar luz sobre los procesos químicos que sustentan la vida en los mares extraterrestres.

CARSTEN PETER





Es así porque, en invierno, los seres vivos del interior del pingo «no dependen para nada de la energía solar: utilizan exclusivamente energía química», dice Dimitri Kalenitchenko, microbiólogo de la Universidad de Tromsø, en Noruega, y director del proyecto.

Nuestro conocimiento de la vida terrestre que vive privada de la luz del sol es relativamente nuevo. Durante mucho tiempo «creímos que los seres vivos de este planeta estaban prácticamente restringidos a la superficie [...] y dependían por completo de la fotosíntesis», afirma Barbara Sherwood Lollar, geóloga de la Universidad de Toronto que estudia los microbios de las profundidades de la Tierra. Hasta que a finales de la década de 1970 el sumergible Alvin exploró una oscura fuente hidrotermal cerca de las islas Galápagos y descubrió un floreciente ecosistema a unos 2.500 metros debajo de la superficie del

océano. Aquello cambió para siempre nuestro concepto de los límites de la biología. «Pensar que hasta en nuestro propio planeta seguimos identificando procesos y encontrando entornos cuya existencia desconocíamos te obliga a ser humilde», reflexiona Sherwood Lollar.

En la misma línea, los científicos creían que la habitabilidad de un cuerpo celeste dependía de su distancia al Sol. Pero esa imagen es incompleta. Hoy hay tres lunas remotas, caldeadas por el tirón gravitatorio de los planetas gigantes que orbitan, que tientan a los científicos con la promesa de albergar vida extraterrestre en sus océanos: Europa, una de las lunas de Júpiter, donde un mar salado con más agua que todos los océanos de la Tierra juntos se oculta bajo una corteza de hielo; y dos lunas de Saturno, Encélado, un pequeño cuerpo celeste cubierto de hielo con un océano global que asoma a través de unas

Las geomicrobiólogas Dani Buchheister (a la izquierda) y Jennifer Macalady procesan unas muestras de biofilm, tomadas en el lago Verde, para posteriormente secuenciar su ADN en el laboratorio. Estas misteriosas poblaciones microbianas forman en ocasiones unas estructuras oscuras, filiformes y viscosas que asustaron a los espeleobuzos que las descubrieron.

CARSTEN PETER

fracturas en su polo sur, y Titán, cuya superficie de lagos de hidrocarburos líquidos oculta un océano en su interior. Las observaciones sugieren que cada una de esas lunas posee la composición química, el agua y la energía necesarias para sustentar la vida tal y como la conocemos... y quizá tal y como no la conocemos.

Es posible que pronto sepamos si esos mares están habitados. Una nave de la Agencia Espacial Europea (ESA) llamada JUICE se dirige al sistema joviano para observar el planeta gigante y sus lunas heladas, Europa incluida. Hace casi un año la NASA también envió su sonda espacial Europa Clipper hacia Europa, dispuesta a desentrañar los misterios de su corteza y de su mar salado. Y en esta misma década la misión Dragonfly de la agencia espacial estadounidense enviará a Titán un octocóptero con un conjunto de instrumentos que podrían detectar signos de vida en su brumosa superficie. También se están planificando misiones a Encélado. «Es un momento de lo más emocionante para la planetología –confiesa Morgan Cable desde el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA–. Por primera vez en la historia de la humanidad es posible que acabemos encontrando vida fuera de la Tierra».

Son misiones que implican décadas de preparación y cuestan miles de millones de dólares. Para abordar una exploración astrobiológica de unos entornos tan remotos, los científicos están probando sus instrumentos y técnicas en los rincones más gélidos y oscuros de nuestro propio planeta. Aunque la composición química de la superficie de Titán es difícil de replicar en la

Tierra, los mares de las entrañas de estas tres lunas tal vez no difieran demasiado de nuestros entornos acuáticos. Las investigaciones realizadas tanto en la superficie terrestre como en sus cavernas subterráneas nos permiten estudiar algunas de las criaturas más extrañas de nuestro planeta. Sus descubrimientos podrían incluso llegar a escribir la historia de los orígenes de la vida en nuestro hogar y, tal vez, fuera de él.

Aquella noche en Longyearbyen, la ciudad más grande de las Svalbard, envuelta en mantas para recobrar del frío, vi por la ventana cómo un hombre orientaba su móvil hacia el espectáculo de luces celestes. ¿Centelleantes luces cósmicas sobre un paisaje digno de otro mundo? Era casi demasiado perfecto.

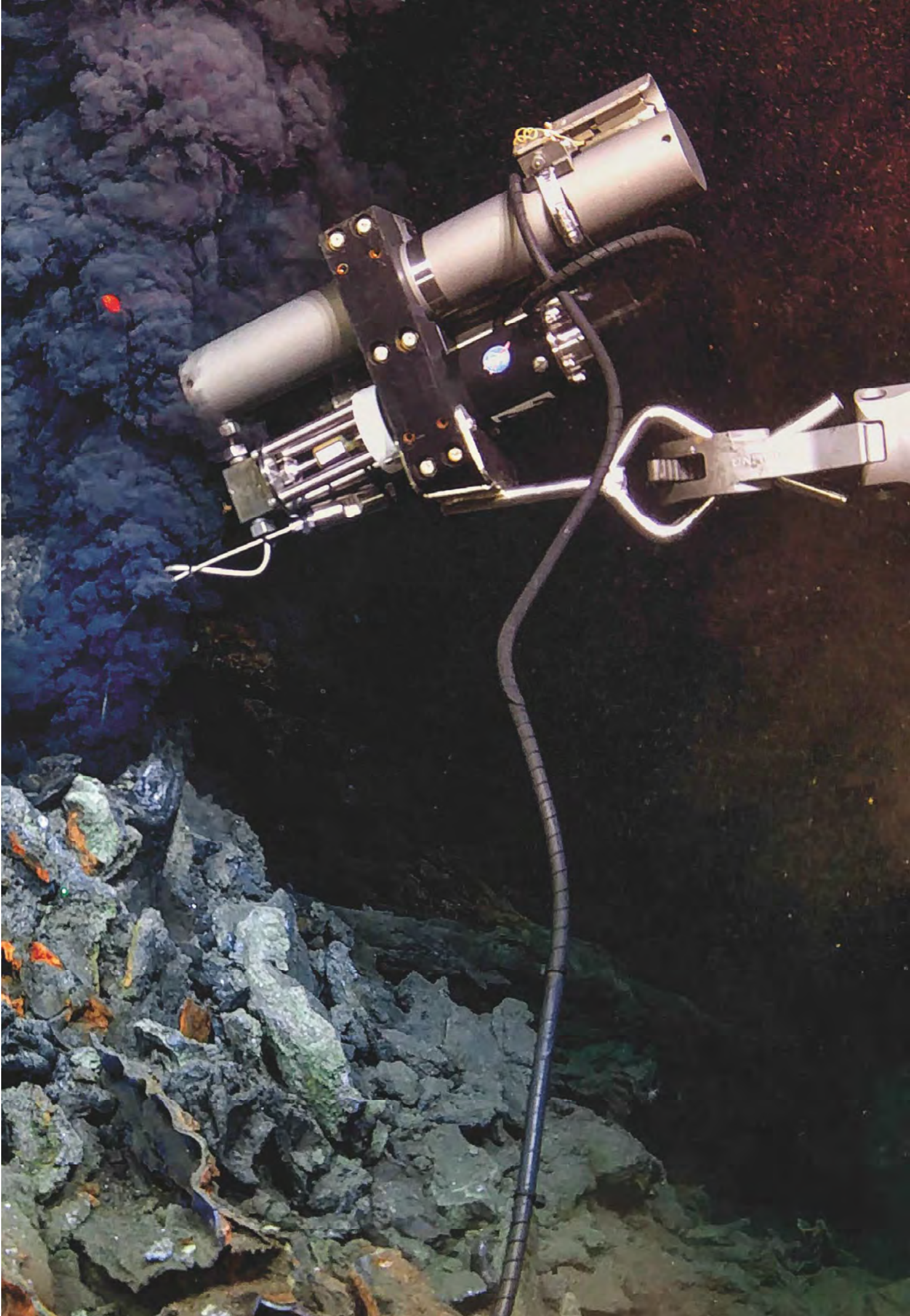
PISÉ POR PRIMERA VEZ LA NIEVE de las islas Svalbard en 2019, cuando me preparaba para embarcar con treinta y tantos científicos e ingenieros en el entonces flamante rompehielos noruego *Kronprins Haakon*. Zarpamos de Longyearbyen y navegamos hacia una zona fracturada del lecho marino al norte de Groenlandia. Allí, a unos cuatro kilómetros de profundidad, la Tierra expone abrasadores fluidos oscuros al mar, formando lo que se conoce como el campo hidrotermal de Aurora. El contacto del agua salada con las rocas calientes de debajo del lecho marino alimenta estas erupciones, que generan el calor y los compuestos químicos que propician la vida de los organismos. «Los campos hidrotermales pueden albergar todo tipo de formas de vida tan singulares como maravillosas», me contó Chris German, un geoquímico marino del Instituto Oceanográfico de Woods Hole que lleva casi 40 años estudiando fuentes hidrotermales, mientras navegábamos hacia el norte. Bajo una capa de hielo permanente, el campo hidrotermal podría ser un magnífico equivalente terrestre a los fondos marinos de Europa y Encélado.

Para explorar el campo de Aurora, German y sus colegas llevaban a bordo uno de los sumergibles no tripulados más avanzados de la Tierra: un vehículo naranja del tamaño de un monovolumen llamado NUI, siglas de *Nereid Under Ice*, «Nereida Bajo el Hielo». Adornada con pegatinas, algunas de ellas en alusión a una reciente colaboración entre Woods Hole y la NASA, esta máquina de tres millones de dólares está diseñada para explorar ecosistemas subglaciales.

A cuatro kilómetros de profundidad en el Ártico, bajo una capa de hielo permanente, el campo hidrotermal de Aurora es casi tan sobrenatural como los fondos marinos de Encélado y Europa. Para comprender mejor su geoquímica -las reacciones que tal vez alimenten ecosistemas en ausencia de luz solar-, en 2021 una expedición científica se valió del ROV Aurora para tomar muestras del fluido que mana de una fumarola negra activa llamada Ganimedes.

FOTOGRAMA DE REV OCEAN/HACON







El NUI puede sumergirse a cinco kilómetros de profundidad, recorrer más de 40 kilómetros bajo el agua y funcionar medio día sin necesidad de recargarse. Funciona de forma autónoma, pero también puede pilotarse a distancia; los científicos que observan las imágenes en directo de sus cámaras pueden hacer que recoja sedimentos u organismos concretos.

«Esperamos que el NUI sea una suerte de *Australopithecus* u *Homo habilis* respecto de las naves espaciales robóticas que algún día viajarán a Europa», comentó Kevin Hand, Explorador de National Geographic y astrobiólogo del JPL, mientras el barco se abría paso a través de la costra helada de nuestro planeta. Para él, Europa es un objetivo emocionante en el empeño de descubrir si estamos solos en el universo.

Durante días nos encontramos con un hielo demasiado grueso para que el buque lo fracture,

lo que ralentizó nuestro viaje hacia las fuentes hidrotermales. Aun así, la capa de hielo del océano Ártico es una versión más clemente de las cortezas que recubren los océanos alienígenas. La envoltura de Encélado quizá tenga menos de un kilómetro de espesor en el polo sur, donde entran en erupción sus géiseres, pero se cree que la de Europa es considerablemente más gruesa. Caracterizar la corteza helada de esta luna de Júpiter y los compuestos de su superficie es una de las prioridades de las misiones JUICE y Europa Clipper. Ambas naves sobrevolarán Europa varias veces para medir el grosor de la corteza de hielo y estudiar tanto sus capas como el océano que hay debajo, con la esperanza de que esa información permita a misiones futuras atravesar la corteza y acceder al agua.

Cuando la nave espacial Cassini de la NASA sobrevoló el sistema saturniano entre 2004 y 2017,

En el yermo fondo marino del Ártico, cerca del campo hidrotermal de Aurora, la vida se las apaña con lo que hay. Este camarón rojo nada sobre una esponja vítrea, una criatura afiligranada compuesta principalmente de sílice, material abundante en el fondo del océano.

FOTOGRAMA DE OFOBS, EQUIPO AWI

tomó múltiples muestras del material eyectado por los géiseres de Encélado y halló en él sales, sílice, moléculas orgánicas e hidrógeno molecular, todos ellos signos reveladores de actividad en el fondo marino. También detectó fósforo, un elemento crucial para la vida en la Tierra. La misión del NUI en nuestra expedición era observar, por primera vez en condiciones, el campo hidrotermal de Aurora y ayudar a determinar si alimenta reacciones químicas capaces de sustentar formas de vida abisales, tal vez el tipo de seres que podrían surgir en mares alienígenas oscuros y cubiertos de hielos permanentes.

A los dos días de llegar al monte submarino Aurora, el NUI se sumergió en el campo hidrotermal homónimo. Mientras el vehículo naranja se hundía en el largo crepúsculo ártico, una leve nieve caía sobre las flores de escarcha que tapiaban el hielo. El sumergible tardó horas en alcanzar el fondo marino. Un piloto lo maniobraba desde la sala de control. En un momento dado me pasó la palanca de mando, y durante unos instantes bromeamos con que yo ostentaba el récord de la inmersión ártica más profunda de un vehículo dirigido por control remoto pilotado por una mujer. (Eran las 9:19 y el submarino estaba a 2.775 metros de profundidad; no es que apuntara todos los detalles, o puede que sí).

Al cabo de una hora comenzaron los problemas. Conforme el NUI se acercaba a su destino, los sistemas de a bordo se apagaron en cascada. Entonces el piloto informó de que había perdido el control del sumergible. El equipo ordenó al vehículo soltar los lastres para que empezase a ascender hacia la superficie. Pero en lugar de subir, el NUI se hundió. Unos minutos más tarde la lectura de profundidad del sumergible dibujaba en la pantalla una catastrófica línea plana:

estaba posado en el fondo. Quizá los plomos no se desprendieron, o tal vez el sumergible sufrió una filtración de agua en una parte crucial de la carcasa, se inundó y fue incapaz de ascender a la superficie.

En una escala del cero al 10, pregunté a German, ¿cuánto le preocupaba aquel giro de los acontecimientos? «Diez –contestó–. Tenemos muchas papeletas de que esto sea un desastre». Volver a casa sin el NUI, el inestimable instrumento del equipo, el posible precursor de los sumergibles espaciales del futuro, sería «bastante catastrófico». El NUI estaba tan cerca de las fuentes hidrotermales, añadió, que, si se pudiese encender la cámara, seguramente se vería el campo de Aurora en primer plano.

PASARON TRES DÍAS. El equipo encargado del NUI monitorizaba la ubicación del sumergible para detectar cualquier cambio, mientras Hand y otros expertos improvisaban con piezas de repuesto, al más puro estilo MacGyver, un vehículo submarino naranja del tamaño de una caja de zapatos. Planeaban una misión de rescate a la desesperada que, por lo que entendí, consistía en pescar el NUI con el dispositivo improvisado.

Pero esa misma mañana llegaron buenas noticias: el NUI estaba ascendiendo. El último de los sistemas de seguridad, un cable corrosible que amarraba los lastres al sumergible, había cumplido su función. Simplemente el cable había tardado en corroerse más de las 24 o 48 horas teóricas, con toda probabilidad porque los procesos químicos se desarrollan a menor velocidad en las aguas gélidas del Ártico. Esa tarde el NUI estaba de vuelta a bordo; la suerte había querido que aflorase oportunamente en uno de los conitados fragmentos de hielo fino y no bajo los gruesos témpanos que flotaban en la zona. («Parece que lo ha hecho a propósito», dijo German).

Aunque se confirmó que el NUI no exploraría las fuentes hidrotermales del campo de Aurora en aquella expedición, había otras opciones. Esa misma noche, la deriva del hielo quiso cooperar y el barco navegó justo por encima del campo hidrotermal, arrastrando una cámara de alta tecnología a escasa distancia del fondo marino. Las imágenes revelaron que el campo de Aurora albergaba una gigantesca fumarola negra, una fractura de casi dos metros de ancho que expulsaba al océano ardientes minerales sulfurosos.



OCEANOS EXTRATERRESTRES

En varias lunas del sistema solar existe agua líquida, caldeada indirectamente por las fuerzas gravitatorias. Algunas incluso podrían contener más agua líquida que la Tierra. Aunque se sospecha que también la hay en una de las lunas de Neptuno, las de Júpiter y Saturno están más cerca y es más fácil llegar a ellas. Está previsto que en las próximas dos décadas se envíen naves espaciales para explorar estos mundos.

Pero en comparación con otras zonas de fuentes hidrotermales, el campo de Aurora llamaba la atención por yermo, dijo Eva Ramírez-Llodra, codirectora científica de la expedición. Solo avistamos un puñado de caracoles y crustáceos, ni rastro de los espectaculares gusanos tubícolas o de los bivalvos que se congregan alrededor de otras fuentes hidrotermales de aguas profundas. Sin embargo, en medio de aquella desolación florecía un jardín de esponjas vítreas. De estos seres afiligranados, por lo visto los únicos organismos que pueblan aquellas honduras, se dice a veces que están vivos solo a medias. Su esqueleto está compuesto principalmente de sílice, no de carbonato cálcico. Y tiene todo el sentido. En las profundidades marinas abunda el sílice. La vida –aquella esponja de aspecto extraterrestre– dio con el modo de utilizarlo.

Pese a los problemas de la expedición, el grupo logró echar un vistazo al campo de Aurora. Y las fuentes hidrotermales resultaron estar activas y ser más misteriosas de lo esperado. La mayor de todas, señaló German, era una de las fumarolas negras más grandes que había visto en su vida.

A VECES HACE MÁS FRÍO en el Ártico que en los mares alienígenas. Algo que no resulta nada agradable para una persona tan friolera como yo. Aun así, el frío húmedo e inexorable de una

cueva italiana resultó ser todavía peor. Aquel helor se me metió en los huesos. Ojalá las incubadoras de formas de vida alienígena del sistema solar fuesen un pelín más... tropicales.

En febrero de 2023, un mes antes de la expedición a Svalbard en busca de los pingos, viajé al centro de Italia para visitar el sistema de cuevas de Frasassi con un equipo de científicos que buscaba algunos de los seres vivos más desconocidos de la Tierra: microbios que viven en las profundidades de estas galerías inundadas. Estas comunidades inverosímiles –crecen en aguas tóxicas y privadas de oxígeno– se alimentan del calor generado por la interacción del agua con la roca, que produce combustibles metabólicos como el sulfuro de hidrógeno y el metano, justo como los organismos que dependen de las fuentes hidrotermales oceánicas.

Los científicos creen que este tipo de reacciones químicas podrían darse también en las lunas heladas. También sospechan que las características químicas de Frasassi son parecidas a las de los antiguos océanos de la Tierra, donde podrían haber germinado las semillas de la biología terrestre. «La Tierra era un planeta muy diferente cuando nació –afirma Jennifer Macalady, geomicrobióloga de la Universidad Estatal de Pennsylvania que lleva más de 20 años visitando estas cuevas–. Si pensamos que este acuífero es como



los océanos primigenios de la Tierra, y dado que creemos que podrían presentar determinadas similitudes con los océanos de otros planetas, este es un lugar ideal para perfeccionar nuestras capacidades de detección de formas de vida».

La cámara más grande del sistema se descubrió en los años setenta y tiene 65 pisos de altura. Es tan grande que la catedral de Milán –toda una unidad de referencia para los italianos– cabría en su interior. Pero las únicas gárgolas que alberga son las esculpidas, gota a gota, por la lenta filtración de agua rica en minerales. Caminar por esa cámara es descubrir obras de piedra caliza, agua y ácido. Brillantes, viscosas y tachonadas de cristales, algunas estalagmitas miden 20 metros y tienen el grosor de una secuoya centenaria.

Se ignora cuánto mide la red de lagos de Frasassi, que están conectados por un enorme acuífero subterráneo. «Se ha buceado poco en el acuífero de Frasassi porque, para empezar, es tóxico. Para continuar, es difícil acceder a él. Hay que ser hábil con la cuerda y tener una potencia física importante. Por no hablar de que hay que saber bucear», me dijo Macalady. Cuando visitó Frasassi por primera vez, no tenía ninguna experiencia en exploración de cuevas. Hoy es una espeleóloga experta y habla italiano con fluidez.

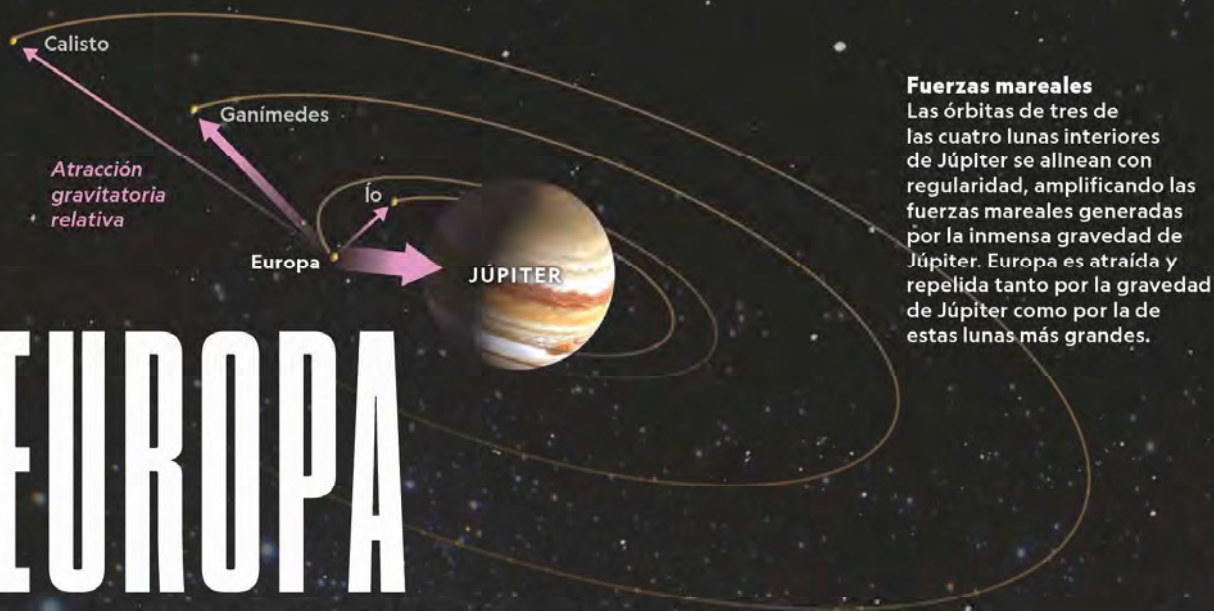
En las profundidades del acuífero, una lámina de agua dulce y cristalina se asienta sobre agua

salada saturada de sulfuro de hidrógeno, un compuesto tóxico. La capa inferior burbujea desde las profundidades de la Tierra y es, además de hedionda, anóxica, lo que significa que no contiene oxígeno disuelto capaz de alimentar metabolismos microbianos. «En esa capa de sulfuro de hidrógeno no esperábamos encontrar casi nada –me dijo Macalady–. Pero nos topamos con un bosque de microbios».

En 2004, unos buzos italianos descubrieron con asombro que la capa tóxica de uno de los lagos de Frasassi, el lago Infinito, estaba habitada. Del techo rocoso inundado pendían unos biofilms –comunidades cooperativas de microbios– negros y filamentosos cual harapientas cortinas góticas, algunos de un metro de largo. En aquellas profundidades en teoría estériles, los buzos se asustaron y huyeron. «Si en una cueva te topas con una sustancia viscosa, tu instinto te hace salir pitando», me dijo Macalady.

Los microbios de Frasassi que despiertan la curiosidad de la geomicrobióloga son autótrofos, es decir, son organismos que producen su propio alimento a partir de gases y minerales. Se han detectado en varios lagos subterráneos, y algunas veces tienen un aspecto oscuro y tentacular, y otras, grisáceo y plumoso. Los análisis preliminares apuntan a que miles de especies colaboran para crear estos inquietantes apéndices.

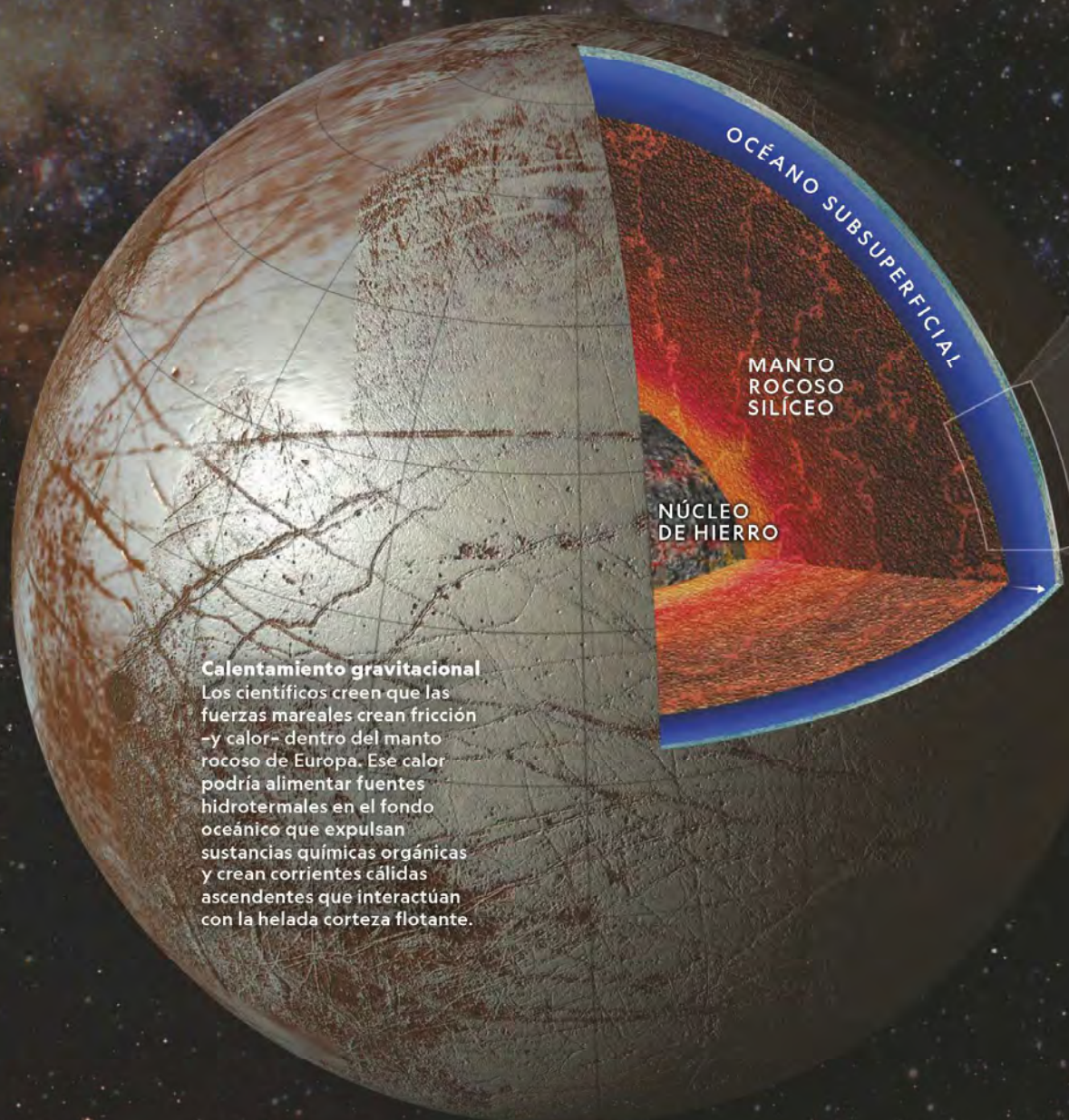
EUROPA



Fuerzas mareales

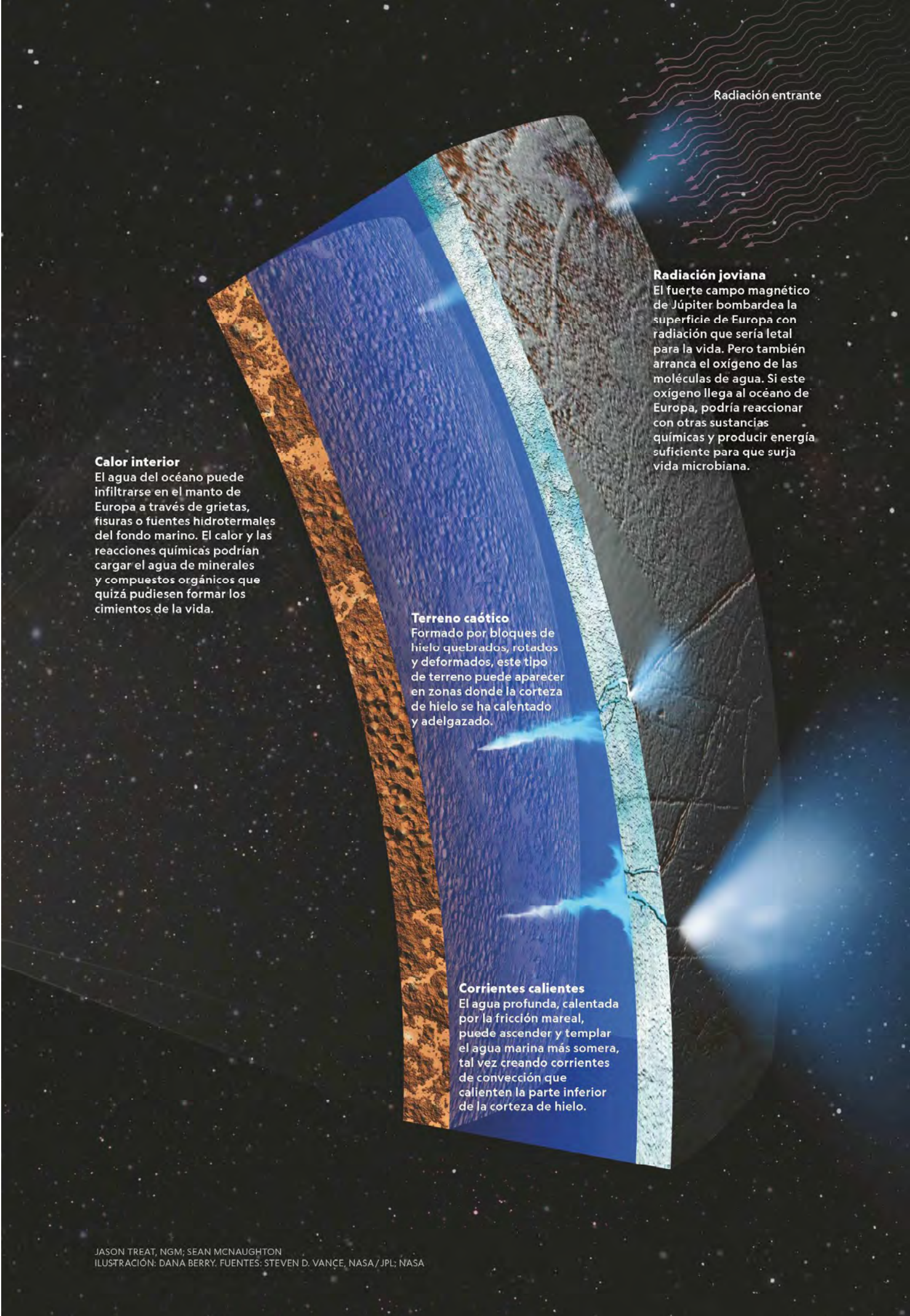
Las órbitas de tres de las cuatro lunas interiores de Júpiter se alinean con regularidad, amplificando las fuerzas mareales generadas por la inmensa gravedad de Júpiter. Europa es atraída y repelida tanto por la gravedad de Júpiter como por la de estas lunas más grandes.

Los científicos sospechan que bajo la superficie helada de Europa se esconde un océano de agua salada que duplica en volumen al conjunto de todos los mares terrestres. Volando a tan solo 25 kilómetros de la superficie de esta luna, la nave espacial Europa Clipper de la NASA, lanzada el 14 de octubre de 2024, utilizará un radar de penetración en el hielo y otros sensores para buscar signos de agua líquida bajo la corteza de hielo de Europa y estudiar las moléculas orgánicas de su superficie.



Calentamiento gravitacional

Los científicos creen que las fuerzas mareales crean fricción -y calor- dentro del manto rocoso de Europa. Ese calor podría alimentar fuentes hidrotermales en el fondo oceánico que expulsan sustancias químicas orgánicas y crean corrientes cálidas ascendentes que interactúan con la helada corteza flotante.

A detailed cross-section diagram of the moon Europa, tilted at an angle. The diagram shows the outer ice shell, a subsurface ocean, and a rocky mantle. Various features are highlighted with labels and arrows. In the top right, wavy lines with arrows represent incoming radiation. On the right side, bright blue beams represent Jovian radiation. The central part of the diagram shows a blue ocean layer with a brown, textured layer below it. At the bottom, a blue layer is shown with arrows indicating convection. The background is a dark space with stars.

Radiación entrante

Radiación joviana

El fuerte campo magnético de Júpiter bombardea la superficie de Europa con radiación que sería letal para la vida. Pero también arranca el oxígeno de las moléculas de agua. Si este oxígeno llega al océano de Europa, podría reaccionar con otras sustancias químicas y producir energía suficiente para que surja vida microbiana.

Calor interior

El agua del océano puede infiltrarse en el manto de Europa a través de grietas, fisuras o fuentes hidrotermales del fondo marino. El calor y las reacciones químicas podrían cargar el agua de minerales y compuestos orgánicos que quizá pudiesen formar los cimientos de la vida.

Terreno caótico

Formado por bloques de hielo quebrados, rotados y deformados, este tipo de terreno puede aparecer en zonas donde la corteza de hielo se ha calentado y adelgazado.

Corrientes calientes

El agua profunda, calentada por la fricción mareal, puede ascender y templar el agua marina más somera, tal vez creando corrientes de convección que calienten la parte inferior de la corteza de hielo.

Rayas de tigre

Las fuerzas gravitacionales impulsan la actividad tectónica en torno al polo sur, donde cuatro fracturas, las llamadas «rayas de tigre», forman grandes depresiones. Casi todos los géiseres se encuentran allí, donde las temperaturas son casi 110 grados superiores que en el ecuador.

MANTO
ROCOSO
SILÍCEO

OCEANO SUBSUPERFICIAL

CORTEZA DE HIELO

ENCÉLADO

Las observaciones científicas apuntan a que Titán, Europa y otras lunas del sistema solar ocultan agua líquida bajo su superficie. En cambio, Encélado, una de las lunas de Saturno, muestra su océano expeliendo al espacio tal cantidad de agua salada que forma el difuso, enorme y hermoso anillo E del planeta.

ANILLO E

Dione

Titán

Rea

Encélado

SATURNO

Mimas

Tetis

Alimentando el anillo E

Encélado orbita en resonancia con Dione, otra luna de mayor tamaño, lo que amplifica las fuerzas mareales generadas por el campo gravitatorio de Saturno. Esta interacción estira y comprime Encélado, generando un calor que favorece las reacciones químicas e impulsa sus potentes chorros eyectados de la superficie.

Circulación oceánica

Se cree que el afloramiento de agua calentada por el manto de Encélado reduce la corteza de hielo sobre su polo sur. La circulación oceánica a gran escala puede crear hielo más grueso a lo largo de su ecuador.

Pluma congelada

La misión Cassini de la NASA descubrió que Encélado expulsa partículas de gas y agua a unos 1.300 kilómetros por hora, formando géiseres que generan una pluma colosal de fino polvo de hielo. La mayor parte vuelve a caer a la superficie en forma de nieve, pero una pequeña cantidad contribuye a formar el anillo E de Saturno.

Sustancias orgánicas en el hielo

La densidad de compuestos orgánicos que Cassini detectó en la pluma durante varios sobrevuelos era unas 20 veces mayor de lo que esperaban los científicos. Además, el análisis del anillo E de Saturno reveló la presencia de nanogranos de sílice, que solo pueden formarse donde la roca y el agua interactúan a temperaturas superiores a 90 °C, signo del calor interno de la luna.



TITÁN

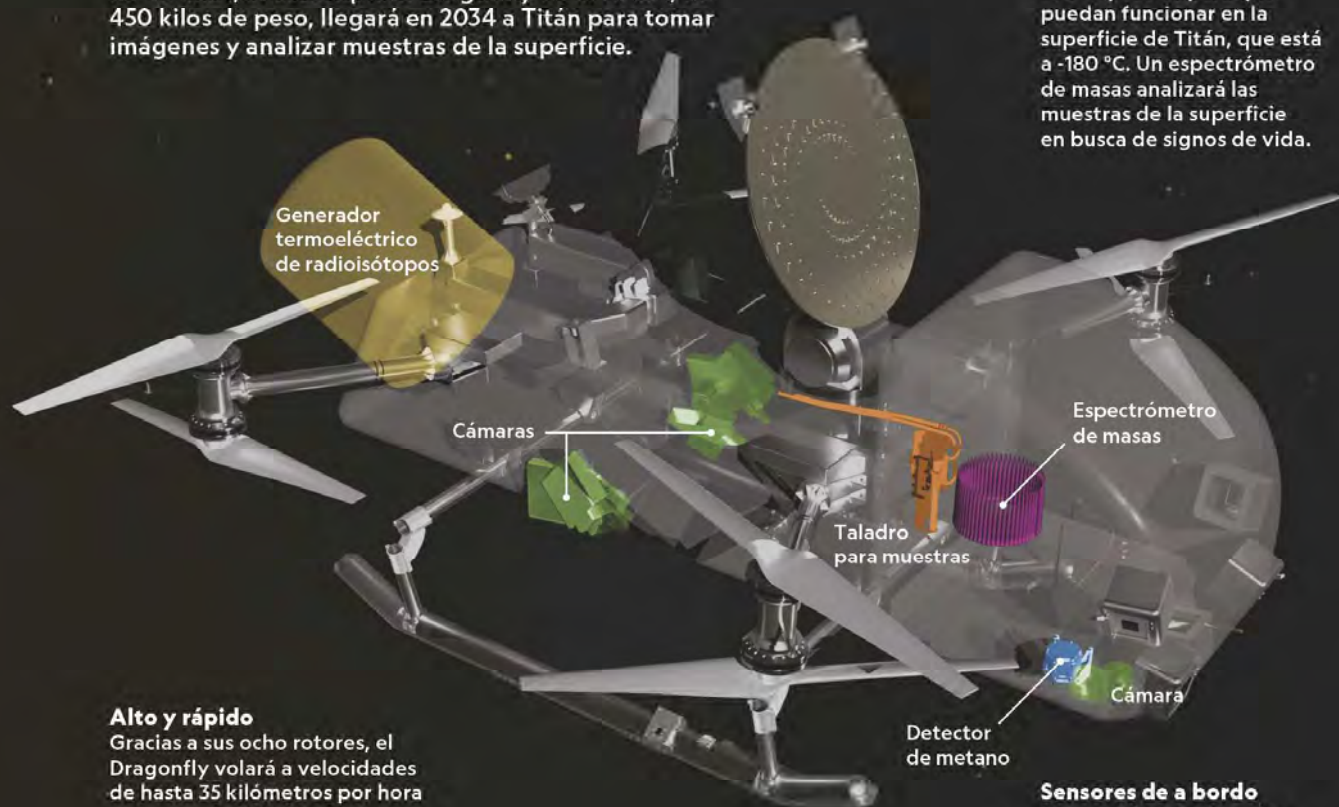
Se cree que Titán, al igual que Europa y Encélado, alberga un océano interior de agua salada. Pero no es el único motivo por el que esta luna de Saturno, la segunda de mayor tamaño de todo el sistema solar, podría albergar vida. Igual que la Tierra posee un ciclo del agua, Titán registra un ciclo del metano que deja caer una lluvia de moléculas complejas sobre su superficie, creando lagos y ríos de metano y enormes dunas formadas no por arena, sino por hidrocarburos granulares.

DRAGONFLY

La atmósfera de Titán es un 60 % más densa que la de la superficie de la Tierra, lo que hace de esta luna una candidata perfecta para la exploración con drones. Propulsado por una fuente de combustible radiactivo de 46 kilos, el octocóptero Dragonfly de la NASA, de 450 kilos de peso, llegará en 2034 a Titán para tomar imágenes y analizar muestras de la superficie.

Laboratorio de a bordo

Un aislamiento grueso y una fuente de energía de larga duración mantendrán los instrumentos de Dragonfly a una temperatura de entre -40°C y -30°C para que puedan funcionar en la superficie de Titán, que está a -180°C . Un espectrómetro de masas analizará las muestras de la superficie en busca de signos de vida.



Alto y rápido

Gracias a sus ocho rotores, el Dragonfly volará a velocidades de hasta 35 kilómetros por hora y alcanzará altitudes de unos 4.000 metros sobre la superficie de Titán, un mirador perfecto para avistar los mejores puntos donde proceder al análisis de la superficie.

Sensores de a bordo

Escanearán los minerales de la superficie cercana, buscarán agua líquida en el subsuelo y monitorizarán los sismos en busca de signos de actividad tectónica.

Radiación entrante

Atmósfera activa

En la densa atmósfera anaranjada de Titán, la radiación del Sol y el campo magnético de Saturno rompen las moléculas de metano y nitrógeno presentes a gran altitud. Estas se recombinan luego para formar la mezcla más rica y variada de compuestos orgánicos hallada fuera de la Tierra.

Niebla de sólidos orgánicos

Nubes de hielo de etano

Nubes de nitrógeno y metano

CORTEZA DE HIELO

OCEANO SUBSUPERFICIAL

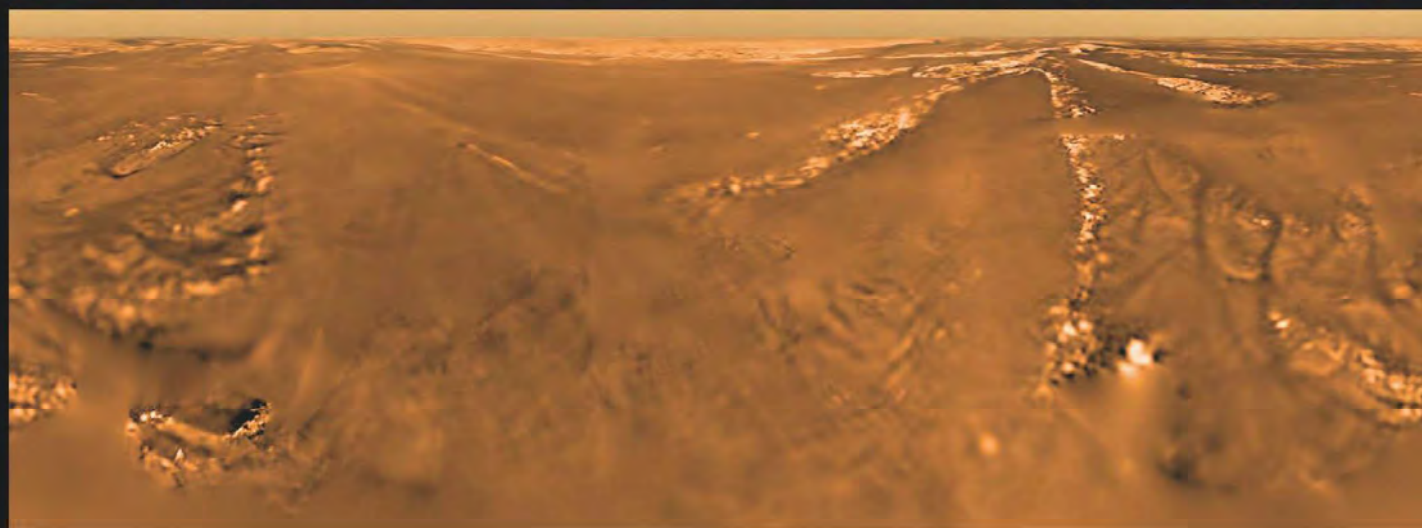
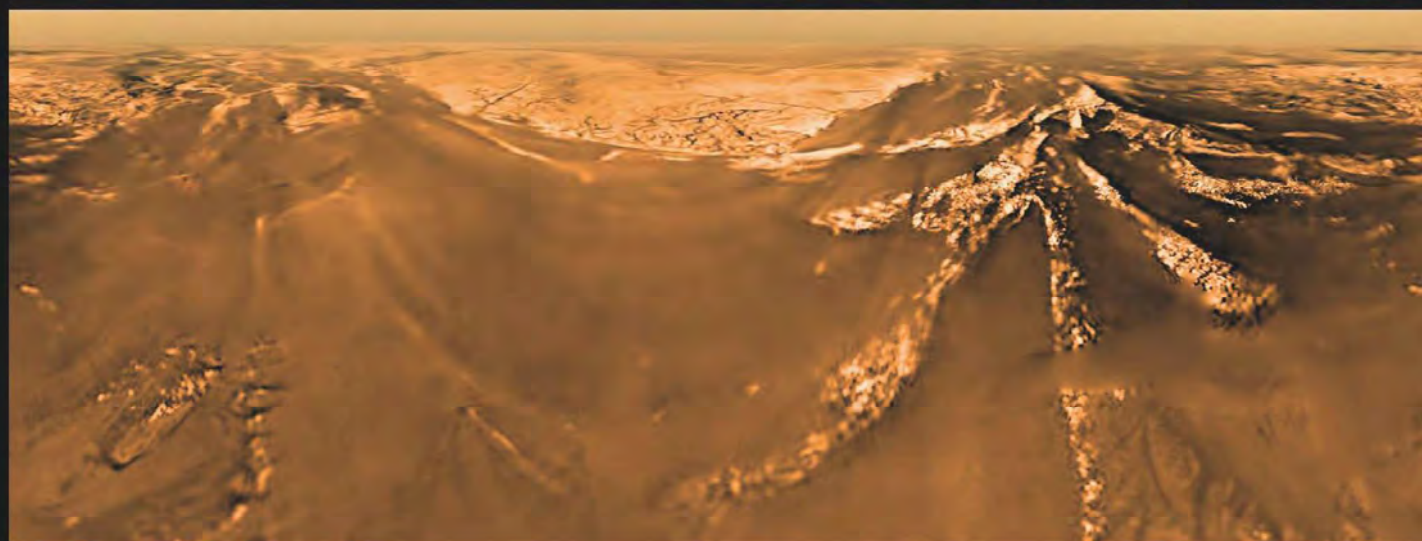
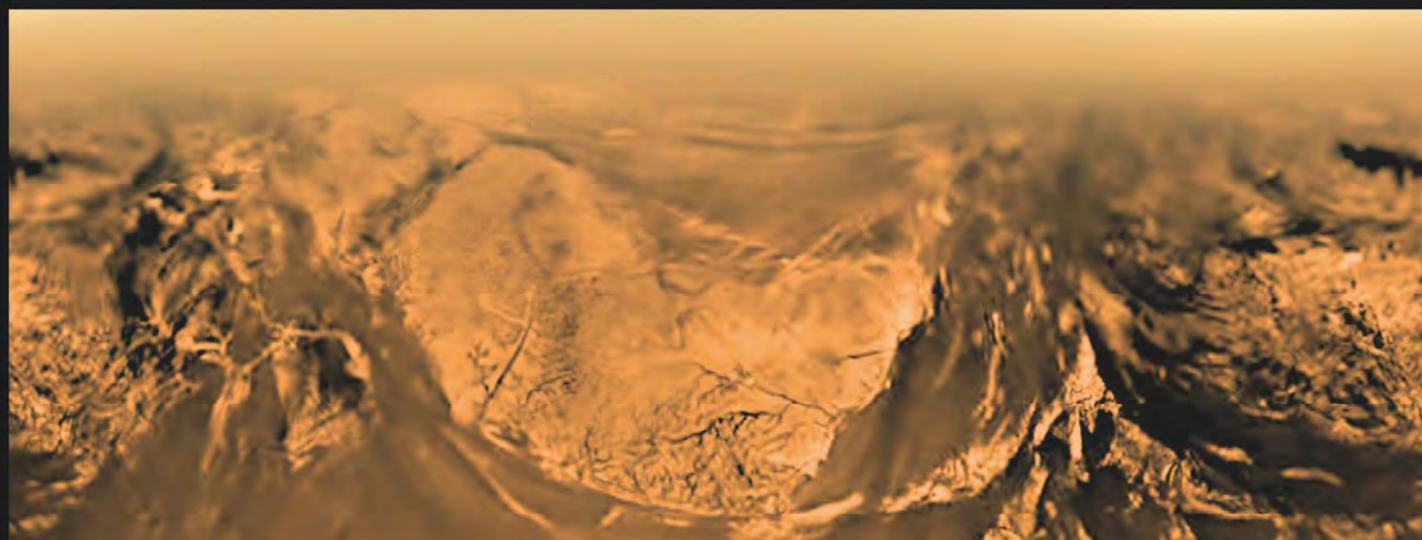
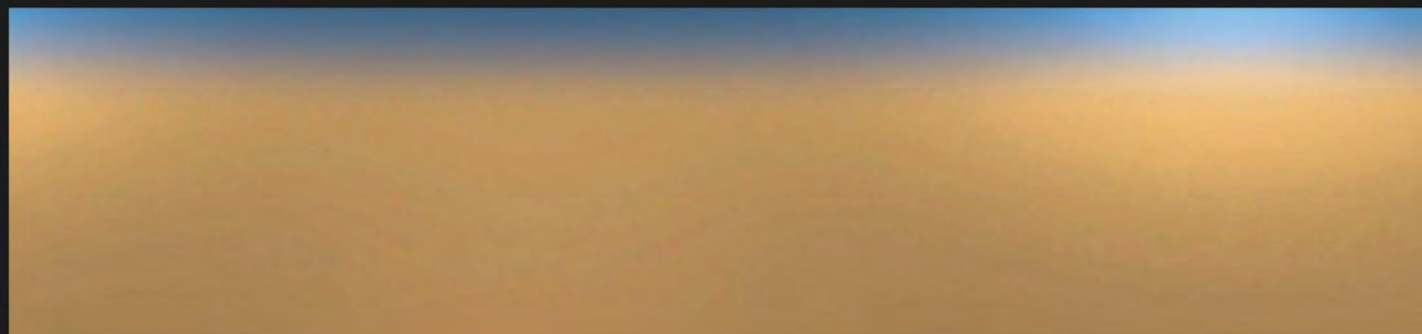
MANTO ROCOSO SILÍCEO

El misterio del metano

El baño de radiación que recibe Titán debería de haber agotado todo el metano atmosférico hace cientos de millones de años, lo que significa que tiene que haber alguna fuente masiva a largo plazo en la superficie helada de la luna o debajo de ella. El metano puede provenir de la descomposición de moléculas orgánicas de la superficie o de la actividad microbiana en un mar global subsuperficial.

Esculpido por el metano

La superficie de Titán ofrece una gran diversidad de terrenos. Dragonfly se posará en los campos de dunas ecuatoriales de Shangri-La y luego realizará vuelos cortos en forma de «salto de rana» -con despegues y aterrizajes verticales-, hasta el cráter de impacto Selk, donde hay indicios de presencia de agua superficial y moléculas orgánicas.





**ATMÓSFERA
Y SUPERFICIE**

Arriba

De las 290 lunas conocidas de nuestro sistema solar, Titán es la única con una atmósfera densa. En noviembre de 2022, el Telescopio Espacial James Webb tomó esta imagen compuesta en color de Titán, en la que se pueden apreciar varias características de su superficie: nubes prominentes, un campo de dunas de arena y un mar de metano.

IMAGEN DE NASA, ESA, CSA, WEBB
TITAN GTO TEAM; PROCESAMIENTO
DE IMÁGENES DE ALYSSA PAGAN
(STSCI)

Izquierda

En 2005 la nave espacial Cassini de la NASA lanzó una sonda de la Agencia Espacial Europea a la atmósfera de nitrógeno que rodea Titán. Durante las dos horas y media que duró el descenso, la sonda tomó estas imágenes a cuatro altitudes en proyección Mercator. Revelaron que la superficie de Titán es un paisaje engañosamente similar al de la Tierra. Solo que su química es extraterrestre: los líquidos son metano y etano, y los guijarros son hielo de agua duro como la roca.

ESA/NASA/JPL/UNIVERSIDAD
DE ARIZONA

Algunos presentan secuencias genéticas reconocibles, pero ninguno es bien conocido por la ciencia. Y una buena parte son lo que Macalady llama «materia oscura genética», *terra ignota* unicelular. Aunque no es la primera vez que se halla algo así, a medida que los científicos secuencian más microbios «resulta más raro dar con una comunidad que contiene tanta materia oscura genética», me contó la geomicrobióloga.

En aquel viaje Dani Buchheister, una de las doctorandas de Macalady, cruzaba los dedos deseando que los buzos recogiesen biofilm para intentar cultivar en el laboratorio aquellos misteriosos autótrofos. Eso podría significar descubrir la misteriosa identidad de los microbios y comprender cómo sobreviven en unas aguas tan fétidas y asfixiantes, con la mirada puesta en lo que eso significaría para la vida en otros lugares. «Cada vez estoy más convencida de que si encontramos vida en nuestro sistema solar, probablemente sea en entornos subsuperficiales –me dijo Buchheister, quien, en su Florida natal, más de una vez atisbó las estelas de los cohetes que despegaban desde cabo Cañaveral–. Lo que me atrajo de la microbiología fue la idea de que los microbios son el mejor ejemplo que tenemos de cómo las formas extremas tiente los límites de lo posible en la biología que conocemos».

Y por eso nos encontrábamos en el borde fangoso del lago Dell'Orsa, a 25 metros de descenso en rápel desde la pasarela turística. Dos buzos se habían sumergido en sus frías aguas color aguamarina para recoger muestras de biofilm, pero diez minutos después solo había regresado uno de ellos, Kenny Broad. Volvió a zambullirse para buscar a su compañero, Nadir Quarta, entre los pasadizos mal cartografiados. «No entiendo por qué no han salido ya los dos», dijo Macalady, apuntando su linterna frontal hacia la oscuridad mientras se mantenía en precario equilibrio sobre una roca resbaladiza. Nadie dijo nada; el repiqueteo de las gotas de agua sobre el suelo de la cueva resonó en la cámara.

Al cabo de una eternidad (quizá fuesen unos minutos), oímos el gorgoteo de dos espeleobuzos regresando a la superficie. «Bueno, ha sido un poco aterrador», dijo Broad al equipo mientras flotaba. Broad, Explorador del Año Rolex National Geographic 2011 y antropólogo medioambiental de la Universidad de Miami, era uno de los contadísimos buceadores cualificados para llevar a cabo aquella expedición, que requería un dominio absoluto de los equipos de inmersión autónomos de circuito cerrado, además de experiencia en fotografía submarina y recogida de muestras científicas. Quarta había venido en coche desde Suiza. Mientras buceaban, la pareja se separó y Quarta se adentró en un pasadizo que describió como «un caos». Bajo el agua, con poca visibilidad, Broad no lograba encontrarlo, una situación preocupante en cualquier inmersión.

Una vez confirmado que estaban bien, Macalady les preguntó: «¿Habéis visto algo gris y como amorfo?».

DURANTE SU SEGUNDA INMERSIÓN en el gélido lago Dell'Orsa –un descenso de 20 metros que describió como «bastante superficial»–, Broad llenó cinco jeringas grandes de biofilm, un material tan frágil que se deshacía con la menor sacudida. «Visualmente no eran ninguna belleza –reflexionó ya de vuelta en la estación de campo–. Pero las cuevas tienen un aire a otro mundo que no se puede negar. Son un portal a otro lugar».

Cuando nos reunimos con los demás en el laboratorio de la estación de campo, Macalady ya tenía parte del biofilm en el microscopio. Por el ocular me encontré por fin cara a cara con aquellos desconcertantes «intraterrestres». Sus apéndices grises, finos, algodonosos, estaban salpicados de grumos oscuros de pirita, quizás el indicio de una vía metabólica primitiva que convierte el maloliente sulfuro de hidrógeno en pirita y gas hidrógeno. Los científicos sospechan que esta vía tan eficiente en términos energéticos alimentó las primeras formas de vida en la Tierra, pero no se han hallado pruebas de ello. Quizás hasta ahora. «Son framboides de pirita, el producto de desecho del metabolismo que estamos buscando –dijo Macalady, señalando la bolita oscura que veía por el ocular–. Es una pista».

Resolver ese misterio e identificar los microbios dependerá de si Buchheister consigue cultivarlos en el laboratorio. Podría ser complicado por muchas razones, empezando por que las estimaciones preliminares del equipo sugieren que la división de estos microbios sucede en escalas de tiempo larguísimas, puede que una vez por siglo o por milenio. En las profundidades del acuífero de Frasassi hay tan poca energía disponible que, al igual que las esponjas vítreas que pueblan el abismo ártico, estos microbios han aprendido a sobrevivir con lo mínimo.

«Aprender sobre los límites de la vida en la Tierra es lo mío –dijo Buchheister–, descubrir los lugares extraños en los que existe y entender cómo podría influir esa información en dónde y cómo buscamos fuera de nuestro planeta».

CUANDO REGRESO A Longyearbyen en marzo de ese 2023, Dimitri Kalenitchenko, que había estado a bordo del *Kronprins Haakon*, está colaborando con Kevin Hand, quien también ha vuelto a la ciudad. Han cambiado muchas cosas desde la última vez que nos vimos. Eva Ramírez-Llodra, la codirectora científica de la expedición

Un técnico examina la bóveda que protege la electrónica de la Europa Clipper de la NASA, montada en el Laboratorio de Propulsión a Chorro y lanzada en 2024. Cuando sobrevuele Europa, estudiará la capa de hielo de esta luna y el océano salado que oculta. Europa tiene «el mejor potencial para saber si hay vida en el sistema solar aparte de nosotros», dice Britney Schmidt, miembro del equipo de Europa Clipper.

CHRIS GUNN

marina, y su equipo habían vuelto al campo hidrotermal de Aurora en 2021 y recogido muestras de las emanaciones de dos fumarolas negras que ya tienen nombre: Encélado y Ganímedes, este último en referencia a la gigantesca luna helada de Júpiter, la más grande del sistema solar.

Pero nuestro objetivo en este viaje es el hielo terrestre –el de los pingos–, no el hielo marino. A lo largo de varias temporadas de investigación de campo, el equipo recogerá testigos de hielo y caracterizará las comunidades microbianas que pueblan tres puntos próximos a la ciudad, tanto en el agua subterránea de los pingos como en su hielo. La investigación realizada hasta ahora sugiere que estos microbios comparten características con especies que por norma general viven en puntos calientes de biodiversidad de las profundidades marinas. Es así porque lo que ocurre en los pingos es «lo que vemos en el fondo del mar», afirma Kalenitchenko.

Al igual que en el acuífero de Frasassi, el sulfuro de hidrógeno deja su huella olfativa en el agua de algunos pingos. El hielo está lleno de metano, un compuesto al que Hand se refiere como «el primer almuerzo de la vida». Estas dos moléculas pueden ser tanto alimento como desecho microbiano. Como era de esperar, las vías metabólicas que consumen y excretan sulfuro de hidrógeno y metano dominaban la química de los entornos terrestres que visité para escribir este artículo. Posiblemente son las vías más sencillas y menos exigentes desde el punto de vista energético de todo el repertorio unicelular, lo que significa que quizá constituyen un buen modelo de lo que podría darse en otros lugares.



Al derretir los testigos de hielo y estudiar ese metano, Hand puede determinar si el gas es de origen biológico o geoquímico, justo el tipo de investigación que algún día podríamos llevar a cabo con una muestra de hielo extraterrestre. Pero identificar los signos de actividad biológica en otro mundo no es tan sencillo como estudiar los átomos de carbono del metano. Encontrar a distancia las huellas dactilares de la biología extraterrestre, acaso encerradas en el hielo o flotando en unos mililitros de agua de mar, implicará buscar múltiples biofirmas.

En lunas como Europa y Encélado, con composiciones químicas parecidas a las terrestres, los científicos pueden poner sobre la mesa conjeturas fundadas sobre lo que están buscando. Pero en la superficie de Titán, que explorará la sonda Dragonfly, el terreno puede parecer engañosamente semejante al de la Tierra, cuando su

realidad química no tiene nada que ver. Allí hace tanto frío que mares y lagos están llenos de metano y etano líquidos, y el paisaje es de hielo de agua. Identificar las huellas de la vida en Titán será un reto muy diferente. «Cuando se trabaja en el sistema solar exterior hay que tener mucha paciencia –dice Elizabeth «Zibi» Turtle, planetóloga del Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins y jefa de la misión Dragonfly a Titán–. Así van las cosas en la zona del sistema solar que estamos explorando».

Averiguar si en esas lunas, o en cualquier otro cuerpo celeste del sistema solar, hay vida merece la pena. «Tenemos que descubrirlo –afirma Robert Pappalardo, director científico de la misión Europa Clipper del JPL de la NASA–. Podría suponer una segunda revolución copernicana en nuestra comprensión del lugar que ocupamos en el universo». □

A lo largo
y ancho del
continente,
cientos de miles
de fulanis se
aferran a una
forma de vida
ancestral, al
tiempo que
remodelan sus
tradiciones para
adaptarse a
una nueva era.

FOTOGRAFÍAS DE
ROBIN
HAMMOND

Los PASTORES NÓMADAS de África se adaptan a un planeta en transformación

ENLACE AL CANAL

x.com/byneontelegram

O escanea el código QR:



Los fulanis, un conjunto de comunidades indígenas predominantemente musulmanas repartidas por una veintena países del África central y occidental, están unidos por tradiciones pastorales centenarias. En el norte de Camerún, las adolescentes (de izquierda a derecha) Fadimatou Moussa, Hawaou Hamadou y Amin Moussa pertenecen al pueblo mbororo y participan en las migraciones anuales.





Los pastores fulanis crían ganado vacuno, caprino y ovino, con el que practican la trashumancia a través de grandes distancias para encontrar los pastos y el agua necesarios para sustentar a sus rebaños.



En Chad, cerca del municipio de Durbali, una familia traslada su ganado a la vez que transporta provisiones, como las calabazas secas que utilizan para almacenar la leche fresca.

Un pueblo en perpetuo movimiento

CERCA DEL LÍMITE MERIDIONAL del desierto del Sahara, millones de ciudadanos de una veintena de países del África occidental y central comparten un mismo modo de vida. Año tras año, cientos de miles participan en la ancestral práctica del pastoreo nómada, conduciendo sus rebaños por las tierras cada vez más áridas y abrasadoras del Sahel en busca de pastos frescos y agua accesible a medida que mudan las estaciones. Desde el litoral occidental de Senegal hasta las costas orientales de Sudán, los pastores siguen diferentes rutas migratorias que pueden sumar cientos de kilómetros.

La mayoría de esos pastores comparten otra característica importante: son fulanis, un pueblo indígena también conocido como fulbé o peul que atesora una amplia identidad cultural moldeada por esos desplazamientos tradicionales. Son grupos tan numerosos como variados, y muchos de ellos están tomando nuevos derroteros.

Tanto es así que la mayoría de los fulanis, entre quienes predomina la fe musulmana, ni siquiera son ya pastores. En las últimas generaciones, muchos se han reorientado hacia la agricultura o se han asentado en pueblos y ciudades, emprendiendo nuevas andaduras vitales para mantenerse a sí mismos y a sus familias. En Guinea, los fulanis que emigraron a la región montañosa de Futa Yallon cultivan la tierra y dejan que su

ganado pascua en libertad. En Sierra Leona, muchos se han convertido en empresarios influyentes en los círculos comerciales y políticos.

Históricamente, los pastores fulanis han tenido dificultades para pisar y gestionar las tierras que atraviesan desde hace generaciones. Sin embargo, y pese a que son minoría en la práctica totalidad de los países en los que se han asentado, de entre ellos han surgido varias figuras de liderazgo. En las últimas décadas África ha tenido al menos cinco presidentes de este grupo étnico.

En esencia, «fulani» se ha convertido en un término genérico que engloba a un gran número de grupos humanos diferentes, explica Hindou Oumarou Ibrahim, una fulani mbororo y sabia de su comunidad. Exploradora de National Geographic y presidenta de la Asociación de Mujeres y Pueblos Indígenas Peul de Chad, ella compara esos grupos con las ramas del árbol fulani: «En el África occidental están Futa Toro y Futa Yallon. Y luego, en nuestra zona del África central, tenemos algunos mbororos», la rama a la que ella pertenece. Dentro de cada rama hay muchas comunidades diferentes. Pero la mayoría sigue sintiendo un fuerte vínculo con la tierra, dice, y con su modo de vida ancestral.

Al mismo tiempo, quienes perseveran en las prácticas tradicionales se topan en el



EL IDIOMA COMO LOCALIZADOR

Los fulanis viven desde hace generaciones en la región africana del Sahel, un cinturón semiárido que se extiende entre las arenas del Sahara, al norte, y las selvas del continente, al sur. Muchas de sus comunidades comparten un idioma común, el fula, o sus dialectos regionales, lo que permite vislumbrar dónde se han asentado o residen en la actualidad.

camino con nuevas amenazas derivadas del cambio climático y de los conflictos regionales, entre ellas agresiones esporádicas por parte de los propietarios de las tierras. Algunos de los conflictos más recientes quizás estén alimentados por la afirmación, vertida sin fundamento por parte de algunos Gobiernos y comunidades no fulanis, de que los fulanis se están uniendo de forma desproporcionada a grupos yihadistas. La realidad es que los pastores contribuyen enormemente a la economía de la región y tienen un dilatado historial de comercio pacífico con agricultores y comerciantes.

Aunque viven de la tierra, también ayudan a restituirla. Como señala Ibrahim, el ganado va dejando a su paso estiércol que enriquece el suelo con nutrientes, fertilizando la tierra.

También podan los árboles que hay a lo largo de sus rutas, fomentando así su crecimiento y protegiendo la vegetación de los incendios forestales. El pastoreo es el medio de vida más adaptado al ecosistema del Sahel, afirma Ibrahim.

Para conocer mejor a estas comunidades a menudo incomprendidas, el fotógrafo y Explorador de National Geographic Robin Hammond documentó sus viajes a lo largo de seis años. En las páginas siguientes comparte imágenes poco comunes que reflejan la vitalidad de este pueblo y las dificultades a las que se enfrentan. «La cultura fulani es increíble y única, pero no podemos caer en el error de idealizarla –advierte Hammond–. Muchos pastores se las ven y se las desean para sobrevivir». —Alexa McMahon



Pastores fulanis visitan el mercado de ganado de Dahra, una ciudad de 45.000 habitantes del centro de Senegal donde la principal actividad es la ganadería y la agricultura. Los mercados como el de esta



fotografía, a los que acuden los pastores para vender sus cabezas de ganado, constituyen un punto de encuentro esencial entre las diferentes comunidades fulanis y las economías regionales.

En Senegal, una mujer inspira un nuevo futuro para los fulanis

TEXTO DE
HANNAH RAE ARMSTRONG

Mucho antes de que las potencias europeas se repartiesen el África occidental y de que los Estados africanos independientes heredasen sus fronteras actuales, se inauguró una transcendental tradición nómada que hoy continúa existiendo y evolucionando. Hacia el mes de noviembre, cuando la temporada de lluvias toca a su fin y las lindes meridionales del desierto del Sahara empiezan a secarse y a retomar su color pardo, cientos de miles de pastores fulanis se congregan para conducir millones de cabezas de ganado vacuno, caprino y ovino hacia las sabanas subtropicales, más frescas.

Esta trashumancia anual ha hecho de los fulanis uno de los grupos nómadas más nutridos de la Tierra, pero también ha contribuido a excluirlos de la política: pese a su gran número, los pastores nómadas tienen más papeletas de ser obviados por los Estados. Otra causa de su infrarrepresentación es que a muchos Gobiernos de la región les interesa más la agricultura que la ganadería. La mermada influencia política de los pastores dificulta la defensa de sus intereses a la hora de decidir sobre el territorio, las vías pecuarias y los recursos de los que dependen. Aunque hay grandes poblaciones de fulanis en países como Mali y Nigeria, muchos de estos pastores viven en constante peligro.

Awa Sow, líder comunitaria de la reserva del Ferlo, en Senegal, busca nuevas formas de implicar a las mujeres fulanis en los grupos ganaderos locales y en el Gobierno.

 National Geographic Society, organización sin ánimo de lucro comprometida con la divulgación y la protección de las maravillas de nuestro planeta, financió el trabajo del Explorador y fotógrafo de National Geographic Robin Hammond.





Sow (en el centro, vestida de azul claro) dirige un debate con agricultoras en su propia casa. Todas pertenecen a una organización fundada por ella, la Dirección Nacional de Mujeres en la Ganadería,



que ofrece préstamos para ayudar a las mujeres a gestionar sus propios negocios. Las integrantes adquieren experiencia en liderazgo, que puede traducirse en oportunidades futuras.

En el norte de Senegal, en la inmensa reserva del Ferlo, ha cristalizado un modelo diferente de participación política para los fulanis, y una carismática líder comunitaria ofrece a los pastores nuevas vías para idear soluciones a sus problemas. Se llama Awa Sow. En calidad de organizadora comunitaria, se ha ganado el respeto de los suyos y una autoridad poco común gracias a décadas de trabajo.

«Awa es una guerrera con una autoridad sin igual en esta zona –dice Aliou Samba Ba, líder de una influyente asociación de pastores de la reserva–. Si quieres organizar una actividad en su territorio, ya sea política, de desarrollo, cultural o religiosa, tienes que pasar por ella». Sow vislumbra un futuro muy diferente para los fulanis en la reserva del Ferlo.

Aquí, los pastores fulanis gozan de representación política. Eso ha permitido que el Gobierno lleve unos años invirtiendo en el desarrollo rural y en el impulso del comercio y la producción animal, lo que ha ayudado a los fulanis a evitar los conflictos que sí se han producido en otras zonas. Pero cada vez llueve menos, y esa escasez de lluvia está acabando con los pastos autóctonos y ejerce una mayor presión sobre los recursos hídricos. Las familias ya no se suman en pleno a la migración estacional: casi siempre son los hombres quienes parten en carros de burros cargados de mercancías y suministros para llevar a cabo unos desplazamientos cada vez más largos, dejando en las áridas aldeas a las mujeres y los niños. Los esfuerzos de Sow, materializados en la interminable lista de programas e iniciativas que dirige, tienen como objetivo implicar a esas mujeres y, tal vez, crear un sistema político que podría funcionar como modelo útil para comunidades mucho más allá del Ferlo.

Sow, de 63 años, vive en Barkedji, una comunidad rural de unos 25.000 habitantes situada en la zona norte de la reserva. No ocupa ningún cargo político oficial, en parte porque su influencia ha sobrepasado con creces ese ámbito. Los problemas a los que se enfrentan los fulanis seminómadas de la región son complejos, conque Sow idea soluciones para abordarlos desde diferentes ángulos.

Uno de ellos es replantearse la participación de las mujeres fulanis en la política para que ejerzan un mayor control sobre sus valiosos recursos. Cuando los hombres abandonan la reserva, por ejemplo, el poder de las mujeres suele disminuir. Desde que el alza de las temperaturas fuerza a los pastores a llegar más al sur en busca de agua y alimento para sus rebaños, los hombres se ausentan más tiempo y solo permanecen en sus aldeas unos meses al año.

«Awa es una guerrera con una autoridad sin igual en esta zona».

*Aliou Samba Ba,
líder de una
asociación de
pastores*

Con el tiempo, esa ausencia llevó a Sow a cuestionar los axiomas convencionales sobre quién debe liderar los debates. «¿Por qué las mujeres de Barkedji deben deslomarse en casa si luego no van a tener ni voz ni voto en la toma de decisiones?», se pregunta.

Sow, la mayor de nueve hermanos, creció en una familia de pastores de Barkedji, donde desarrolló un profundo aprecio por la belleza de las tradiciones de su comunidad. Para cuidar de sus hermanos aprendió a cooperar con otras niñas que recogían leña o acarreaban agua de los pozos cercanos. A los 18 años se casó con un hombre que le enseñó a ver ese poder colectivo con otros ojos. Era el jefe de gabinete del presidente de la Asamblea Nacional de Senegal, y la animó a viajar a diferentes comunidades, donde molía mijo con las mujeres mientras las convencía de que asistiesen a las asambleas políticas y votasen. «Si no vas a la reunión, no sabrás qué se cuece –les decía–. Si la información no os llega sola, tenéis que salir a buscarla».

Cuando Sow era pequeña, en su comunidad no había escuela; fue analfabeta hasta los treinta y tantos años. Después de ser elegida miembro de un consejo de gobierno rural, aprendió a leer y a escribir, y luego profundizó en la legislación local sobre el suelo.

El Ferlo, una franja de 12.300 kilómetros cuadrados de reserva natural y zonas de transición, ya era una zona protegida concebida para la cría de ganado durante la ocupación francesa del país, cuando el Gobierno invirtió en pozos y prohibió la agricultura comercial con la esperanza de fomentar la producción ganadera. Desde que Senegal se independizó en 1960, los pastores seminómadas han seguido usando los recursos a lo largo de una cadena de oasis artificiales que bordean sus rutas migratorias. Hoy hay 300.000 pastores dispersos en las aldeas de la zona.

Sow acabó dirigiendo la fundación de comités locales que colaboran con el Gobierno senegalés para gestionar los derechos regionales sobre el agua y los corredores de pastoreo comunales. En el proceso propició el nombramiento de mujeres para ocupar puestos de responsabilidad en esos organismos. «Si se dañan los pastos, las mujeres sufren tanto como los hombres –dice–, con lo cual la responsabilidad de gestionar esos recursos es de ambos».

Además de trabajar por una gestión más activa de la tierra, se ha centrado en una forma de salvaguardar el pastoreo tradicional que podría parecer ilógica: crear más oportunidades para quienes no trashuman. Al constatar que muchas adolescentes y veinteañeras de la zona ni estudian ni trabajan, creó una asociación de pastoras de la que hoy forman parte 1.500 mujeres de Barkedji y más de 5.000 del Ferlo.



En Nigeria, país que ha experimentado un crecimiento demográfico espectacular, los pastores fulanis se ven obligados a lidiar con una competencia cada vez mayor por la tierra y los recursos. En la imagen,



unos pastores conducen su ganado por tierras áridas durante la estación seca, cuya duración se ha prolongado en los últimos años debido al cambio climático.



La asociación ha respaldado iniciativas locales para plantar huertos comunitarios que se conviertan en una fuente fiable de alimentos y reporten ingresos compartidos; también ha ayudado a las familias necesitadas a acceder a un seguro médico. Además, ha creado un fondo solidario de ayuda de 22.000 euros para sufragar imprevistos comunitarios.

Todo ello ha puesto en marcha un nuevo tipo de ciclo. Por ejemplo, la primera mujer en ocupar la tenencia de alcaldía de Barkedji, Diouma Sow –tiene el mismo apellido que Awa, pero no por parentesco–, se afilió inicialmente a la asociación de pastoras, donde adquirió la experiencia política necesaria para aspirar a una serie de cargos más notables e influyentes. «Queremos que nuestros hijos estudien –explica–. Y también queremos que nuestras mujeres sean autónomas y participen de la economía local».

Hoy podría parecer que una de las iniciativas clave de Awa Sow contradice la tradición del pastoreo seminómada. Orienta sus esfuerzos a la ganadería sedentaria a pequeña escala, capaz de ofrecer una fuente de ingresos más regular conforme se agravan los problemas de la trashumancia. En la última estación seca, Sow contrató a un pastor para que guiase 45 vacas y 300 ovejas en la migración anual. Es una práctica habitual entre los fulanis más adinerados. Sin embargo, tal y como lleva haciendo en los últimos años, también dejó parte del rebaño –cinco vacas y 140 ovejas– en pastos permanentes.

En su opinión, esta separación no socava el nomadismo ancestral, sino que ilustra cómo puede garantizarse la sostenibilidad del estilo de vida clásico, protegiéndolo de cualquier eventualidad que pueda afectar a los animales durante su migración. «Los pastores deben cambiar sus métodos y estrategias», afirma con rotundidad.

La idea surgió en una reunión celebrada en 2017, cuando ella y otros líderes comunitarios hablaron con el ministro de Ganadería de Senegal, quien manifestó su preocupación ante unas estaciones lluviosas más secas que dificultaban la situación de los pastores. Estaban desapareciendo los pastos autóctonos de los que se alimenta el ganado. El ministro sugirió una posible solución: cultivar plantas resistentes al clima capaces de generar una reserva de alimento para los animales, como defensa ante unas estaciones secas más largas. Otros pastores expresaron su indignación, ofendidos por una idea que se parecía mucho a la agricultura de toda la vida. Pero a Sow le picó la curiosidad. Hace unos años cercó en sus tierras espacio suficiente para que parte de sus ovejas y vacas permaneciesen en él todo el año

**La ausencia
anual de
muchos
hombres de la
reserva del
Ferlo llevó
a Sow a
cuestionar los
axiomas
convencionales
sobre quién
debe liderar
los debates.**

«Si llega la temporada de lluvias y tenemos pasto y agua, soy feliz –dice Alhajji Soh, pastor fulani de 25 años fotografiado en la comunidad rural senegalesa de Déali, donde las lluvias han disminuido de forma drástica–. Algunos años no tenemos pasto ni agua [...], y entonces soy infeliz».



En la cuenca del Chad, región que incluye zonas de Chad, Níger, Nigeria y Camerún, el conflicto orquestado por el grupo yihadista Boko Haram ha trastornado el modo de vida de muchos pastores y agricultores



fulanis, que se han visto obligados a instalarse en campamentos como el de Taal, en la imagen. La violencia que acompaña a las disputas territoriales es solo uno de los muchos problemas que afrontan.

y habilitó un vivero de 10 metros cuadrados en el que cultiva pastos resistentes al calor y ricos en nutrientes, como la hierba de elefante, una gramínea que una vez seca es una alternativa barata y abundante a la vegetación silvestre.

La idea resultó ser valiosa durante la última temporada de lluvias, cuando una ola de frío inesperada azotó la zona con lluvias gélidas y granizo. Sow trasladó un grupo de ovejas de los pastos abiertos a su recinto, donde pudieron comer la hierba que había cultivado y secado. Solo uno de los 140 animales murió. El otro grupo tuvo menos suerte, ya que estaba en una parte más remota de la reserva y tuvo que refugiarse allí mismo, sin alimento. De las 300 cabezas murieron 70.

Esa experiencia la reafirmó en la convicción de que la diversidad de técnicas ganaderas es el mejor escudo de los pastores contra el cambio climático. Desde entonces ha ayudado a diseñar y financiar un proyecto de subvenciones para introducir a los jóvenes pastores en la ganadería a pequeña escala. Los beneficiarios reciben ocho ovejas que deben mantener en un corral cerrado, además de alimento, dispensadores de agua y acceso a atención veterinaria. Pueden vender los animales, pero durante dos años deben reinvertir las ganancias en adquirir más animales. Una beneficiaria, madre soltera de 28 años con dos hijos, vendió hace poco ocho ovejas y usó el dinero para comprar nueve corderos. Tenía previsto repetir el proceso en unos meses y estaba reservando parte de su huerto para cultivar forraje.

No todas estas estrategias funcionarán fuera del Ferlo, donde muchos fulanis siguen luchando por sus derechos y recursos. Pero en los últimos 15 años, la colaboración de Sow con las autoridades ha ayudado a las comunidades a perforar decenas de pozos, construir escuelas y centros de salud y obtener préstamos bancarios para comprar animales.

El pasado mes de noviembre, en los días previos a unas elecciones legislativas, uno de los principales candidatos visitó la aldea con un séquito que incluía guardias de seguridad, músicos de tamtam y un par de griots (cantantes tradicionales) que abrieron el debate con una historia oral sobre la propia Sow. «Antes las familias deseaban que el primer hijo fuese varón –entonó uno de ellos–. Pero Awa, la primogénita, es un orgullo. Lo cambió todo. Nos demostró que una mujer puede hacer lo que mil hombres no».

El día de las elecciones, Awa entró en el patio de una escuela secundaria cercana para ejercer su derecho al voto. «Antes las mujeres no venían a votar. No les interesaba –dijo–. Pero mire las colas de hoy: las cosas han cambiado». Más de la mitad de los ciudadanos que acudieron a las urnas eran mujeres. Y Awa lo considera su mayor logro. □





Arriba a la izquierda:
Tras huir de la
violencia en Burkina
Faso, Jajo Jallo, de
49 años, y su familia
se convirtieron en
refugiados en Ghana.

Arriba a la derecha:
Usmaan Soh, de
27, vive en Senegal
con sus esposas (de
izquierda a derecha),
Naana y Kura, y sus
hijos, Hadraan Usman
y Haawa Kura.

Abajo a la izquierda:
Ousmanou Hamadou,
de 67 años, y
Hamadou Adamou,
de 51, cuidan de sus
cabras, ovejas, burros
y vacas en Camerún.

Abajo a la derecha:
Adam Gaya, de
nueve años, posa
con su burro, llamado
Bako, en la aldea de
Fadouk, en Níger.



Los mbororo, grupo al que pertenecen estas mujeres y niñas, han migrado entre Nigeria y Camerún durante años, pero conforme las tierras que atravesaban pasaban a ser de propiedad privada, sus rutas tradicionales



se volvieron peligrosas. Ahora solo viajan dentro de Camerún, donde algunos pastos aún ofrecen un corredor hospitalario. Sus desplazamientos siguen siendo arduos, ya que las temperaturas se disparan en la región.

Ya sea por su aspecto llamativo, sus desagradables hábitos higiénicos o su inesperada conducta, algunos animales tienen un problema de imagen. Pero sus características más destacadas pueden ser verdaderos superpoderes.

**LOS
TALENTOS
OCULTOS
DE LOS**

PATITOS

TEXTO DE

A.J. JACOBS

FOTOGRAFÍAS DE

JOEL SARTORE



Calva carnosa

Las plumas son manchadizas, pero algunos buitres tienen una cabeza lampiña que se mantiene relativamente limpia cuando se alimentan de despojos, una adaptación que puede evitar que propaguen enfermedades, y que también regula su temperatura corporal.



Presentes en todos los continentes excepto en Oceanía y la Antártida, los buitres conviven con los seres humanos desde hace milenios. Pero su dieta a base de animales muertos les ha granjeado fama de transmisores de enfermedades. Nada más lejos de la realidad: al devorar la carne en descomposición, estas aves carroñeras evitan la propagación de patógenos que causan la peste bubónica, el carbunco y otras enfermedades. Incluso impiden que la carroña emita a la atmósfera decenas de millones de toneladas anuales de gases de efecto invernadero. Es mucho lo que les debemos.

FEOS

DE LA NATURALEZA

Estómago de acero

Tienen un ácido gástrico especializado que neutraliza las bacterias dañinas del alimento que ingieren.

BABOSA LEOPARDO (*LIMAX MAXIMUS*)



Sensores especializados
Las babosas leopardo tienen dos pares de tentáculos orientados hacia delante, uno óptico para ver y oler y otro sensorial para el gusto y el tacto.

Dieta beneficiosa para todos
Las babosas desempeñan un papel importante en el ecosistema. Al consumir plantas e insectos en descomposición, devuelven nutrientes fundamentales al suelo.

Es comprensible que nos cueste identificarnos con los invertebrados. Pero los viscosos gasterópodos, como las babosas y los caracoles, presentan un conjunto de adaptaciones sorprendentemente útiles. La babosa leopardo percibe su entorno con los cuatro tentáculos móviles de su cabeza; la sustancia viscosa que segrega le ayuda a aparearse. El moco de las babosas, compuesto de agua, proteínas, enzimas y otras sustancias, ha inspirado el desarrollo de un adhesivo quirúrgico.

S

Reproducción asexual
Todas las babosas terrestres son hermafroditas: poseen órganos masculinos y femeninos y pueden reproducirse solas si no encuentran pareja.

SIN DUDA EL BUITRE es una de las criaturas más denostadas de la Tierra. La propia palabra se usa como insulto: «buitre», persona que se ceba en la desgracia de otro. Su mala fama es en cierto modo comprensible. Para empezar, no son ni bonitos ni tiernos, con su postura encorvada, su cabeza calva y esos ojos pequeños y redondos. Además, se pasan la vida comiendo animales muertos, y lo hacen de una manera que revuelve el estómago, entrando en el cadáver por las partes blandas, como la boca, la nariz o el ano.

«Los buitres tienen claramente un problema de imagen», afirma Darcy Ogada, Exploradora de National Geographic y directora del programa para África de la organización conservacionista sin ánimo de lucro Peregrine Fund. Y se apresura a añadir que un pajarraco calvo picoteando a un ñu en salva sea la parte no sería la portada más atractiva para una revista.

El problema de imagen de estas aves tiene consecuencias en el mundo real. Nos induce a obviar su fascinante conducta y el papel clave que desempeñan en nuestro ecosistema. Sin los buitres, el sistema descarrila. Estas aves son los limpiadores de la naturaleza, devorando los cadáveres en descomposición y evitando así la propagación de enfermedades.

Pensemos en el drama que ocurrió en la India. Hace tres décadas, los buitres estuvieron a punto de desaparecer cuando millones de ellos fueron accidentalmente envenenados por un medicamento bovino que resultó ser tóxico para ellos.

Como consecuencia, el campo se llenó de despojos infectos de animales en descomposición que contaminaron los ríos y el agua potable, además de aumentar la población de perros asilvestrados portadores de la rabia. Según un reciente estudio publicado en la revista *American Economic Review*, la debacle de los buitres se correlacionó con un exceso de más de medio millón de muertes humanas en una muestra de población de la India entre los años 2000 y 2005.

En un mundo ideal, la decreciente población de buitres sería una prioridad para la conservación. Pero no lo es. La gran mayoría de los fondos mundiales destinados a la conservación se destinan a una breve lista de especies, por norma general animales de gran tamaño tales como rinocerontes, elefantes y gorilas. «El resto de la conservación se lleva las migajas», dice Ogada. Los animales que se disputan esas migajas son lo que podríamos llamar especies de segunda división. Los marginados. Hablamos de los buitres, las ratas topo lampiñas y los násicos, esos monos con nupias colgantes y gelatinosas. No son bonitos. No tienen colores vistosos. Suelen hacer guarrerías como comer heces, un hábito de la rata topo lampiña.

Son los polos opuestos de los iconos de la conservación: los leones, los pandas, los pingüinos y las jirafas que protagonizan los documentales sobre la naturaleza, decoran nuestras cajas de cereales de desayuno y copan los papeles protagonistas en las películas de animación. Los conservacionistas llaman a estos animales de primera división «megafauna carismática» o «especies insignia». Varios estudios revelan que reciben una

parte desproporcionada de las donaciones. Como dice un estudio, «el carisma animal prevalece sobre el estatus de amenazado». Para muestra, un botón: los anfibios representan alrededor del 25% de las especies de vertebrados amenazadas, pero solo reciben el 2,5% de la financiación. Nadie quiere besar –ni donar dinero– a un sapo viscoso.

¿Qué hace falta, entonces, para jugar en la primera división animal? Siempre viene bien ser bonito, peludo, enorme y/o lucir un exterior vistoso, como puede dar fe el interesante pelaje de los leopardos y las cebras.

Proyectar una imagen tierna ejerce una atracción especialmente potente gracias a cómo está programado el cerebro humano. «Las características que nos parecen bonitas en los animales suelen coincidir con lo que nos parece "una monada" en los bebés humanos, como son unos ojos grandes enfocados hacia delante», dice la socióloga medioambiental Gabby Salazar, Exploradora de National Geographic. Estamos genéticamente diseñados para amar y cuidar a los bebés, y los animales que nos los recuerdan, como el panda (que no en vano aparece en el logotipo de WWF), se benefician de ello. Estar en primera división conlleva otra ventaja, lo que los psicólogos denominan «efecto halo». Significa que atribuimos sin justificación a las personas y los animales atractivos otras características positivas, como la bondad moral. Por eso tantos héroes cinematográficos presumen de dentadura perfecta y mandíbula cuadrada, mientras tantos malos de la película se pasean con cicatrices horribles.

A la hora de la verdad, la belleza no presupone bondad ni valor, de igual modo que la



PERDEDORES Y SALVAJES

Los héroes olvidados de la naturaleza, como los que aparecen en estas páginas, protagonizan la nueva e irreverente serie *Perdedores y salvajes*, del productor ejecutivo Ryan Reynolds, en streaming en Disney+ a partir del 16 de junio.

fealdad no equivale a maldad ni cobardía, tanto en los seres humanos como en los animales. Basta con fijarse en el Tucán. «A mí me encantan los tucanes, pero no solo utilizan ese bonito pico para comer fruta –dice Salazar–. También lo usan para sacar polluelos de nidos ajenos». No es algo que veremos hacer a Sam el Tucán, que decora las cajas de los cereales de desayuno Froot Loops.

Así pues, ¿cómo solucionamos este problema de imagen? ¿Cómo conseguimos que los marginados del reino animal reciban más atención y los fondos de conservación que merecen? Salazar apunta que la clave está en articular un mejor relato. Para empezar, podemos destacar los beneficios que aportan algunos de estos animales, como el papel de los buitres en la eliminación de residuos.

En realidad es una estrategia centenaria. En una carta a su hija, Benjamin Franklin –uno de los padres fundadores de Estados Unidos, además de científico e inventor– ponía en duda que el pigargo cabeciblanco fuese una elección apropiada como símbolo nacional del país. Argüía que el pavo salvaje, aunque feo, era «decente» y un «ave valiente» que defendía su territorio, igual que los colonos estadounidenses defendían el suyo. Lo contrastaba con el pigargo, al que calificaba de ave de «mala catadura moral» y acusaba de robar peces a otras aves (lo cual es cierto).

Otra estrategia pasa por reinterpretar las supuestas características negativas de estos animales. La desagradable cabeza calva del buitre, por ejemplo, es en realidad una forma inteligente de evitar que acumule gérmenes en las plumas cuando se alimenta de carroña. La supuesta vagancia del perezoso es, de

hecho, una brillante adaptación evolutiva: su lentitud constituye una forma supereficiente de sobrevivir con una dieta hipocalórica basada en hojas. La rata topo lampiña puede antojársenos una salchicha arrugada con dientes de conejo, pero este peculiar roedor ha evolucionado para sobrevivir sin oxígeno durante 18 minutos.

Otra idea es abrazar la fealdad de estos animales. Salazar apunta que hay nuevas investigaciones sobre lo que podríamos llamar animales «feitiernos». Lo explica así: «Los animales feos pero graciosos son especies tan extrañas o tan poco bonitas en el sentido clásico que acaban resultando divertidas y nos inspiran una sonrisa, cuando no una carcajada. Algunos son tan estrafalarios que pueden beneficiarse de este fenómeno de fealdad y ternura simultáneas». El ejemplo por excelencia es el pez gota, una estrella de internet cuya cara gelatinosa tiene una expresión que ilustra frases del tipo «Yo, los lunes».

Salazar cita un estudio sobre el násico y cómo un meme de internet se correlacionó con un aumento de las donaciones para proteger a este primate del Sudeste Asiático. «En esta economía de la atención hay cierta novedad y humor que podríamos capitalizar», dice.

Pongamos en marcha la revolución, pues. Es hora de abrir los brazos a los marginados. Esperemos que algún día veamos ratas topo lampiñas en las cajas de cereales de desayuno, equipos de fútbol universitario llamados «Los Buitres» y un pez gota con su propia película de Pixar. Por ahora, en estas páginas celebramos los rasgos y comportamientos estrambóticamente brillantes de estos animales de segunda división. □

PERIZOSO TRIDÁCTILO DE GARGANTA MARRÓN

(*BRADYPUS VARIEGATUS*)

Variabilidad de vértebras

Aunque la mayoría de los mamíferos tienen siete vértebras cervicales, algunas especies de perezosos tienen más, o menos. Esas vértebras extra que poseen los perezosos tridáctilos se traducen en un mayor rango de movimiento, muy útil para vigilar su hábitat en busca de depredadores.

Las primeras descripciones de los perezosos muestran por qué estos animales originarios de América Central y del Sur tuvieron mala fama desde el inicio. Un texto del siglo XIX los califica de «monstruos imperfectos de la Creación», y añade que «destacan tanto por su aspecto repugnante como por su condición inválida». Estas criaturas arborícolas no pueden evitar que varias especies de algas crezcan en los surcos de su pelaje áspero y enmarañado, dándoles un extraño brillo verde. Pero esta singular adaptación es un arma secreta: las algas les ayudan a camuflarse.



Pasajeros útiles

El pelaje de los perezosos alberga robustas comunidades de insectos, como escarabajos, cucarachas y polillas. Varias especies de polillas pasan casi toda su vida agazapadas en la capa de pelo de estos animales, desovan en sus excrementos y proporcionan nutrientes que se cree alimentan a las algas que crecen en su pelaje.

Ganchos de agarre

Todas las especies de perezosos, que se alimentan principalmente de hojas, tienen unas uñas largas que les ayudan a agarrarse a las ramas de los árboles. Están compuestas de hueso recubierto de queratina, la misma proteína que conforma el cabello y las uñas de los seres humanos.



Letargo inspirador

Los perezosos tienen el metabolismo más lento de todos los animales que no hibernan, lo que les permite conservar la energía que obtienen de su dieta restringida. Estas parsimoniosas criaturas descienden al suelo del bosque para defecar de tarde en tarde, a veces no más de una vez a la semana.

NÁSICO (NASALIS LARVATUS)

El macho de este primate tiene un descomunal apéndice nasal carnoso que le cuelga en la cara. Semejante protuberancia puede parecer cómica y muy poco práctica a ojos humanos, pero tiene una función importante. Estos primates de color caramelo, nativos de las densas selvas de Borneo, viven en grandes comunidades divididas en grupos itinerantes más reducidos de machos y harenes (grupos de hembras y sus crías), dominados por un único macho. La competencia por el favor de las hembras -y el consiguiente tamaño del harén- puede ser feroz. Las hembras de násico se sienten más atraídas por los machos con la nariz más grande.

Megáfono incorporado

De unos 10 centímetros de largo, la nariz carnosa que lucen los machos no solo atrae a las hembras. Se cree que también amplifica sus estridentes vocalizaciones, un coro de bocinazos, aullidos y rugidos.





RAMA TORO AFRICANA (*PYXICEPHALUS ADSPERSUS*)

◊ A menudo ignorados, los viscosos anfibios como las ranas y las salamandras apenas reciben fondos para su conservación, máxime teniendo en cuenta cuántas especies están amenazadas o en peligro de extinción. La rana toro africana es la segunda especie de rana de mayor tamaño del mundo: el macho puede superar los 25 centímetros de largo y alcanzar hasta dos kilos de peso. Y puede parecer aún más grande: si se siente amenazada, infla su cuerpo orondo para intimidar a los depredadores.

Potentes ancas
Con sus musculosas patas traseras, las ranas toro cavan madrigueras para sorprender mejor a sus presas, como lagartijas y pájaros.



Superescupidora

La saliva de las ranas cambia de consistencia. Mientras las ranas toro descansan, su saliva es espesa, pegajosa y viscosa, pero cuando la lengua se dispara y se adhiere a la presa, la saliva se transforma en una sustancia acuosa que cubre al objetivo.

Capullo de piel

Durante la estación seca, las ranas toro africanas pueden entrar en letargo y desarrollar una envoltura similar al papel, formada por capas de piel muerta, que les ayuda a retener la humedad. Cuando llegan las lluvias, el agua ablanda el capullo.





Receptores resistentes al veneno

Las adaptaciones del sistema nervioso del ratel bloquean los efectos de las neurotoxinas que les inyectan las serpientes de las que se alimentan, como la cobra de El Cabo y la mamba negra.

Presente en toda el África subsahariana, así como en Oriente Próximo y Asia occidental, este agresivo depredador tiene una reputación temible debido a una serie de adaptaciones increíbles. Para empezar, el ratel ha desarrollado resistencia a las neurotoxinas de las serpientes venenosas, y en torno a una cuarta parte de su dieta consiste en ofidios. Pero su pasión por la miel —de ahí el otro nombre con el que se le conoce, tejón de la miel— también lo empuja a asaltar colmenas. Por suerte, su gruesa piel lo protege de los cientos de picaduras que recibe. Su destreza cazadora beneficia a otras especies: los chacales y los azores en busca de un bocado sabroso siempre pueden seguir a un ratel hambriento.

Garras poderosas

Las uñas del ratel, de queratina y con más de dos centímetros y medio de largo, desgarran colmenas, animales muertos y presas como lagartos. También las utiliza para cavar madrigueras y hacerse un hueco en guaridas abandonadas.

RATEL (MELLIVORA CAPENSIS)

Piel elástica

Bajo el pelaje, la piel del ratel es gruesa y flexible, capaz de resistir mordeduras de serpientes y picaduras de abejas, y es difícil de agarrar para sus depredadores, como hienas y licaones.

Almizcle natural
Estos formidables mamíferos segregan por las glándulas anales una sustancia similar a la mostaza que usan para defenderse y para marcar territorio.

TALÉGILO DE LAS TONGA (MEGAPODIUS PRITCHARDII)

Los enormes pies de las aves de la familia de los megápodos, como el talégalo de las Tonga, pueden tener un aspecto ridículo, pero en realidad son un superpoder. Estas aves robustas, del tamaño de una gallina y habitantes de toda Australasia, suelen anidar en bosques, playas soleadas o cerca de zonas geotérmicas, y utilizan las patas para construir madrigueras en la arena o nidos en forma de montículo con vegetación en descomposición. Después de nacer, los pollos usan las patas para salir de las madrigueras, que pueden tener un metro y medio de profundidad.





Huella considerable
Megápodo se traduce literalmente como «pie grande». Estas aves han desarrollado garras afiladas que les ayudan a cavar en el barro y en la vegetación.

AYE-AYE (DAUBENTONIA MADAGASCARIENSI)

Superoído

Las descomunales orejas del aye-aye, similares a las de los murciélagos, pueden captar los sonidos de las larvas y otros insectos que horadan el tronco de los árboles.



Madagascar alberga un buen número de primates carismáticos, pero su personaje más cautivador quizá sea el inquietante aye-aye, el primate nocturno más grande de la Tierra. Estos animales desgredados, como la cría de 16 días de la foto, tienen ojos de mirada penetrante, la cola larga y el pelaje áspero. Son tan desagradables a la vista que algunos los consideran de mal agüero y los matan, lo que ha puesto en peligro su población. Por este motivo se están llevando a cabo iniciativas para rehabilitar su imagen, en las que conservacionistas y agricultores ayudan a las comunidades locales a reconocer que los aye-ayes son depredadores eficaces de las larvas minadoras de hojas que están devastando el árbol del clavo en la costa este de la isla.

Dedos hábiles

El delgado dedo medio del aye-aye cuenta con una articulación esférica única que le permite una gran amplitud de movimiento. Golpea con él los troncos de los árboles para localizar los túneles de los insectos y extraer las larvas, un método conocido como «búsqueda percutiva».

Vista aguda

A diferencia de otros primates nocturnos, los aye-ayes están adaptados genéticamente para ver un espectro más amplio del color azul, lo que les ayuda a detectar las apetitosas flores azules en condiciones de penumbra.

PEJESAPO RAYADO

(*ANTENNARIUS STRIATUS*)

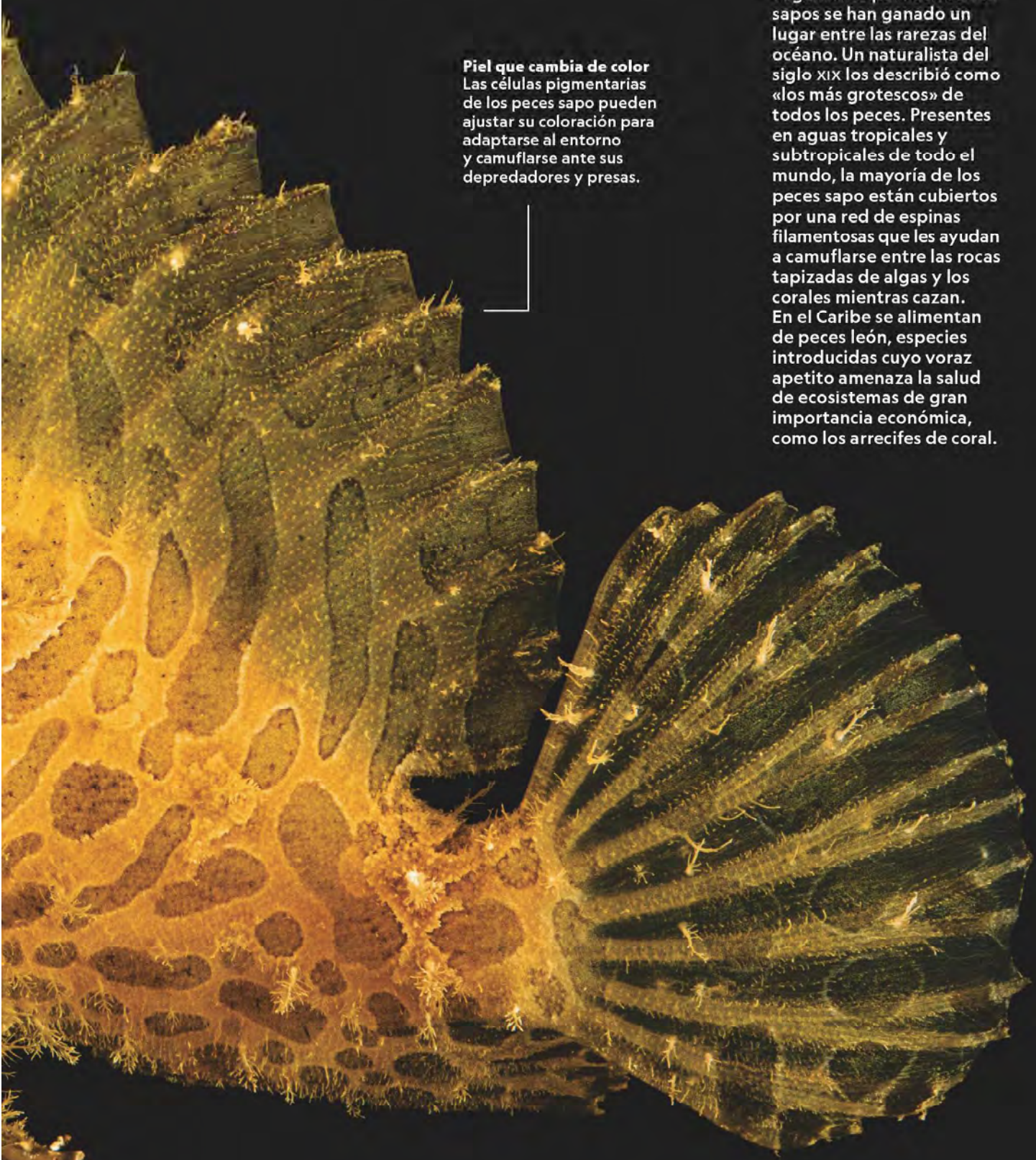
Señuelo fascinante

Su apéndice cefálico se retuerce y gira en el agua como si fuese un gusano o un pez pequeño para atraer a presas desprevenidas, un comportamiento conocido como mimetismo agresivo.

Aletas para caminar

Los peces sapo son nadadores torpes que suelen preferir trepar por las rocas y los corales con sus gruesas aletas, dotadas de una disposición muscular especializada. Esto llevó a algunos de los primeros naturalistas a clasificarlos erróneamente como anfibios.





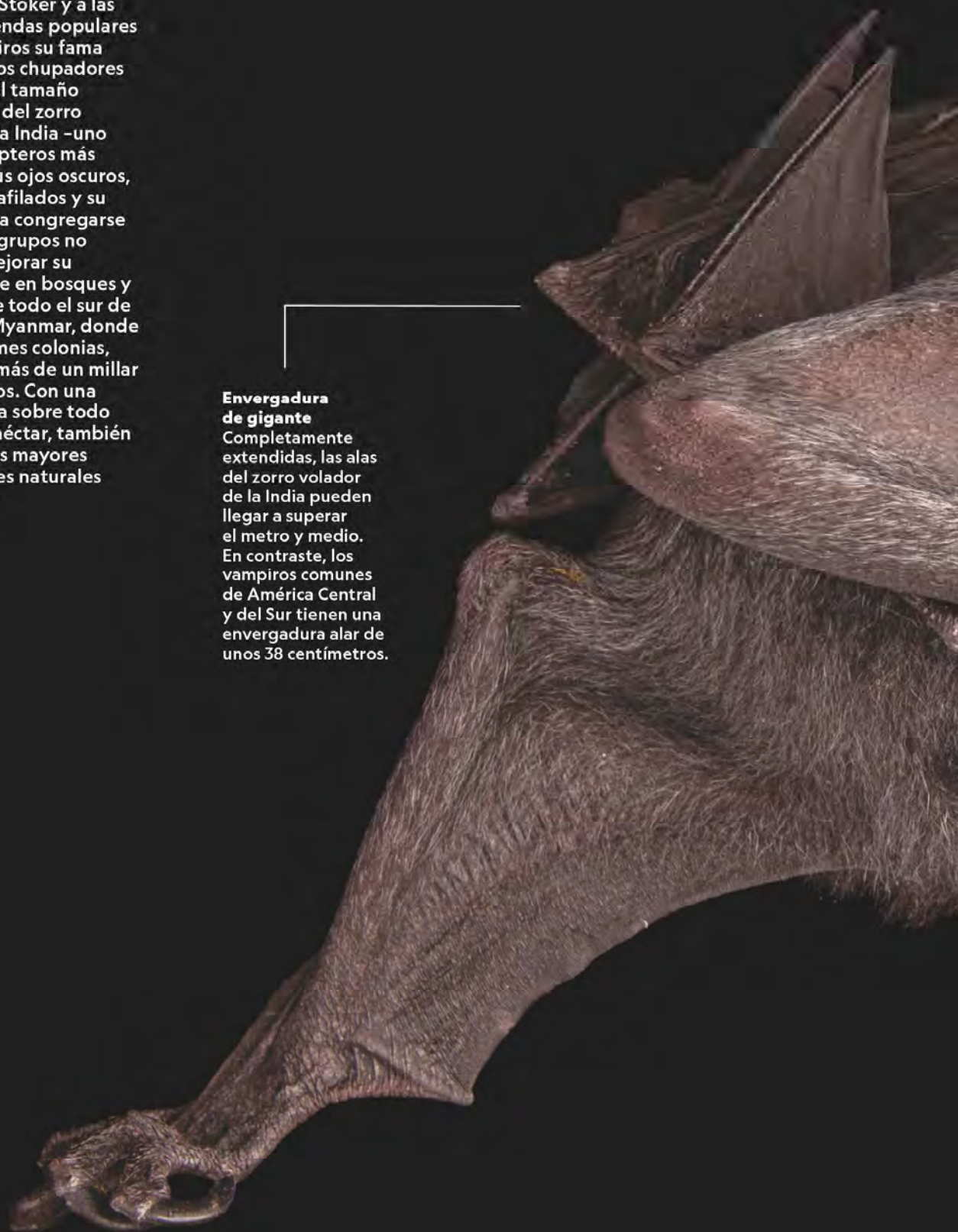
Piel que cambia de color
Las células pigmentarias de los peces sapo pueden ajustar su coloración para adaptarse al entorno y camuflarse ante sus depredadores y presas.

Desde finales del siglo XVII, cuando un capitán holandés y su tripulación descubrieron un pez sapo entre los restos de un naufragio, estos seres vagamente parecidos a los sapos se han ganado un lugar entre las rarezas del océano. Un naturalista del siglo XIX los describió como «los más grotescos» de todos los peces. Presentes en aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, la mayoría de los peces sapo están cubiertos por una red de espinas filamentosas que les ayudan a camuflarse entre las rocas tapizadas de algas y los corales mientras cazan. En el Caribe se alimentan de peces león, especies introducidas cuyo voraz apetito amenaza la salud de ecosistemas de gran importancia económica, como los arrecifes de coral.

ZORRO VOLADOR DE LA INDIA (PTEROPUS MEDIUS)

Los murciélagos deben al escritor Bram Stoker y a las muchas leyendas populares sobre vampiros su fama de monstruos chupadores de sangre. El tamaño intimidante del zorro volador de la India -uno de los quirópteros más grandes-, sus ojos oscuros, sus dientes afilados y su propensión a congregarse en grandes grupos no ayudan a mejorar su imagen. Vive en bosques y pantanos de todo el sur de Asia hasta Myanmar, donde forma enormes colonias, algunas de más de un millar de individuos. Con una dieta basada sobre todo en frutas y néctar, también es uno de los mayores polinizadores naturales del mundo.

Envergadura de gigante
Completamente extendidas, las alas del zorro volador de la India pueden llegar a superar el metro y medio. En contraste, los vampiros comunes de América Central y del Sur tienen una envergadura alar de unos 38 centímetros.





Sentidos agudizados
Como frugívoros que son, estos murciélagos dependen de la vista y el olfato, agudizados a lo largo de años de evolución, en lugar de la ecolocalización, más propia de los insectívoros.

RITMO GLOBAL

| EVENTOS

| MARCAS

| PUBLICIDAD



EDICIÓN ESPECIAL DE LOS VIAJES DE MARCO POLO

En el *Libro de las maravillas del mundo*, Marco Polo relata sus vivencias y descubrimientos a lo largo de sus 25 años de viajes por China, un lugar muy alejado de su Venecia natal. La editorial Moleiro presenta una edición limitada de esta obra singular, ilustrada con más de cien miniaturas y basada en una reproducción original datada del siglo XVII y conservada en la Biblioteca Nacional de Francia.

MOLEIRO.COM



BRITISH COUNCIL DESMONTA EL MITO DEL PROFESOR NATIVO

Según el British Council, la lengua inglesa no pertenece ni a un país ni a un acento, sino que es una herramienta que debe enseñarse desde la diversidad y la competencia, no desde el pasaporte. La célebre institución cultural británica apuesta firmemente por un modelo educativo inclusivo en el que se ponga en valor la formación y experiencia de los profesores, no su lugar de origen.

BRITISHCOUNCIL.ES



DS CASCADEUR DE CERTINA, EL REGRESO DE UN RELOJ ICÓNICO

El cronógrafo DS Cascadeur, uno de los modelos más emblemáticos de Certina, está de aniversario. Para celebrarlo, la firma relojera suiza lanza una edición especial con una versión más robusta. Un reloj diseñado para resistir los elementos, equipado con barras verticales protectoras y un sistema de doble seguridad consistente en un cristal de zafiro reforzado con juntas herméticas.

CERTINA.COM

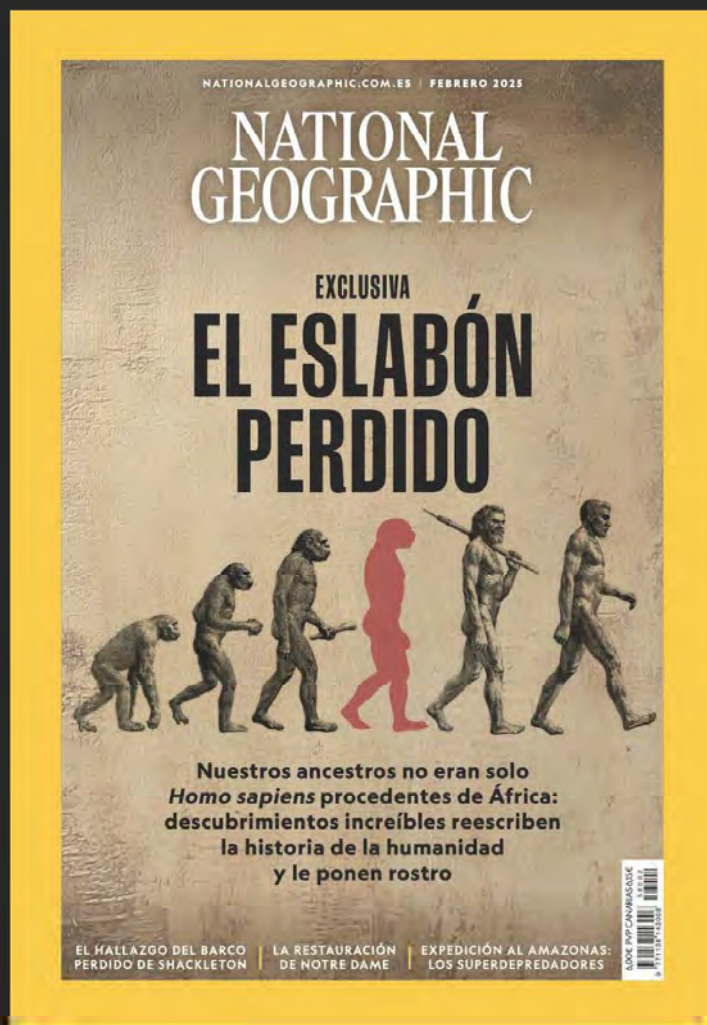


ROSÉ & TONIC DE LUSTAU, LA BEBIDA DEL VERANO

Este verano Lustau presenta un combinado fresco, elegante y muy fácil de preparar. Rosé&Tonic está compuesto por vermut Lustau Rosé, un poco de tónica y una rodaja de pomelo. Una fórmula sencilla para refrescarse y dejarse embriagar por un aroma inconfundible de flor de azahar, fresas silvestres y un toque de pastelería. Un respiro para sobrellevar mejor esas sofocantes tardes de verano.

LUSTAU.ES

SUSCRÍBETE AHORA A NATIONAL GEOGRAPHIC



Recibe la revista en tu casa y además accede
a toda la hemeroteca **por solo 4€ al mes**

Oferta especial limitada para nuestros lectores



SUSCRÍBETE EN **NG.COM.ES/OFERTA**
O LLAMA AL TELÉFONO **910 920 129**



TIBURÓN: LA HISTORIA DEFINITIVA

ESTRENO SÁBADO 12 DE JULIO
A LAS 22:50 HORAS

Tiburón no solo marcó un antes y un después en la historia del cine de terror y suspense, sino que también despertó entre la población una fascinación absoluta por el mundo de los escualos. Este mes, con motivo del 50 aniversario del estreno de la película de Steven Spielberg, basada en la novela de Peter Benchley, National Geographic presenta un documental sobre este clásico del cine en el que se analiza su legado como hito cinematográfico y revela los desafíos y problemas que tuvieron lugar durante el rodaje.



BARCOS PERDIDOS DE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

ESTRENO MARTES 15 DE JULIO
A LAS 22:50 HORAS

Rob Kraft y su equipo, protagonistas de la serie de National Geographic *Drenar los océanos*, se embarcan en el *Petrel* en busca de los pecios más emblemáticos de la Segunda Guerra Mundial, entre ellos el USS *Juneau*, que inspiró *Salvar al soldado Ryan*.



NATIONAL GEOGRAPHIC

Emite 24 horas al día en: Movistar+ (Dial 70) Vodafone (104)
Telecable (52) R Cable (50) Euskaltel (33) y Orange (30)

INVESTIGACIÓN: ATAQUES DE TIBURÓN

LOS MIÉRCOLES A LAS 18 HORAS,
A PARTIR DEL 2 DE JULIO

A pesar de su mala reputación, la realidad es que los tiburones no son tan peligrosos como se los presenta en la gran pantalla. Un equipo de biólogos marinos analiza los contados casos de ataques de escualos a humanos de los que se tiene constancia para investigar y entender qué pudo causar estos sucesos.



SHARKFEST

ESTRENOS TODOS LOS DOMINGOS A LAS
18 HORAS, A PARTIR DEL 6 DE JULIO

Los tiburones vuelven a ser los protagonistas del verano de National Geographic Wild. Este mes, el especial Sharkfest llega a su decimotercera edición con 15 horas de documentales de estreno. Entre ellos destaca «Tiburones en primer plano, con Bertie Gregory», donde el famoso Explorador de National Geographic se enfrenta a uno de sus mayores retos: filmar al gran tiburón blanco. Otra de las novedades es «Tiburones caníbales», que profundiza en los ataques entre escualos, un fenómeno que podría ser más común de lo que se cree.



NATIONAL
GEOGRAPHIC
WILD

NATIONAL GEOGRAPHIC WILD

Emite 24 horas al día en: Movistar+ (Dial 71) Vodafone (105)
Telecable (53) R Cable (55) Euskaltel (37) y Orange (31)



**LA REVOLUCIÓN DE LOS
XENOTRASPLANTES**

Hace décadas que científicos y cirujanos tratan de solucionar el problema de la falta de donantes de órganos. ¿Podría estar parte de la solución en los cerdos?

**MUJERES
VIKINGAS**

El descubrimiento de los restos de una mujer guerrera comenzó a cambiar la percepción sobre el papel femenino en la cultura vikinga.

**DINOSAURIOS
DEL SAHARA**

Hace millones de años el norte de África era un paraje verde lleno de vida. El paleontólogo Paul Sereno sigue desvelando los vestigios de aquel pasado.

**GUARDIANAS
DEL BOSQUE**

Las hormigas rojas de la madera son las heroínas menos conocidas del bosque, pero su labor anónima ayuda a preservar y reciclar el medio ambiente.

**Uno de los mayores expertos en geopolítica
nos explica la crisis que estamos viviendo**



ROBERT D. KAPLAN
Tierra baldía

Un mundo en crisis permanente



YA A LA VENTA



CRISTINA
MITTERMEIER

JAMES CAMERON

HINDOU
OUMAROU IBRAHIM

LEONARDO DICAPRIO

SYLVIA EARLE

REACH FOR THE CROWN



DESDE 1976, ROLEX APOYA A QUIENES PROTEGEN EL PLANETA.



EL EXPLORER

