

NATIONALGEOGRAPHIC.COM.ES | ENERO 2024

# NATIONAL GEOGRAPHIC

## VIAJE A LOS ORÍGENES DEL UNIVERSO

El telescopio Webb  
encuentra rastros  
del Big Bang

EL MISTERIOSO  
VUELO DE  
LAS MARIPOSAS  
MONARCA

---

VALLE DEL JAVARI,  
EN EL CORAZÓN DE  
LA SELVA AMAZÓNICA

---

LÍQUENES, UNA  
SIMBIOSIS BELLA  
Y PODEROSA

6,00€ PVP CANARIAS 6,15€  
5 4 0 0 1  
9 47711384743006

*Be blue* X **Manu** San Félix

# Haz que tu viaje cuente...

Be Blue IMG Care Project es el proyecto RSC de InsoTel Marine Group. El máximo respeto al medioambiente y la sostenibilidad forman parte del ADN y de la filosofía de IMG, a fin de concienciar y proteger el entorno natural de las Islas Baleares, que nos procura sustento. Ahora, liderada por Manu San Félix a través de su ONG (Asociación Vellmarí) enfocada a la conservación, investigación y educación marina para preservar el Mediterráneo.

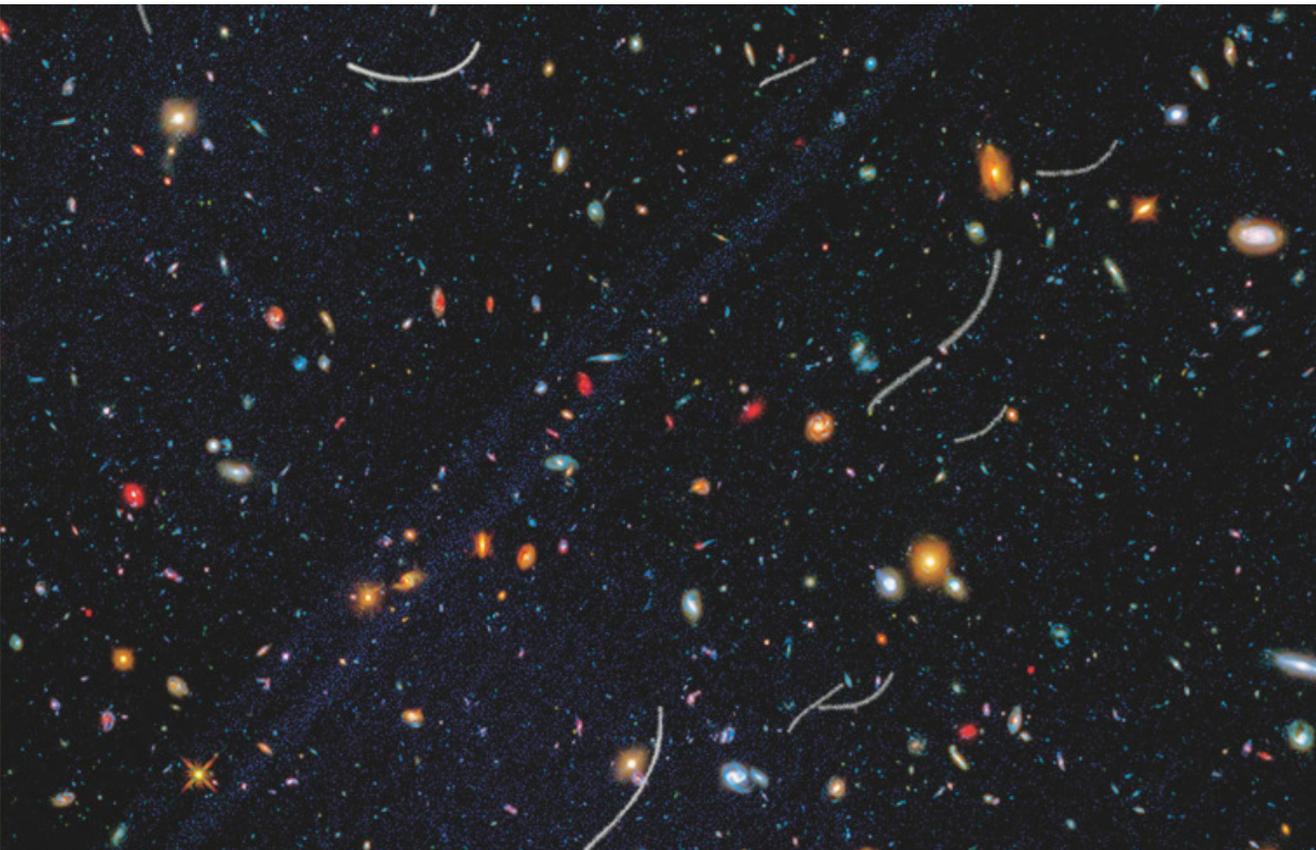
Descubre todo sobre cómo protegemos el Mediterráneo en nuestra web y Redes Sociales.

[www.be-blue.org](http://www.be-blue.org)



@bebluebalear

## SUMARIO



2

**Una nueva era de exploración espacial**

Durante miles de años los humanos hemos mirado al cielo en busca de respuestas. Hoy, los avances tecnológicos nos han dotado de medios para desvelar esos grandes enigmas. Desde enormes agujeros negros hasta brillantes estrellas jóvenes, las nuevas imágenes del universo nos ofrecen una aproximación nunca vista a la inmensidad del cosmos.

14

**Viaje en el tiempo hacia antiguas galaxias**

Las galaxias antiguas captadas por el Telescopio Espacial James Webb, el más potente de la historia, nos muestran el universo tal y como era en un pasado remoto. El estudio de aquellas primeras estrellas permite a los científicos indagar acerca de la transformación que experimentó el universo durante sus orígenes.

POR JAY BENNETT

**En portada**

El polvo cósmico envuelve miles de estrellas, algunas jóvenes y nunca vistas, en esta imagen de la nebulosa de la Tarántula captada por el Telescopio Espacial James Webb.

IMAGEN: ESA, CSA, STCI, WEBB ERO PRODUCTION TEAM



# 36

## El vuelo de las mariposas monarca

Todos los años estos insectos recorren 5.000 kilómetros desde Estados Unidos y Canadá hasta México. Científicos y voluntarios suman esfuerzos para conocer mejor su viaje y protegerlos.

POR MICHELLE NIJHUIS  
FOTOGRAFÍAS DE JAIME ROJO



# 66

## Una red natural de seres vivos

Durante 50 años, la Ley de Especies en Peligro de Extinción de Estados Unidos ha protegido la vida salvaje amenazada y fomentado la biodiversidad. El fotógrafo Joel Sartore ha retratado centenares de animales en riesgo.

POR NATASHA DALY  
FOTOGRAFÍAS DE JOEL SARTORE



# 76

## Entre dos mundos

El valle del Javari, en la Amazonia de Brasil, es el hogar de numerosas tribus aisladas del mundo. La de los kanamari es una de ellas, y ha adoptado herramientas modernas para proteger su hábitat y conservar su estilo de vida tradicional.

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS  
DE LYNSEY ADDARIO



# 90

## Líquenes, una asociación simbiótica y poderosa

El fotógrafo José Antonio Martínez lleva años fascinado por la belleza y las formas de los líquenes. Su trabajo nos desvela un universo tan fascinante como desconocido.

TEXTO DE EVA VAN DEN BERG  
FOTOGRAFÍAS DE  
JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ

## CARTA DE LA PRESIDENTA

## TU FOTO

## VISIONES

## EXPLORA

Aves en peligro en la palma de tu mano  
Comercio de riesgo  
Ara Kusuma, una pionera  
Un detective en el universo oscuro  
Civismo en el acuario

## MUNDO NAT GEO

Cara acara con Tutankamón

## INSTINTO BÁSICO

Me hago la muerta por no aguantarte

## EDITORIAL

## ENTRE BASTIDORES

Placeres sencillos

## EN TELEVISIÓN

## PRÓXIMO NÚMERO



Envíanos tus cartas o comentarios a [forum-ngme@rba.es](mailto:forum-ngme@rba.es)



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



Hazte fan de nuestra página de Facebook: [facebook.com/NationalGeographicEsp](https://facebook.com/NationalGeographicEsp)



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



Más información en nuestra página web: [nationalgeographic.com.es](http://nationalgeographic.com.es)

## Atención al cliente

Teléfono 910 920 129  
(de lunes a viernes,  
de 10 a 15 horas)  
Email: [suscripciones@rba.es](mailto:suscripciones@rba.es)

SUPÉRATE A TI MISMO

DEFENDER



Gama Defender 24MY: consumo combinado WLTP 2,5-14,8 l/100 km, emisiones combinadas de CO<sub>2</sub> WLTP 57-333 g/km. Cifras obtenidas en las pruebas oficiales del fabricante con una batería cargada de acuerdo con la legislación de la UE. Las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de combustible, el consumo de energía y la autonomía pueden variar en condiciones reales y en función de factores como el estilo de conducción, las condiciones ambientales, el equipamiento, la carga, el estado de la batería y la ruta. Cifras de autonomía basadas en un vehículo estándar en una ruta normalizada.

CARTA DE  
LA PRESIDENTA  
DE NATIONAL  
GEOGRAPHIC  
SOCIETY

# Salvar especies en peligro es salvarnos a nosotros mismos

**TICK. TICK. PZZZZ.** El canto del chingolo saltamontes de Florida es singular; sorprende su parecido con el de un insecto. Y lo cierto es que estuvo a punto de desaparecer para siempre. En 2012 Joel Sartore, Explorador de National Geographic y fundador del proyecto Photo Ark (Arca Fotográfica), recibió una llamada del Servicio de Pesca y Vida Salvaje de Estados Unidos: aquella ave canora, un importante eslabón ecológico en las praderas secas de Florida, estaba al borde de la extinción. Con apenas unas decenas de machos identificados en los recuentos, era una de las especies de aves más amenazadas de América del Norte.

Tras obtener una beca de National Geographic Society, Sartore voló a Florida para fotografiar el ave y colaborar con conservacionistas para concienciar de la difícil situación que atravesaba la especie. El artículo se publicó en la revista *Audubon* y en otros medios, lo que ayudó a impulsar la financiación estatal de un programa de cría. Gracias a aquellas iniciativas, ahora hay hasta 180 adultos en libertad, y los investigadores trabajan para rescatar a la especie del abismo de la extinción.

El impulso para salvar al chingolo es «una extraordinaria historia de convicción y colaboración», afirma Sartore. También ilustra lo que se necesita para proteger una especie en peligro: investigación, relatos impactantes, colaboraciones, recursos y tiempo. Y ese viaje ejemplifica la misión de la Sociedad de divulgar y proteger las maravillas de nuestro planeta. En estos 136 años hemos desarrollado un modelo sin parangón que aúna ciencia, exploración, educación y divulgación para generar impactos. Apoyamos el trabajo de Exploradores en más de 140 países, entre ellos, algunos de los firmantes de este número, como el biólogo André Green II y los fotógrafos Sartore, Jaime Rojo y Lynsey Addario.

Este mes también rendimos homenaje a quienes llevan años catalizando el cambio en favor de la fauna amenazada. Medio



siglo después de la aprobación en Estados Unidos de la Ley de Especies en Peligro de Extinción, la Sociedad sigue empeñada en inspirar la acción y la esperanza en las décadas venideras.

Sartore lleva ya 17 años compilando un «arca» de fotos de animales, retratos de más de 15.000 especies que invitan a conectar y a preocuparse. Con apoyo de la Sociedad, sus imágenes han fomentado múltiples acciones de conservación. Porque, en palabras del propio fotógrafo, «el canto de los pájaros es la banda sonora de un planeta sano. Cuando salvamos un ave, u otra especie, en realidad nos estamos salvando a nosotros mismos».

National Geographic Society acaba de lanzar la campaña Esperanza para las Especies en conmemoración del 50º aniversario de la Ley de Especies en Peligro de Extinción de Estados Unidos, una ley que ayuda a proteger animales de vital importancia para sus ecosistemas, como el chingolo saltamontes de Florida (abajo).

*Jill Tiefenthaler*

Jill Tiefenthaler, presidenta  
National Geographic Society





Gran Teatre  
del Liceu

3 — 17  
ENE

ESTE 2024, VUELVE AL LICEU

# CARMEN

B I Z E T

**REBELDE Y APASIONADA.  
LA FEMME FATALE QUE DESAFÍA TODAS LAS NORMAS.**

DIRECCIÓN DE ESCENA **Calixto Bieito**

CARMEN **Clémentine Margaine / Varduhi Abrahamyan, DON JOSÉ Michael Spyres / Leonardo Capalbo**  
ESCAMILLO **Simón Orfila / Eric Greene, ZUNIGA Felipe Bou, MORALÉS Toni Marsol, DANCAÏRE Jan Antem,**  
REMENDADO **Carlos Cosías, LILLAS PASTIA Abdel Aziz El Mountassir, FRASQUITA Jasmine Habersham,**

MERCÉDÈS **Laura Vila, MICAËLA Adriana González / Jeanine De Bique**

COR INFANTIL - VEUS AMICS DE LA UNIÓ (Josep Vila i Jover, director)

CORO DEL GRAN TEATRE DEL LICEU (Pablo Assante, director)

ORQUESTA SINFÓNICA DEL GRAN TEATRE DEL LICEU, DIRECTOR **Josep Pons**



TU FOTO

## Eduardo Muñoz

FOTOS DE NUESTRA COMUNIDAD

**QUIÉN**

Eduardo Muñoz.  
@Eduardomunoz.fotografia.

**DÓNDE**

Reserva Nacional Los Queules,  
Pelluhue, Chile.

**CON QUÉ**

Nikon D7500; 90mm; f/25;  
ISO 400. Con ayuda de  
flash externo y difusor.

Muchas mariposas son admiradas y reconocidas por el colorido de sus alas durante la fase adulta, pero la exuberancia cromática a veces también está presente en la etapa larvaria. El fotógrafo de vida salvaje Eduardo Muñoz plasmó ese estallido de color en esta imagen de una agrupación de cinco orugas de lasiocámpidos, una familia de lepidópteros con 2.000 especies descritas, tomada durante una expedición nocturna en la Reserva Nacional Los Queules, en Chile. «Estas llamativas orugas suelen mantenerse agrupadas tras la eclosión formando un cuerpo vellosa, posiblemente para protegerse de los depredadores», explica Muñoz, quien reconoce sentirse emocionado ante este espectáculo de la naturaleza.

**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



TU FOTO

## Gustav Parenmark

FOTOS DE NUESTRA COMUNIDAD

**QUIÉN**

Gustav Parenmark.  
@macrogp

**DÓNDE**

Gävle, Suecia.

**CON QUÉ**

Nikon D750; Tamron 90 mm;  
f/11; ISO 160.

Fotografiar esta especie, un escarabajo de la hoja del álamo (*Chrysomela populi*), había sido el objetivo de Gustav Parenmark desde hacía mucho tiempo. Lo logró un día de verano en la ciudad sueca de Gävle, cuando encontró este ejemplar cerca de su casa. La lluvia caída aquella mañana hizo que el insecto permaneciese inmóvil, buscando cobijo debajo de una hoja. Con sumo cuidado, el fotógrafo la giró y se encontró con la ocasión perfecta para inmortalizarlo. Su intención era captar además la combinación de colores y dibujos de la hoja y los élitros del escarabajo, algo que logró retratando al insecto desde arriba. Las gotas de lluvia que habían cubierto la vegetación dieron a la escena un toque muy especial.

#TuFotoNatGeo en las fotografías que subáis a Instagram que tengan que ver con los grandes temas 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



| VISIONES



## Alemania

Una familia de jabalíes se interna en un vecindario de Oberdorla, pueblo del estado de Turingia. La merma de depredadores y los inviernos menos fríos favorecen la reproducción de estos animales, y con ello, la probabilidad de que visiten entornos urbanos.

BOGUSLAW CHYLA/GETTY IMAGES





## España

En agosto de 2023 las islas Canarias se hallaban en el centro de una conjunción de fenómenos naturales: un incendio en Tenerife (centro), un vórtice en el Atlántico (izquierda) y una floración de fitoplancton, visible como una mancha azul frente a la costa africana.

NASA





### **Filipinas**

Las colinas de Chocolate, un paisaje único compuesto por más de mil montículos en la isla de Bohol, son una formación geológica de origen kárstico esculpida por la lluvia durante millones de años. Deben su nombre al tono ocre de la vegetación durante la estación seca.

MATTEO COLOMBO/GETTY IMAGES



Encuentra esta y otras fotografías en [nationalgeographic.com.es](https://nationalgeographic.com.es).



## AVES EN PELIGRO EN LA PALMA DE TU MANO

**HACE MÁS DE QUINIENTOS AÑOS** el neerlandés Hieronimus van Aken, mundialmente conocido como Hieronimus Bosch, pintó su célebre tríptico *El jardín de las delicias*. La obra, pintada al óleo sobre madera de roble de la región del Báltico, la más apreciada por los pintores flamencos, mide 220 centímetros de alto por 389 de ancho. Su significado está plagado de simbolismos y, según la define la historiadora del arte Pepa Corbacho, está «cargada de humor grotesco, de una irreverencia brutal y de una originalidad aplastante que demuestra una delirante y prodigiosa imaginación».

Una de las muchas cosas que llama la atención es la inmensa cantidad de aves que alberga: hasta 1.015 se dan cita en él; 793 en el panel izquierdo, 209 en el central y 13 en el derecho. Esa profusión ornitológica inspiró a Corbacho y al ilustrador Manuel García a crear una guía para identificar a estos habitantes alados de uno de los jardines más singulares y visitados del mundo, una pieza universal que tantas reacciones sigue provocando en las personas que acuden a contemplarla al Museo del Prado. La obra se halla en el museo madrileño desde 1933, tras pasar mas de tres siglos en el monasterio de El Escorial, en Madrid, formando parte de la colección de arte privada de Felipe II. «La totalidad de las aves pertenecen a 94 especies distintas, o 101 si tenemos en cuenta a los híbridos, mezcla de aves y otras criaturas», dice Corbacho. La guía, en la que aparecen ilustradas todas ellas, distingue las especies reales, que son 24, de las imaginarias, a las que Corbacho y García se refieren como esas «especies no reconocidas fuera de El jardín».

No es de extrañar que, en este contexto, la Sociedad Española de Ornitología, SEO BirdLife, haya elegido el cuadro del Bosco para transmitir un mensaje rotundo: conservar nuestra biodiversidad, y en concreto las aves y sus hábitats, es una prioridad urgente y absoluta. «Para ello optamos por poner en marcha una acción que fundiera tres elementos clave, como son la naturaleza, el arte y la tecnología –explica Olimpia García, coordinadora del Área de Comunicación de SEO BirdLife–. En nuestro trabajo vemos que las aves son centinelas de lo que está ocurriendo en el planeta, nos avisan con mensajes claros. Su declive no solo nos alerta de que sus poblaciones descienden. La pérdida de especies nos habla de las causas que lo producen, íntimamente relacionadas con el estado de los hábitats, los campos, los mares... del estado en el que se encuentra la naturaleza». Con esta idea en mente, pensaron que su mejor aliado era el Museo del Prado, con el que ya habían trabajado anteriormente. «No en vano la naturaleza y las aves son la fuente de inspiración de muchos de los autores de los cuadros de su colección», recalca.

Así fue como ambas entidades, en colaboración con la empresa Meta y su tecnología SparkAR, idearon un proyecto que, mediante un filtro de realidad aumentada, nos acerca literalmente a la palma de la mano tres especies de aves presentes en la obra que actualmente



En la *Guía de aves del Jardín de las delicias* se citan las 24 especies reales presentes en la obra del Bosco.

En distinto color, las aves protagonistas de la iniciativa de SEO BirdLife en colaboración con el Museo del Prado: vencejo (arriba), martin pescador (derecha) y espátula (abajo).





- |   |  |
|---|--|
| 1 Vencejo común<br>( <i>Ciconia ciconia</i> )         | 13 Martín pescador<br>( <i>Alcedo atthis</i> )         |
| 2 Ánade friso<br>( <i>Anas strepera</i> )             | 14 Petirrojo<br>( <i>Erithacus rubecula</i> )          |
| 3 Corneja cenicienta<br>( <i>Corvus cornix</i> )      | 15 Jilguero<br>( <i>Carduelis carduelis</i> )          |
| 4 Cuco común<br>( <i>Cuculus canorus</i> )            | 16 Ánade real<br>( <i>Anas platyrhynchos</i> )         |
| 5 Garceta común<br>( <i>Egretta garzetta</i> )        | 17 Cárabo común<br>( <i>Strix aluco</i> )              |
| 6 Martinete común<br>( <i>Nycticorax nycticorax</i> ) | 18 Espátula común<br>( <i>Platalea leucorodia</i> )    |
| 7 Garcilla bueyera<br>( <i>Bubulcus ibis</i> )        | 19 Cigüeña blanca<br>( <i>Ciconia ciconia</i> )        |
| 8 Pájaro estaca<br>( <i>Nyctibius griseus</i> )       | 20 Arrendajo común<br>( <i>Garrulus glandarius</i> )   |
| 9 Gallo bankiva<br>( <i>Gallus gallus</i> )           | 21 Mochuelo común<br>( <i>Ciconia ciconia</i> )        |
| 10 Corneja negra<br>( <i>Corvus corone corone</i> )   | 22 Carbonero común<br>( <i>Parus major</i> )           |
| 11 Pito real<br>( <i>Picus viridis</i> )              | 23 Lavandera cascadeña<br>( <i>Motacilla cinerea</i> ) |
| 12 Abubilla<br>( <i>Upupa epops</i> )                 | 24 Estornino negro<br>( <i>Sturnus unicolor</i> )      |

están en declive. Una es el martín pescador (*Alcedo atthis*), en peligro porque su población ha sufrido en los últimos 20 años una reducción de más del 50% debido a la transformación y pérdida de sus hábitats, los ecosistemas fluviales. La segunda es otra ave acuática, la espátula (*Platalea leucorodia*), considerada en situación vulnerable por el mismo motivo que la anterior y con el mismo índice de regresión. Por su parte, el también vulnerable vencejo común (*Apus apus*) ha experimentado un descenso poblacional de un 40% y su recuperación pasa por la creación de unas ciudades más naturalizadas y sostenibles.

«Con este filtro de realidad aumentada, desde SEO BirdLife queremos llegar a más personas a través del arte para atraer la curiosidad sobre lo maravillosas que son las aves, por sus colores, sus formas, sus cantos y la sensibilidad que despiertan en cualquiera que se detenga a observarlas», declara Olimpia García. A ver si aumentando la realidad se nos agranda también la concienciación.

# COMERCIO DE RIESGO

**LAS GOLOSINAS QUE COMEMOS**, las infusiones que bebemos, la loción que nos aplicamos: probablemente todos estos productos contengan ingredientes procedentes de plantas silvestres. Aunque los ingredientes naturales pueden ser beneficiosos para los consumidores, la recolección de las plantas de los que proceden podría acarrear daños tanto para los ecosistemas como para los trabajadores. En un reciente informe de la ONU, expertos en plantas medicinales revelaban los riesgos ocultos tras varias especies, como el castaño de Pará, el árbol del incienso, la acacia senegal, el sello de oro o el regaliz.

Los derivados vegetales contenidos en los productos domésticos «figuran en medio de la lista de componentes» que leemos en las etiquetas, pero no es raro que nos pasen inadvertidos, apunta Caitlin Schindler, la autora principal del informe. Aun en el caso de que los consumidores reparen en ellos, no se ofrece información sobre los modos de obtención y tratamiento de esos derivados.

Muchas de estas plantas están en peligro de extinción por culpa de la sobrerrecolección, enfermedades y plagas invasoras, el cambio climático y la pérdida de hábitat. Además, su recolección puede implicar trabajo infantil, explotación laboral e incluso esclavitud moderna, según el informe. Los trabajadores suelen ser pobres, mujeres y proceder de zonas rurales marginadas. Nunca se ha evaluado el estatus de conservación de más de 20.000 especies de plantas medicinales o aromáticas, con lo cual resulta imposible saber si su uso es sostenible o no.

## Castaña de Pará

*Bertholletia excelsa*

Los recolectores se adentran a pie en la selva amazónica para recolectar estos frutos, que crecen en árboles altos. Una vez descascarados, se comen enteros a modo de tentempié o se transforman en ingrediente de productos dermocosméticos.

## Incienso

*Boswellia sacra*

Esta resina aromática se extrae practicando una pequeña incisión en el árbol del incienso, la *Boswellia sacra*. Cuando se endurece, se raspa y se procesa para usarla en perfumes, lociones y cosméticos, así como en tratamientos antiinflamatorios.

 Perfumería  Medicina  
 Cosmética  Alimentación

Muchos productos cotidianos contienen plantas silvestres, lo que a menudo entraña costes humanos y ecológicos, pero los consumidores podemos ayudar.

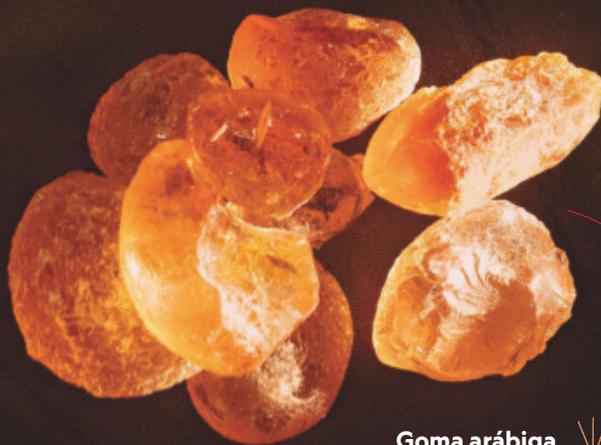


### Regaliz

*Glycyrrhiza glabra*



A menudo recolectada a mano en las zonas rurales de Uzbekistán y Azerbaiyán, la raíz de la hierba del regaliz aromatiza tabacos, dulces y bebidas. También se utiliza en productos para el cuidado de la piel, aceites esenciales y como suplemento.



### Goma arábica

*Senegalia senegal*



La savia de la acacia senegal, un arbusto africano, se añade como agente estabilizador o espesante a productos comestibles, como glaseados, refrescos y nubes de azúcar. Se añade también a aceites esenciales y posee propiedades antiinflamatorias y antibacterianas.

### Sello de oro

*Hydrastis canadensis*



Esta planta nativa de América del Norte, vulnerable y de crecimiento lento, se usa en medicamentos que tratan infecciones de las mucosas, como las de la boca y las vías respiratorias.

Mientras tanto, el comercio de plantas silvestres –para productos de aromaterapia, medicina natural, complementos alimenticios y cosmética natural– está en auge. Plantas como el regaliz entran en la composición de preventivos y remedios de herboristería contra la COVID-19, y la corteza de un árbol endémico de Chile forma parte de la vacuna Novavax.

Los pueblos nativos siempre han utilizado plantas silvestres –inciense en el Cuerno de África, castaña de Pará en América del Sur, polvo de baobab en el sur de África–, pero la actual demanda mundial supone un peligro para muchas de ellas. Y es habitual que los usuarios internacionales no tengan la menor idea del origen de dichos productos. ¿Deberíamos dejar de adquirirlos? No, responde Schindler, porque «los ingredientes son vitales para el sustento de muchas familias». Las soluciones para reformar el comercio de plantas silvestres pasan por la concienciación. El primer paso para los consumidores es «darnos cuenta de que estamos comprando un producto que contiene un ingrediente de origen silvestre», dice esta experta en biodiversidad, sostenibilidad y derechos humanos en las cadenas de suministro, de la Universidad de Oxford. En general suele ser más seguro comprar productos locales y optar por los más caros, si es posible.

Los consumidores también podemos estar atentos a las certificaciones ecológicas y de comercio justo. Diversos programas evalúan la sostenibilidad y las

condiciones laborales de las cadenas de suministro de plantas silvestres, y muchas empresas anuncian estas certificaciones en el producto o en sus páginas web. Uno de los más destacados es FairWild, que evalúa los riesgos humanos y medioambientales y recomienda buenas prácticas de abastecimiento. Otros programas son el Consejo de Administración Forestal (FSC), la Alianza por los Bosques Lluviosos, Justicia y Vida y la Unión por el Biocomercio Ético. A falta de certificaciones, Schindler anima a exigir mejoras a las empresas. «Hasta que las compañías no reciban presión de los consumidores, no veremos cambios», dice.

«El sector de las plantas medicinales siempre ha sido muy opaco», apunta Ann Armbrecht, directora del Programa Hierbas Sostenibles, que apoya la transparencia en el suministro de hierbas aromáticas. Las empresas son reacias a compartir información confidencial, y los consumidores no preguntan, cosa que pueden hacer en las páginas web: ¿se abastecen de ingredientes ecológicos y de comercio justo? ¿Visitan las comunidades en las que se cultivan sus productos? ¿Qué hacen para combatir el cambio climático?

Las empresas que hoy no se esfuerzan por conocer las fuentes de sus ingredientes, añade Armbrecht, empezarán a hacerlo si se lo exige el consumidor.

**Rachel Fobar** es reportera de Wildlife Watch, un proyecto de periodismo de investigación centrado en la delincuencia y explotación de la vida salvaje, apoyado por National Geographic Society.

### ÁMBITOS DE PREOCUPACIÓN

En los últimos años se ha disparado el comercio mundial de plantas silvestres, lo que implica un aumento del riesgo para la biodiversidad y los trabajadores locales.

### Medioambiental

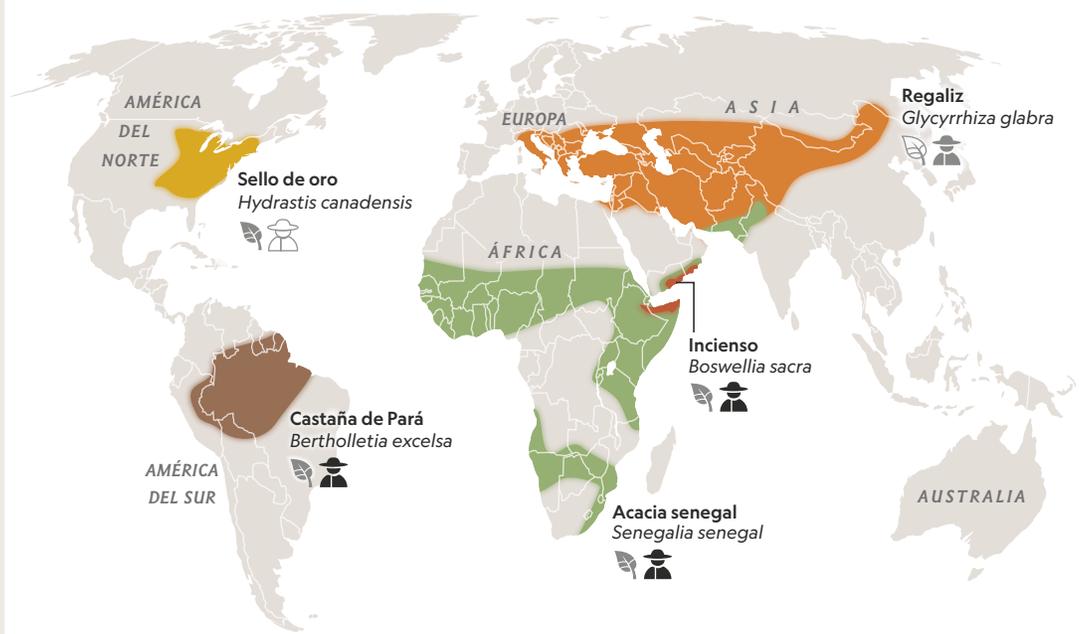
La sobreexplotación –junto con el cambio climático, la pérdida de hábitat y las enfermedades– puede llevarlas a la extinción.

### Nivel de riesgo

- Alto
- Medio
- Bajo

### Humano

Los trabajadores que recolectan las plantas pueden enfrentarse a numerosos perjuicios, como abusos de los derechos humanos y baja remuneración.



INNOVACIÓN

# ARA KUSUMA

POR CATHERINE ZUCKERMAN FOTOGRAFÍA DE REBECCA HALE



## Ayuda a que los niños de Indonesia tengan acceso a una educación de calidad.

Mientras estaba en su casa de Yakarta durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19, Ara Kusuma observó que había niños en la calle durante el horario escolar. Se preguntó si aquellos pequeños no deberían estar en casa siguiendo las clases por internet.

Entonces cayó en la cuenta de que muchos niños no tienen acceso a internet, ni unos padres disponibles para ayudarlos con sus estudios. «Haya o no coronavirus, la educación plantea ciertos retos», dice. La Unesco calcula que en todo el mundo unos 250 millones de niños no están escolarizados, ni presencial ni virtualmente, por causas que van desde los conflictos y la discriminación hasta la geografía y la falta de infraestructuras.

Esta realidad movió a Ara Kusuma, Exploradora de National Geographic de 26 años, a poner en marcha el Proyecto Aha! Esta iniciativa pretende dar a los niños, independientemente de su origen o ubicación, acceso a una educación de calidad por medio de herramientas de baja tecnología y con apoyo de voluntarios locales.

Hasta ahora el proyecto ha creado y distribuido kits para la educación en casa –fichas de ejercicios, material artístico y una guía didáctica– a más de 4.500 niños de 64 pueblos de Indonesia. «La educación es un derecho de la infancia», afirma Kusuma. Y mientras persistan las barreras al aprendizaje, ella seguirá desarrollando soluciones para superarlas.

 **National Geographic Society** financia desde 2020 la labor de Ara Kusuma. Obtenga más información sobre su apoyo a los Exploradores en [natgeo.com/impact](https://natgeo.com/impact).

# UN DETECTIVE EN EL UNIVERSO OSCURO

EL PASADO 1 DE JULIO, LA NAVE EUCLID de la Agencia Espacial Europea (ESA) despegó de Cabo Cañaveral en un cohete Falcon 9 de SpaceX con el ambicioso objetivo de, en palabras de la ESA, «revelar la naturaleza de dos misteriosos componentes de nuestro universo, la materia oscura y la energía oscura, y ayudarnos a responder la pregunta fundamental: ¿de qué está compuesto el universo?».

Para lograrlo, Euclid partió hacia el segundo punto de Lagrange (L2), un punto de equilibrio del sistema Tierra-Sol ubicado a 1,5 millones de kilómetros de nuestro planeta, donde también se hallan los observatorios James Webb y Gaia. Lo hizo equipado de dos instrumentos científicos altamente avanzados: una cámara de longitud de onda visible (VIS), capaz de obtener imágenes sumamente nítidas de las galaxias en una amplia sección del cielo, y un espectrómetro y fotómetro de infrarrojo cercano (NISF), que analiza la luz infrarroja de las galaxias según su longitud de onda para establecer con exactitud su distancia.

Desde el punto L2, y antes de iniciar oficialmente sus observaciones para desentrañar esos grandes misterios cósmicos, Euclid envió sus cinco primeras fotos en monocromo en agosto, pero ahora, tras procesarlas, la ESA las ha publicado a todo color, entre ellas esta de la galaxia IC 342. Nunca antes, afirman desde la ESA, «un telescopio había sido capaz de crear imágenes astronómicas tan nítidas en una zona tan grande del cielo y mirando tan lejos el universo distante». Ahora que la exploración formal ya ha empezado, Euclid se dispone a crear el mapa 3D más extenso del universo, algo que logrará observando miles de millones de galaxias en un radio de 10.000 millones de años luz en más de un tercio del cielo.

La galaxia IC 342, con forma de espiral, es conocida como la galaxia oculta, porque se halla tras el disco de la Vía Láctea y, debido al polvo, el gas y las estrellas, es muy difícil de observar.



### Una venganza perfecta

Para impedir que los pájaros ensucien los edificios, a veces los propietarios instalan púas de acero en las cornisas. Pero las astutas urracas comunes solucionan el problema arrancando los pinchos y usándolos para rematar sus nidos, tal vez como una protección contra los cuervos.



COMPORTAMIENTO ANIMAL

## CIVISMO EN EL ACUARIO

**CUANDO HAY UN ATASCO, ESTOS PECES TIENEN LA CAPACIDAD DE FRENAR Y AGUARDAR SU TURNO.**

Se ha descubierto que una especie de pez de agua dulce de la cuenca del Amazonas, muy común en acuarios domésticos de todo el mundo, posee algo de lo que carece un sorprendente número de seres humanos: la capacidad de esperar su turno. En un nuevo estudio publicado en *Scientific Reports*, los investigadores hicieron pasar cardúmenes de neones tetras (*Paracheirodon innesi*) a través de una estrecha abertura de su acuario y descubrieron que los peces hacían cola para atravesar aquella angostura sin amontonarse y taponarla. Las «cortesías» criaturas, de apenas tres centímetros de longitud, no colisionaban al acercarse a la abertura. Aunque la destreza para salir de un espacio sin crear embotellamientos ya se había observado en hormigas, ningún otro animal era conocido por esa habilidad. Los autores del estudio creen que la conducta de estos peces podría ser una adaptación evolutiva para favorecer el paso entre las piedras de su hábitat fluvial. Según ellos, este modelo de comportamiento en el que se cede la prioridad podría utilizarse para mejorar las estrategias de control del tráfico de los coches autónomos... y quizá también de las multitudes.

ARQUEOLOGÍA

## ¿Pizza en Pompeya?

Hace unos meses, arqueólogos de Pompeya revelaron un curioso fresco de hace 2.000 años que mostraba lo que parecía ser un trozo de pan con forma plana cubierto con diversos ingredientes. Muchos vieron allí la *pizza* que tan bien conocemos y tanto nos gusta, pero por entonces en Europa no se conocía el tomate. Los pompeyanos usaban *garum*, una salsa de pescado salado, a modo de «kétchup de la Antigüedad», y los lirones rellenos eran para ellos un manjar.



# Cara a cara con Tutankamón

**VIAJAR AL MÁS ALLÁ** con el alma del mismísimo faraón sintiendo cómo nos elevamos hacia el reino de Osiris; fisgar en la tienda de campaña de Howard Carter mientras el corazón nos palpita con la emoción que debió de sentir el arqueólogo británico en su expedición hace 101 años; sentir cómo se deslizan entre nuestros pies escorpiones, lagartos y escarabajos. Todo eso es posible si te embarcas en la aventura de Tutankamón y su mundo a través de la realidad virtual. Y así lo hicieron los 120 suscriptores de las revistas de National Geographic que acudieron los días 15 y 17 de noviembre a la exposición inmersiva en el IDEAL Centro de Artes Digitales de Barcelona.

La instalación, que el año pasado se exhibió en el MAD Madrid Artes Digitales y que se mantendrá en la capital catalana al menos durante los primeros meses de 2024, es un recorrido destinado a acercar la civilización egipcia a todo tipo de público, y en especial a recrear lo que fue un auténtico hito en la historia de la arqueología: el descubrimiento de la mítica tumba del rey niño en noviembre de 1922 por parte de Howard Carter. A lo largo del itinerario, con paneles explicativos realizados por el egiptólogo Nacho Ares, se pueden ver algunas piezas originales del antiguo Egipto y réplicas de objetos que aparecieron en la cámara funeraria de Tutankamón, lugar que merece un espacio destacado que refleja todo su misterio. Otra de las grandes joyas de esta instalación es la sala inmersiva, donde, sobre una pantalla de 360 grados y mientras el suelo y el techo de la enorme estancia se llenan de animales sagrados y símbolos que nos trasladan al pasado, se narra la historia del nacimiento de Egipto: el principio de los tiempos, la creación del mundo o la aparición de los dioses, como Khnum, el creador, el dios con cabeza de carnero que con lodo del Nilo dio forma a Tutankamón en su torno de alfarero. Como en otras Experiencias National Geographic, los suscriptores disfrutaron de este periplo en exclusiva en el IDEAL Centro de Artes Digitales a puerta cerrada.



En la sala inmersiva (abajo) del IDEAL Centro de Artes Digitales de Barcelona, los suscriptores asistieron a una proyección sobre una pantalla de 360 grados que explicaba el nacimiento de la civilización egipcia y la aparición de sus dioses.

SYLVIA ROIG (AMBAS)



Escanea este código para ver el video de la Experiencia National Geographic.



# ME HAGO LA MUERTA POR NO AGUANTARTE

**PARA ALGUNAS ESPECIES DE ANUROS**, o anfibios sin cola, como es la rana bermeja (*Rana temporaria*), la reproducción puede ser un acto desesperado: la temporada de cría es muy corta y la competencia entre los machos por fecundar a las hembras, sexualmente disponibles durante muy poco tiempo, es frenética. Es lo que se conoce como reproducción explosiva, un patrón reproductivo que conduce a los machos a intentar copular como si no hubiera un mañana. A menudo varios de ellos se aferran a una misma hembra, que puede llegar a morir durante esa irrefrenable y brutal misión de transmisión de genes.

Hasta ahora se creía que las féminas no podían zafarse de esos asfixiantes amplexos masculinos –el «abrazo» nupcial propio de los anfibios anuros–, pero un reciente estudio conducido por Carolin Dittrich y Mark-Oliver Rödel, investigadores del Instituto Leibniz de Ciencias Evolutivas y de la Biodiversidad del Museo de Historia Natural de Berlín, ha desvelado que algunas lo consiguen desplegando tres estrategias mediante las cuales se deshacen de los machos no deseados: hacer una rotación corporal y girar sobre su propio eje para liberarse del «pretendiente» –algo que resulta más fácil para las hembras más menudas–, emitir gruñidos y hacerse la muerta. «La inmovilidad tónica se da entre vertebrados e invertebrados, y es una estrategia defensiva especialmente utilizada en un contexto de depredador y presa. Es raro ver este comportamiento como una forma de evitar el apareamiento», explica Dittrich. Parece ser que esta tercera opción es más común entre las hembras más pequeñas y, por tanto, más jóvenes y menos experimentadas. Se supone que se estresan con mayor facilidad y optan por estrategias extremas debido al pánico que experimentan.

## OTROS DATOS

Las ranas bermejas son comunes en gran parte de Europa –en la península ibérica están restringidas al norte– y también las hay en el noroeste de Asia. Las hembras, algo más grandes que los machos, miden alrededor de nueve centímetros de longitud. Viven en zonas húmedas y se reproducen en charcas temporales, naturales o artificiales. Se alimentan de artrópodos terrestres.

Una hembra de rana bermeja permanece inmovilizada entre dos machos durante un evento de reproducción explosiva captado en una charca de montaña en Liguria, Italia.



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

MÓNICA ARTIGAS  
Subdirectora Área NG y  
Ediciones Internacionales

OLIVER TAPIA Director Digital  
[www.nationalgeographic.com.es](http://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

EDUARD MASANA Astrofísica

ALBERT MASÓ  
Entomología y Vertebrados

MANUEL REGUEIRO Geología

VÍCTOR REVILLA Historia Antigua

JOANDOMÉNEC ROS Ecología

ADOLFO DE SOSTOA Ictiología

**TRADUCTORA**

EVA ALMAZÁN

**COLABORADORES DE ESTE NÚMERO**

EVA VAN DEN BERG

**RBA** PUBLIVENTAS

ARIADNA HERNÁNDEZ FOX, Directora General

SERAFÍN GONZÁLEZ, Director de Negocio Digital

IVÁN LORENTE, Subdirector de Estrategia Comercial  
Digital

ALICIA CORTÉS, Soluciones de Implementación  
y Publicidad Digital

**MADRID**

M<sup>a</sup> LUZ MAÑAS, Directora Comercial

BEGOÑA LLORENTE, Subdirectora de Publicidad

ADRIÁN GARCÍA DE MANUEL, Subdirector de  
Publicidad

YOLANDA TRIGUEROS, Coordinadora de Publicidad

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

**BARCELONA Y LEVANTE**

ANA GEA, Directora Comercial

PALOMA CAMPOS, Directora de Publicidad Levante

MÓNICA MONGE, Directora de Publicidad

GEMMA REYES, Coordinadora de Publicidad

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

**ATENCIÓN AL CLIENTE**

suscripciones@rba.es  
910 920 129

**Distribución:** LOGISTA PUBLICACIONES

**Impresión-Encuadernación:**

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

ISSN 1138-1434

ISSN edición digital 2604-6156

Printed in Spain - Impreso en España

Edición 04-2024

**Copyright** © 2024 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.

**MANAGING EDITOR:** David Brindley.

**HEAD OF VISUALS:** Soo-Jeong Kang.

**HEAD OF CREATIVE:** Paul Martínez.

**HEAD OF DIGITAL:** Alissa Swango.

**HEAD OF MULTIPLATFORM CONTENT:** Michael Tribble

INTERNATIONAL EDITIONS

**EDITORIAL DIRECTOR:** Amy Kolczak.

**INTERNATIONAL EDITIONS EDITOR:** Leigh Mitnick

**EDITORS**

ALEMANIA: Werner Siefer.

BULGARIA: Krassimir Drumev.

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: Mirit Friedman.

ITALIA: Marco Cattaneo.

JAPÓN: Shigeo Otsuka.

KAZAJISTÁN: Yerkin Zhakipov.

LATINOAMÉRICA: Alicia Guzmán.

LENGUA ÁRABE: Hussain AlMoosawi.

LITUANIA: Frederikas Jansonas.

PAÍSES BAJOS/BELGICA: Robbert Vermue.

POLONIA: Agnieszka Franus.

REPÚBLICA CHECA: Tomáš Tureček.

SERBIA: Milana Petrović.

TAIWÁN: Yungshih Lee.

THAILANDIA: Kowit Phadrungrangkij.

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

ANA RODRIGO Editora

JOAN BORRELL Director General Corporativo

AUREA DIAZ Directora General

BERTA CASTELLET Directora de Marketing

JORDINA SALVANY Directora creativa

SUSANA GÓMEZ MARCULETA Directora editorial

JOSEP OYA Director General de Operaciones

RAMON FORTUNY Director de Producción



POR **NATHAN LUMP** FOTOGRAFÍA DE **JAIME ROJO**

EN **NATIONAL GEOGRAPHIC** hablamos constantemente de «especies carismáticas», un término laxo con el que los biólogos de la conservación se refieren a los animales que ejercen mayor fascinación sobre el público. Al captar nuestra atención, especies como el tigre, el elefante o el gorila catalizan reflexiones, debates y medidas en materia de conservación.

No son muchos los insectos que consideraríamos carismáticos, pero uno de los pocos que cumplen los requisitos es objeto de uno de los reportajes de este mes: la mariposa monarca. Un lepidóptero bello y, a su manera, mágico. Todos los años, las mariposas monarca del este de América del Norte completan una migración estacional de hasta 4.800 kilómetros, viajando desde Estados Unidos y Canadá hasta sus áreas de invernada en México. (Si quiere saber más sobre este fenómeno, no se pierda el correspondiente episodio de la serie *La increíble migración animal*, en la plataforma Disney+).

A lo largo de esta larguísima ruta migratoria las monarcas necesitan unas plantas muy concretas, lo que las hace especialmente vulnerables a la degradación medioambiental. En nuestro reportaje, el

fotógrafo español Jaime Rojo documenta esta especie con imágenes espectaculares, y la autora Michelle Nijhuis cuenta la historia de científicos y voluntarios entusiastas que se dejan la piel para garantizarle un futuro.

Además, este número coincide con el 50º aniversario de la Ley de Especies en Peligro de Extinción, aprobada por el Congreso de Estados Unidos con el apoyo de los dos partidos. Desde que la ley entró en vigor se han recuperado 64 especies –entre ellas el pigargo norteamericano–, pero la lista de especies que se consideran necesitadas de protección se ha alargado drásticamente, pasando de 124 a más de 2.300. Para conmemorar este momento hemos incluido una selección de retratos de especies en peligro realizados por el Explorador de National Geographic Joel Sartore, que ha captado imágenes de miles de animales en el marco de su proyecto Photo Ark.

Esperamos que disfrute del número.

**Nathan Lump,**  
director

Tras su largo y épico viaje hacia el sur, las mariposas monarca se congregan por millones en un abetal de alta montaña del Santuario de El Rosario, en el estado mexicano de Michoacán. Estos insectos buscan las mismas arboledas en las que invernaron sus ascendientes en años anteriores.



Tenemos algo más que contarte. Escanea este código y apúntate a la newsletter de *National Geographic España*.

UNA NUEVA ERA  
DE DESCUBRIMIENTOS

# EL ESPAK



El Telescopio Espacial  
James Webb sondeó las  
nubes de la nebulosa de  
la Tarántula para captar  
miles de estrellas, entre  
ellas algunas jóvenes -y  
nunca vistas- envueltas  
en polvo cósmico.

NASA, ESA, CSA, STSCI, WEBB ERO  
PRODUCTION TEAM

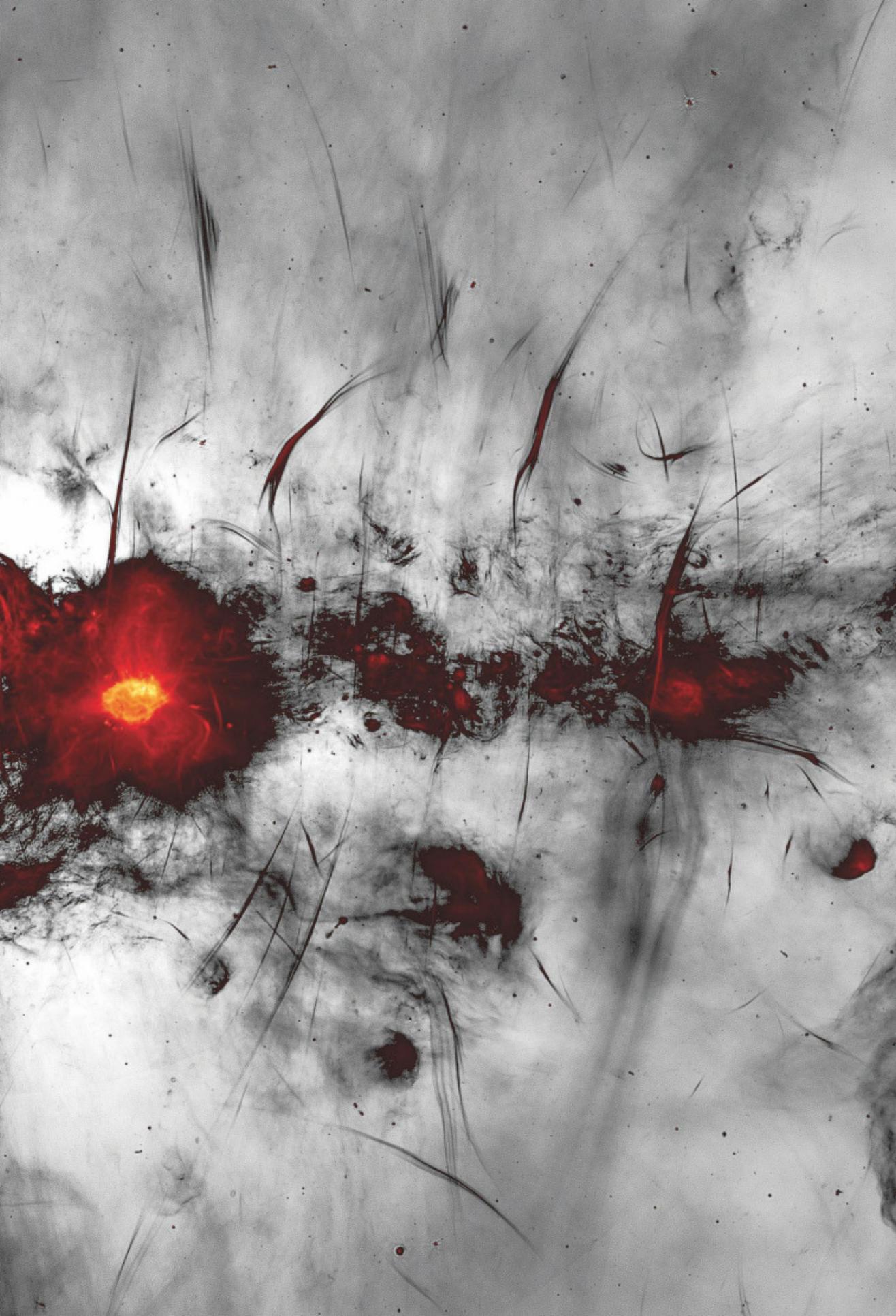
# OSIO

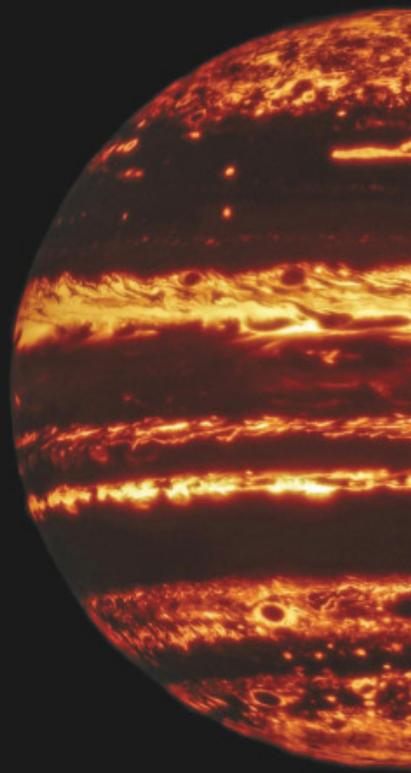
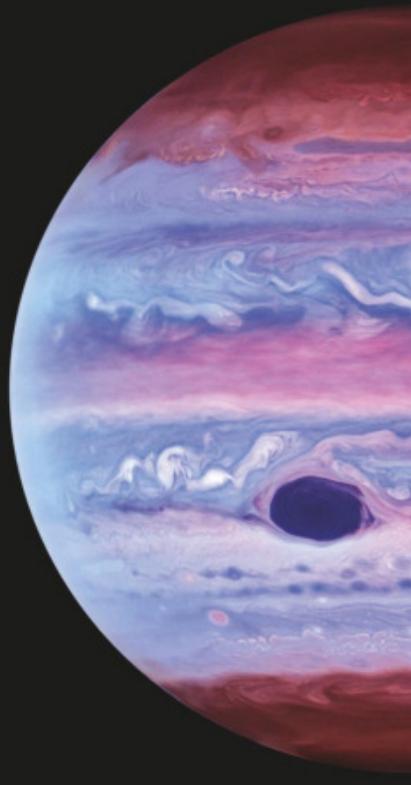
Como un ojo de fuego en la niebla, el agujero negro supermasivo que ocupa el centro de la Vía Láctea resplandece en esta imagen tomada por el radiotelescopio MeerKAT de Sudáfrica. Llamado Sagitario A\* (se pronuncia Sagitario A estrella), el agujero negro multiplica

millones de veces la masa del Sol y atrae gas y polvo que fulguran debido a su intensa temperatura. El plano de nuestra galaxia puede verse extendiéndose desde el núcleo con brillantes nubes de génesis estelar.

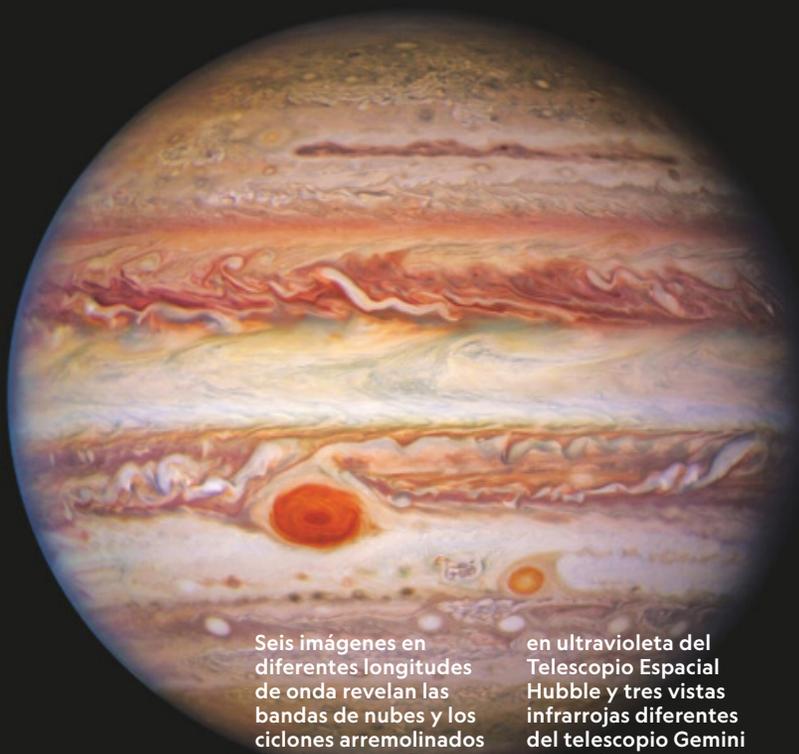
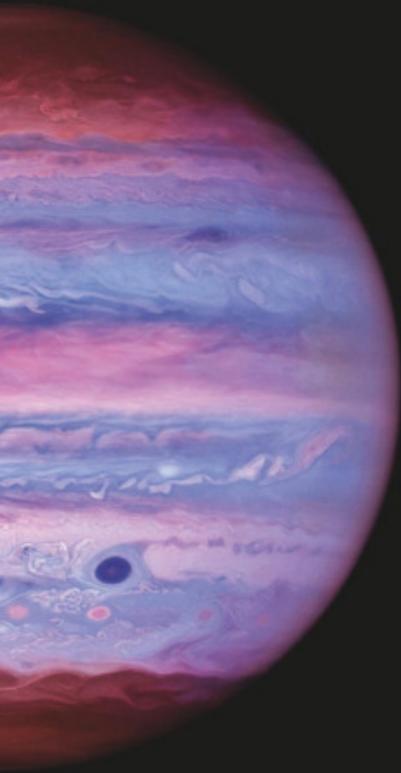
IAN HEYWOOD, OBSERVATORIO DE RADIOASTRONOMÍA DE SUDÁFRICA





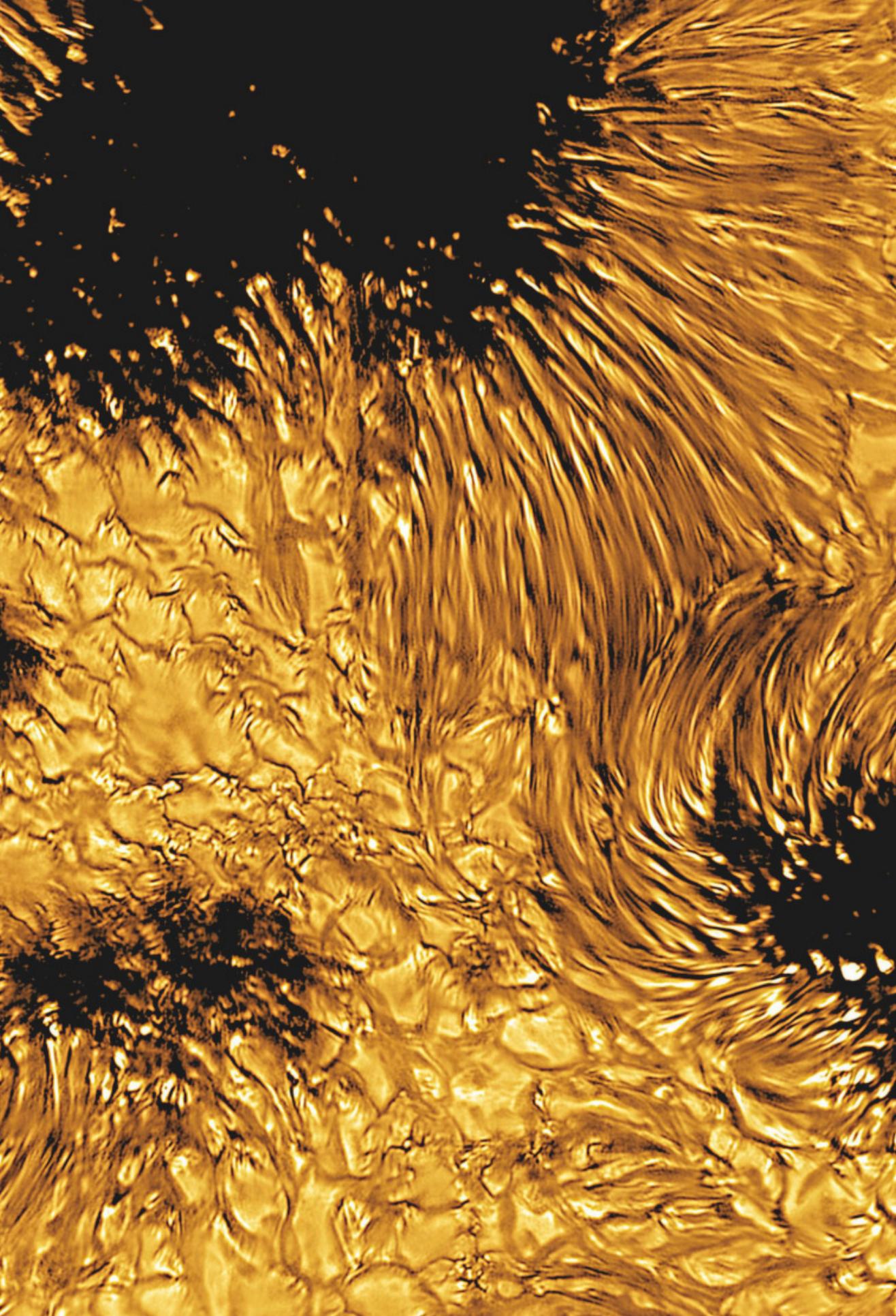


NASA, ESA, CSA, JUPITER ERS TEAM, PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE JUDY SCHMIDT; NASA/ESA/NOIRLAB/NSF/AURA/M. H. WONG E I. DE PATER (UC BERKELEY) Y OTROS; OBSERVATORIO INTERNACIONAL GEMINI/NOIRLAB/NSF/AURA; OBSERVATORIO INTERNACIONAL GEMINI/AURA/NSF/JPL-CALTECH/NASA; MOSAICO DE 38 IMÁGENES DEL OBSERVATORIO INTERNACIONAL GEMINI/NOIRLAB/NSF/AURA, M. H. WONG (UC BERKELEY) Y EQUIPO; NASA/ESA/NOIRLAB/NSF/AURA/M. H. WONG E I. DE PATER (UC BERKELEY) Y OTROS



Seis imágenes en diferentes longitudes de onda revelan las bandas de nubes y los ciclones arremolinados de Júpiter. Por filas, desde arriba a la izquierda, imagen en infrarrojo del Webb,

en ultravioleta del Telescopio Espacial Hubble y tres vistas infrarrojas diferentes del telescopio Gemini Norte de Hawái. La imagen final de Júpiter fue captada en luz visible por el Hubble.



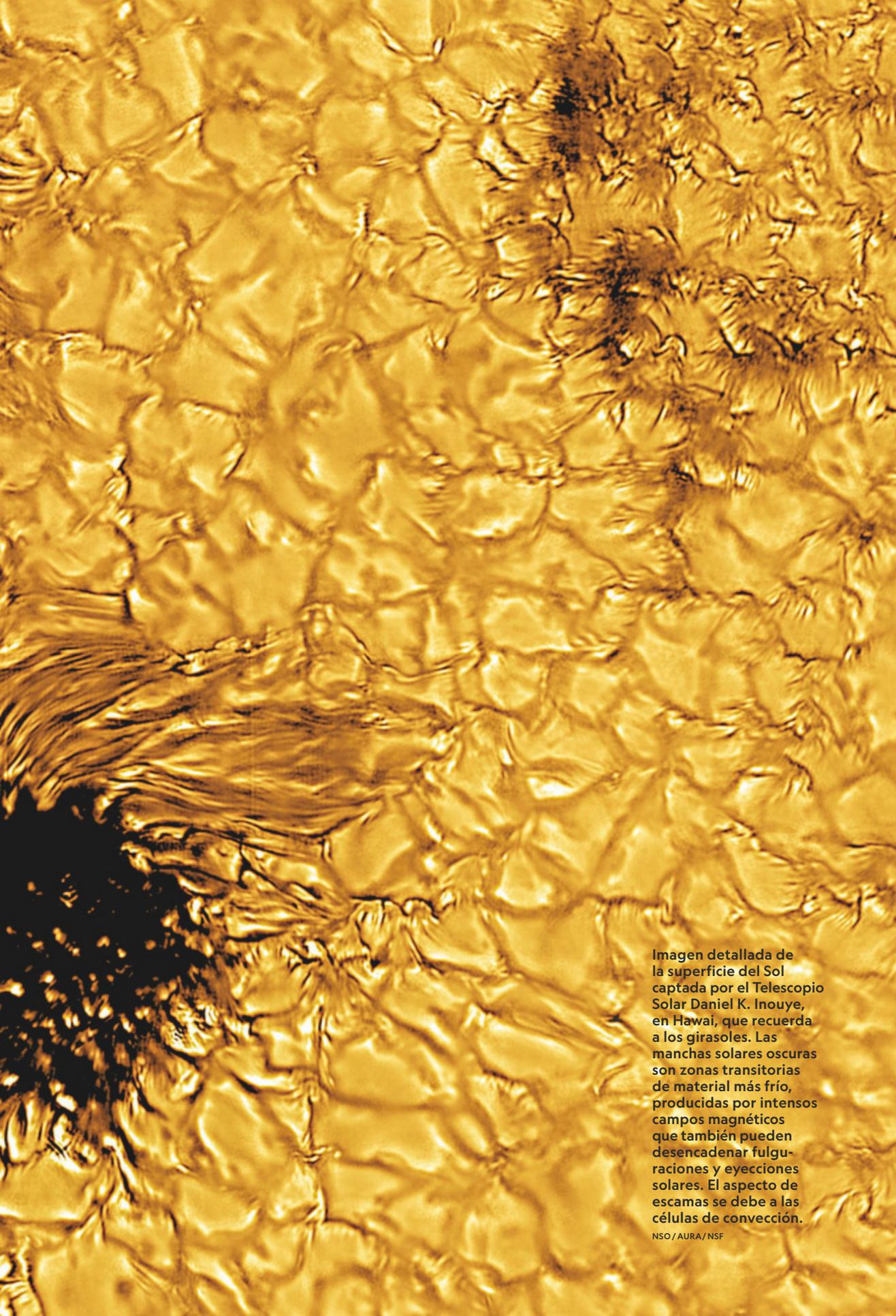


Imagen detallada de la superficie del Sol captada por el Telescopio Solar Daniel K. Inouye, en Hawái, que recuerda a los girasoles. Las manchas solares oscuras son zonas transitorias de material más frío, producidas por intensos campos magnéticos que también pueden desencadenar fulguraciones y eyecciones solares. El aspecto de escamas se debe a las células de convección.

NSO/AURA/NSF

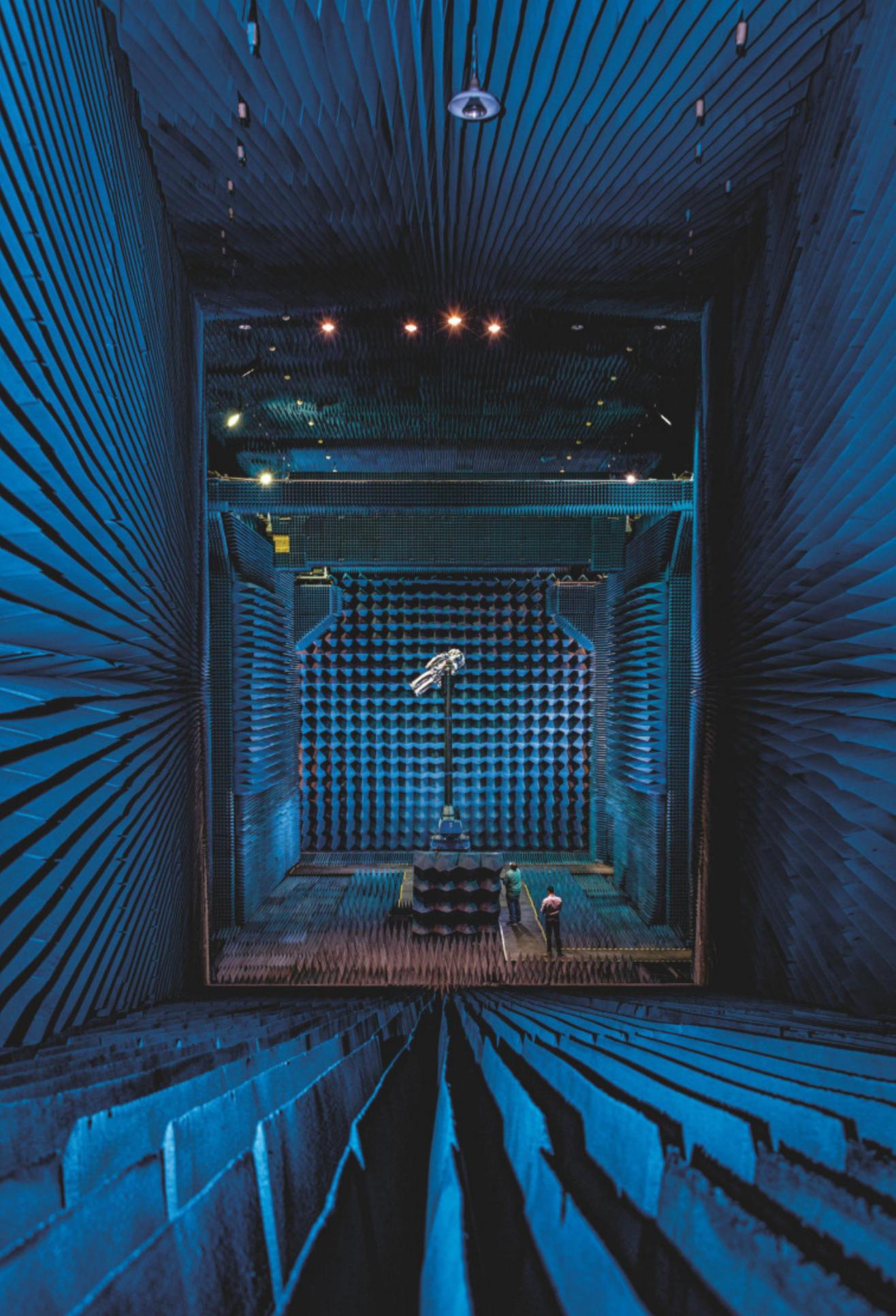


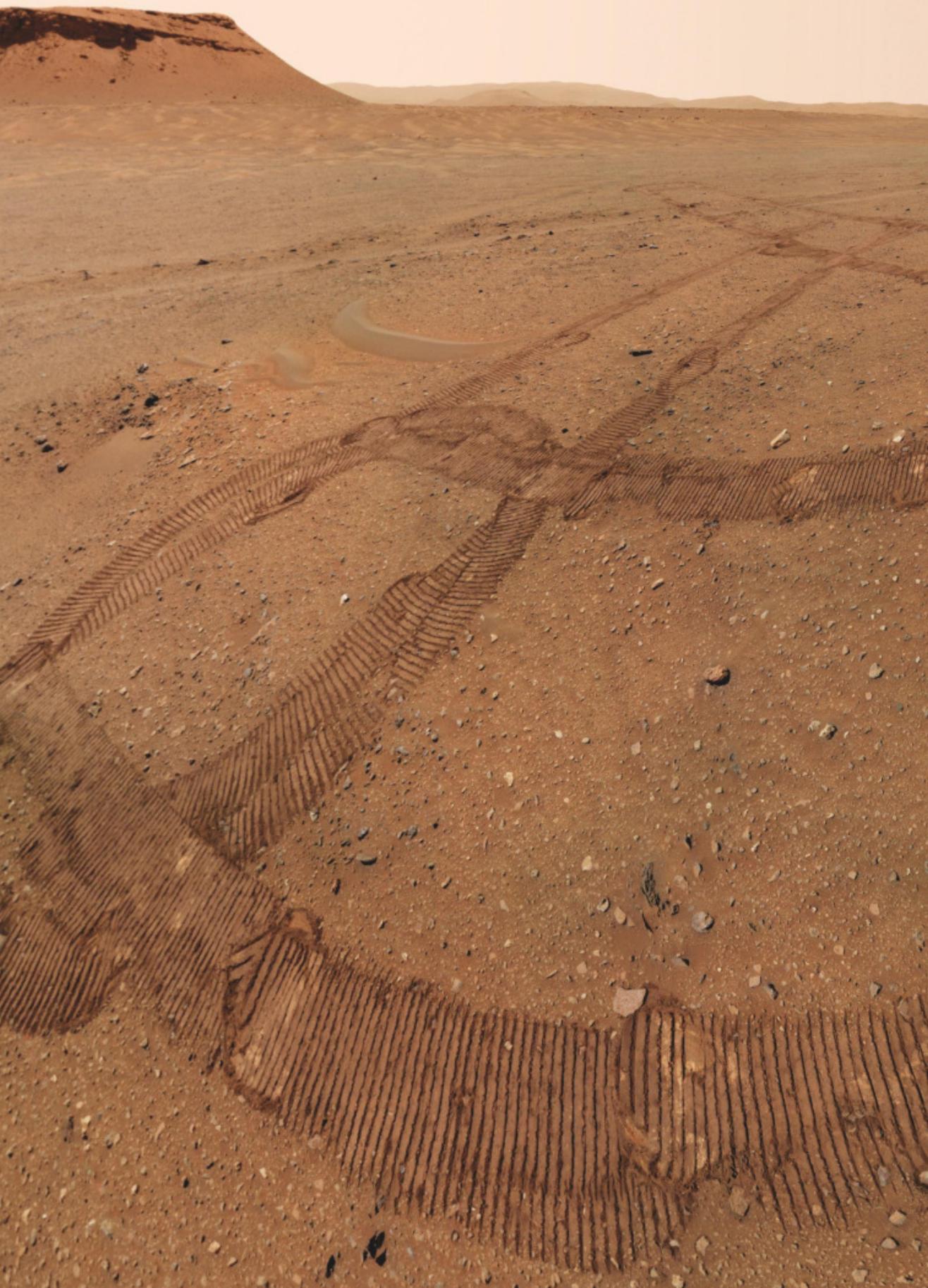
Asteroides brillantes que forman parte del sistema solar dejan su estela en esta imagen de miles de galaxias dispersas por el universo, captada por el Hubble. Este telescopio espacial ve los asteroides en múltiples exposiciones mientras orbita la Tierra, por eso parecen dibujar arcos en el firmamento en lugar de dejar un rastro continuo.

NASA, ESA Y J. LOTZ (STSCI) Y EQUIPO HFF

La NASA ensaya la próxima generación de trajes espaciales (derecha) en el Centro Espacial Johnson de Houston, en Texas, dentro de una cámara que limita la radiación electromagnética. La unidad de movilidad extravehicular de exploración (xEMU, por sus siglas en inglés) se diseña pensando en el retorno de los astronautas a la superficie de la Luna.

NORAH MORAN, CENTRO ESPACIAL JOHNSON/NASA







Igual que haría un perro con un hueso, el rover Perseverance de la NASA observa el tubo de muestras lleno de rocas marcianas que ha depositado en la superficie para que lo recoja una futura misión. El estudio de las rocas de Marte en laboratorios terrestres quizá permita averiguar si alguna vez el planeta rojo albergó vida.

MOSAICO COMPUESTO POR 59 IMÁGENES DE NASA/JPL-CALTECH/MSSS

The background is a deep space image filled with numerous galaxies of various shapes and colors, including spirals, ellipticals, and irregular forms. A prominent feature is a bright star or galaxy core in the upper right quadrant, from which several sharp, blue star trails radiate outwards in a cross pattern. The overall color palette is dominated by dark blues, blacks, and oranges, with bright white and blue highlights from the stars and galaxies.

VIAJE EN EL TIEMPO HACIA

# GALAXIA

# ANTIGUAS VIAS

POR JAY BENNETT

EL **TELESCOPIO ESPACIAL**  
MÁS POTENTE DE LA HISTORIA  
BUSCA LOS ORÍGENES  
DEL UNIVERSO

En una de las imágenes más profundas del universo jamás tomadas, el Telescopio Espacial James Webb revela millares de estrellas y galaxias, incluido el brillante cúmulo del centro, que distorsiona la luz a su alrededor:

IMAGEN COMPUESTA DE  
NASA, ESA, CSA, STSCI



En esta región de la nebulosa de Orión, donde la radiación ultravioleta de un cúmulo estelar vecino está causando intensas reacciones químicas, el Webb descubrió el catión metilo. Este compuesto de carbono, nunca antes detectado en el espacio, propicia la formación de moléculas de carbono más complejas, necesarias para la vida.

IMAGEN COMPUESTA DE WEBB / ESA, NASA, CSA, M. ZAMANI (WEBB / ESA), PDRS4ALL ERS TEAM

Solo cuatro de las cinco galaxias que forman el llamado Quinteto de Stephan (a la derecha) están realmente juntas, atrayéndose las unas a las otras en una danza arremolinada. El grado de detalle sin precedentes facilitado por el Webb ofrece a los científicos la oportunidad de estudiar los posibles efectos de la interacción de las galaxias sobre su evolución temprana.

IMAGEN COMPUESTA DE NASA, ESA, CSA Y STSCI

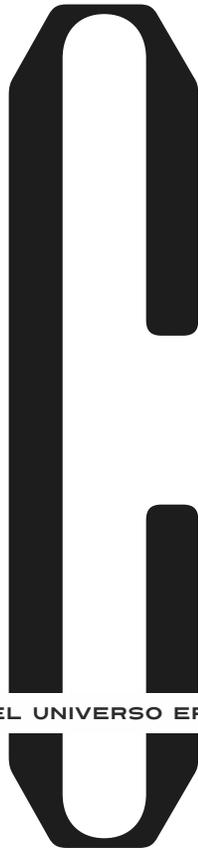




Unas estrellas recién nacidas surgen de sus envolturas de gas y polvo en esta imagen tomada por el Webb de la nube molecular de Rho Ophiuchi, la región de formación estelar más cercana a la Tierra. La zona contiene unas 50 estrellas jóvenes, muchas de ellas con masas parecidas a la del Sol. En la mitad inferior de la imagen, una estrella de mayores dimensiones abre una oquedad en las densas nubes.

MOSAICO COMPUESTO POR SEIS IMÁGENES (180 IMÁGENES EN SEIS FILTROS) DE NASA, ESA, CSA, STSCI, KLAUS PONTOPPIDAN (STSCI)





## CUANDO EL UNIVERSO ERA JOVEN,

hace más de 13.500 millones de años, no había estrellas que brillaran en el espacio. Los astrónomos llaman a aquella era la edad oscura, un período en el que el cosmos estaba lleno de hidrógeno y helio, la materia prima de todos los mundos venideros.

También existía una misteriosa sustancia llamada materia oscura, cuya gravedad atraía el gas hasta hacer que formase una intrincada red. Conforme el universo se expandía y se enfriaba, parte de esa materia oscura se aglutinó en inmensas esferas, hacia cuyos núcleos se vio empujado el gas. La creciente presión gravitatoria registrada en el interior de esos halos, tal y como los bautizaron los astrónomos, hizo que los átomos de hidrógeno se fusionasen en helio, formándose así las primeras estrellas del universo primigenio.

Estaba observando la chispa del amanecer cósmico a través de unas gafas 3D. Sentado ante un proyector del Instituto Kavli de Astrofísica de Partículas y Cosmología de la Universidad Stanford, admiraba los filamentos de materia oscura, de un gris fantasmal en la pantalla, que se ramificaban entre los halos a medida que el universo se expandía. Remolinos de estrellas recién nacidas giraban en espiral hacia el centro de los halos para formar las primeras galaxias.

Los científicos llevan décadas completando el relato del origen del universo, pero durante este último año hemos asistido a la reescritura de sus primeros capítulos por obra y gracia del telescopio espacial más grande y avanzado jamás construido.





Los astrónomos Marcia y George Rieke han desempeñado papeles cruciales en el desarrollo y funcionamiento de los instrumentos del Webb: la cámara de infrarrojo cercano (NIRCam) y el instrumento del infrarrojo medio (MIRI), respectivamente. Ambos dispositivos se utilizaron para crear la imagen proyectada de nubes polvorosas expulsadas por una estrella en combustión.

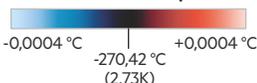
CHRIS GUNN (MARCIA Y GEORGE RIEKE);  
IMAGEN COMPUESTA POR 104 IMÁGENES  
DE NASA, ESA, CSA, STSCI, EQUIPO  
PRODUCCIÓN WEBB ERO

## VISIÓN PRIMORDIAL

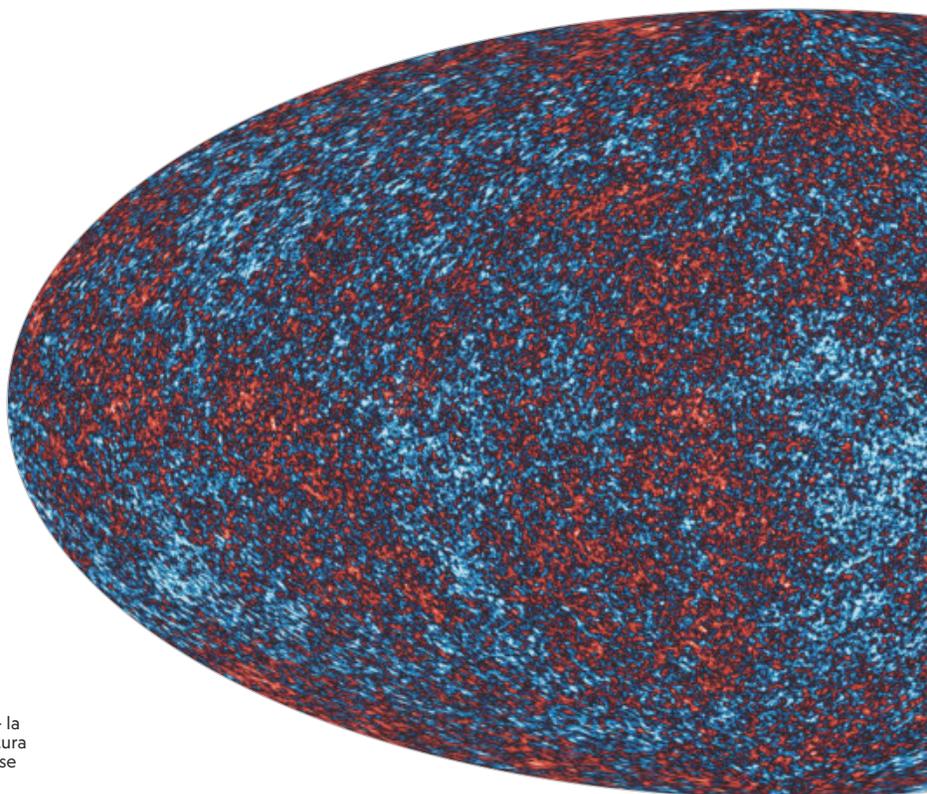
El telescopio espacial Planck (2009-2013) peinó el firmamento entero en busca de radiación de fondo cósmico de microondas, la luz más antigua del universo, emitida tan solo 380.000 años después del Big Bang. Las ínfimas diferencias de temperatura que salpican este mapa indican dónde acabarían formándose todas las estrellas y galaxias que vemos hoy.

RADIACIÓN DE FONDO  
CÓSMICO DE MICROONDAS:  
MAPA COMPLETO DEL CIELO

Variación de la temperatura



A cero kelvin (K) –el cero absoluto– la materia alcanza la menor temperatura posible donde las moléculas ya no se transfieren energía entre sí.



Las galaxias antiguas observadas por el Telescopio Espacial James Webb (JWST, por sus siglas en inglés) son más brillantes, más numerosas y más activas de lo previsto, y nos revelan un frenético comienzo de la saga del espacio y el tiempo.

Lo que no logra ver el Webb, sin embargo, son las primeras estrellas, pues no eran lo bastante brillantes como para detectarlas individualmente. Aquellos monstruos primigenios ardían a temperaturas inconcebibles y alcanzaban tamaños impensables, hasta que estallaron en supernovas pocos millones de años después de haberse formado, un abrir y cerrar de ojos en la escala temporal astronómica.

«Aquí lo hemos ralentizado un poco –me dijo Tom Abel, el cosmólogo computacional que me guiaba a través de las simulaciones–. En realidad ocurrió muy rápido. La versión realista sería una serie de destellos a muchísima más velocidad».

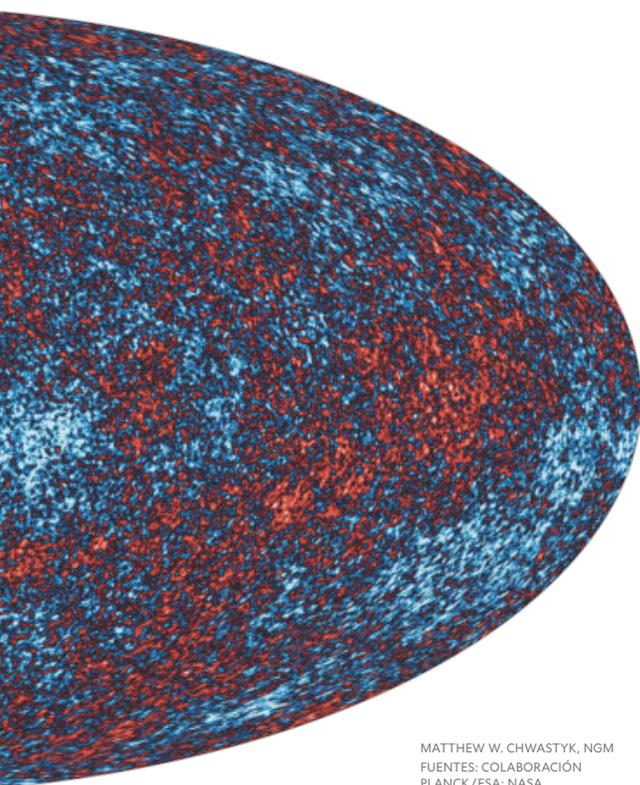
Aquellos destellos, las supernovas de estrellas cientos de veces más masivas que el Sol, transformaron el universo. Se generaron nuevos elementos químicos que se desperdigaron por el espacio: oxígeno para crear agua, silicio para construir planetas, fósforo para dar energía a las células. Las primeras estrellas también rompieron los

átomos de hidrógeno circundantes, consumiendo la bruma cósmica y haciendo transparente el espacio, un momento clave conocido como reionización. A medida que la niebla se disipaba, los grupos de estrellas se juntaban, formando cúmulos arremolinados cada vez más grandes, entre ellos el germen de nuestra Vía Láctea.

Abel empezó a modelizar el nacimiento de las primeras estrellas en la década de 1990, cuando se ignoraba cuál era el objeto astronómico más antiguo, si un agujero negro, un cuerpo del tamaño de Júpiter u otra cosa. Mediante simulaciones informáticas, sus colegas y él contribuyeron a determinar que los primeros objetos tuvieron que ser estrellas, formadas en zonas donde la gravedad se imponía lentamente a la presión del gas que empujaba hacia fuera. Con el tiempo Abel dejó de simular nacimientos estelares, convencido de que no había nada más que descubrir.

Hasta que llegó el Webb.

Lanzado la mañana de Navidad de 2021, el telescopio espacial está actualmente a más de un millón de kilómetros de la Tierra. Su espejo primario, de 6,5 metros de diámetro y recubierto de oro, capta la luz que lleva más de 13.000 millones



MATTHEW W. CHWASTYK, NGM  
FUENTES: COLABORACIÓN  
PLANCK / ESA; NASA

de años viajando por el espacio y nos muestra las galaxias tal y como fueron en el pasado remoto.

Los astrónomos contaban con atisbar algunas de aquellas galaxias recién nacidas gracias al Webb. Pero no esperaban encontrar tantas, ni hacer descubrimientos que darían un vuelco a su comprensión de la historia de estos objetos astronómicos.

# LA

**OBSERVACIÓN MÁS PROFUNDA** del universo jamás emprendida se inició en septiembre de 2022, cuando una colaboración internacional conocida como JADES –acrónimo de JWST Advanced Deep Extragalactic Survey (Investigación Avanzada Extragaláctica Profunda del Telescopio Espacial James Webb)– empezó a utilizar el Webb para apuntar hacia regiones concretas del firmamento durante decenas de horas seguidas. Dos semanas después, los participantes de esta colaboración

se reunieron en Tucson, en la Universidad de Arizona, para debatir los primeros resultados.

Apiñados en el aula de un moderno edificio, unos 50 científicos observaban con atención en sus portátiles un mosaico de cientos de imágenes recién captadas por el Webb y posteriormente ensambladas. La imagen resultante mostraba decenas de miles de galaxias y otros objetos celestes. Un murmullo entusiasmado recorría el grupo mientras los participantes se señalaban unos a otros cosas nunca vistas: regiones activas de formación estelar, refulgentes centros galácticos donde podría haber agujeros negros, manchas rojizas de luz procedente de galaxias tan lejanas que solo el Webb podía detectarlas...

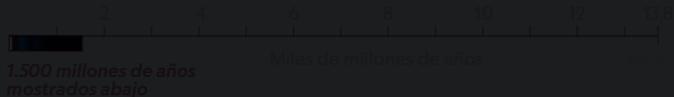
«Éramos como niños en una tienda de chuches», me contó Marcia Rieke, astrónoma de esta universidad y una de las directoras de la colaboración.

A diferencia del Telescopio Espacial Hubble, nuestra anterior ventana al pasado lejano del universo, el Webb fue diseñado para observar en el espectro infrarrojo, lo que lo convierte en el instrumento ideal para captar los rayos de luz de las primeras estrellas. Estos partieron de su fuente en forma de luz ultravioleta, pero la expansión del universo los estiró hacia longitudes de onda más rojas, un fenómeno conocido como desplazamiento al rojo. Cuanto mayor es el desplazamiento al rojo, más lejano y antiguo es el objeto.

Rieke dirigió la reunión con una mezcla de entusiasmo y rigor, respondiendo a preguntas técnicas o comentando el funcionamiento del telescopio. Además de ser una de las directoras científicas del JADES, es la investigadora principal de la cámara de infrarrojo cercano del Webb –o NIRCcam–, la fuente del mosaico de galaxias que mostraban todos aquellos ordenadores. Supervisó su diseño, 150 kilos de espejos, lentes y detectores ensamblados para absorber la luz del universo y estudiarla a través de diferentes filtros.

«Estas imágenes cumplen todas nuestras expectativas», dijo.

Pero no todo funcionaba a la perfección. El espectrógrafo de infrarrojo cercano del JADES –el NIRSpec– experimentaba cortocircuitos que creaban manchas de luz en los objetos astronómicos en algunas de las observaciones. Este instrumento divide la luz en espectros, lo que permite a los científicos reconstruir la composición química de una galaxia y medir con precisión su desplazamiento al rojo. Si las imágenes de la NIRCcam podían utilizarse para calcular las distancias a las galaxias, el NIRSpec era imprescindible para confirmarlas.



Unos  
 después del big bang

La temperatura del universo se enfría lo suficiente como para que se formen lo que permite que los débiles vestigios de luz del big bang viajen por primera vez.

La infancia del universo, conocida como la edad oscura, fue un período nebuloso de hidrógeno neutro y helio.

Empieza a disiparse la niebla cósmica

Empieza a despejarse el espacio que rodea las estrellas.

Las estrellas empiezan a transformar el hidrógeno y el helio en elementos más pesados.

de años

Se forman las primeras estrellas a partir del nublado caliente de nubes esteras de gas. Su luz rompe los átomos de hidrógeno, con lo cual los fotones pueden llegar más lejos.

de años

Las inmensas nubes de gas colapsan por efecto de la gravedad y dan lugar a pequeños grupos de estrellas con

de años

JADES-GS-13-0 es la galaxia más antigua observada hasta la fecha por el Telescopio Espacial James Webb.

Se han detectado indicios de un agujero negro supermasivo en la galaxia GN-z11.

## BUSCANDO PISTAS EN LA LUZ

La ciencia usa el Telescopio Espacial James Webb (JWST, por sus iniciales en inglés) para explorar cuestiones sobre los primeros objetos del universo.

¿Cuándo se despejó la niebla cósmica?



Cuásar temprano



La luz de los cuásares se filtra selectivamente en las zonas brumosas.



¿Dónde están las primeras galaxias?



Se forman los primeros agujeros negros supermasivos en el interior de los cuásares, los objetos más brillantes del universo.

¿Por qué algunos agujeros negros se hicieron tan grandes?

Agujero negro supermasivo



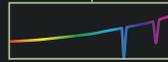
Los cuásares adquieren brillo conforme su creciente agujero negro engulle más materiales cósmicos.



Las galaxias tempranas poseen menos elementos pesados modificadores de la luz que las tardías.



Visión del JWST

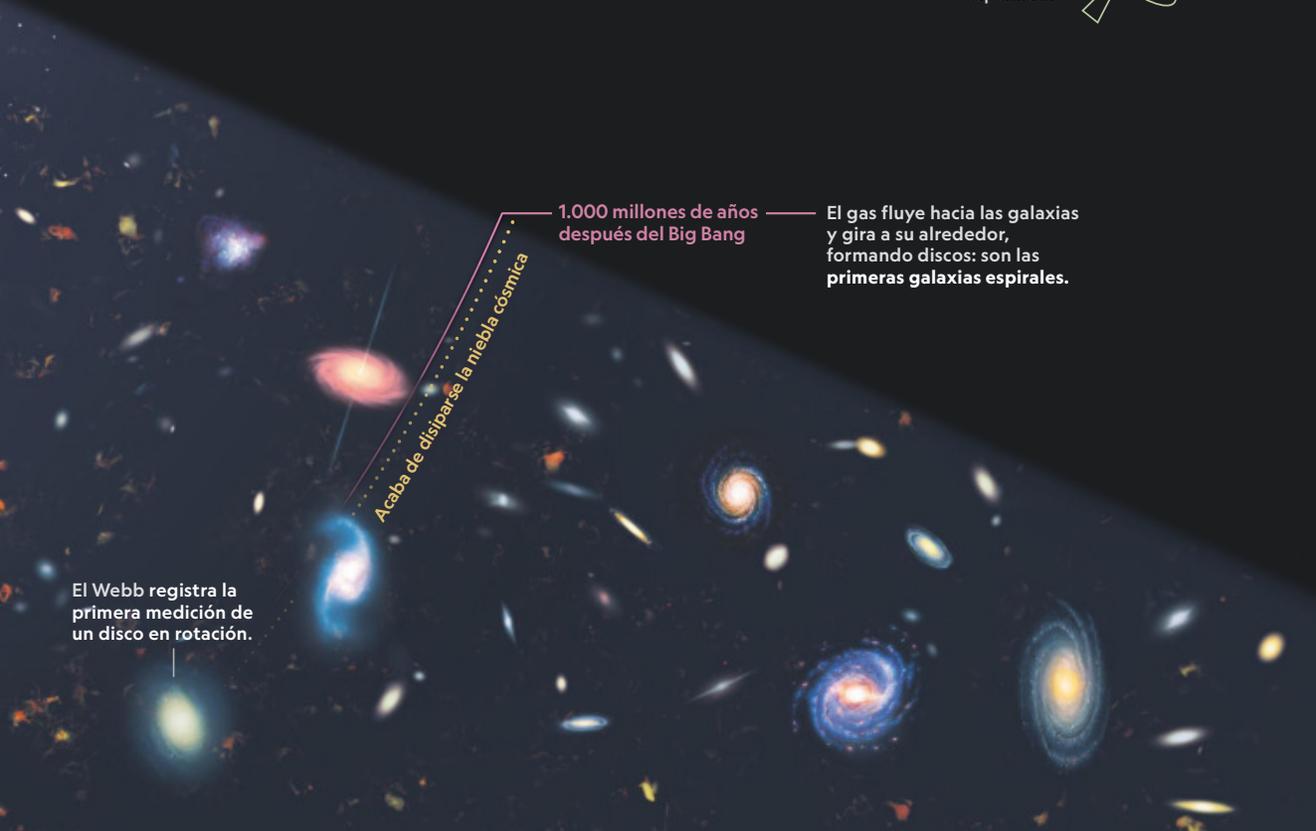


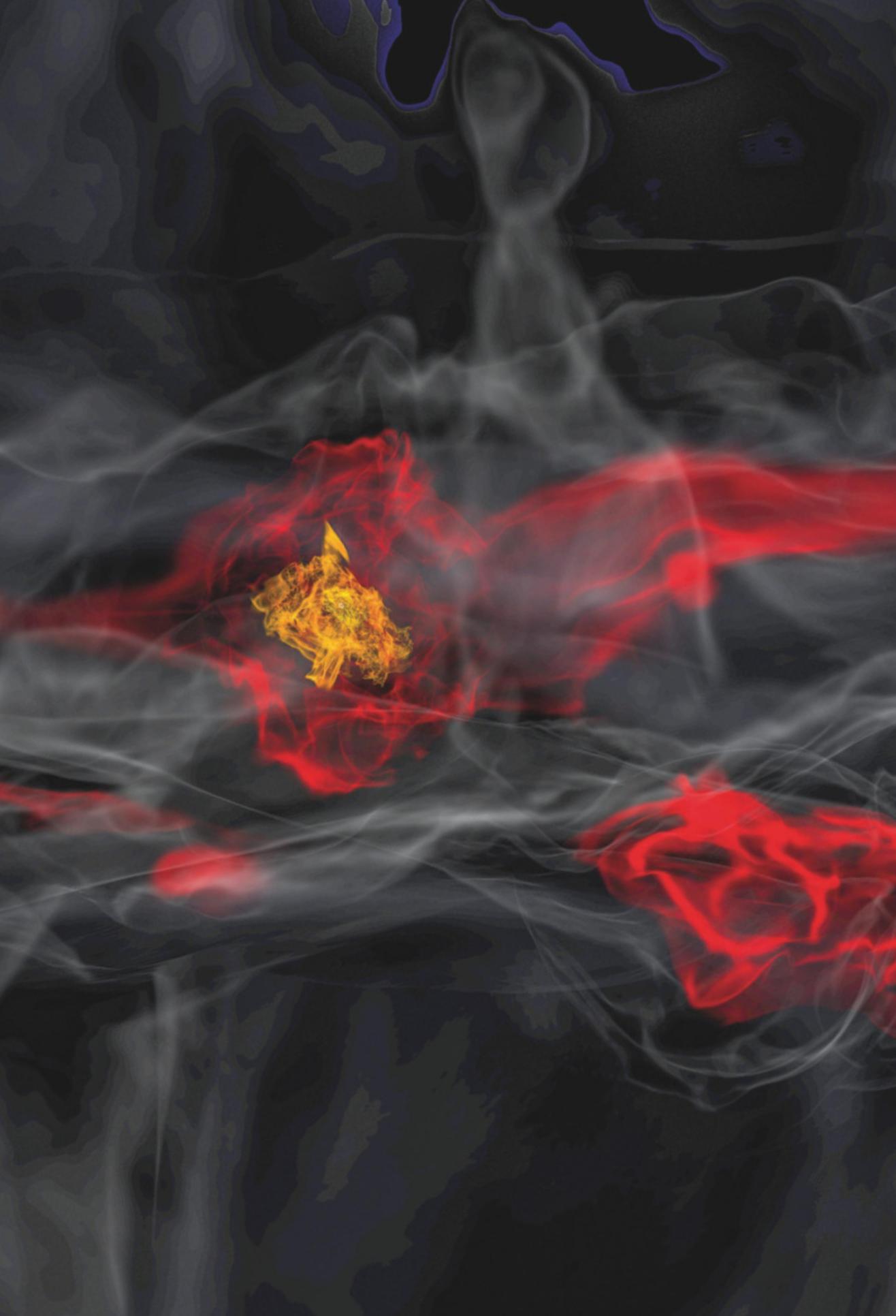
Acaba de disiparse la niebla cósmica

1.000 millones de años después del Big Bang

El gas fluye hacia las galaxias y gira a su alrededor, formando discos: son las primeras galaxias espirales.

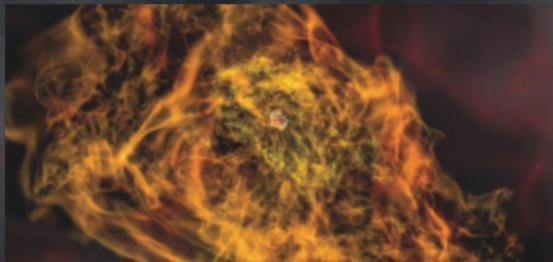
El Webb registra la primera medición de un disco en rotación.



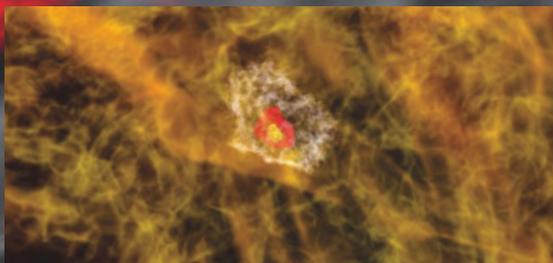


## LAS PRIMERAS ESTRELLAS

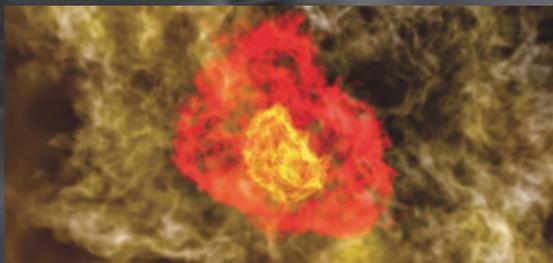
Una simulación por ordenador muestra tres regiones de formación estelar surgidas 100 millones de años después del Big Bang, fuera del alcance de visión del Webb.



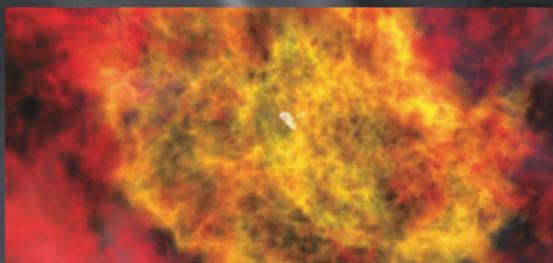
Un primer plano (arriba) de la nube del extremo izquierdo muestra capas de hidrógeno y helio impulsadas hacia el interior por halos circundantes de materia oscura invisible. El gas se acumula formando masas cada vez más densas, mostradas en rojo y amarillo.



En los niveles más profundos de la nube, las moléculas de hidrógeno enfrían el gas propiciando su colapso. Dentro de esa nube fría se formarán estrellas inmensas.

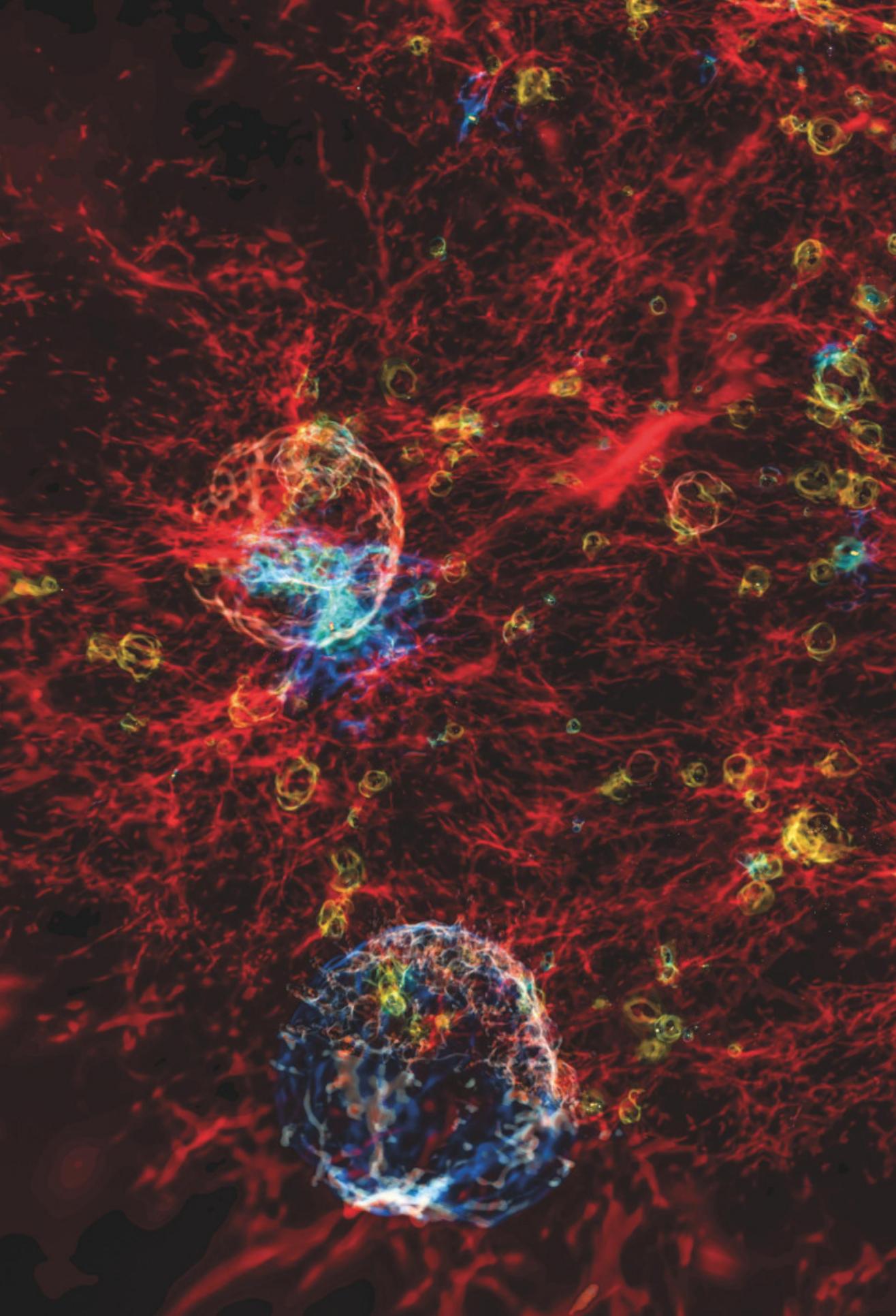


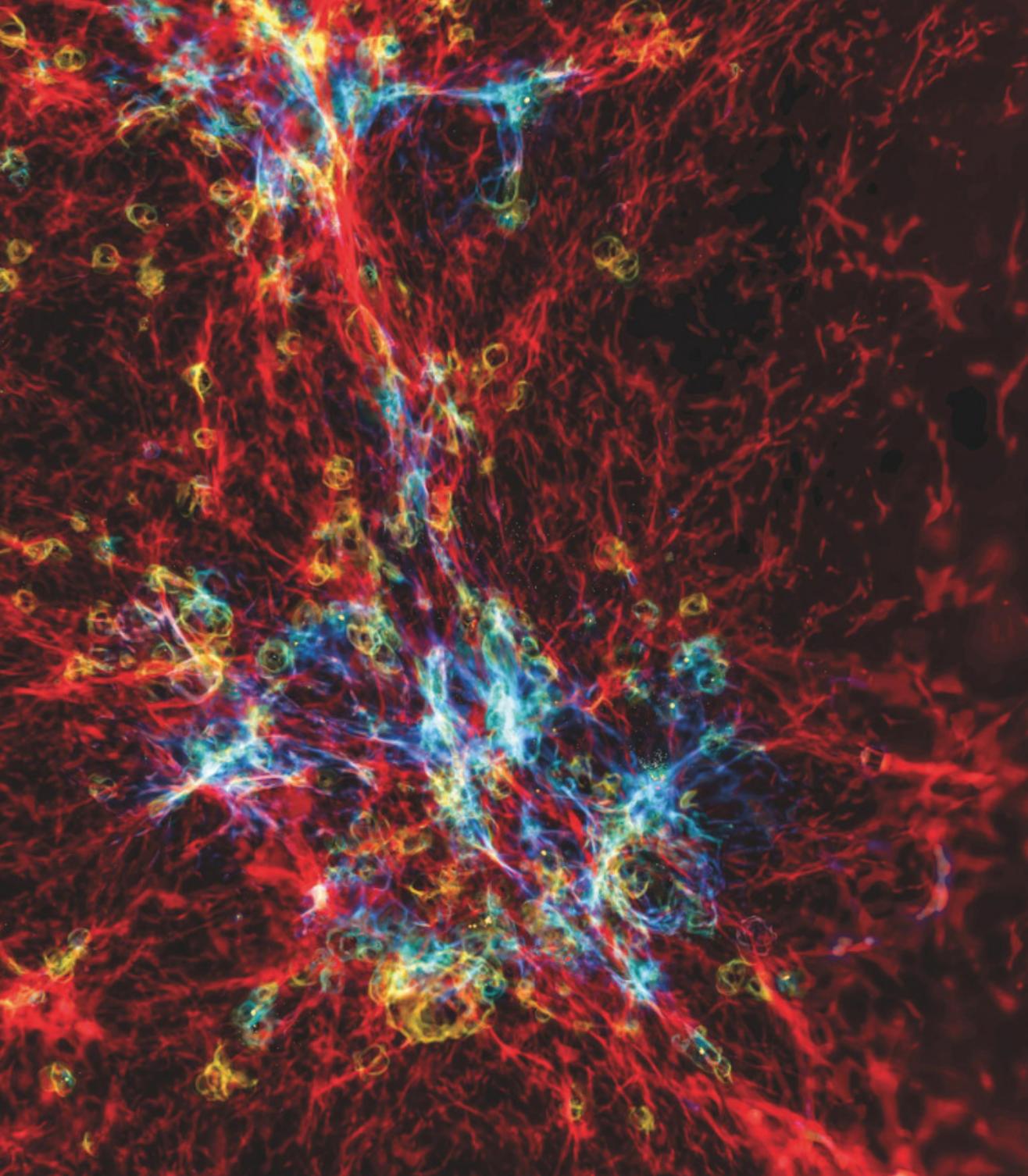
Cientos de masas solares se comprimen en la zona amarilla. La mayoría acabarán formando las primeras estrellas.



La pequeña región brillante del centro de esta acumulación cósmica tiene más o menos el tamaño del sistema solar. El hidrógeno acaba fusionándose en helio y dando origen a las primeras estrellas del universo.

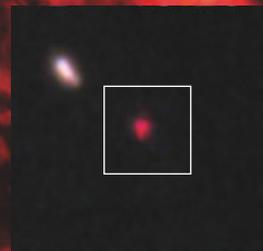
RALF KAEHLER Y TOM ABEL, UNIVERSIDAD STANFORD / KIPAC / SLAC





## LAS PRIMERAS GALAXIAS

La galaxia más antigua detectada por el Webb hasta ahora es JADES-GS-z13-0 (recuadro), formada 325 millones de años después del Big Bang. Un modelo informático muestra los detalles de estas primeras galaxias durante su génesis, a medida que las estrellas masivas (amarillo) dispersan elementos pesados al explotar como supernovas (azul y verde), y varias galaxias toman forma (arriba), arrastrando estrellas y gas hacia estructuras unidas por la gravedad.



SIMULACIÓN: COSMIC RENAISSANCE, JOHN WISE, TOM ABEL, BRIAN O'SHEA, MICHAEL NORMAN. VISUALIZACIÓN: RALF KAEHLER Y TOM ABEL, UNIVERSIDAD STANFORD/KIPAC/SLAC. RECUADRO: NASA, ESA, CSA, M. ZAMANI (WEBB/ESA), LEAH HUSTAK (STSCI)

Los cortocircuitos retrasaron algunas de las observaciones del equipo, un contratiempo que al final resultó ser una bendición. Los astrónomos habían planeado utilizar el NIRSpec para examinar objetos ya conocidos gracias al Hubble, pero la nueva situación les dio margen para fijarse en galaxias recién descubiertas por la NIRCam.

«Nos volvimos locos peinando una avalancha de datos inéditos en busca de candidatos», me dijo más tarde en su despacho Kevin Hainline, astrofísico de la Universidad de Arizona.

El equipo no podía cambiar la orientación del telescopio. Tenía que encontrar objetos que ya se hallasen en su campo de visión. Afortunadamente cuatro galaxias lejanas detectadas por la NIRCam estaban en el lugar adecuado. Dos de ellas, confirmarían después las observaciones del NIRSpec, eran las más lejanas y antiguas jamás observadas.

La más lejana de todas, llamada JADES-GS-z13-0, se había formado apenas 325 millones de años después del Big Bang. «Todavía conservo el mensaje en el que cuento al grupo que he localizado este objeto entre los datos –recordaba Hainline–. En medio de aquella locura, no había asimilado la trascendencia de estar allí sentado diciéndome a mí mismo: “Vaya, la galaxia más lejana que los humanos hemos visto jamás”».

Dos características de esas primeras galaxias no admiten discusión: hay más de las esperadas y su brillo es sorprendentemente elevado para su edad. Estas anomalías podrían deberse a que la formación de las primeras estrellas fue más eficiente de lo que se creía o a que la proporción de estrellas grandes era mayor de lo que preveían las hipótesis. «Sea como fuere, la génesis estelar en el universo primigenio no funciona exactamente como podríamos haber predicho», afirma Rieke.

Una galaxia temprana llamada GN-z11, nacida unos 440 millones de años después del Big Bang, es tan brillante que el Hubble la detectó en 2016. Ahora el Webb ha vuelto a observarla, y esta vez ha analizado su espectro con el NIRSpec.

«Nos tiene a todos entusiasmados y también un poco desconcertados», dice Emma Curtis-Lake, astrofísica de la Universidad de Hertfordshire, en Inglaterra, y miembro del equipo del NIRSpec.

Ciertos elementos químicos crean líneas de emisión brillantes en el espectro de una galaxia dada, como si se tratara de las huellas dactilares del material galáctico. El espectro de GN-z11 reveló una cantidad sorprendente de nitrógeno para desconcierto de los científicos, que no se explican su origen. Tal vez una población de

estrellas supercalientes conocidas como estrellas Wolf-Rayet esparció nitrógeno en pulsos de viento estelar. O quizá colisionaron varias estrellas masivas y, al mezclarse el material de sus respectivos núcleos y superficies, se liberó nitrógeno.

GN-z11 también podría albergar un agujero negro supermasivo, lo que sería extraordinario en una época tan temprana. Se trataría del «agujero negro más distante que hemos visto», apunta Curtis-Lake. Oculto en el centro de la brillante galaxia, delataron su presencia las líneas espectrales que ella denomina «monstruitos agazapados» y que sugieren que el material se está moviendo con rapidez en una zona densa, arremolinándose a más de 1,5 millones de kilómetros por hora: el tipo de actividad esperable en las inmediaciones de un agujero negro. Pero aún no se ha resuelto cómo un objeto de este tipo pudo crecer tan rápidamente.

# ESTO

**YA NO ES LO QUE ERA**, afirmó George, el marido de Marcia Rieke, al entrar en una sala de control que también hacía de minicocina. «No –concordó ella–. Hay cinco veces más monitores».

El matrimonio se había ofrecido a mostrarme las instalaciones de un viejo telescopio en las montañas cercanas a Tucson, donde pasaron buena parte del inicio de sus respectivas carreras como investigadores. Astrónomos ambos de la Universidad de Arizona, se conocieron en 1972 cuando George contrató a Marcia, que acababa de doctorarse. El telescopio de 1,5 metros del monte Bigelow era por entonces bastante nuevo y se utilizaba para cartografiar la superficie lunar. Se convirtió en uno de los principales observatorios en el incipiente campo de la astronomía infrarroja, una especie de abuelo del Webb.

Los Rieke se cuentan entre los artífices de esa línea sucesoria. Si Marcia supervisó el desarrollo de la NIRCam, George es el científico jefe del instrumento del infrarrojo medio del Webb, bautizado como MIRI. En su día los Rieke pasaron muchas noches en vela, ajustando a cada poco el telescopio para no perder de vista el objeto de sus observaciones a causa de la rotación de la Tierra. Hoy sus ayudantes pueden hacer la mayor parte de su trabajo desde un portátil.

«Son una panda de peles», bromeó George. En los años setenta, Marcia y George utilizaron el telescopio del monte Bigelow para realizar algunas de las primeras observaciones infrarrojas del centro de la Vía Láctea. La ciencia había supuesto que aquella zona era «una colección de estrellas viejas sin mayor interés», explicó Marcia. Pero la luz infrarroja reveló turbulentas bolsas de gas con rápida génesis estelar. «Aquella descripción cambió totalmente», añadió George.

En ese momento la ciencia estaba empezando a vislumbrar la luz infrarroja del cosmos. Los nuevos sensores diseñados para captar el infrarrojo revelaron aquel tramo antes oculto del espectro electromagnético, el conjunto de todos los tipos de radiación, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio. El telescopio del monte Bigelow ayudó a llenar una laguna en las observaciones del universo local –el más cercano a la Tierra–, y el Webb ha completado de manera similar un hueco en nuestra visión del cosmos profundo. Pero para comprender plenamente nuestros orígenes cósmicos, necesitaremos algo más que el Webb.

# UNA

MAÑANA DE ABRIL de 2023 entorné los ojos para protegerlos del sol en la vasta meseta que se abría entre volcanes nevados en el desierto chileno de Atacama. Sentía un cosquilleo en las fosas nasales: era el oxígeno que me aportaban las cánulas plásticas, un requisito obligado para visitar el Gran Conjunto Milimétrico/Submilimétrico de Atacama (ALMA, por sus siglas en inglés), situado a 5.000 metros de altitud. A aquella cota el cielo era de un azul más profundo, pues en la atmósfera había menos moléculas que dispersaran la luz, precisamente lo que convierte este lugar en una ubicación ideal para la observación astronómica. Ante mí se alzaban decenas de radioantenas de cuatro pisos de altura, centinelas blancos diseminados por la meseta de Chajnantor. Pivotaron simultáneamente para fijarse en un nuevo objetivo.

El ALMA, uno de los radiotelescopios más avanzados del planeta, es también una de las pocas herramientas capaces de examinar las galaxias tempranas que está descubriendo el Webb, aunque de un modo diferente. El Webb capta la luz

«NO HABÍA ASIMILADO LA TRASCENDENCIA DE ESTAR ALLÍ SENTADO, DICIÉNDOME: “VAYA, LA GALAXIA MÁS LEJANA QUE HEMOS VISTO JAMÁS”».

KEVIN HAINLINE,  
ASTROFÍSICO



estelar que traspasa el polvo de estas galaxias, mientras que el ALMA busca el brillo del polvo en sí, calentado por las estrellas que contiene.

«Estas primeras partículas de polvo proceden de explosiones de supernovas, por lo que indirectamente pueden aportarnos información sobre las primeras explosiones de supernovas y la primera población de estrellas», explica María Emilia de Rossi, astrofísica del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE) de Buenos Aires.

El ALMA ha orientado sus radioantenas hacia algunas de las primeras galaxias, pero en la mayor parte de sus primeros intentos no encontró emisiones de polvo. Esto podría significar que las galaxias están en sus etapas iniciales y todavía no han producido mucho polvo por medio de explosiones estelares. O tal vez indique que algunas de ellas están más cerca de lo que se pensaba.

Los primeros intentos del ALMA por detectar las galaxias descubiertas por el Webb fueron observaciones fugaces encajadas con calzador en su apretado programa. Los astrónomos planean orientarlo hacia algunas de esas galaxias durante períodos más largos, en busca de señales débiles que podrían revelar cuánto polvo han generado y cuántos elementos pesados han producido, lo que indicaría en qué punto de su evolución se sitúan.

Hacia el final de mi visita me detuve en un hangar del ALMA. Los técnicos sustituían piezas en dos altísimas radioantenas, en el marco de un programa de mejoras para aumentar la capacidad del observatorio. Pronto las devolverían a la meseta, prestas a mirar de nuevo al firmamento y sondear los misterios de las galaxias primigenias. □

**Jay Bennett**, editor científico, fue el autor del artículo de junio que hablaba de cómo las primeras culturas usaban el hierro de los meteoritos.



## UNA GALAXIA DEL PRINCIPIO DE LOS TIEMPOS

Estudiar galaxias lejanas no es la única forma de conocer el cosmos primigenio. Las galaxias enanas cercanas, como la Wolf-Lundmark-Melotte (izquierda, arriba, en una imagen tomada por el telescopio de sondeo del VLT del Observatorio Europeo Austral, en Chile), contienen pequeñas estrellas formadas en los albores del universo y que aún existen. Ahora el Webb se ha asomado a la galaxia (imágenes inferiores) para estudiar algunas de estas antiguas estrellas de combustión lenta, fósiles de épocas pretéritas.

IZQUIERDA, ARRIBA: OBSERVATORIO EUROPEO AUSTRAL (ESO). ABAJO (AMBAS): NASA; ESA; CSA; KRISTEN MCQUINN, UNIVERSIDAD RUTGERS; ZOLT G. LEVAY; ALYSSA PAGAN (STSCI)

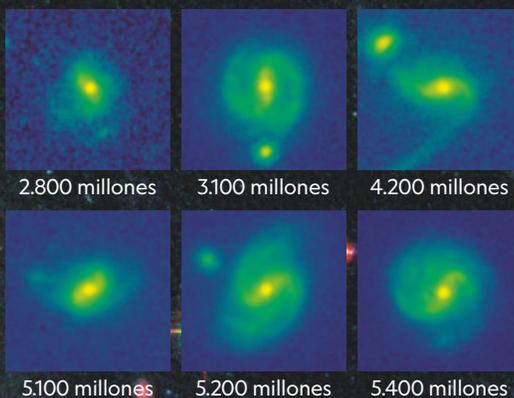




## LAS PRIMERAS GALAXIAS ESPIRALES BARRADAS

La barra rojiza que atraviesa la galaxia NGC 1300 (izquierda) canaliza gas hacia el centro, impulsando una rápida formación estelar. El Telescopio Espacial Hubble generó esta imagen detallada de la galaxia espiral barrada cercana, que muestra el aspecto actual de este tipo de galaxias. El Webb ha encontrado otras muy anteriores, como las que se muestran abajo. «No esperábamos que hubiera galaxias barradas en épocas tan tempranas», afirma la astrónoma Shardha Jogee, cuyo equipo encabezaba la estudiante de posgrado Yuchen Guo.

Las edades se expresan en años después del Big Bang:





# EL VUELO DE LAS MONARCAS

Un río de mariposas fluye entre los árboles de El Rosario, un santuario de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca de Michoacán, en México. Las monarcas migratorias invernan en los mismos bosques de oyameles, un tipo de abeto, que dieron cobijo a generaciones anteriores.



# NARCAS

**Cada año, estas icónicas mariposas llevan a cabo uno de los viajes más extraordinarios y peligrosos del planeta.**

**Ahora, científicos y ciudadanos de América del Norte amantes de estos insectos unen fuerzas para ayudarlos a prosperar.**

**POR MICHELLE NIJHUIS  
FOTOGRAFÍAS DE JAIME ROJO**



**Arriba:** La oruga de la mariposa monarca se alimenta exclusivamente de algodoncillo. A medida que madura, consume hasta 200 veces su peso corporal de esta planta venenosa. Esta toxicidad se mantiene en las mariposas adultas y es su principal defensa contra los depredadores.

**Derecha:** En la reserva de mariposas, una rezagada se une a las demás para pasar la noche, desplegando las alas en un intento de colarse en este popular dormitorio. En esta cercanía extrema las mariposas encuentran calor y protección.



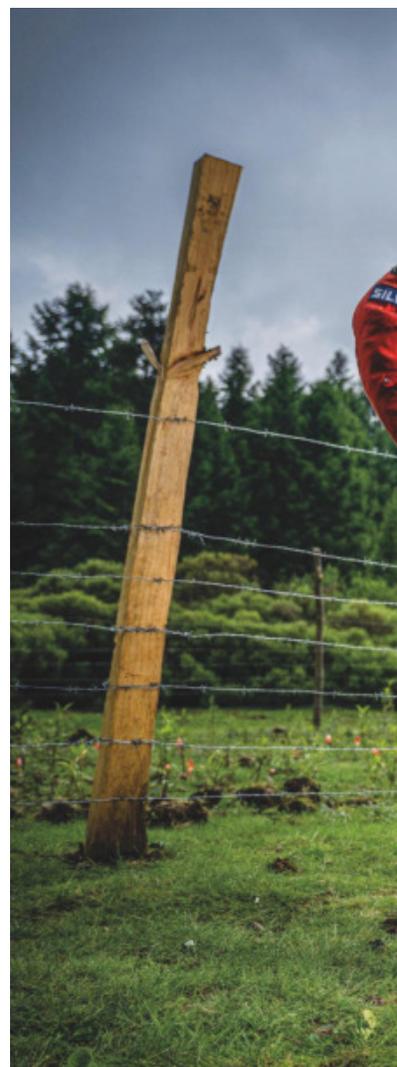
# UN CALUROSO DÍA DE OCTUBRE EN LA REGIÓN MONTAÑOSA DE TEXAS, ANDRÉ GREEN II RASURA CON SUMO CUIDADO UNA MARIPOSA MONARCA.

Inclinado sobre su improvisada mesa de laboratorio, sujeta con destreza las vistosas alas de la mariposa entre el pulgar y el índice mientras le pasa un trocito de papel de lija por el tórax para eliminar algunos de sus minúsculos pelillos.

Green y sus colegas de investigación se han instalado provisionalmente en uno de los numerosos refugios privados de cazadores de la zona, en cuyas paredes se exhiben cabezas disecadas de presas cinegéticas, autóctonas y exóticas. Pero Green, profesor de ecología y biología evolutiva de la Universidad de Michigan y Explorador de National Geographic, solo tiene ojos para las treinta y tantas mariposas monarca que ha capturado hace unas horas. Aplica una gotita de resina entre las alas del ejemplar que sostiene en su mano y, a continuación, coloca un sensor diseñado a medida: un grupo de chips informáticos alimentados por un panel solar en miniatura que, en conjunto, pesan menos que tres granos de arroz. El suave aleteo es el único sonido que se oye en la habitación.

Green y sus colaboradores confían en que esta mariposa y sus compañeras llevarán los sensores a las montañas del centro de México, 1.300 kilómetros más al sur. Al cabo de unas semanas, los propios investigadores las seguirán hasta México, donde intentarán detectar las señales emitidas por las antenas de los sensores. Si logran recapturar alguno de los ejemplares equipados con sensores –lo cual no está en absoluto garantizado–, también podrán acceder a los datos de luz y temperatura acopiados por el camino, y por ende trazar en el mapa la trayectoria seguida por cada monarca.

Al igual que otros proyectos de investigación sobre la mariposa monarca llevados a cabo en otros puntos de América del Norte,



José Humberto García Miranda, de la comunidad michoacana de El Rosario, planta pimpollos de oyamel, una conífera que con el tiempo proporcionará un hogar invernal a las monarcas migratorias. Para proteger estos plantones de las temperaturas extremas, junto a ellos crecen «plantas refugio».

 National Geographic Society, organización sin ánimo de lucro dedicada a conservar los recursos de la Tierra, participó en la financiación de este artículo.



este ha contado con la ayuda de voluntarios deseosos de hacer algo por la especie. Al percatarse de que los ciclistas se desplazan aproximadamente a la misma velocidad que las monarcas en migración, los colegas de Green reclutaron a unos cuantos para probar la precisión de los sensores haciendo que los llevaran encima en rutas de varios días de duración. Por su parte, Green confirmó con experimentos de laboratorio que los sensores no interfieren en el vuelo. Y hoy por fin ha llegado el momento de someter esta tecnología innovadora a su primera prueba en el mundo real.

Cuando acaba de colocar los sensores, Green se acomoda en un mullido sillón de cuero y observa las mariposas que aletean dentro de la jaula de red que tiene ante sí. «Este año nos daremos con un canto en los dientes si llegamos a captar la más

mínima señal en México», dice. Para reunir una serie de datos significativos podrían necesitarse varias temporadas más de ensayo y error, pero él no tiene prisa. Sonriendo, dice con comedimiento científico: «Es una oportunidad de comprender este sistema en particular».

Cuando comienza a refrescar, Green lleva la jaula al exterior y desciende hasta el bosquecillo de pacanas que hay un poco más abajo del refugio de cazadores. Allí, junto a un arroyo, cientos de monarcas en migración se arremolinan en los rayos del sol poniente. Green extrae una por una las mariposas equipadas con sensores y las deposita con suma cautela en las ramas bajas, como si fuesen los frágiles adornos de un árbol de Navidad. Mañana por la mañana, si todo va bien, continuarán su viaje al sur, llevándose consigo sus secretos.



Las plantaciones de aguacate, en constante expansión, se acercan a las estribaciones del Cerro Pelón, un pico volcánico que se yergue en la reserva de mariposas. El uso agrario del suelo es una de las principales amenazas para las monarcas en todo su territorio; otra es el cambio climático.



**E**L SISTEMA QUE TANTO fascina a Green es uno de los viajes más épicos, y peligrosos, del planeta. Aunque hay mariposas monarca en todo el mundo –en América del Sur, el Caribe, Australia, Europa y otros lugares–, las de América del Norte se distinguen por el excepcional alcance de sus migraciones estacionales. Cada otoño, las monarcas del norte de Estados Unidos y la zona meridional de Canadá vuelan hacia el sur para salvar el primer tramo de una ruta de 5.000 kilómetros que únicamente conocen las generaciones anteriores. Las supervivientes se congregan en el centro de México, donde invernan en los mismos bosques de oyameles –un tipo de abeto nativo de la zona– que el año anterior cobijaron a sus abuelas y bisabuelas.

Pese a décadas de estudio, esta ultramaratón anual –y la migración más corta que la población occidental completa a lo largo de la costa del Pacífico– solo se comprende parcialmente y resulta cada vez más peligrosa. Debido al cambio climático y a la pérdida de hábitat, las mariposas monarca de una y otra ruta migratoria se resienten de unas condiciones meteorológicas extremas y acusan la falta de fuentes de néctar. A ello se suma la escasez crítica de algodoncillo –las plantas donde desovan las monarcas reproductoras y que luego alimentan a sus orugas–, con la consiguiente merma de las poblaciones.

Las mariposas monarca norteamericanas se enfrentan a un futuro tan negro que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha clasificado a las dos poblaciones como vulnerables. Sobre la mesa está su inclusión en la lista de especies protegidas por la ley estadounidense de Especies en Peligro de Extinción. Los testigos del declive de las poblaciones confían en que este nuevo estatus se traduzca en un plan de acción internacional a largo plazo: Karen Oberhauser, quien estudia estos lepidópteros desde la década de 1990 y acaba de jubilarse como directora del Arboreto de la Universidad de Wisconsin-Madison, apunta que desde 2014, año en que se propuso por primera vez la protección de esta mariposa al amparo de la legislación estadounidense, la especie no ha dejado de sumar apoyos en las agencias gubernamentales y entre la comunidad científica. «El nivel de compromiso federal se ha disparado y ha atraído a nuestros círculos un gran número de mentes privilegiadas», señala.

Aunque la monarca no es la mariposa más grande ni la más vistosa de América del Norte,

ningún otro insecto –y muy pocas especies en general– nos cautiva tanto. Sus viajes conectan a la gente a despecho de generaciones, fronteras nacionales e incluso, hay quien dice, la barrera entre la vida y la muerte. Algunos mexicanos que celebran el Día de los Muertos ven almas en vuelo en las monarcas en migración. En los días posteriores al 11 de septiembre de 2001, el personal de emergencias de Lower Manhattan reconocía en las monarcas que sobrevolaban la Zona Cero un símbolo de supervivencia y renacimiento. «Justo a esto nos referimos al decir que esta mariposa es “icónica” –explica la antropóloga Columba González-Duarte, de la Nueva Escuela de Investigación Social de Nueva York–. En el imaginario colectivo norteamericano se ha convertido en el insecto que no conoce fronteras, que logra lo imposible».

Mucho antes de que hubiese constancia científica de los kilómetros que recorren las mariposas monarca norteamericanas, la gente ya celebraba sus apariciones periódicas. El poeta y novelista mexicano Homero Aridjis, en cuyas memorias relata su infancia en el estado de Michoacán, en el centro de México, durante las décadas de 1940 y 1950, escribe que el viento de otoño «traía ríos de mariposas» y que él y sus amigos subían hasta un prado de montaña cercano para verlas posarse en los abetos, cautivados por el espectáculo.

En los años cincuenta el zoólogo canadiense Fred Urquhart y su esposa, Norah, fundaron la Asociación pro Migración de los Insectos, dando inicio a una larga tradición de participación ciudadana en la investigación sobre las mariposas monarca. En las décadas siguientes, la asociación reclutó a unos 3.000 voluntarios para que capturasen ejemplares y marcasen cada uno con una etiqueta diminuta que rezaba: «Enviar a la Universidad de Zoología de Toronto, Canadá». A partir de aquellos datos los Urquhart conjeturaron que las monarcas invernan en México, pero no sabían el lugar exacto. En 1973, cuando publicaron un anuncio en un periódico de Ciudad de México pidiendo voluntarios, recibieron la respuesta de un expatriado estadounidense llamado Kenneth Brugger. Su esposa, Cathy, hoy Catalina Aguado Trail, había prestado gran atención a las monarcas y otros lepidópteros desde su infancia en Michoacán. Aceptó aportar sus conocimientos en la búsqueda de las zonas de invernada.

Durante dos años, primero solamente los fines de semana y más tarde a tiempo completo, la pareja recorrió las montañas del centro de México. La tarde del 2 de enero de 1975, mientras subían



## Un legado de la *Geographic*

Catalina Aguado Trail (antes Cathy Brugger) apareció en la portada de *National Geographic* en agosto de 1976, rodeada de mariposas monarca. Sus dos años de búsqueda de estas mariposas invernantes en las montañas del centro de México culminaron con éxito en enero de 1975. El reportaje anunciaba que su hábitat de invierno había sido «descubierto», y que el hallazgo de la naturalista llenaba una laguna crucial en el conocimiento del ciclo vital de esta especie.

la cima volcánica de Cerro Pelón en moto y a pie, Trail alzó la vista, miró hacia los abetos y se detuvo en seco: los troncos y las ramas estaban cubiertos de miles de monarcas, tan juntas que sus alas se superponían. Cuando Brugger la alcanzó, ambos se quedaron en silencio, mudos de asombro.

**L**A **EUFORIA** de Trail y Brugger pronto se tornó en preocupación. La zona de invernada mexicana de la mariposa monarca se reduce a 10 o 12 bosquecillos de oyameles dispersos en un área de 562 kilómetros cuadrados a gran altitud. En la década de 1970, las comunidades locales con derechos comunales sobre aquellos bosques se ganaban la vida vendiendo su madera, y el dosel perenne que protege a las mariposas monarca del tiempo invernal estaba menguando a pasos agigantados. La avalancha de visitantes curiosos podría alterar todavía más ese hábitat.

Cuando se corrió la voz, las montañas empezaron a llenarse de turistas deseosos de admirar a las mariposas. Pero la noticia también propició la adopción de medidas. La UICN instó al Gobierno mexicano a proteger aquellos abetales, y lo mismo hizo el colectivo ecologista mexicano Pro-Monarca. Aunque las autoridades establecieron una reserva nacional que en octubre de 1986 prohibió o limitó la tala en cinco de las zonas de invernada conocidas, los beneficios económicos que en teoría debería reportar el turismo para las comunidades locales fueron irregulares, y la tala continuó.

En 2000, tras un largo debate entre autoridades, científicos, ecologistas y vecinos, la reserva triplicó su superficie para abarcar la mayor parte del hábitat de invierno de la especie. El Fondo Mariposa Monarca, administrado por el Estado mexicano y apoyado por grupos conservacionistas

internacionales, comenzó a cursar pagos a los residentes titulares de derechos dentro de las lindes de la reserva, compensando en parte la pérdida de ingresos por la venta de madera y el éxito de los programas de protección. Casi al mismo tiempo se fundó la organización Alternare, que trabaja con las comunidades cercanas a la reserva en proyectos que van desde la horticultura hasta la conservación del agua.

Gracias a estas y otras iniciativas, la tala en la reserva empezó a disminuir, y a principios de la década de 2010 la pérdida anual de bosque había pasado de cientos de hectáreas a menos de 10, un éxito de conservación. Desde 2019 la pérdida forestal ha vuelto a aumentar, esta vez debido a plagas de escarabajos xilófagos provocadas por la sequía y a las talas legales para controlarlas. Parte del problema, dice Isabel Ramírez, geógrafa de la Universidad Nacional Autónoma de México, es que las políticas estatales de gestión forestal no se han adaptado a la realidad de un clima cambiante.

**A** **PRIMERÍSIMA HORA** de un día de diciembre sigo a André Green y su equipo por un angosto sendero que se adentra en el santuario de la mariposa monarca de la Sierra Chincua, en pleno México central. Mi primera impresión es que los árboles altos y finos que nos rodean están cubiertos de un follaje rojizo. Cuando mis ojos y mi cerebro asimilan la verdadera estampa, me doy cuenta de que todos los abetos a la vista están cuajados de mariposas dormidas, con las alas plegadas de forma que muestran la palidez del envés. Las capas de insectos son tan pesadas que comban hasta las ramas más robustas. El aire fresco de la montaña parece vibrar, agitado por las infinitas alas que se mueven por encima de nosotros.

Wendy Caldwell, directora ejecutiva de Monarch Joint Venture, y Timothy Fredricks, de Bayer Crop Science (en primer término), marcan el algodoncillo de las inmediaciones de New Germany, en Minnesota, mientras Drew Smith y Christine Sanderson pilotan drones que exploran la abundancia de esta planta.





Las monarcas migratorias son algo más grandes.

Las adultas no migratorias viven entre dos y cinco semanas.



**MACHO DE MARIPOSA MONARCA NO MIGRATORIA**  
 Longitud promedio del ala anterior: 50 mm  
 \*Ampliada 2,5 veces su tamaño real

**LA UNIÓN HACE LA FUERZA**  
 De tres a cinco generaciones conforman el ciclo migratorio anual; la primera y la segunda nacen y permanecen en Estados Unidos y Canadá.

-  En desarrollo
-  Madura
-  Ambas están presentes
-  Generación

# UN VIAJE DE VARIAS GENERACIONES





3ª

4ª

SEPTIEMBRE

OCTUBRE

NOVIEMBRE

DICIEMBRE

ENERO

FEBRERO

MACHO DE MARIPOSA  
MONARCA MIGRATORIA

Unas alas más grandes permiten a estos insectos cubrir mayores distancias cuando planean.

La espectacular migración anual de las mariposas monarca a través de América del Norte es una odisea que implica a varias generaciones. Desde un primer grupo que sobrevive apenas unas semanas hasta descendientes que pueden vivir meses, su viaje es épico.

3ª

4ª

La mayoría de las monarcas migratorias pertenecen a la tercera generación, nacida a finales de verano y principios de otoño. Pueden vivir hasta nueve meses.

# UNA MISIÓN CONTINENTAL

Las mariposas monarca vuelan a regiones cálidas donde crece el algodoncillo, una planta vital para sus descendientes. América del Norte cuenta con dos poblaciones: las monarcas occidentales, que se reproducen al oeste de las Rocosas e invernan en la costa de California, y las monarcas orientales, que se reproducen en las Grandes Llanuras, Canadá y Florida, antes de que muchas de ellas migren al centro de México para pasar el invierno.

## Área donde abunda el algodoncillo (género *Asclepias*)

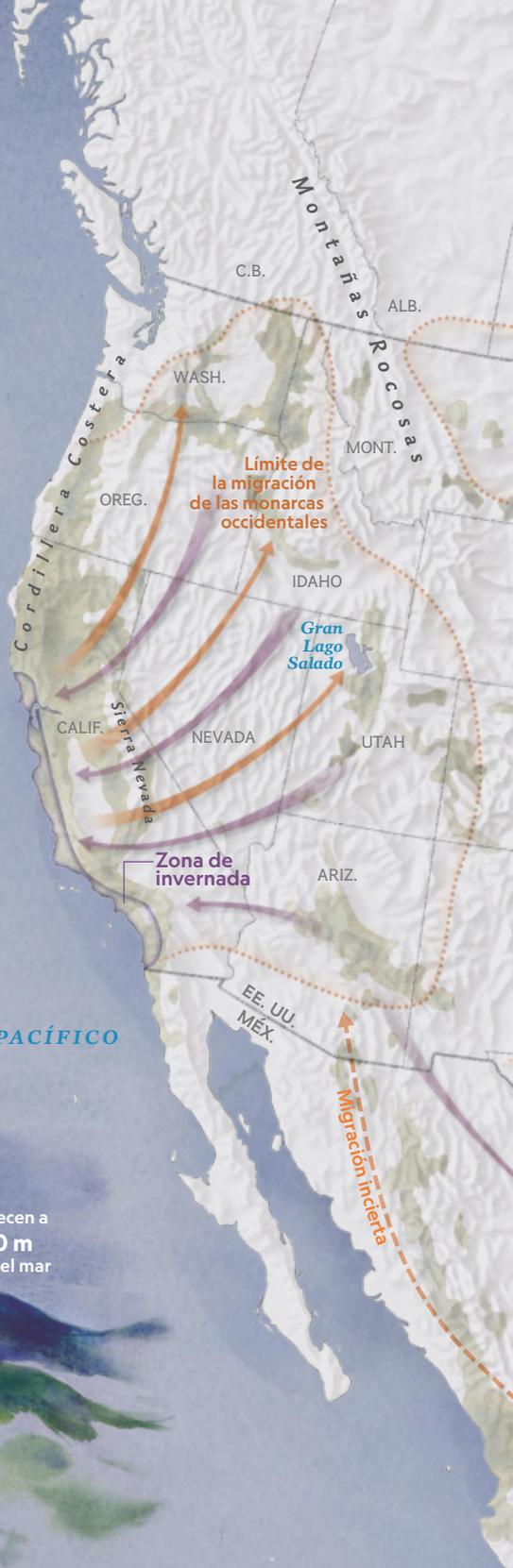
■ Condiciones más favorables para el crecimiento de esta planta herbácea

## Migración anual de la mariposa monarca

■ Primavera    ■ Otoño    CICLO GENERACIONAL  
 1 2 3 4 — Generación invernante

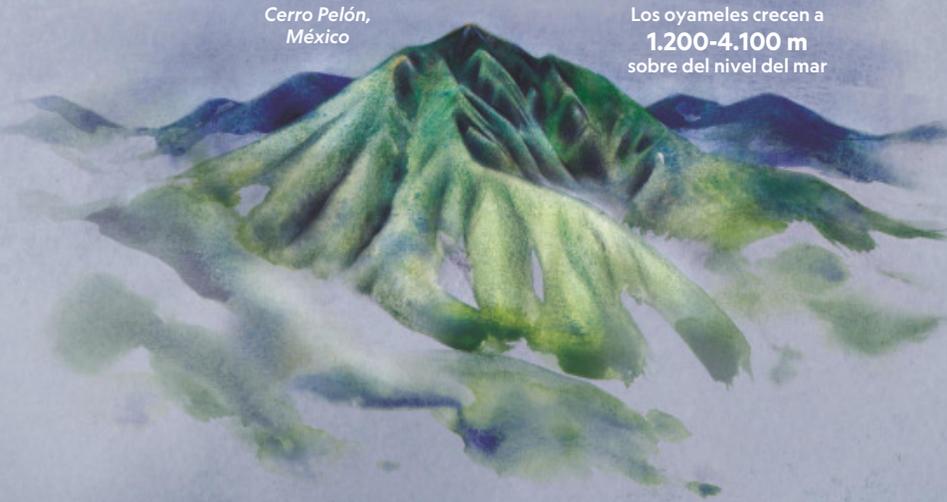
— Población no migratoria

150 km



Cerro Pelón, México

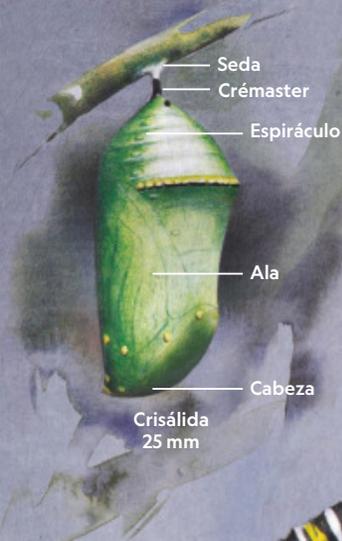
Los oyameles crecen a 1.200-4.100 m sobre del nivel del mar



MONICA SERRANO, MATTHEW W. CHWASTYK E EVE CONANT, NGM. BRANDON SHYPKOWSKI. ILUSTRACIÓN: LUCY NEWTON

FUENTES: CHIP TAYLOR, UNIVERSIDAD DE KANSAS; KAREN OBERHAUSER, ARBORETO DE LA UNIVERSIDAD DE WISCONSIN-MADISON; CHRISTINE MERLIN, UNIVERSIDAD TEXAS A&M; WAYNE THOGMARTIN, SERVICIO GEOLÓGICO DE ESTADOS UNIDOS; DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE ESTADOS UNIDOS; JOURNEY NORTH; MONARCH JOINT VENTURE; CENSO DE MARIPOSAS MONARCA OCCIDENTALES; PROGRAMA BIOTA DE NORTEAMÉRICA; NATHAN P. LEMOINE





Seda  
Crémaster  
Espiráculo

Ala  
Cabeza

Crisálida  
25 mm

### 3. CRISÁLIDA

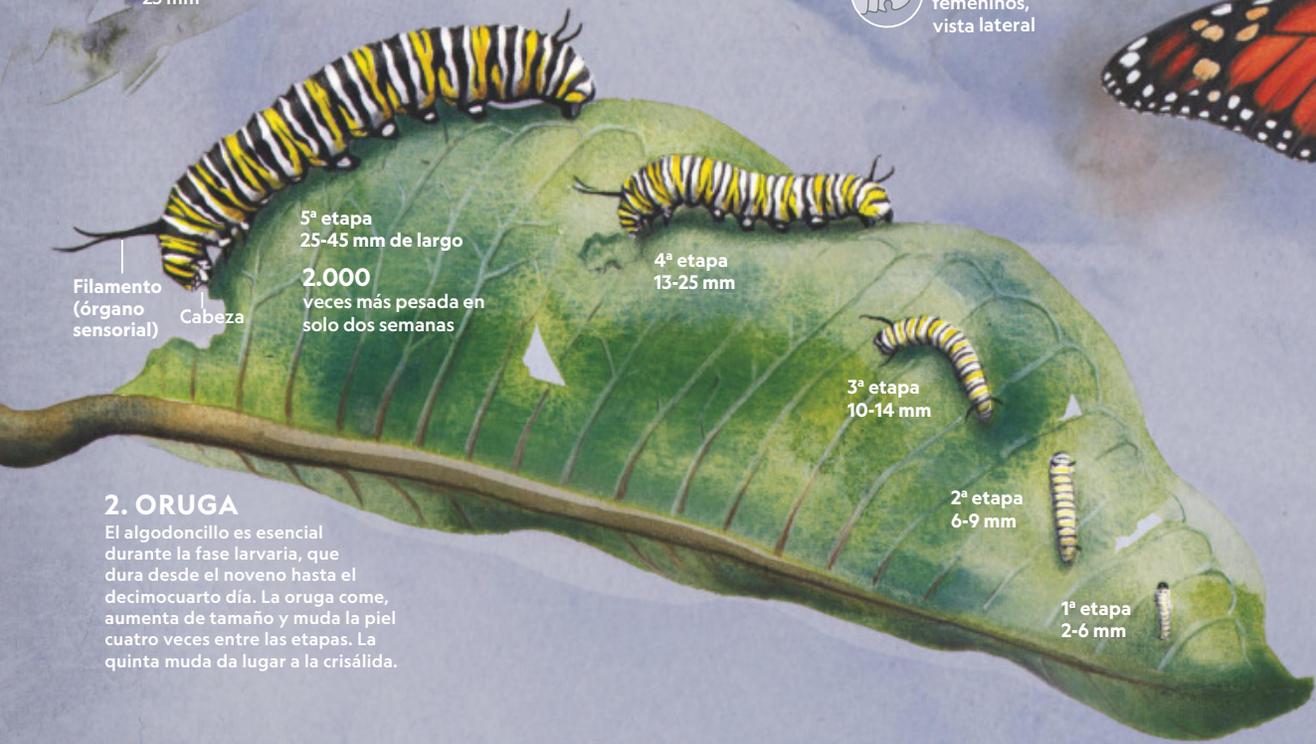
La oruga muda la piel una última vez y forma la crisálida. En su interior, unas estructuras se descomponen y se reciclan mientras que otras experimentan un rápido crecimiento; la mariposa se desarrolla en un período de entre ocho y 12 días.



HEMBRA  
Vena gruesa



Genitales externos femeninos, vista lateral



5ª etapa  
25-45 mm de largo

2.000 veces más pesada en solo dos semanas

4ª etapa  
13-25 mm

3ª etapa  
10-14 mm

2ª etapa  
6-9 mm

1ª etapa  
2-6 mm

Filamento (órgano sensorial)  
Cabeza

### 2. ORUGA

El algodoncillo es esencial durante la fase larvaria, que dura desde el noveno hasta el decimocuarto día. La oruga come, aumenta de tamaño y muda la piel cuatro veces entre las etapas. La quinta muda da lugar a la crisálida.

## EL CICLO DE VIDA DE LA MONARCA

### 1. HUEVO

Las hembras ponen los huevos de uno en uno, recubiertos de cera, en el envés de las hojas de algodoncillo. Solo el 2% llegan a adultos. Entre dos y cinco días después emerge la oruga, cuya primera comida es la cáscara.

300-500 huevos por puesta, de promedio

Capa externa dura (corion) y cera



Algodoncillo

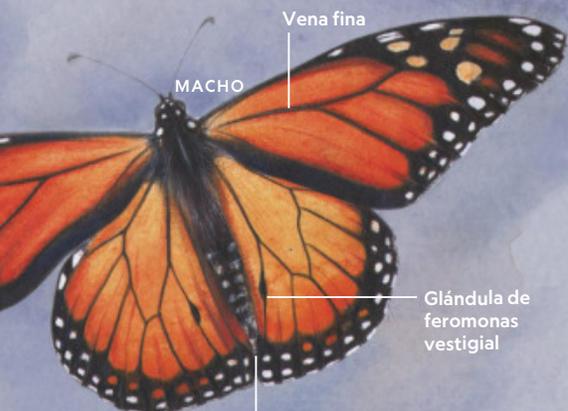
Tamaño real del huevo



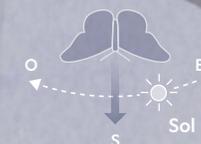
El huevo se fija a la hoja mediante una sustancia pegajosa

#### 4. APAREAMIENTO

Los machos se acercan a las hembras en pleno vuelo, golpeándoles las antenas o la cabeza con las alas o el abdomen para que revoloteen hacia el suelo. El apareamiento puede durar hasta 16 horas.



Los genitales externos masculinos tienen unas placas para acoplarse a la hembra



#### 5. MIGRACIÓN

Los días se acortan. En una nueva fase, la diapausa, las hormonas de la nueva generación se desactivan, dejando en suspenso el apareamiento. Las monarcas conocen el rumbo por el sol; las antenas sirven de reloj interno para ajustar la orientación según el movimiento del sol.

#### 6. ALIMENTACIÓN

Comer algodóncillo, tóxico para muchas especies, hace que las monarcas resulten menos atractivas a los depredadores que no han evolucionado para tolerar o evitar las toxinas de esta planta, como sí han hecho el picogruaso cabecinegro y el turpial dorsinegro.



#### 7. INVERNACIÓN

La migración concluye en las montañas del centro de México, donde las mariposas monarca se congregan en los oyameles desde noviembre hasta marzo. A esas alturas ya han almacenado grasa suficiente para mantenerse sin comer durante meses.



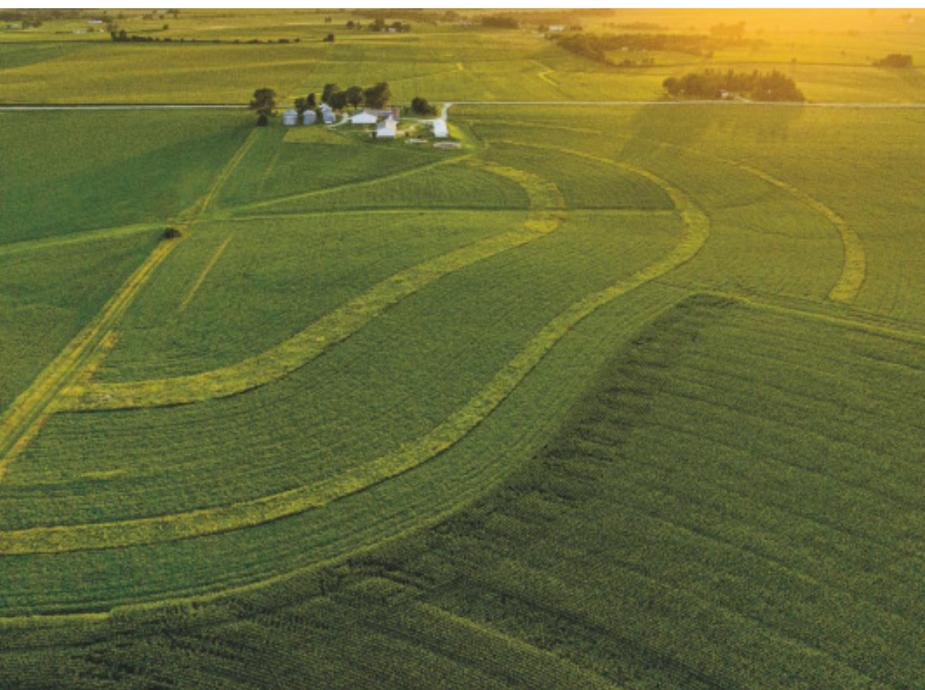
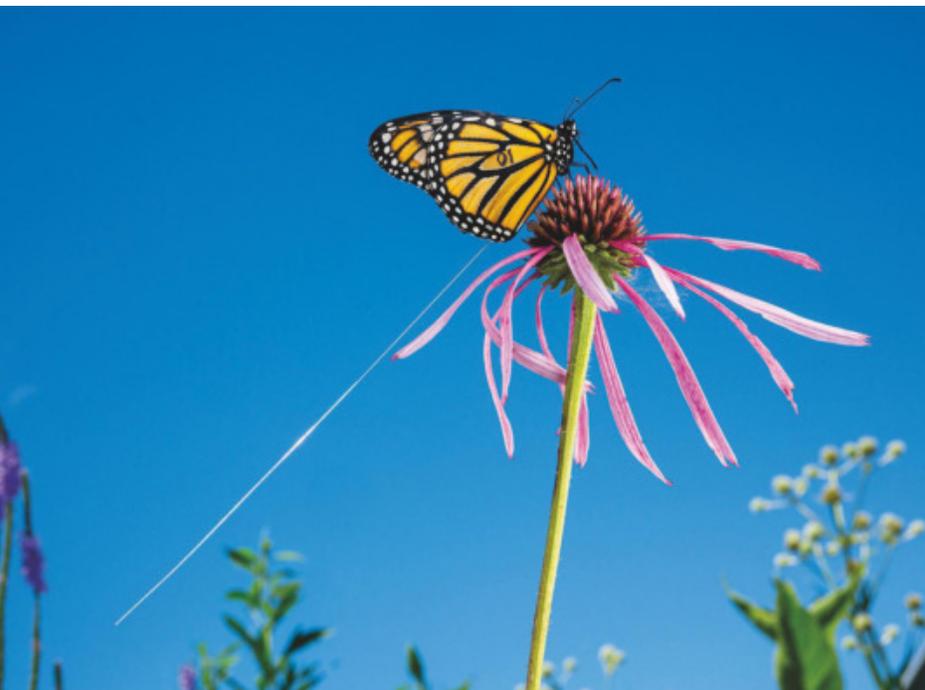
Las mariposas se congregan de noche en la parte central de los árboles para evitar las temperaturas más frías y el clima extremo, y sobre todo la lluvia.

Oyamel



Para celebrar el Día de los Muertos, Sabino Marín Reyes limpia y decora las tumbas de sus familiares en la localidad de Francisco Serrato, una comunidad indígena mazahua de Michoacán. Los mazahuas creen que las mariposas monarca son las almas de sus antepasados.





**En sentido horario, desde arriba a la izquierda:**

Una hembra de mariposa monarca equipada con un radiotransmisor de rastreo busca néctar en los alrededores de Ames, Iowa; en la Universidad de Texas A&M, Christine

Merlin estudia un ejemplar de su colonia de laboratorio como parte de su investigación sobre la percepción que estos insectos tienen de los campos magnéticos de la Tierra; mariposas en plena migración

pasan la noche cerca de Monterrey, en México, bajo el resplandor de las luces urbanas; las «franjas de pradera» de plantas nativas de este campo de Iowa protegen el suelo, conservan el agua y crean hábitat.



Sepa más sobre la extraordinaria migración de la mariposa monarca -junto con la de otros animales del mundo- en nuestra nueva serie, *La increíble migración animal*, ya en streaming en Disney+.

En la década de 1990 y principios de la de 2000, mientras se estaba llevando a cabo la lucha por la protección de las zonas de invernada, muchos científicos desde México hasta Canadá se esforzaban en comprender el asombroso viaje anual de las mariposas monarca. Un veterano investigador de la especie llamado Lincoln Brower y sus colegas descubrieron que, aunque las monarcas que pasan el invierno en México se dirigen al norte en primavera, no completan el viaje, sino que desovan en el norte de México y en la franja sur de Estados Unidos. Cuando esas descendientes maduran, son ellas las que continúan el viaje hacia el norte de Estados Unidos y el sur de Canadá, desovando a su vez por el camino. Durante el verano nacen dos o tres generaciones nuevas. La última de ellas, a diferencia de sus predecesoras, no se reproduce inmediatamente, sino que entra en un estado de maduración suspendida conocido como diapausa. Cuando los días empiezan a acortarse y las temperaturas empiezan a descender, estas adolescentes envejecidas ponen rumbo al sur, completando el retorno a México en una sola generación. Dado que las mariposas que se dirigen a México no pueden preguntar a sus bisabuelas por las rutas que conducen a las colonias de invierno, los científicos dedujeron que debían de ser capaces de orientarse por sí mismas. Mediante una serie de estudios, los investigadores averiguaron que las monarcas están dotadas de una brújula doble: un sistema primario que se guía por el sol y un sistema de refuerzo que utiliza el campo magnético de la Tierra.

En un estudio publicado en 2009, la bióloga Christine Merlin y sus colaboradores descubrieron que esta especie utiliza los relojes circadianos de sus antenas para corregir sus lecturas de la brújula solar en función de la rotación diaria del planeta. Aunque este sofisticado sistema permite a las monarcas mantener el rumbo, no explica del todo por qué son capaces de establecerse en las mismas zonas de invernada año tras año.

En el santuario de Sierra Chincua, el sol se eleva sobre el horizonte y la crepitación de los árboles va a más. Las monarcas están desplegando las alas para asolearse, calentando los músculos en preparación para levantar el vuelo, y todo el bosque parece iluminarse. En la empinada ladera sobre el sendero, uno de los receptores de radio del equipo está listo para detectar a cualquier mariposa portadora de un sensor, por si acaso alguna no solo ha llegado a México, sino que además ha elegido este abetal en concreto para pasar el invierno.





Las mariposas monarca de El Rosario pueden ser bastante activas cuando aprieta el calor del día. Para saciar su sed, cientos de ellas se arremolinan en el suelo cerca de un pequeño arroyo, donde obtienen líquido y minerales de la tierra húmeda, una conducta conocida como *puddling*.

# «RECONOCEMOS QUE ELLAS PELEAN POR SU HÁBITAT Y NOSOTROS CONTRIBUIMOS A RECUPERARLO».

*Halay Turning Heart, nación muscogee*

Unas cuantas empiezan a revolotear de árbol en árbol, y pronto nos vemos rodeados por una cacofonía amortiguada de millones de alas en movimiento, un torrente que resplandece por encima y en torno a nosotros. Algunas salen de la arboleda a raudales, mientras que otras zigzaguean entre los árboles, radiantes bajo la luz del sol que se filtra en el bosque, descendiendo de vez en cuando lo suficiente como para rozarnos la cara y las manos. Así y todo, el receptor sigue en silencio.

Desde que regresaron a sus laboratorios de las universidades de Michigan, Delaware y Pittsburgh, Green y sus colegas han mejorado la eficiencia energética de los sensores, asegurándose de que los paneles solares podrán captar suficiente luz solar en los sombríos bosques de la reserva. En octubre de 2023 acoplaron 175 sensores a otras tantas mariposas en Texas, aumentando así en gran medida la probabilidad de captar una señal cuando este invierno suban a Sierra Chincua.

«El de la monarca es un organismo prodigioso, y comprender cómo es capaz de hacer lo que hace nos permite entender el mundo biológico un poco mejor –dice Green–. Mientras ellas continúen mostrando esta conducta, yo seguiré interesado en superar los obstáculos para entenderlo».

**P**OR QUÉ DEBEMOS PROTEGER la migración de las mariposas monarca de América del Norte? Las respuestas, pude descubrir mientras las seguía en su viaje, son casi tan variadas como sus paladines. Algunos, como Green, se sienten atraídos por sus misterios; otros admiran su belleza y tenacidad. Muchos voluntarios forjan amistades internacionales que llegan a valorar casi tanto como a las mariposas en sí.

Para Jane Breckinridge, cofundadora de la organización Tribal Alliance for Pollinators (Alianza

Tribal por los Polinizadores), la restauración del hábitat de la monarca se enmarca en una iniciativa más general de apoyo a especies de todo tipo, la humana incluida. «Las monarcas son especiales y mágicas –afirma–. Pero se enfrentan a los mismos problemas que todos nuestros polinizadores nativos, que toda nuestra fauna nativa».

Ciudadana de la nación muscogee del nordeste de Oklahoma, Breckinridge se crio en Tulsa, vivió 20 años en Minnesota y en 2004 regresó para instalarse en las tierras de su abuela. Allí abrió con su marido una granja de mariposas en la que cultiva una gran variedad de especies que vende a zoológicos y museos. También puso en marcha el programa Natives Raising Natives (Nativos Criando Nativos), que recluta a miembros de la tribu para criar mariposas –y cultivar las plantas autóctonas que necesitan– en su casa y obtener así unos ingresos extra. En 2014 pidió ayuda al profesor de la Universidad de Kansas Chip Taylor para restaurar un corredor de migración de mariposas monarca en tierras tribales de Oklahoma. Taylor, fundador de Monarc Watch, una organización de voluntarios para el seguimiento de estos insectos, respondió con entusiasmo; era consciente de que las monarcas necesitaban con urgencia más hábitat en Oklahoma. Pero sospechaba que no sería fácil: los remanentes de pradera autóctona son tan exiguos que suministrar semillas adaptadas a la zona exige una recolección muy laboriosa.

Diez años después, la Alianza Tribal por los Polinizadores es la mayor productora de plantas y semillas autóctonas de Oklahoma, y trabaja con tribus de todas las Grandes Llanuras y más allá. Las semillas de 230 especies autóctonas de las praderas se ofrecen sin coste a todos los miembros de las tribus, y cada año la modesta plantilla de la entidad distribuye decenas de miles de plantones a instituciones y particulares. Tribus de toda Oklahoma han documentado que las mariposas

monarca reproductoras hacen un gran uso de los algodoncillos de sus jardines, diseñados para atraer polinizadores, que también albergan abejas nativas, pequeños mamíferos y otras especies. Las plantas también benefician a los humanos, ya que algunas tienen valor ceremonial o usos medicinales, y todas ellas son apreciadas por su colorido.

La nación indígena muscogee habla dos lenguas, el muscogee y el yuchi. Esta última no tendrá más de 50 hablantes, pero la cifra está aumentando: en la escuela local de inmersión, alumnos de infantil y primaria dan la bienvenida al día en yuchi y, acto seguido, atienden su huertito escolar de plantas autóctonas. En el invierno de 2019, el personal de la escuela se apiñó en una furgoneta y viajó al centro de México para ver las mariposas que pronto volarían hacia la nación muscogee.

Para Halay Turning Heart, cofundadora de la escuela, la conexión entre su trabajo y la migración de las monarcas es obvia. Ella aprendió yuchi de niña y hoy lo habla con sus hijos pequeños. «Consideramos que la lengua es esencial para nuestra supervivencia y sabemos que las mariposas luchan a su vez por la suya –afirma–. Reconocemos que ellas pelean por su hábitat y nosotros contribuimos a recuperarlo». Contemplar las monarcas reunidas en México, recuerda, fue una experiencia impresionante y al mismo tiempo desgarradora: «Sabíamos que quizá no volveríamos a verlas de la misma manera. Sabemos lo rápido que pueden cambiar las cosas».

**S** I HAY UN LUGAR DONDE impresiona la magnitud del desafío que implica recuperar el hábitat de estas mariposas es el estado de Iowa. Su fértil suelo produce más de 50 millones de toneladas de maíz al año, casi todas destinadas a la alimentación del ganado o a la producción de etanol, y la Iowa rural es una sucesión infinita de campos de maíz y soja. En 1996, cuando Monsanto empezó a introducir cultivos modificados genéticamente resistentes al glifosato, principio activo del Roundup, las granjas de todo el Medio Oeste empezaron a utilizar este herbicida para mantener a raya las malas hierbas, y en el proceso aniquilaron el algodoncillo y otras plantas autóctonas benignas.

Hoy las plantas autóctonas hallan refugio en los terrenos del Centro de Praderas de Hierbas Altas de la Universidad del Norte de Iowa, cuyo personal cuida de pulcras hileras de algodoncillo, tradescantia y otras especies. Las semillas de las

que brotan se recogen en los manguantes restos de pradera autóctona del estado, varios de los cuales resisten en los cementerios decimonónicos que figuraban en la breve lista de espacios vedados a los arados de los colonos. Todos los años se suministran semillas comerciales, algunas producidas a partir de este *stock* genéticamente diverso, a los departamentos de carreteras de los condados del estado, que las siembran en los arcenes de la red viaria de Iowa.

El programa, lanzado hace más de 30 años para llevar a cabo una gestión sostenible de la vegetación de las márgenes viarias, se ha convertido en una de las iniciativas de restauración del hábitat más exhaustivas del estado. Los responsables de las infraestructuras viarias de Iowa calculan que en torno a una cuarta parte de los arcenes del estado están sembrados de gramíneas y flores silvestres autóctonas, una vegetación que suele cobijar a mariposas monarca y otros insectos. A lo largo y ancho de la Iowa rural, los encargados de las márgenes viarias hacen las veces de embajadores que conciencian a la población sobre el valor de las praderas autóctonas, explicando que lo que podría parecer una zona de maleza que pide siega es en realidad un eco de las praderas del pasado que apenas exige mantenimiento y ofrece a cambio una enorme riqueza ecológica.

Pero esos arcenes son una parte ínfima del territorio de Iowa, y los expertos advierten de que, para reproducirse a tasas que eviten su extinción, las mariposas monarca norteamericanas necesitan al menos el doble del algodoncillo que actualmente hay en todo el Medio Oeste, además de suministros fiables de otras plantas nectaríferas autóctonas a lo largo de sus rutas migratorias. «Necesitamos mucho más que el uno por ciento del suelo para compensar todo lo perdido», afirma Laura Jackson, directora del Centro de Praderas de Hierbas Altas. El estado apenas posee terrenos públicos –las márgenes de las carreteras gestionadas por el estado representan menos de una quinta parte–, por lo que Jackson y el resto del personal del Centro también trabajan en la restauración de hábitats de fincas privadas en el marco del Programa de Reservas de Conservación, que desde instancias federales arrienda tierras de labor con fines de conservación.

En 2018 empezaron a colaborar en un importante proyecto de restauración con Cathy Irvine, una maestra jubilada que ha donado al Centro casi 120 hectáreas de los campos de maíz y judías de su familia en memoria de su difunto marido, David.



A vertical photograph of a dense forest of tall, slender evergreen trees. The trees are covered in thick, green moss, particularly on their trunks and lower branches. Sunlight filters through the dense canopy, creating a warm, golden glow and highlighting the texture of the moss and the needles of the trees. The perspective is looking upwards, emphasizing the height of the forest.

Quando el sol se pone sobre la reserva, las monarcas se posan en grupo sobre los altos abetos. Las condiciones de frescor y humedad de estas altitudes son perfectas tanto para los árboles como para las mariposas, protegidas por el dosel del bosque y por la presencia de sus congéneres.

Una pareja de mariposas monarca encuentra una vara de oro sobre la que aparearse en una franja de pradera anexa a un campo de soja de una explotación de Iowa. Las franjas financiadas por el Gobierno federal pueden bordear los campos o formar bandas en medio de los cultivos.



Una tarde de junio, un par de mariposas monarca pasa revoloteando por las 32 hectáreas ya cuajadas de algodóncillo, añil silvestre, equinácea púrpura y otras flores y hierbas autóctonas. «Aquí no volverá a sembrarse nada que no sea pradera», afirma Irvine con orgullo.

Si Iowa ejemplifica la dificultad de restaurar las praderas, la Pradera de Irvine ilustra sus posibilidades. Dar con la combinación perfecta de semillas autóctonas viables y terreno adecuado no es fácil, y los profesionales de la restauración conocen el fracaso más de lo que les gustaría. «En esto hay que ser humilde», dice Jackson. Los terrenos sembrados también necesitan quemadas o siegas periódicas para evitar la proliferación de especies leñosas. Pero una vez que las plantas arraigan, en poco tiempo puede consolidarse un hábitat

valioso. Irvine y Jackson esperan con impaciencia el día en que estas especies autóctonas broten en los arcnos de las inmediaciones, recolonizando el paisaje que poblaban sus antepasadas.

**C**ADA PRIMAVERA, la generación de mariposas monarca que invernan en México lleva a cabo una última hazaña espectacular: volar miles de kilómetros hacia el norte para desovar. En abril visito la nación muscogee y avisto una sola monarca, que identifico como una hembra por las gruesas venas negras de sus alas, revoloteando a poca altura sobre un *putting green*. Los bordes desgarrados de sus alas dan fe de su resistencia. Si no ha terminado de poner sus huevos –varios cientos



## Restaurar el hábitat de las monarcas empieza por el jardín de casa

En Estados Unidos, donde los céspedes y otros paisajismos residenciales cubren 56 millones de hectáreas, decenas de miles de ciudadanos están convirtiendo los jardines de sus casas en hábitats para la mariposa monarca y otras especies. «Es una iniciativa popular –explica el escritor y entomólogo Doug Tallamy, cofundador de la organización Homegrown National Park–. Nadie necesita autorizaciones ni permisos para actuar en su hogar, y podrá disfrutar de los resultados».

Para unirse al movimiento, basta con satisfacer las dos necesidades básicas de estas mariposas: un lugar donde criar y alimento para su larga migración otoñal.

Ginny y Bill Nelson han transformado los 1.000 metros cuadrados de su jardín de Wisconsin en una pradera casera. Empezaron hace 30 años con un parterre en el que plantaron especies autóctonas. Año tras año fueron sustituyendo el césped y los setos de hoja perenne por una cornucopia de especies nativas. Una tarde de verano Ginny vio a una monarca en las flores de un algodoncillo tuberoso. «Las mariposas siempre han estado aquí –dice–. Solo que yo no lo sabía».

en total, por norma general depositados uno por uno sobre el envés de las hojas de algodoncillo –pronto lo hará, pues está al final de su vida. Su progenie y la de sus descendientes completará el viaje al norte y llegará hasta el sur de Canadá.

Este antiguo campo de golf, adquirido por la nación muscogee a un propietario privado, no tiene mucha pinta de hábitat de mariposas, pero la monarca está degustando néctar en un macizo de plantas autóctonas, y pronto se abrirán más flores. Collin Spriggs, botánico conservacionista de la Alianza Tribal por los Polinizadores, aparcó su coche sobre la hierba y descarga fragantes bandejas de plántulas de menta limón y menta de montaña delgada. Al frente de la pequeña cuadrilla de jardineros está Brooklyn Bartling, técnica de vida silvestre de la nación muscogee.

Bartling me explica con entusiasmo que la nación proyecta reconvertir el campo de golf en una reserva natural y describe su labor de eliminación de plantas invasoras y sembrado de flores silvestres autóctonas. «Hago fotos de mariposas, orugas, bichos... de todo lo que veo por aquí –dice–. Quiero hacer llegar esa información al público, explicar el porqué de lo que estamos haciendo».

Spriggs y ella contemplan una planta de la brújula, una especie perenne autóctona que vigilan desde que la plantaron el año pasado. Aunque solo tiene dos hojas, me dice Spriggs, su raíz pivotante puede haber profundizado hasta 1,5 metros para acceder al agua incluso en plena sequía.

Bartling sonríe al oírlo y alza la vista para observar el campo de golf. «Aquí hay mucho potencial –afirma–. Mucho potencial». □



Tras perder gran parte de su hábitat, el tántalo americano fue protegido en 1984 por la Ley de Especies en Peligro de Extinción. Pocos años después el aligátor americano, otra especie clave de los Everglades de Florida, abandonaba la lista convertido en todo un éxito de recuperación. Las dos especies, que fueron fotografiadas por separado, mantienen una relación simbiótica: los aligátos patrullan los bosques inundados en los que anidan los tántalos, evitando que depredadores como los mapaches se acerquen a sus huevos. A cambio, estos crocodillos dan cuenta de algún que otro polluelo de tántalo caído.

## UNA RED NATURAL DE SERES VIVOS

**ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN**  
TÁNTALO AMERICANO

ALIGÁTOR  
AMERICANO



Durante 50 años, la Ley de Especies en Peligro de Extinción de Estados Unidos ha protegido la vida salvaje amenazada y, a su vez, ha fomentado la biodiversidad. He aquí cinco ejemplos de ello.

POR NATASHA DALY

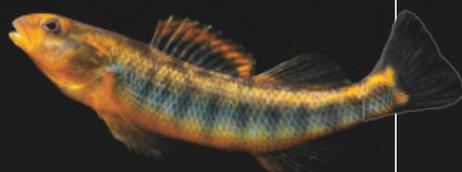
FOTOGRAFÍAS DE JOEL SARTORE

## ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN ALMEJA ABANICO

PERCA  
MANDARINA

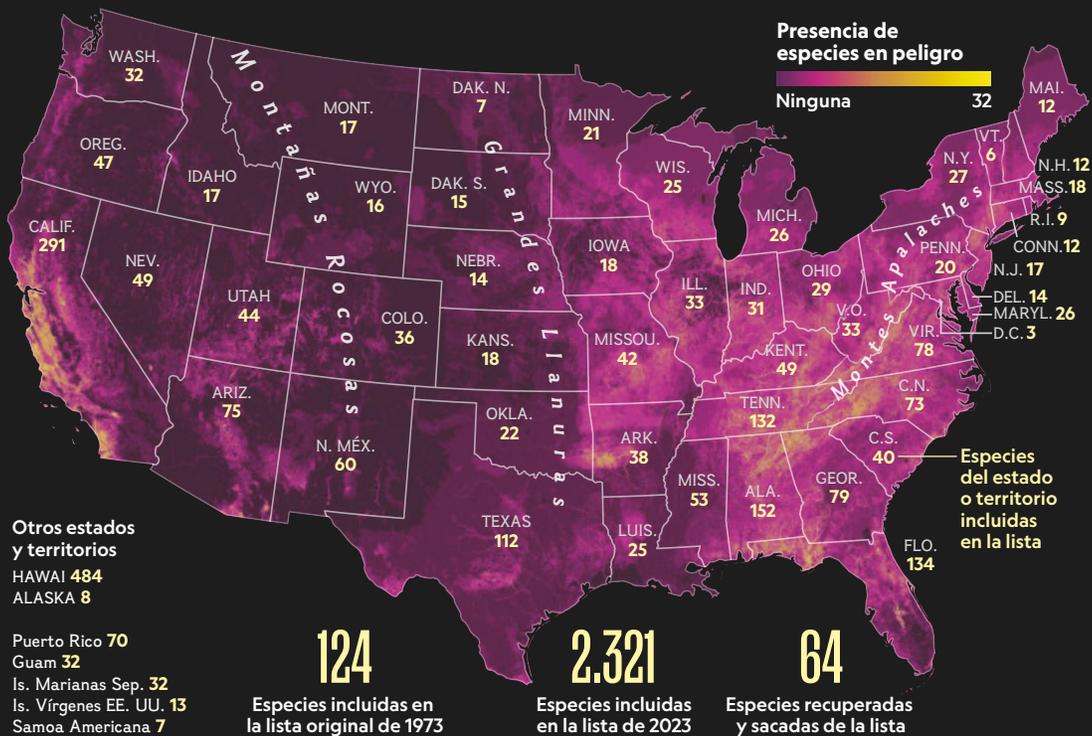
PERCA DEL  
ROANOKE

Estas almejas de agua dulce dependen de las percas, entre ellas la mandarina y la del Roanoke, para su desarrollo: sus larvas se adhieren a los peces durante semanas para absorber nutrientes. Como una sola almeja madura filtra hasta 55 litros de agua al día, mantienen los ríos sanos en beneficio de todos los seres que dependen de ellos. La polución del agua y la fragmentación del hábitat han llevado a muchos de estos bivalvos al borde de la extinción: son el grupo de animales más amenazado de Estados Unidos.



## PUNTOS CALIENTES DE VULNERABILIDAD

La Ley de Especies en Peligro de Extinción garantiza en todo el territorio estadounidense la protección de más de 2.300 especies de animales y plantas. Las regiones en amarillo más intenso son zonas de concentración en las que se solapan las áreas de distribución de hasta 32 especies protegidas.



**PREGUNTE AL EXPLORADOR DE NATIONAL Geographic** Joel Sartore por las casi 700 especies amenazadas y en peligro de extinción que ha fotografiado y enseguida le sacará el tema de las almejas de agua dulce. Filtros vivientes que depuran el agua, estos bivalvos figuran entre las especies más amenazadas de la Tierra. «Y eso debería alarmarnos, porque necesitamos agua para sobrevivir –afirma Sartore–. Adonde ellas vayan, nosotros vamos detrás».

El 75% de las especies de bivalvos de agua dulce de Estados Unidos están protegidas por la ley federal de Especies en Peligro de Extinción (ESA), que celebra su 50º aniversario. Considerada una de las leyes de protección de la fauniflora silvestre más garantistas del planeta, ha rescatado al pigargo americano y al grizzly de una extinción inminente. Pero sus efectos van más lejos: al amparar más de 2.300 especies, también fortalece los ecosistemas en los que habitan. Por ejemplo, al

proteger al salmón real, preserva un alimento clave para las orcas de la costa oeste de Canadá y del norte de Estados Unidos. «Si salvamos un bosque pensando en un félido raro o en un oso, estamos salvando a todas las especies de ese bosque», dice Sartore. En el último medio siglo, más de 50 especies amparadas por la ESA se han recuperado por completo y el 99% han evitado la extinción. Es imposible saber cuántas más se han visto beneficiadas.

Sartore ha fotografiado más de 15.000 especies para su proyecto Photo Ark. Cada vez que coge la cámara, recuerda lo vital que es la ESA para proteger la biodiversidad. «Salvar especies es como asegurarse de que los remaches del ala de un avión están bien sujetos –dice–. Si perdemos uno o dos, podremos seguir volando. Si empezamos a perderlos por decenas, nos pondremos nerviosos y buscaremos un paracaídas. Solo que para esto no hay paracaídas. Es el único planeta que tenemos». □

## ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN TORTUGA DEL DESIERTO DE CALIFORNIA

GECKO RAYADO  
DEL NOROESTE

RATA DE BOSQUE  
DE DESIERTO

SERPIENTE DE  
CASCABEL DE MOJAVE

CONEJO DE  
DESIERTO



Durante casi nueve meses del año, la tortuga del desierto de California se refugia de los elementos en túneles de hasta nueve metros de largo excavados bajo el suelo agostado del desierto de Mojave. Protegidos por la ESA desde 1990, estos reptiles longevos no viven solos; pueden cavar hasta 25 madrigueras al año y compartir el espacio con otros animales, desde geckos hasta conejos. Ante la amenaza creciente de la expansión urbanística, la población de tortugas del desierto se ha desplomado en los últimos años, pasando de decenas de adultos por kilómetro cuadrado a solo unos pocos individuos.





En sentido antihorario, desde arriba: *Gopherus agassizii agassizii*, Centro de las Ciencias de California, Los Ángeles; *Coleonyx variegatus variegatus*, colección privada; *Neotoma lepida*, Centro de las Ciencias de California; *Crotalus scutulatus scutulatus*, Jardines de los Reptiles, Rapid City, Dakota del Sur; *Sylvilagus audubonii audubonii*, Refugio Nacional de Vida Salvaje del Río San Joaquín, California.



En sentido antihorario, desde la derecha: *Peromyscus polionotus peninsularis*, Servicio de Pesca y Vida Salvaje de Estados Unidos, Panama City, Florida; *Bubo virginianus virginianus*, Centro de Vida Salvaje de Texas; *Ocypode quadrata*, Laboratorio Marino de Especímenes del Golfo, Florida; *Heterodon platirhinos*, Zoo de Houston.



**ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN**  
RATÓN CIERVO DE ERIAL, SUBESPECIE *PENINSULARIS*

BÚHO  
AMERICANO

CANGREJO  
FANTASMA

SERPIENTE DE HOCICO  
DE CERDO ORIENTAL

Unos 10 kilómetros cuadrados de dunas de la costa floridense del Golfo de México son el hogar de varias especies de ratones en peligro de extinción, entre ellos el ratón ciervo de erial de la subespecie *peninsularis*. Estos diminutos animales orejados miden apenas unos centímetros y están amenazados por una larga lista de estresores, entre ellos los huracanes, la iluminación artificial y depredadores invasores. Proteger al ratón ciervo de erial significa preservar una importante fuente de alimento para búhos, serpientes, cangrejos fantasma y otras especies autóctonas.

## ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

### TURÓN PATINEGRO

SALAMANDRA TIGRE  
DE TEXAS

MOCHUELO DE MADRIGuera  
SEPTENTRIONAL

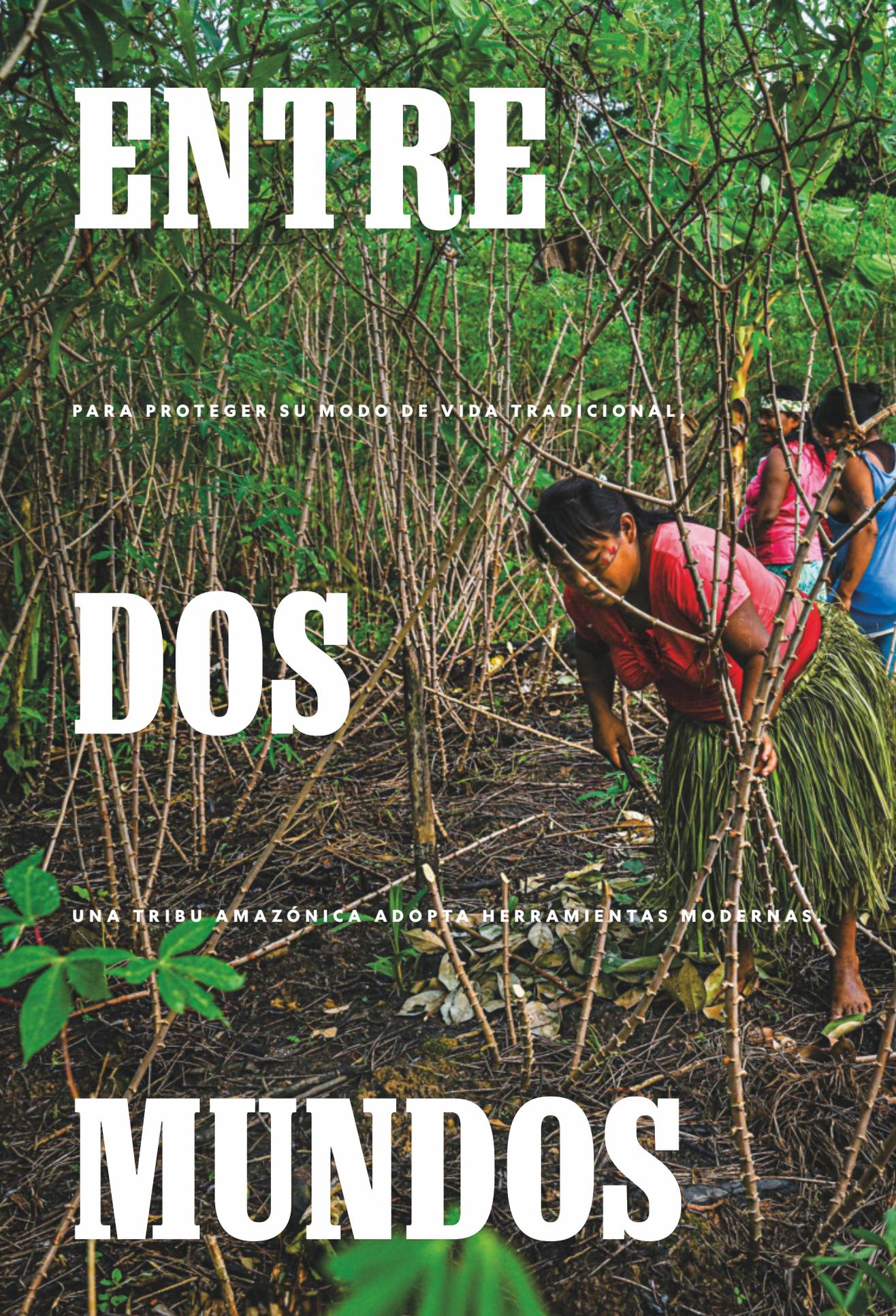
PERRITO DE LA PRADERA  
DE COLA NEGRA

A finales del siglo XIX, las campañas federales de erradicación acabaron con los perritos de la pradera –considerados plagas agrícolas– en el 96 % de su hábitat histórico. Su desaparición provocó una reacción en cadena: sin perritos de la pradera que cavaran agujeros, los mochuelos de madriguera, las salamandras y muchos otros animales se quedaron sin refugios fiables. Los turones patinegros perdieron su principal fuente de alimento y estuvieron a punto de extinguirse. La introducción de los turones en la lista de la ESA en 1967 y un exitoso programa de cría en cautividad los han rescatado.





En sentido horario, desde la izquierda: *Mustela nigripes*, Centro Nacional para la Conservación del Turón Patinegro, Colorado; *Ambystoma mavortium*, Zoológico de Oklahoma City; *Athene cunicularia hypugaea*, Alianza para la Conservación de Rapaces, Nebraska; *Cynomys ludovicianus*, Zoo del Condado de Sedgwick.

A woman in a red shirt and a traditional grass skirt is working in a dense thicket of bamboo-like plants. She is leaning forward, focused on her task. In the background, other people are visible, also working in the same environment. The scene is filled with tall, thin, vertical stalks and green foliage, creating a complex, textured background.

# ENTRE

PARA PROTEGER SU MODO DE VIDA TRADICIONAL,

# DOS

UNA TRIBU AMAZÓNICA ADOPTA HERRAMIENTAS MODERNAS.

# MUNDOS

TEXTO Y FOTOGRAFÍAS  
DE LYNSEY ADDARIO



# E

**EL RÍO JAVARI SEPARA BRASIL Y PERÚ** en su decurso por el corazón de la selva amazónica. Los únicos signos de presencia humana a lo largo de sus márgenes son alguna que otra embarcación o un muelle en el lado peruano. En la orilla brasileña, carteles oficiales advierten de que se trata de la tierra indígena del valle del Javari, una reserva que acoge a la mayor concentración de pueblos indígenas aislados del mundo. Los forasteros tienen prohibida la entrada, pero la abundancia de minerales, madera y fauna salvaje es para muchos una tentación irresistible.

Se sabe que en la reserva, una zona de selva casi prístina del tamaño aproximado de Portugal, viven unas 6.000 personas. Pero la cifra solo incluye a los integrantes de siete tribus que han establecido contacto con el mundo exterior. He venido a ver cómo los habitantes de esta frontera asediada soportan la tala, la pesca y la minería ilegales que poco a poco esquilman su hogar ancestral.

La aldea de São Luís, unos 300 kilómetros río arriba de la ciudad de Atalaia do Norte, es el hogar de unos 200 kanamari, que han accedido a que los visite con un equipo de rodaje. Durante ocho días vivimos en su pulcro asentamiento de palafitos,

 National Geographic Society, organización sin ánimo de lucro dedicada a conservar los recursos de la Tierra, participó en la financiación de este artículo.



**PÁGINAS ANTERIORES:** En el valle del Javari, una de las regiones más aisladas de la Amazonia brasileña, las mujeres kanamari cosechan mandioca, un tubérculo básico en su dieta. Los kanamari viven mayoritariamente de la tierra, pero tanto ellos como la selva que los sustenta están amenazados por intrusos ávidos de esquilmar los recursos naturales de la región.



**ARRIBA:** El Gobierno brasileño contactó por primera vez con los kanamari en 1972, pero es probable que la tribu se topara con caucheros mucho antes. Aunque las décadas de contacto han repercutido en muchos aspectos de su vida, los habitantes

de la aldea de São Luís siguen haciendo la mayoría de sus quehaceres de forma comunal, desde pescar hasta darse un chapuzón en esta poza de un afluente del Javari. Sienten curiosidad por sus vecinos más aislados, como una tribu que vive

a solo 15 kilómetros de ellos en la selva. Cuando salen de caza, a veces encuentran señales de su presencia, pero nunca intentan contactar. Aun así, varios kanamari manifestaron que les gustaría disponer de un dron para ver cómo viven sus vecinos.



Los jóvenes de São Luís se crían a la manera tradicional, aunque unos pocos, como João Kanamari (derecha), son enviados a Atalaia do Norte, una ciudad a nueve horas de distancia en bote, para estudiar. João usa el teléfono

móvil para documentar las patrullas vecinales contra la caza y la tala furtivas, y también para comunicarse con otras comunidades indígenas y compartir imágenes en las redes sociales. Teresa Kanamari, esposa del jefe Mauro Kanamari,

atavía a su nieto Permelo con un tocado y pintura (superior). Los jóvenes se enfrentan en un juego similar al rugby, pero con bailes y cánticos (arriba) y una especie de piña a modo de balón. El juego suele culminar en un combate de lucha.





levantándonos cuando el jefe Mauro Kanamari (los kanamari llevan como apellido el nombre de su tribu) toca el cuerno. Acompañamos a las mujeres cuando van a recoger la mandioca, o yuca, y a los hombres cuando salen de caza y de pesca.

Y lo que vemos, una y otra vez, es un pueblo que, preocupado por las incursiones violentas en su selva, encuentra cada vez más formas novedosas de defender su tierra y su forma de vida.

«Antes solo había unos cuantos invasores ilegales, pescadores y leñadores que se llevaban madera de nuestro territorio –nos cuenta el jefe Mauro–. Ahora vienen más cada día».

Para los kanamari, el bosque es el progenitor que les provee de todo lo necesario. La tala y otras extracciones de recursos naturales amenazan la salud de ese progenitor, y por ende el sustento de la tribu. Pero oponerse a tales actividades entraña peligro. En 2022 el indigenista brasileño Bruno Pereira y el periodista británico Dom Phillips fueron víctimas de un brutal asesinato en otro río de la región, supuestamente por orden del cabecilla de una red criminal de pesca. «Yo mismo he recibido muchas amenazas», asegura el jefe Mauro.

Aun así, los kanamari se niegan a que esas intrusiones queden sin respuesta. Han unido fuerzas con la FUNAI, la agencia brasileña encargada de los pueblos indígenas, y la UNIVAJA, la Unión de Pueblos Indígenas del Valle del Javari, para organizar patrullas de vigilancia y repeler a los madereros furtivos. La FUNAI les suministra radios y combustible para una lancha motorizada, pero el armamento de los kanamari –arcos y flechas y armas de pequeño calibre– no puede competir con el de los intrusos. Su filosofía es esquivar el enfrentamiento, pero informar de lo que encuentran.

«Antes les confiscábamos la madera. Ahora son más y tenemos miedo –dice el jefe Mauro–. Cuando vas a la ciudad, eres una diana para que te maten».

Su sobrino João Kanamari, de unos 20 años, documenta las patrullas con su teléfono móvil y comparte la información en las redes sociales. Al final de su adolescencia lo enviaron a Atalaia do Norte para que aprendiera portugués e hiciese de interlocutor entre su pueblo y el resto del mundo.

«Queremos que el mundo nos vea para que puedan ayudarnos –dice João–. Estamos en estas aguas peligrosas patrullando nuestro territorio, no solo por nuestro bien, sino también por el suyo. La Amazonia es nuestro Gobierno, nuestro padre y nuestra madre. No podemos sobrevivir sin ella y, por lo que todos sabemos ahora, ustedes tampoco».

—En conversación con Rachel Hartigan

# INTRUSIONES PELIGROSAS

El valle amazónico del Javari, hogar de tribus aisladas y durante mucho tiempo considerado casi inaccesible, se enfrenta hoy a graves amenazas medioambientales. La deforestación de las zonas indígenas de la Amazonia aumentó un 129 % entre 2013 y 2021; la extracción ilegal de oro a lo largo de los ríos también ha empezado a contaminar el suelo de las zonas protegidas.



**Tierras indígenas (más de 1.300 km<sup>2</sup>)**  
Las reservas tienen un doble objetivo: preservar los ecosistemas y proteger a las tribus que habitan en ellas.



**Pérdida de masa forestal (2000-2022)**  
Entre las causas naturales de la deforestación están los incendios y las tormentas, pero en la Amazonia las principales causas son la tala maderera y el desmonte para destinar la tierra a pastos o cultivos.



**Minería ilegal**  
Los mineros dragan los ríos en busca de oro y otros minerales. La superficie de tierras indígenas explotada para la minería ilegal aumentó un 495 % entre 2010 y 2020.





PREDIO PUTUMAYO

Parque Nacional Natural Río Puré

A.C.R. Maijuna Kichwa

Parque Nacional Yaguas

Área de Conservación Regional Ampiyacu Apayacu

Iquitos

Ciudad de medio millón de habitantes sin conexión viaria con el resto del país (las principales rutas que atraviesan la selva son ríos)

PERÚ

YAVARÍ-MIRIM

A.C.R. Tamshiyacu Tahuayo

PERÚ

Javari

BRASIL

Aldea de São Luís

Cazadores furtivos, leñadores ilegales y traficantes de drogas entran en el valle del Javari por los ríos

Puerto Nariño

Leticia

Tabatinga

Atalaia do Norte

La extracción ilegal de oro se extiende hacia el valle del Javari

TIERRA INDÍGENA DEL VALLE DEL JAVARI

Res. Nac. Matsés

MATSÉS

YAVARÍ-TAPICHE

Jurua

Ipixuna

Eirunepé

KANAMADO RIO JURUA

KULINA DO MÉDIO JURUA

Cruzeiro do Sul

BRASIL

ISCONAHUA

Reserva Extractiva Riozinho da Liberdade

RIO GREGÓRIO

Tarauaca

Tarauaca

Feijó

CARRETERA BR-364

Deforestación a lo largo de casi todas las carreteras

Parque Nacional Serra do Divisor

Reserva Extractiva del Alto Jurua

KAXINAWA DO RIO HUMAITÁ

ALTO RIO PURUS

Reserva Extractiva Cazumbá-Iracema

30 km





Unos niños kanamari vigilan unas fogatas. Los vecinos utilizan métodos agrícolas tradicionales de tala y quema para despejar la tierra y secar la vegetación, así como para regenerar el suelo. Hay pruebas de que los indígenas llevan más de 10.000 años cultivando en la Amazonia.



Para recolectar bayas de asaí, ricas en nutrientes y parte de la dieta de los kanamari, Romario Kanamari (superior, en primer término) trepó a una palma con un machete en la boca y dejó el árbol casi intacto. Los leñadores,

en cambio, talan con motosierras, buscando maderas nobles como el ipé, el cerezo y la caoba. Una balsa de troncos talados de forma ilegal (derecha) flotaba sin disimulo río Javari abajo cerca de São Luís, seguramente

rumbo a un aserradero. Por lo general estos alijos viajan de noche, pero el equipo de Addario vio tres a plena luz del día. Un operario (arriba) corta un tronco en un aserradero de Altamira, en el estado brasileño de Pará.





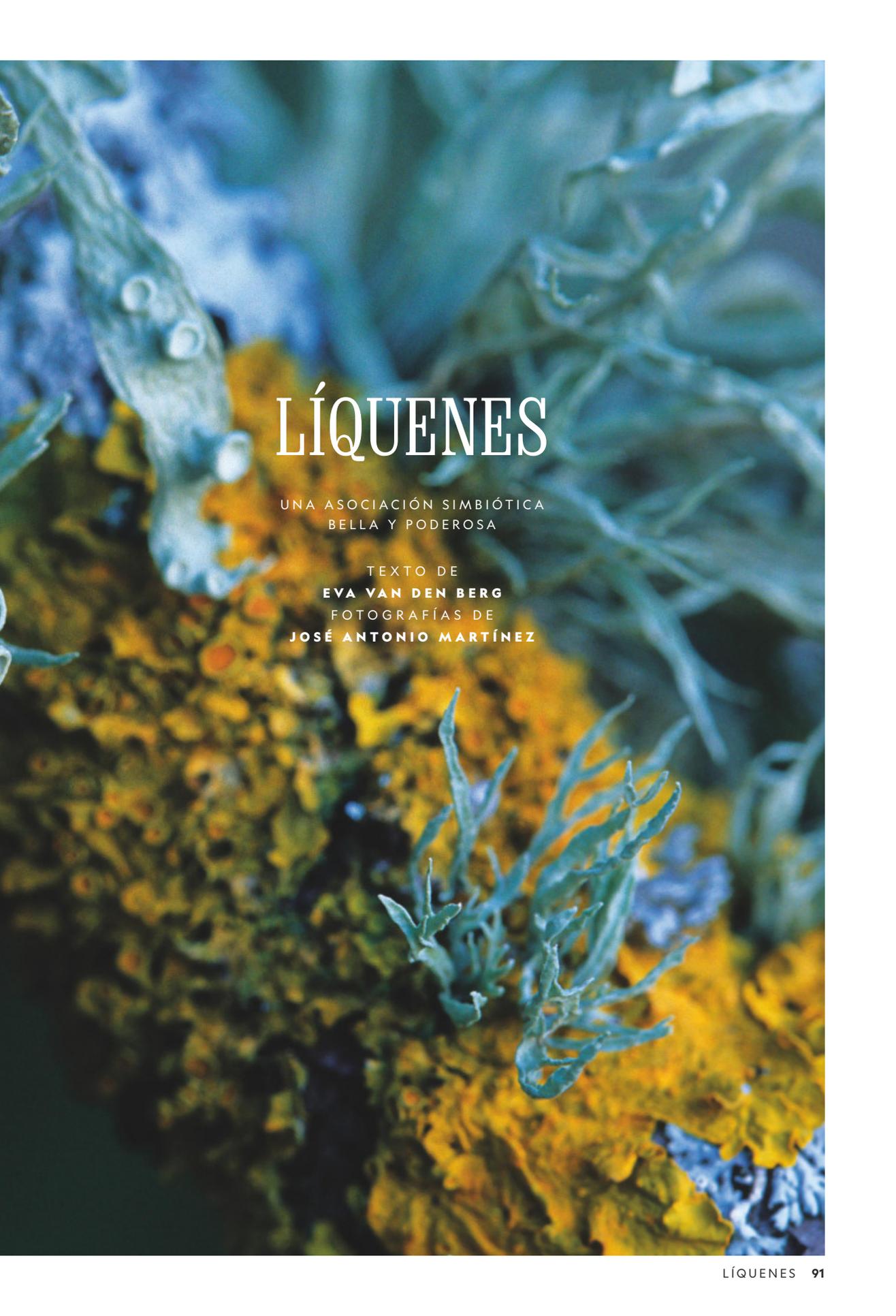


Teresa sirve la comida a su familia. Los kanamari cocinan con ollas de metal y usan linternas frontales cuando cae la noche -la electricidad no llega a São Luís-, pero muchas costumbres apenas han cambiado. Ahí está el quid de la adaptación de esta tribu: viejas costumbres con herramientas modernas.





Estos líquenes epífitos de tonos verdosos, de la especie *Ramalina fraxinea*, cuelgan de la rama de un roble en el Pirineo navarro. Al fondo, desenfocados, unos talos de *Xanthoria parietina* de color anaranjado.



# LÍQUENES

UNA ASOCIACIÓN SIMBIÓTICA  
BELLA Y PODEROSA

TEXTO DE  
**EVA VAN DEN BERG**  
FOTOGRAFÍAS DE  
**JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ**



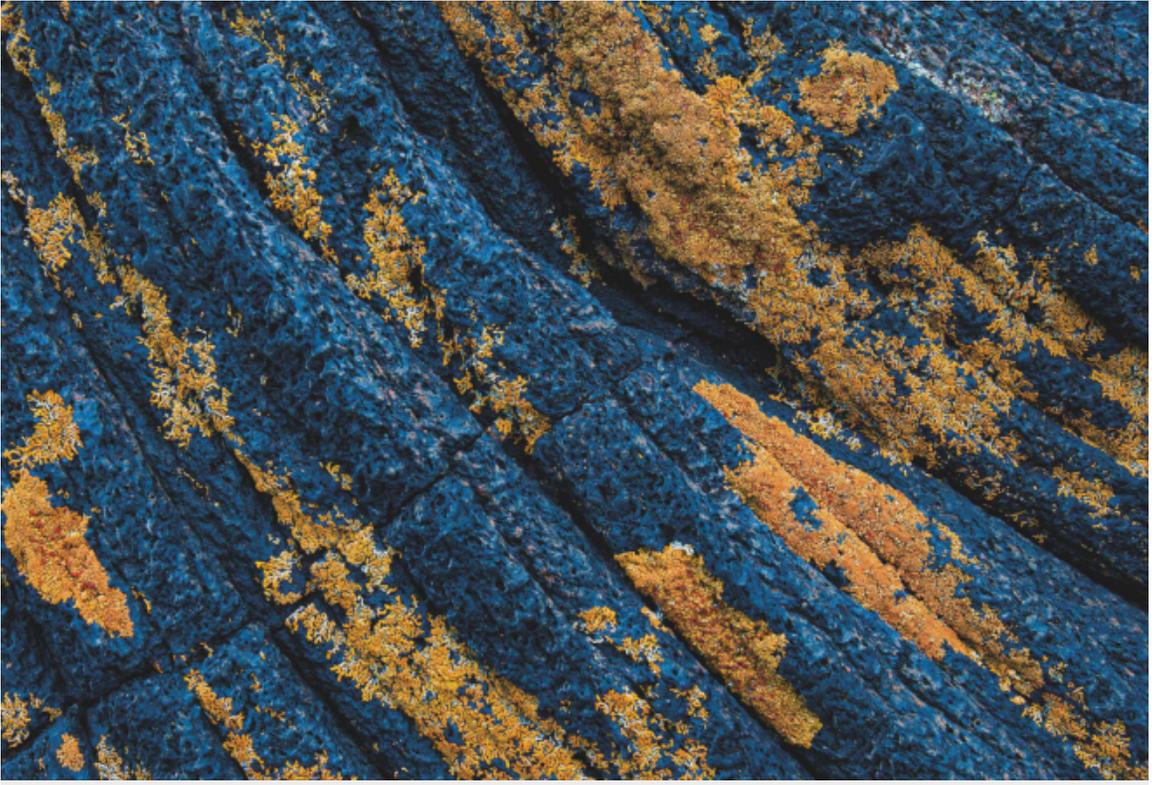
Comunidad de líquenes de la especie *Peltigera horizontalis* sobre el tronco de un abeto en un bosque del valle de Ordesa, en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, en el Pirineo oscense. De estructura foliácea y lóbulos de hasta cuatro



centímetros de ancho, esta especie suele formar colonias extensas en las bases de los árboles, entre los musgos de las rocas y también en tocones y troncos podridos. Es propia de bosques maduros bien conservados, con poca perturbación ecológica.



Desde arriba a la izquierda y en sentido horario: liquen de lobos (*Letharia vulpina*) sobre el tronco centenario de un tejo, en la sierra de la Demanda; lavas cordadas colonizadas por el liquen *Xanthoria resendei* en la isla canaria de El Hierro;



liquen *Phycia tenella* sobre una rama de endrino con frutos en el Pirineo de Navarra, y dos especies fotografiadas en el Parque Natural del Moncayo, en Zaragoza: *Rusavskia elegans*, de color naranja, y *Diplotomma hedinii*, de tono blanquecino.



Líquenes de la especie *Cladonia pyxidata* con podocios en forma de trompeta o embudo han colonizado un tronco muerto en una zona de umbría del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, en el Pirineo de Huesca. Estos organismos están constituidos



por una simbiosis entre un hongo y un alga verde o una cianobacteria. El hongo aporta la capacidad de adherirse al sustrato, de donde extrae el agua y las sales minerales. Por su parte, el alga o la cianobacteria sintetizan glucosa mediante la fotosíntesis.

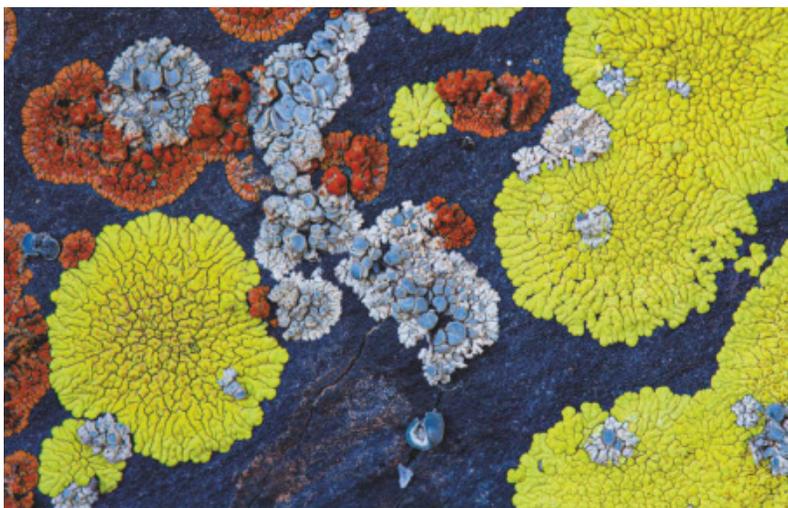
ASOMBROSOS, COSMOPOLITAS Y COLONIZADORES DE MÚLTIPLES SUSTRATOS, SUELEN PASAR DESAPERCIBIDOS. PERO UNA ATENTA MIRADA A ESTOS ORGANISMOS DESVELA UN FASCINANTE MUNDO DE FORMAS Y COLORES.

¿CÓMO ES POSIBLE QUE ORGANISMOS tan dispares como son los hongos, las algas y las cianobacterias puedan llegar a entenderse y fusionarse de una forma tan perfecta?, se preguntó un día, hace ya 25 años, el fotógrafo de naturaleza José Antonio Martínez. Estaba observando unos líquenes cerca de su casa, en la ciudad navarra de Tudela, y desde entonces, fascinado por la belleza y originalidad de sus estructuras y colores, no ha dejado de buscarlos e inmortalizarlos con su cámara allí donde va. No solo como fotógrafo, también como naturalista. Esta es una pequeña muestra de su magnífico trabajo, que nos desvela un universo tan extraordinario como desconocido.

«Además de su complejidad simbiótica, me admira su increíble capacidad de colonizar todo tipo de sustratos y de soportar condiciones muy duras para la vida», apunta. No en vano forman parte de casi todos los ecosistemas terrestres del planeta, incluidos los entornos más extremos: desiertos, cumbres montañosas, regiones polares...

«Algunas de esas bellísimas e interesantes especies las localicé hace años en los Pirineos, tanto en la vertiente española como en la francesa. Entre ellas, líquenes epífitos, que penden de los troncos y ramajes en determinados bosques centenarios pirenaicos, o líquenes crustáceos que viven aferrados a las rocas de las cumbres y sus circos glaciares», explica el fotógrafo. Otras las ha encontrado en los más variados y mejor conservados ecosistemas de la península ibérica, y también en las islas Canarias.

«Cuando observo los líquenes a través del visor de mi cámara, me olvido de todo lo que me rodea. De repente, el tiempo se me antoja detenido y el concepto de espacio, e incluso la percepción del paisaje, se altera por completo. Es entonces cuando, en unos escasos palmos de superficie cubierta de líquenes, ya sea sobre unas rocas, entre yesos o tapizando humildemente el viejo tronco de un árbol, me pierdo, abstraído, ante su grandeza casi infinita. Me fundo en su universo». □



Mosaico de líquenes que crecen sobre un sustrato rocoso, en este caso sobre cuarcita, fotografiados a 1.700 metros de altitud en el Sistema Ibérico. Los hay de color amarillo (*Pleopsidium flavum*), gris (*Lecanora swartzii*) y de tonos naranjas (*Calogaya saxicola*). Son especies que colonizan ambientes de frío extremo, como las áreas alpinas o la Antártida.



## PLACERES SENCILLOS

POR ÉMILIE RAUSCHER

«**NO FUE DIFÍCIL** tomar esta fotografía –reconoce sin ambages Lynsey Addario al recordar a los niños que reían y saltaban sobre las hogueras de hierbajos y rastrojos–. Se trataba de captar la esencia de ese momento, equilibrando la exposición pensando en el fuego y la luz». El auténtico desafío, admite esta fotógrafa aguerrida, más que acostumbrada a trabajar en zonas complicadas, fue llegar hasta los protagonistas de la escena (véase reportaje en las páginas 76-89).

«La aldea de São Luís, donde tomé la foto, se encuentra en el territorio de los kanamari, a orillas del río Javari, en Brasil. Esta región es una de las más remotas de la Amazonia», explica. Eso significa que llegar hasta allí requiere pasar por un largo proceso administrativo para obtener las autorizaciones pertinentes, tres trayectos en avión y nueve horas a bordo de una

barcaza cargada de víveres, agua, medicamentos y material, y una vez sobre el terreno, trabajar sin electricidad: muy pocas viviendas disponen de paneles solares. «En mayo tuvimos que bregar con lluvias torrenciales y un calor extremo. Por no hablar de los insectos, arañas y serpientes venenosas, sin tener ningún antídoto, pues no podíamos almacenarlo», cuenta la fotoperiodista. La tensión y la incomodidad eran constantes.

En medio de tantas dificultades, logró plasmar esta imagen de felicidad sencilla y fugaz. «No fue una toma planeada. Estaba en una conferencia de trabajo vía satélite cuando el resplandor de las llamas captó mi atención. Cuando me di cuenta de que los niños de la aldea estaban jugando con el fuego, colgué el teléfono al instante. Me fascinó aquella estampa, tan bella y pura».



La fotoperiodista Lynsey Addario, oriunda de Estados Unidos, lleva más de 20 años cubriendo las principales zonas de conflicto del mundo, África, Oriente Próximo, Ucrania... Su trabajo le granjeó un Premio Pulitzer en 2009.

# RITMO GLOBAL

| EVENTOS | MARCAS | PUBLICIDAD |



## RELATOS DE INVIERNO, HISTORIAS INSPIRADORAS DE OMEGA

Omega presenta una selección de historias ambientadas en un rincón helado del cosmos protagonizadas por los relojes de sus cuatro colecciones: Speedmaster, Seamaster, Constellation y De Ville. Como cada comprador tiene su propia historia que contar, la selección de Omega ofrece una amplia variedad de materiales, estilos y tamaños de reloj.

[WWW.OMEGAWATCHES.COM](http://WWW.OMEGAWATCHES.COM)



## EL 90% DE LOS ESPAÑOLES PREFERE CONSUMIR QUESOS NACIONALES

El 94% de los españoles dice que los quesos son saludables por su contenido en calcio y sus valores nutricionales, y el 98% que son parte importante de nuestra cultura, según una encuesta de IPSOS para la Organización Interprofesional Láctea, que también recoge que el 71% de los consumidores desconoce la diversidad de quesos que hay en nuestro país.

[WWW.INLAC.ES](http://WWW.INLAC.ES)



## LONGINES LEGEND DIVER, EL EMBLEMÁTICO RELOJ DE BUCEO

El nombre de Longines siempre ha estado vinculado con el mundo del deporte y la exploración. Hace más de 50 años la marca presentaba Longines Legend Diver, uno de sus cronógrafos más emblemáticos, que hoy resurge en un nuevo modelo sumergible hasta los 300 metros y equipado con un bisel interno para medir el tiempo de inmersión.

[WWW.LONGINES.COM](http://WWW.LONGINES.COM)



## NUEVA COLABORACIÓN ENTRE SANTÉVET Y ANIMAL RESCUE

La compañía de seguros de salud para mascotas Santévet colabora con la fundación sin ánimo de lucro Animal Rescue con una aportación económica para la compra de comida para animales rescatados. La acción tiene como objetivo sensibilizar a la población sobre el abandono de mascotas y ayudar a su rehabilitación para procurarles una vida digna.

[WWW.SANTEVET.ES](http://WWW.SANTEVET.ES)

# SUSCRÍBETE AHORA A NATIONAL GEOGRAPHIC



**5€**  
al mes



**3,3€**  
al mes

Suscripción anual  
en papel + digital

por solo **59,95€** al año (-33%)

Suscripción anual en  
digital (web y app)

por solo **39,95€** al año (-45%)



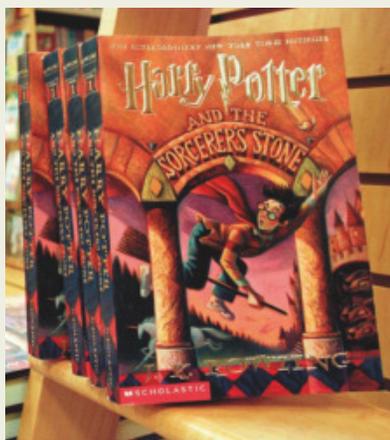
SUSCRÍBETE EN [NG.COM.ES/OFFERTA](https://www.nationalgeographic.com.es/oferta)  
O LLAMA AL TELÉFONO 910 920 129



## Dentro del aeropuerto de Sídney

MIÉRCOLES 3 DE ENERO A LAS 22:50 HORAS

El aeropuerto Kingsford Smith de Sídney, en Australia, es uno de los más transitados del hemisferio Sur. Las lluvias torrenciales, los imprevistos y los problemas técnicos ponen a diario a prueba el buen funcionamiento de esta infraestructura por la que circulan diariamente unos 900 vuelos y más de 180.000 pasajeros. Personal de seguridad, equipos de emergencia y de mantenimiento velan para que todo funcione a la perfección.



## Regreso a los 90

VIERNES 12 DE ENERO  
A LAS 17 HORAS

Personajes famosos, testigos y expertos en cultura pop reviven los momentos más memorables de los años que dieron paso al nuevo milenio: la década de 1990, en la que surgieron nuevas tendencias que dejarían huella en la moda, la música y la cultura popular.



**NATIONAL GEOGRAPHIC**

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



## Los tesoros de Wild

TODOS LOS DOMINGOS DE ENERO  
A LAS 18 HORAS

El nuevo especial de National Geographic Wild reúne historias sobrecogedoras de fauna salvaje que reflejan la belleza de la naturaleza y la lucha por la supervivencia. Elefantes, lobos, tiburones, osos polares, tigres, leones y leopardos protagonizan esta selección de reportajes exclusivos que resaltan el trabajo de científicos, exploradores, fotógrafos de naturaleza y conservacionistas.

## Crecer como animal

SÁBADO 6 DE ENERO A LAS 18 HORAS

*Aria*, una cría de elefante, emprende una épica caminata junto con su familia en busca de alimento. El apoyo de su madre y de su abuela serán cruciales para sobrevivir en un viaje lleno de peligros. La pequeña elefanta es solo una de las protagonistas de esta nueva serie que ahonda en el instinto maternal de los animales y la determinación de las crías por sobrevivir.



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)

NATIONAL GEOGRAPHIC (TODAS)

### La nueva era del vidrio

El mundo moderno depende del vidrio. Este material, esencial para la humanidad durante milenios, adopta ahora nuevas formas y usos gracias a la tecnología.

### Charcas estacionales

En primavera, las lluvias caídas sobre terrenos con pequeñas depresiones alimentan unos oasis efímeros que explotan en ráfagas de vida, para luego desaparecer.

### Focas del Ártico

Las hembras de las focas pías necesitan hielo para dar a luz, pero los inviernos en el Atlántico noroccidental son cada vez más cálidos, lo que supone una amenaza para las crías.





# ◀ REGRESO A LOS 90

ESTRENO

12 DE ENERO 17.00



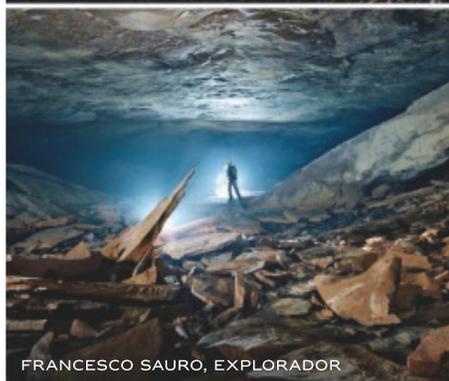
NATIONAL  
GEOGRAPHIC



ROLEX AND NATIONAL GEOGRAPHIC  
PERPETUAL PLANET AMAZON EXPEDITION



DAWA YANGZUM SHERPA,  
GUÍA INTERNACIONAL DE MONTAÑA



FRANCESCO SAURO, EXPLORADOR



CRISTIAN DONOSO,  
EXPLORADOR

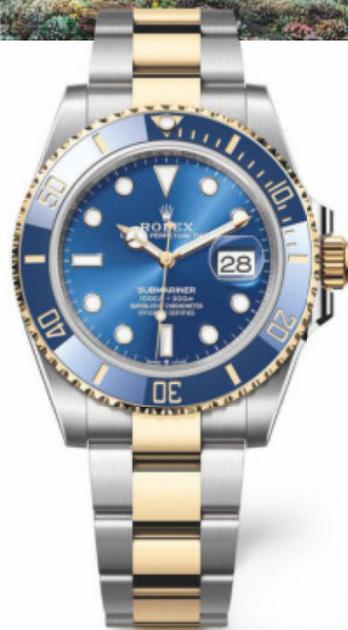


GHISLAIN BARDOUT, EXPLORADOR

## ¿QUÉ ES LO QUE BUSCAN?

**Exploradores, aventureros, científicos.** Mujeres y hombres que traspasaron los horizontes para beneficiar a la humanidad. Rolex estuvo a su lado cuando conquistaron los océanos más profundos, las cumbres más altas, las selvas más impenetrables y los dos polos de la Tierra. Pero ahora que conocemos mejor que nunca los límites de nuestro mundo, ¿por qué siguen explorando? No es para conseguir reconocimientos, galardones o algún que otro récord efímero: su verdadera motivación es entender mejor la complejidad de nuestro frágil planeta, documentar sus cambios y descubrir cómo, entre todos, podemos ayudarlo. Y seguiremos estando ahí mientras nos necesiten. Porque hoy en día, la exploración ya no consiste en descubrir nuevos territorios, sino en mirar con nuevos ojos las maravillas de nuestro planeta, recuperar nuestra capacidad de asombro, y actuar para proteger esta pequeña esfera azul en medio del universo... **Seguiremos haciendo todo lo posible para conseguir que el planeta sea perpetuo.**

*#Perpetual*



OYSTER PERPETUAL SUBMARINER DATE

