

# INVESTIGACION Y CIENCIA

Edición española de  
SCIENTIFIC  
AMERICAN



## CUANTICA

Autoorganización  
del espaciotiempo

## AGRICULTURA

Cultivo sostenible:  
el fin del arado

## ASTRONOMIA

¿Por qué son diferentes  
las dos caras de la Luna?

## NEUROLOGIA

Aptitudes cerebrales  
para la danza

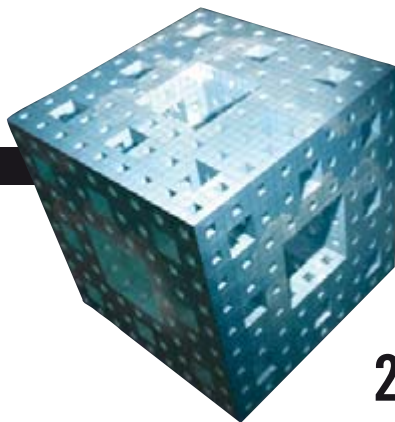
# MIGRACIONES PREHISTORICAS

Nuevos datos genéticos  
descubren las rutas  
de las primeras  
migraciones humanas



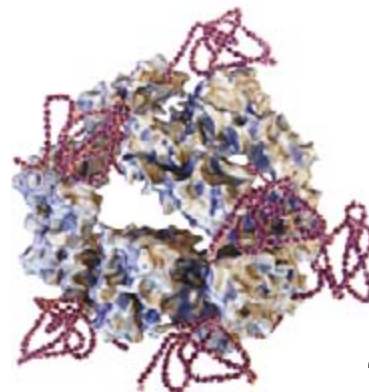
# SUMARIO

Septiembre de 2008/Número 384



20

El espaciotiempo, ¿es fractal?



28

Las chaperonas se encuentran en todos los organismos.



40

Con mares y sin mares, de corteza fina y corteza gruesa: dos caras lunares muy diferentes y un porqué aún oscuro.



60

El impacto de 1908 en Tunguska quizá creó un remoto lago siberiano.

## ARTICULOS

### ANTROPOLOGIA GENETICA

#### 12 Huellas de un pasado lejano

Gary Stix

Gracias al ADN, vamos conociendo mejor el camino que siguió el hombre hasta alcanzar la punta de Sudamérica. Un viaje desde su Africa natal que duró decenas de miles de años.

### FISICA

#### 20 El universo cuántico autoorganizado

Jan Ambjørn, Jerzy Jurkiewicz y Renate Loll

Un nuevo enfoque de viejo problema de la gravedad cuántica retorna a lo básico. Representa el espacio y el tiempo mediante bloques que se ordenan por sí mismos.

### PROTEOMICA

#### 28 Función biológica de las chaperonas

Pramod K. Srivastava

Desde hace tiempo se sabe que las proteínas de choque térmico nos protegen del estrés. Ahora se les atribuye otras funciones en el cáncer y en la inmunidad.

### CIENCIA PLANETARIA

#### 40 La Luna de las dos caras

P. Surdas Mohit

Se ignora por qué la cara visible de nuestro satélite difiere tanto de la cara oculta. Pero las investigaciones en curso se muestran confiadas en averiguarlo.

### ECOLOGIA

#### 50 Redes mutualistas de especies

Jordi Bascompte y Pedro Jordano

Las interacciones entre las plantas y los animales que las polinizan y dispersan sus semillas forman complejas redes de interdependencias que constituyen la arquitectura de la biodiversidad.

### GEOLOGIA

#### 60 El misterio de Tunguska

Luca Gasperini, Enrico Bonatti y Giuseppe Longo

Hace cien años, un objeto celeste arrasó más de dos mil kilómetros cuadrados de taiga siberiana. Quizá se haya dado con un fragmento de ese objeto.



12

Desde el África oriental hasta el resto del mundo: la genética reconstruye las migraciones primitivas.

## AGROLOGIA

### 66 Agricultura sin labranza

*David R. Huggins y John P. Reganold*

La práctica ancestral de remover la tierra antes de sembrar una nueva cosecha constituye una de las principales causas de la degradación de las tierras de cultivo. La agricultura sostenible apuesta por el abandono del arado.

## BIOLOGIA

### 74 Espartales ibéricos

*Fernando T. Maestre*

Los espartales, uno de los ecosistemas más representativos de las zonas más secas de la península Ibérica, constituyen un laboratorio natural de los ecosistemas semiáridos.

## NEUROLOGIA

### 84 Neurociencia de la danza

*Steven Brown y Lawrence M. Parsons*

Las imágenes cerebrales revelan parte de la compleja coreografía neuronal que subyace bajo la aptitud para el baile.



84

La danza constituye una forma fundamental de expresión humana.



74

El espartal optimiza la captación de escorrentías.

## SECCIONES

### 3 HACE...

50, 100 y 150 años.

### 4 APUNTES

Inmunología... Oncología...  
Células madre... Electrónica...  
Ecología... Neurología.

### 6 PUESTA AL DIA

### 7 CIENCIA Y SOCIEDAD

Cuellos de botella o mutaciones beneficiosas...  
Cadenas atómicas zigzagueantes...  
Deshielo polar... El arca de los anfibios.

### 34 DE CERCA

Paisaje submarino en un pinar mediterráneo,  
por *E. L. Sà, F. García-Pichel, O. Oms, F. Vallès y J. M. Gasol*

### 36 PERFILES

Marshal W. Nirenberg: padre biológico del código genético, por *Ed Regis*

### 38 DESARROLLO SOSTENIBLE

Vence el plazo para controlar la malaria, por *Jeffrey D. Sachs*

### 90 JUEGOS MATEMATICOS

El problema de Newcomb, por *Agustín Rayo*

### 92 IDEAS APLICADAS

Buques de crucero, por *Mark Fischetti*

### 94 LIBROS

Peridarwinismo. Filosofía y biología.

# INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL José M.<sup>a</sup> Valderas Gallardo  
DIRECTORA FINANCIERA Pilar Bronchal Garfella  
EDICIONES Juan Pedro Campos Gómez  
Laia Torres Casas

PRODUCCIÓN M.<sup>a</sup> Cruz Iglesias Capón  
Albert Marín Garau

SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez  
ADMINISTRACIÓN Victoria Andrés Laiglesia  
SUSCRIPCIONES Concepción Orenes Delgado  
Olga Blanco Romero

EDITA Prensa Científica, S.A. Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup>  
08021 Barcelona (España)  
Teléfono 934 143 344 Fax 934 145 413  
www.investigacionyciencia.es

## SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF John Rennie  
EXECUTIVE EDITOR Mariette DiChristina  
MANAGING EDITOR Ricki L. Rusting  
CHIEF NEWS EDITOR Philip M. Yam  
SENIOR WRITER Gary Stix  
EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley, Peter Brown, Graham  
P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, George Musser  
y Christine Soares  
CONTRIBUTING EDITORS W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway,  
Michelle Press, Michael Shermer, Sarah Simpson  
ART DIRECTOR Edward Bell  
PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

CHAIRMAN Brian Napack  
PRESIDENT Steven Yee  
VICE PRESIDENT AND MANAGING DIRECTOR, INTERNATIONAL  
Dean Sanderson  
VICE PRESIDENT Frances Newburg  
VICE PRESIDENT, FINANCE, AND GENERAL MANAGER Michael Florek

## DISTRIBUCION

### para España:

#### LOGISTA, S. A.

Pol. Ind. Pinares Llanos  
Electricistas, 3  
28670 Villaviciosa de Odón  
(Madrid)  
Teléfono 916 657 158

### para los restantes países:

#### Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup>  
08021 Barcelona

## PUBLICIDAD

### Madrid:

MMCATALAN PUBLICIDAD  
M. Mercedes Catalán Rojas  
Valle del silencio, 28 4.º J  
28039 Madrid  
Tel. 915 759 278 – Fax 918 276 474  
Móvil 649 933 834

### Cataluña:

Teresa Martí Marco  
Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup>  
08021 Barcelona  
Tel. 934 143 344  
Móvil 653 340 243  
publicidad@investigacionyciencia.es

## COLABORADORES DE ESTE NUMERO

### Asesoramiento y traducción:

Pilar García Villalba: *Huellas de un pasado lejano, Ciencia y sociedad*;  
Ramón Pascual: *El universo cuántico autoorganizado*; Juan Manuel  
González Mañas: *Función biológica de las chaperonas*; M.<sup>a</sup> Rosa  
Zapatero: *La Luna de las dos caras*; Sònia Ambròs Albesa: *El misterio  
de Tunguska*; J. Vilardell: *Agricultura sin labranza, Hace... e Ideas  
aplicadas*; Luis Bou: *Puesta al día*; Bruno Moreno: *Apuntes, Ciencia y  
sociedad*; Anna Ferran: *Perfiles*; Marián Beltrán: *Desarrollo sostenible*



Portada: George Retseck

## SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.  
Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup>  
08021 Barcelona (España)  
Teléfono 934 143 344  
Fax 934 145 413

### Precios de suscripción:

	Un año	Dos años
España	65,00 euro	120,00 euro
Resto del mundo	100,00 euro	190,00 euro

### Ejemplares sueltos:

El precio de los ejemplares atrasados  
es el mismo que el de los actuales.

Difusión  
controlada



Copyright © 2008 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2008 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup> 08021 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista. El nombre y la marca comercial SCIENTIFIC AMERICAN, así como el logotipo correspondiente, son propiedad exclusiva de Scientific American, Inc., con cuya licencia se utilizan aquí.

ISSN 0210136X Dep. legal: B. 38.999 – 76

Imprime Rotocayfo-Quebecor, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

Recopilación de Daniel C. Schlenoff

## ...cincuenta años

**Proceso creativo.** «El descubrimiento más sorprendente aportado por los científicos estriba precisamente en la misma ciencia. Su importancia puede compararse a la de la invención de la pintura rupestre o de la escritura. Como aquellas creaciones del hombre primitivo, la ciencia es un intento de dominar nuestro entorno penetrando en él y entendiéndolo desde dentro. Y como ellos, la ciencia ha dado un paso sin duda crítico y sin retroceso en el desarrollo humano. Una sociedad futura sin ciencia resulta inconcebible.

—Jacob Bronowski»

**Novedades en física.** «Según mi escéptica opinión, puede que nos hallemos tan lejos de saber qué son las partículas elementales como lo estaban de la mecánica cuántica los sucesores de Newton. Lo mismo que ellos, tenemos ante nosotros dos tareas formidables. Una es estudiar e investigar la matemática de las teorías existentes. La teoría cuántica de campos puede ser o no correcta, pero desde luego encierra una hondura matemática que requiere el genio de un Hamilton o de un Euler para adentrarse en ella. La otra es seguir adelante con la investigación del amplio abanico de fenómenos físicos de los que no dan cuenta las teorías disponibles. Ello supone proseguir con la experimentación en el campo de la física de partículas hoy en boga. Entre las partes de la física que las recientes teorías sobre partículas elementales han dejado fuera destacan la gravitación y la cosmología.

—Freeman Dyson»

**Buena forma física.** «Ante una nueva mutación de un organismo, o un cambio fundamental en sus condiciones de vida, los biólogos no suelen estar en situación de predecir sus posibilidades futuras. Deben esperar y ver. Por ejemplo, el mamut peludo parece haber sido un animal admirable, inteligente y bien dotado. Ahora que se ha extinguido, tratamos de averiguar por qué se malogró. Dudo que ningún biólogo crea que podría haber predicho aquella desaparición. La buena forma física y la supervivencia constituyen por naturaleza estimaciones de un comportamiento pasado. —George Wald»

[NOTA: Wald ganó en 1967 el premio Nobel de Medicina]

## ...cien años

**Víctimas mortales.** «Rara vez ha ocurrido un desastre tan lamentablemente trágico como el inesperado desplome del aeroplano Wright, que causó la muerte del teniente Thomas Selfridge, joven oficial prometedor, y

lesiones terribles al talentoso inventor Orville Wright. Pese a lo deplorable del accidente, no permitamos que desprestigie al arte de la navegación aérea. Si bien pone de relieve los riesgos, nada hay en el percance que debilite nuestra fe en los principios sobre los que los hermanos Wright construyeron su máquina y lograron tan brillante éxito.»

**Una draga de gran tamaño.** «En conexión con el ensanchamiento y el ahondamiento del Canal de Suez en Puerto Said, las autoridades han aumentado en fecha reciente su flota de dragas con una nueva embarcación, que se sitúa como la mayor draga de cangilones a flote. La 'Pèluse' ha sido construida por Lobnitz & Co. en sus astilleros de Renfrew, a orillas del río Clyde (Escocia); es de constitución similar a la 'Ptolomé', que la misma empresa suministró a la compañía del canal hace unos dos años. La 'Pèluse' tiene una eslora de 93 metros y un motor de dragado de 600 caballos. Todos los engranajes de a bordo tienen los dentados tallados a máquina.»

## ...ciento cincuenta años

**Rufianes.** «Hace algún tiempo protestamos enérgicamente contra el modo de actuar del doctor Thompson y la Junta de Sanidad de esta ciudad [Nueva York], por la manera descuidada en que tratan los barcos infectados; este periódico fue el primero en llamar la atención del público hacia su oficial estupidez. La consecuencia de tan descuidada conducta es la aparición de brotes de fiebre amarilla en tres puntos de Staten Island. Después de escrito lo anterior, una turba ha incendiado hasta los cimientos los edificios en cuarentena y dejado desatendidos a los enfermos. A los valientes médicos hay que reconocerles el mérito de haber permanecido en sus puestos durante la conflagración. Esperamos que los autores de los daños sean prendidos y castigados, pues permitir que una banda de rufianes se tome la justicia por su mano no es modo de reparar un mal.»



MAQUINAS CONTRA EL FANGO. Una enorme draga de cangilones para el Canal de Suez, 1909.

## INMUNOLOGIA

### ¿Una conexión entre la leche y la diabetes?

Algunas investigaciones han sugerido que los productos que contienen proteínas de leche de vaca podrían aumentar el riesgo que el niño corre de contraer posteriormente la diabetes de tipo 1. Un nuevo estudio, realizado por Marcia F. Goldfarb, de Anatek-EP, un laboratorio de investigación de proteínas en Portland, Maine, indica el mecanismo potencial de acción. El sistema inmunitario inmaduro de un recién nacido podría destruir la proteína humana glicodelina, en un esfuerzo mal encaminado por eliminar la proteína similar de la leche de vaca. Este error provocaría la sobreproducción de células T, que ayudan a proteger el cuerpo contra las infecciones. La sobreproducción podría



atacar a las células productoras de insulina del páncreas y causar la diabetes. Un ensayo aleatorio internacional de vastas proporciones, actualmente en curso, ayudará a zanjar la cuestión de la leche de vaca y el riesgo de diabetes.

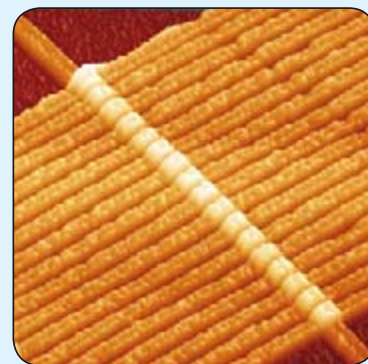
—Keren Blankfeld Schultz

## ELECTRONICA

### Los memristores

Unos 40 años se ha tardado en incorporar un nuevo elemento a la lista de componentes de los circuitos eléctricos (bobinas, condensadores y resistencias). Se trata del memristor, o resistencia con memoria. Consiste en un interruptor eléctrico de escala nanométrica que "recuerda" si está encendido o apagado cuando se corta la corriente. Podría ser una herramienta útil para construir memorias informáticas no volátiles o para almacenar transistores de forma más densa con las que se puedan fabricar chips más pequeños. Un equipo de Hewlett-Packard construyó el dispositivo insertando una capa de dióxido de titanio de tres nanómetros de espesor entre dos capas de platino.

—J. R. Minkel



Se construyeron 17 memristores, con cables de platino de 50 nanómetros de diámetro, cruzados por otro cable.

## ONCOLOGIA

### Matrimonio canceroso

La fusión de células tumorales con glóbulos blancos podría ser el secreto de que un cáncer se extienda por el cuerpo. Dichos híbridos combinarían la capacidad natural de los glóbulos blancos de moverse por el cuerpo con la tendencia del cáncer a una división celular incontrolada. La teoría de la fusión se propuso ya a principios del siglo XX. En una investigación que ha durado 15 años, un grupo de la Universidad de Yale fusionó glóbulos blancos con células tumorales. Estos híbridos eran muy metastáticos e,

implantados en ratones, resultaban letales. Posteriormente, encontraron que esos híbridos aparecían de forma natural en ratones. En estudios recientes de pacientes de cáncer que recibieron un trasplante de médula, se encontraron genes de los glóbulos blancos de la médula en las células tumorales. Dicha fusión podría haber ocurrido cuando los glóbulos blancos englobaron las células tumorales.

—Charles Q. Choi

## CELULAS MADRE

### Piel para el parkinson

Células dérmicas de un ratón adulto, reprogramadas para que actúen como células troncales embrionarias, han silenciado en ratas los síntomas de la enfermedad de Parkinson. Se les inyectó a ratas sanas una toxina que destruía las neuronas productoras de dopamina, lo que provocaba síntomas motores reminiscentes del parkinson. A continuación se trató a los roedores con las células modificadas (llamadas células madre pluripotentes inducidas.) La mayoría de las ratas dieron muestra de haber mejorado su equilibrio y coordinación al cabo de cuatro

semanas; una de ellas presentaba incluso mayor actividad dopamínica. No obstante, son muchas las cuestiones que han de quedar resueltas antes de que el procedimiento se aplique a las personas. Para empezar, todavía no se ha conseguido remedar el parkinson de forma exacta en los roedores, pues se trata de una enfermedad muy compleja. Además, se sabe que los retrovirus utilizados para modificar las células dérmicas son carcinógenos. En cualquier caso, parece que ésta es la primera vez en que células manipuladas se han integrado en tejidos cerebrales y han invertido lesiones neurodegenerativas.

—Nikhil Swaminathan

## ECOLOGIA

### Tensión alimenticia

Los picos largos y finos de los falaropos, aves costeras, no son muy útiles para absorber agua y los sabrosos crustáceos contenidos en ella. Por eso aprovechan la



El falaropo, ave costera, depende de la tensión superficial del agua para alimentarse.

fuerza atractiva de los líquidos, denominada tensión superficial, para hacer que sus presas suban. Primero nadan rápidamente en pequeños círculos por la superficie del agua, para crear un remolino que impulsa hacia arriba a los organismos que se encuentren a su alcance. Después, pican en el agua y abren y cierran prestos sus picos. Este movimiento de tijera tira de las gotas, de unos dos milímetros de tamaño, las aplasta y las mueve desde la punta del pico hasta la boca. En experimentos con picos mecánicos, un grupo del Instituto de Tecnología de Massachusetts y del Centro Nacional de Investigación Científica de Francia ha encontrado que las gotículas no se mueven bien si el agua contiene aceite, detergentes y otros contaminantes que alteran la tensión superficial del agua.

—Charles Q. Choi

## NEUROLOGIA

### Ataque preventivo contra los errores por pérdida de concentración

Todo el mundo ha cometido un error por quedarse con la mente en blanco durante una tarea monótona. La pérdida de concentración o de actividad cerebral, sin embargo, no es la única culpable de un error así. Gracias a los patrones de actividad de una serie de regiones cerebrales asociadas al mantenimiento del esfuerzo durante una tarea, se puede predecir el comportamiento deficiente hasta 30 segundos antes de que se produzca. Se puede así evitar el error inminente. Un grupo de investigadores de la Universidad de Bergen, en Noruega, examinaron con resonancia magnética funcional el cerebro de individuos que realizaban una tarea simple y tediosa: determinar las direcciones correctas de las flechas en un monitor de ordenador.

La actividad en la red de realización de tareas del cerebro se redujo antes de que se produjera un error y, una vez que los individuos detectaron su error, se reanudó el patrón de actividad. Según el director de la investigación, Tom Eichele,

el paso siguiente para predecir este tipo de errores consistirá en el uso de la electroencefalografía, portátil e inalámbrica. Con ella la predicción tendría una aplicación más clara en la práctica.

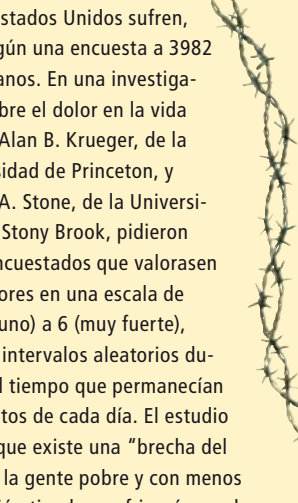
—Keren Blankfeld Schultz



Un trabajo aburrido puede provocar errores de pérdida de concentración.

## DATOS

### Personas que sufren



Los Estados Unidos sufren, según una encuesta a 3982 ciudadanos. En una investigación sobre el dolor en la vida diaria, Alan B. Krueger, de la Universidad de Princeton, y Arthur A. Stone, de la Universidad de Stony Brook, pidieron a los encuestados que valorasen sus dolores en una escala de 0 (ninguno) a 6 (muy fuerte), en tres intervalos aleatorios durante el tiempo que permanecían despiertos de cada día. El estudio revela que existe una "brecha del dolor": la gente pobre y con menos formación tiende a sufrir más que las personas más ricas y formadas. Como era de esperar, el dolor afecta a la satisfacción general.

Porcentaje de estadounidenses que sufren dolor en un momento dado: **28**

**PORCENTAJE DE PERSONAS CON DOLOR QUE:**

Ganan menos de 30.000 dólares: **34,2**

Ganan más de 100.000 dólares: **22,9**

No terminaron la escuela secundaria: **33**

Tienen una titulación universitaria: **20,2**

No están satisfechos de su vida: **53,9**

Clasificación media del dolor: **2,26**

Están muy satisfechos de su vida: **22,4**

Clasificación media del dolor: **0,66**

**DINERO GASTADO ANUALMENTE EN:**

Analgésicos sin receta: **2600 millones de dólares**

Analgésicos con receta: **13.800 millones de dólares**

Productividad perdida anualmente debido al dolor: **60.000 millones de dólares**

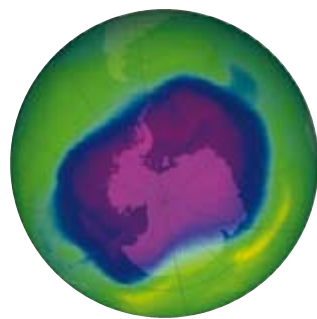
FUENTE: Lancet, 3 de mayo de 2008

¿Qué ha sido de ...?

Recopilación de Philip Yam

## Más ozono: Antártida menos fría

El agujero de ozono antártico, que se forma todas las primaveras, ha mantenido frío el interior de ese continente, a pesar de que el resto del planeta se ha ido calentando en los últimos decenios. Gracias a la prohibición absoluta de halocarburos a escala planetaria, las concentraciones estratosféricas de ozono



EL AGUJERO DE OZONO (violeta) ha mantenido fría a la Antártida.

se recuperan lentamente. Pero según un modelo matemático desarrollado por Judith Perlwitz y sus colaboradores, de la Universidad de Colorado en Boulder, la reducción del agujero de ozono podría acelerar la fusión de los hielos antárticos y modificar las pautas climáticas. La estratosfera inferior, al contener más ozono, absorbería más luz ultravioleta y su temperatura se elevaría unos 9°C. Ello, a su vez, fragmentaría la circulación de masas descendentes de aire frío hacia el interior de la Antártida, cuya temperatura se elevaría. Esas alteraciones climáticas harían que Australia fuese aún más cálida y seca, y América del Sur, en cambio, más húmeda. Es probable que estos datos sobre el ozono deban incorporarse a modelos climáticos planetarios, que en su mayoría no han tenido en cuenta tales efectos ni tampoco, en medida suficiente, a la estra-



tosfera. El estudio fue publicado en *Geophysical Research Letters* de 26 de abril.

## Defensa contra la radiación

Se siguen buscando nuevos fármacos contra las lesiones producidas por radiaciones. Entre los más prometedores se cuenta CBLB502, de Cleveland Biolabs, de Búfalo. En *Science* de 11 de abril se informa de que este fármaco, denominado también Protectan, permitió la supervivencia de un 87 por ciento de los ratones sometidos a do-

sis letales de radiación, pero sólo si les inyectaba en la hora anterior a sufrir las radiaciones. (El fármaco mostró también cierto efecto protector a posteriori, si bien para dosis de radiación menores.) El compuesto, que se administraría en el caso de explosión atómica o de fusión del núcleo de una central, no resguardaba a las células malignas, por lo que podría aplicarse para proteger a las células sanas de pacientes de cáncer sometidos a radioterapia. La compañía debe ahora ensayar el principio activo en humanos.

—David Biello

## Efecto Hall cuántico

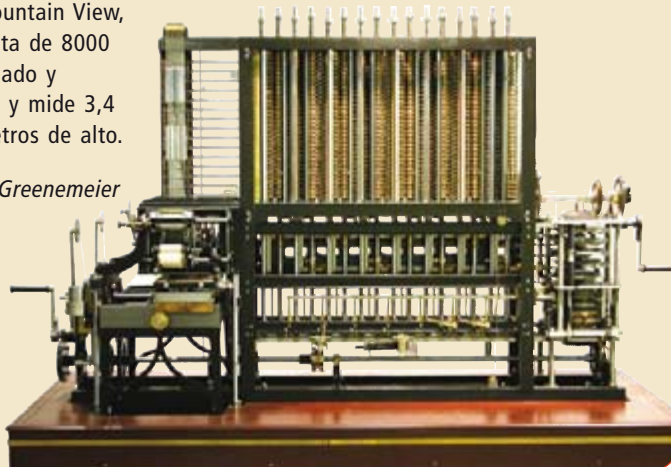
Edwin Hall descubrió en 1879 que un imán desviaba un flujo de electrones, lo mismo que el viento apartaba a los barcos de su rumbo. La versión cuántica del efecto Hall fue observada en 1980: el campo magnético desvía a los electrones de forma discreta, a saltos, como veleros que sufrieran el efecto de rachas intermitentes superpuestas a un viento constante [véase "Los electrones en Planilandia", en INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, mayo de 1996].

Ahora, físicos de la Universidad de Princeton han demostrado un efecto Hall cuántico sin aplicación de campo magnético alguno. En un cristal de bismuto crearon unas condiciones tan especiales, que cuando los electrones se desplazaban a velocidades próximas a la de la luz, generaban campos magnéticos propios que los desviaban. Estos materiales tan inusitados no sólo elucidan la naturaleza fundamental del efecto Hall, fuertemente vinculado con la superconductividad, sino que pudieran desembocar en nuevas aplicaciones técnicas. El trabajo figura en *Nature* de 24 de abril.

## Ingenio de diferencias N.º 2-N.º 2

Charles Babbage, famoso matemático e ingeniero británico del siglo XIX, tiene a su nombre una pléyade de inventos; entre ellos, la galga patrón ferroviaria, el rastrillo frontal de las locomotoras y el oftalmoscopio. Un proyecto célebre, que no logró construir, fue su Ingenio de Diferencias N.º 2, una pieza de técnica victoriana concebida para habérselas con funciones logarítmicas y trigonométricas. En 1991, Doron W. Swade, conservador del Museo de Ciencias de Londres, a partir de planos trazados por Babbage en 1849, construyó la primera versión operativa de este aparato [véase "La computadora mecánica de Charles Babbage", en INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, abril de 1993], que puede admirarse en ese museo. Swade ha construido ahora un segundo ingenio, desvelado el 10 de mayo, que se exhibirá durante un año en el Museo de Historia de la Informática en Mountain View, California. El artefacto consta de 8000 piezas de bronce, hierro colado y acero; pesa cinco toneladas y mide 3,4 metros de largo por 2,1 metros de alto.

—Larry Greenemeier



CON VIDA: El invento de Charles Babbage en el Museo de Historia de la Informática de Mountain View, California.



# Cuellos de botella o mutaciones beneficiosas

*Nuevos estudios ponen en entredicho que la evolución humana se haya acelerado en tiempos recientes*

**A**ddis Abeba es el centro genético del mundo. No porque allí cuenten con algún talento especial para analizar el genoma, sino porque la variabilidad en el código genético humano disminuye cuando nos alejamos de la capital etíope. Al fin y al cabo, los humanos modernos se originaron en África oriental.

La observación ha dado pie a conclusiones divergentes. Tras analizar la constitución genética de diferentes poblaciones, algunos sostienen que la evolución humana se ha acelerado; si no, aducen, no podría explicarse toda la variabilidad. Otros ven en ésta una prueba más de que un número, hasta cierto punto pequeño, de individuos emigraron de África y fundaron las poblaciones actuales en el resto del planeta.

En diciembre pasado un grupo de antropólogos y genéticos declararon, tras examinar 3,9 millones de secuencias de ADN de 270 individuos de cuatro poblaciones incluidas en el proyecto HapMap, que la evolución humana se aceleró en los últimos 40.000 años. “Hemos encontrado muchos genes”, afirma Gregory Cochran, de la Universidad de Utah y miembro de ese equipo, “que experimentan selección. Pensamos que ese fenómeno se debe al aumento de la fuerza de la selección cuando el hombre se convirtió en agricultor —un cambio ecológico de alcance— y al incremento del número de mutaciones favorables conforme la agricultura promovía el crecimiento del tamaño de la población”.

Entre estas mutaciones se incluyen las que han aclarado el tono de la piel y concedido la capacidad de digerir la leche a los adultos de diferentes regiones del mundo. En otra investigación, realizada en el Instituto Pasteur de París, Lluís Quintana Murci y sus colaboradores han registrado unas 55 mutaciones de este tipo.

Sin embargo, otros estudios de cambios en una base de la secuencia de ADN (polimorfismo de un solo nucleótido), en secuencias de ADN (haplotipos) o en secciones más amplias (variación en el número de copias de segmentos del ADN) expresan que los

africanos portan la mayor diversidad genómica. Individuos de regiones distintas, por ejemplo africanos y europeos, pueden tener una pequeña cantidad de genes diferentes, pero esta minúscula diferencia queda empujada por la cantidad de código genético que la humanidad comparte. Es probable que en-

ciones de las instrucciones genéticas resulten más perjudiciales que beneficiosas, según otro análisis de la variabilidad del ADN.

Pero en vez de una evolución, explica Marcus Feldman, de la Universidad de Stanford, que opere en un número limitado de genes para promover adap-



**Semejanza en la diversidad: El código genético de los humanos de poblaciones diferentes es en buena parte único e idéntico.**

tre los genomas de dos africanos haya mayores diferencias que entre el de un africano y el de un europeo. Según Noah Rosenberg, de la Universidad de Michigan en Ann Arbor, que participó en un estudio exhaustivo sobre variabilidad genética, publicado en *Nature* este febrero, “somos una especie joven. Las poblaciones humanas no han estado separadas por períodos tan largos de tiempo como para desarrollar alelos nuevos, propios de cada población.”

Por eso dudan numerosos expertos de que los genes hayan evolucionado mucho en el modesto período que ha transcurrido desde que los humanos pueblan el planeta entero. Además, lo más probable es que la mayoría de las varia-

taciones funcionales (“selección positiva”) cabe la intervención de un factor demográfico, un “cuello de botella”.

Cuello de botella es el nombre que se le da a la reducción de una población a unos pocos individuos, tras lo cual puede haber un nuevo crecimiento. Un estudio de muestras de ADN de 938 personas de 51 poblaciones diferentes en el que ha participado Feldman respalda la hipótesis del cuello de botella como explicación alternativa de la disminución de la variabilidad de haplotipos cuando más lejos se está de África.

“Un cuello de botella al que sigue un crecimiento de población puede explicar el ligero aumento en la proporción de la variación de aminoácidos específica

## MIGRACION: UNA FUERZA EVOLUTIVA

De los estudios genéticos realizados comienza a emerger una verdad que debería ser obvia y, sin embargo, apenas si se ha reparado en ella. Muchísimas personas de todo el mundo tienen antepasados de más de un sitio y, de más de dos”, indica Marcus Feldman, de la Universidad de Stanford. Ha habido mezcla sin cuento. Justamente la magnitud de la mezcla puede servir para identificar los principales centros de migración, como Oriente Medio. “Donde hay grandes masas continentales ininterrumpidas, siempre se ven señales de migración, y donde hay barreras, se ven señales de las barreras”, indica. Los mismos signos aparecen en lingüística y paleontología. Esas disciplinas, añade Feldman, “convergen en una imagen coherente de la evolución moderna de la humanidad”.

de los americanos-europeos, y esas variaciones alteran la estructura y la estabilidad de proteínas”, señala Carlos Bustamante, de la Universidad de Cornell, quien realiza modelos por ordenador para analizar cambios en los genes. Itsik Pe’er,

de la Universidad de Columbia, subraya que los cambios demográficos concuerdan con la distribución mundial de los genes humanos.

Una nueva iniciativa, el Proyecto de los 1000 Genomas, podría zanjar la cuestión

sobre el detenimiento de la evolución humana. Sus resultados, previstos para dentro de unos años, nos ofrecerán “secuencias de muchos más individuos de muchas más poblaciones”, apunta Kirk Lohmüller, del laboratorio de Bustamante.

El proyecto ahondará en el genoma con un detalle desconocido. Según Lisa Brooks, directora del Programa de Variabilidad Genética del Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano de Estados Unidos, obtendrá variantes de una frecuencia del uno por ciento o menos. Añade: “algo que es común en una población resulta improbable que escasee en otra población. Se sigue de nuestra herencia común”.

David Biello

## Cadenas atómicas zigzagueantes

*Partiendo barras metálicas muy finas pueden conseguirse cadenas de átomos con un grosor de un solo átomo. Cuando zigzaguean, son más estables*

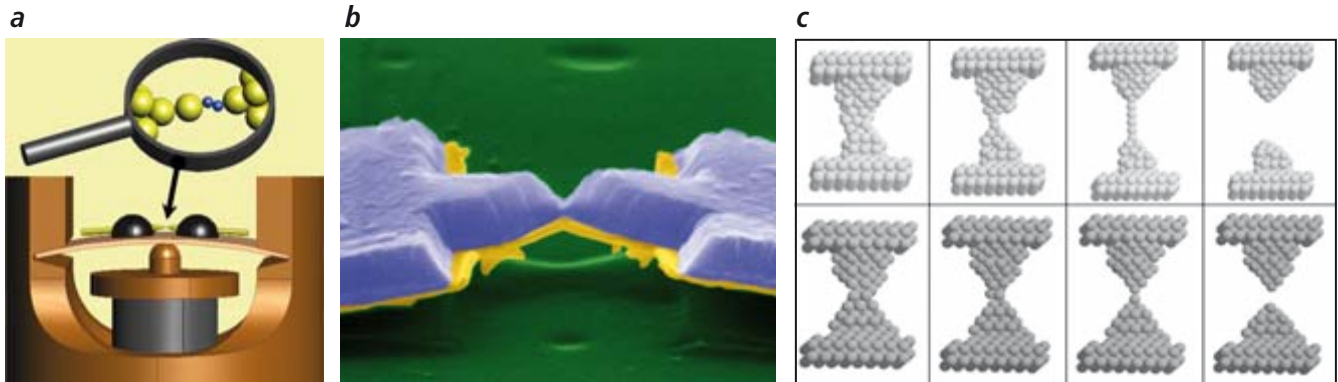
Uno de nosotros dos estaba pescando a orillas del Mediterráneo hace unos meses cuando notó que un pez de bastante tamaño había picado la carnada. Desgraciadamente, el hilo que llevaba la caña era demasiado fino y, tras haber estado resistiéndose un buen rato, el pez dio un coletazo final y rompió el sedal. El pescador fallido reemplazó el hilo por otro de mayor grosor y volvió a intentarlo, esta vez con mejor suerte.

Problemas de resistencia de hilos y cadenas como el anterior son bastante co-

munes, incluso en campos científicos de vanguardia. En el que nosotros estamos trabajando guarda relación con la cuestión sobre los materiales que pueden formar cadenas atómicas. Pero, ¿pueden los átomos formar cadenas? Sí.

Se ha conseguido fabricar cadenas de un solo átomo de grosor. Hay varias maneras de hacerlo. La más precisa consiste en doblar muy despacio una barra de metal muy fina, convenientemente aislada en una cámara de vacío, hasta que se rompa. Este método, la “técnica de

rotura controlada mecánicamente”, permite aumentar o disminuir la distancia entre ambos lados de la rotura con una precisión de décimas de angstrom ( $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Si el proceso de doblado se lleva a cabo muy despacio y con mucho cuidado, los dos extremos de la barra, justo antes de que se rompa, quedarán unidos sólo por un átomo. Habitualmente, después de la rotura los extremos se vuelven a juntar de nuevo muy despacio, hasta que al tocarse se forma otra vez un contacto atómico.



1. Técnica de rotura controlada mecánicamente. (a) muestra un esquema del dispositivo experimental, basado en doblar la barra metálica mediante la presión de una punta controlada con un material piezoeléctrico que se encuentra debajo. (b) muestra la imagen de una barra que se está rompiendo, obtenida con

microscopía electrónica. (c) representa esquemáticamente lo que ocurre desde el punto de vista atómico en una constricción de oro en los últimos instantes antes de la rotura, donde se forma una cadena, y en una de cobre, que se rompe justo después de crearse el contacto atómico.

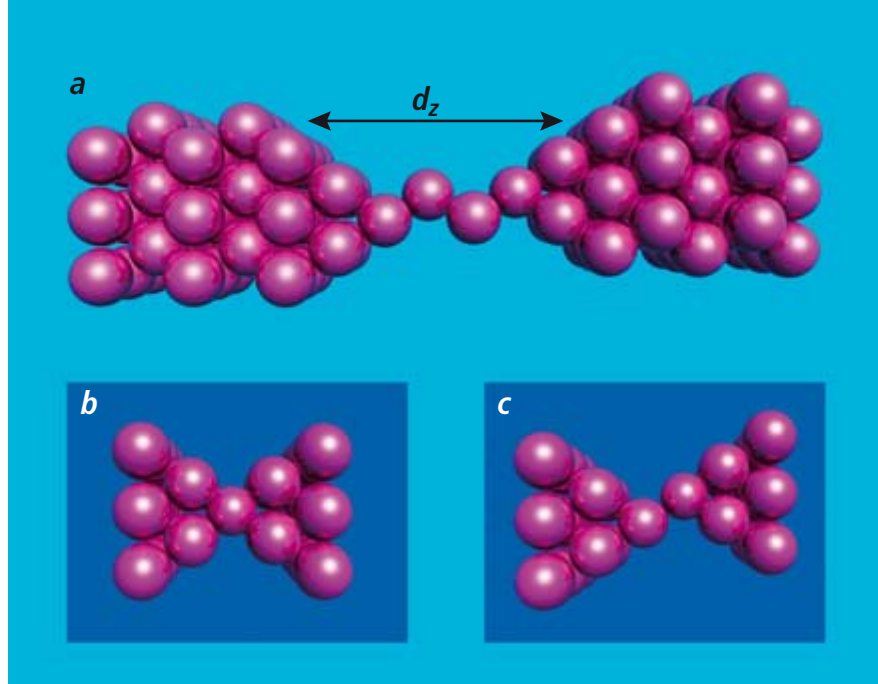
Poco a poco, más átomos de cada lado se van juntando y se vuelve a crear un cuello más o menos ancho.

Durante el proceso de rotura suele medirse a intervalos de tiempo fijos, aunque muy pequeños, la corriente que fluye a través de la unión. A partir del valor obtenido se obtiene la conductancia, medida del grado en que un material deja pasar la corriente, proporcional a la intensidad de ésta e inversamente proporcional al voltaje que la impulsa. Lo que se observa es algo sorprendente: la conductancia no disminuye de forma continua, sino a saltos, como se muestra en la figura 2a. En la jerga científica se dice que la conductancia está cuantizada. Tal cuantización, predicha por uno de nosotros en 1988, se debe al desplazamiento de los electrones a lo largo de canales; cada canal contribuye a la conductancia con un cuanto. El número específico de canales que puede albergar cada átomo depende de la estructura electrónica de la última capa. Los átomos de oro, por ejemplo, albergan un solo canal.

Supongamos que tenemos una barra de oro. Nos disponemos a romperla. Puesto que en los últimos pasos del proceso de rotura los átomos se van soltando de la unión uno a uno, los canales van desapareciendo uno a uno. Cuando sólo queda ya el contacto entre dos átomos, uno de cada lado, los electrones pueden fluir por un canal nada más; la conductancia vale entonces un cuanto.

El proceso de rotura y pegado se puede (y se suele) repetir decenas de miles de veces seguidas. Aunque la disposición geométrica de los átomos en dos roturas simultáneas no suele coincidir, sí es bastante similar. Por eso, al realizar miles de mediciones de la conductancia se obtienen unas distribuciones estadísticas, llamadas histogramas, dotados de una serie de picos. Estos picos corresponden a las configuraciones atómicas más probables, las que dan los valores de la conductancia que más se repiten. Un ejemplo se puede ver en el panel *b* de la figura 2.

En la mayoría de los metales, el último escalón “aguanta” unos dos angstrom antes de que la cadena se rompa y la conductancia caiga bruscamente a cero, como se muestra en la figura 2a. Pero en el caso de algunos metales, como el oro, el platino y el iridio, este último escalón es con frecuencia bastante más lar-



2. Disposición de los átomos en una cadena atómica de platino (a) y en cuellos de unión atómica formados por uno (b) o dos (c) átomos.  $d_z$  es la distancia entre los electrodos.

go (véase la figura 2c), prueba de que estos metales forman cadenas atómicas. Sabemos que las cadenas no suelen ser muy largas, constituidas a lo sumo por cinco o seis átomos.

Parece que son muy pocos los elementos de la tabla periódica que pueden formar cadenas. Ni el cobalto, níquel, cobre, aluminio, rodio, paladio, plata y los alcalinos las crean; se rompen en cuanto se establece el contacto atómico. De acuerdo con nuestros propios cálculos, originarían cadenas atómicas, aparte de los conocidos oro, platino e iridio, los elementos del Grupo IV silicio, germanio y estaño; también, el osmio. En el caso del silicio y germanio resultará difícil confirmar que se puedan fabricar cadenas, pues por su carácter de semiconductores es muy complicado medir su conductancia. Con el osmio y el estaño, metales genuinos, cabe esperar que puedan realizarse experimentos que confirmen nuestras predicciones. El caso del estaño es especialmente atractivo, ya que este material se vuelve superconductor a bajas temperaturas, lo que puede dar lugar a nuevos y exóticos fenómenos cuánticos.

Experimentos muy recientes han demostrado que se pueden fabricar cadenas bastante más largas —de quince o veinte átomos incluso— si se realizan las mediciones en atmósferas de oxígeno o de monóxido de carbono. En estos casos, los átomos del gas se intercalan en la cadena y le confieren estabilidad.

Las simulaciones que hemos realizado, tanto de cadenas atómicas infinitas

como de cadenas finitas y constricciones atómicas, algunas de las cuales se muestran en la figura 3, indican que la configuración atómica más estable es aquella en la que los átomos se disponen en zigzag. Estas cadenas “zigzagueantes” se estiran al elongar la barra, como si fueran acordeones. Cuando el estiramiento de la cadena ha alcanzado su máximo, pueden ocurrir dos fenómenos: o bien la cadena se rompe o bien un átomo que estaba en uno de los dos lados de la barra se desplaza e inserta en la cadena, generando una nueva cadena con un átomo más, que recupera parcialmente el zigzag. Ambas cosas ocurren en los experimentos, siendo la segunda bastante más común que la primera. Unas veces la cadena se rompe cuando tiene tres átomos, la vez siguiente con cuatro, la siguiente con dos, etcétera.

La resistencia mecánica de las cadenas atómicas es, por el momento, menos predecible que la de los hilos de pescar. Nunca sabemos si se van a romper o no en un momento determinado. Pero quizás en un futuro hayamos desarrollado la técnica necesaria para utilizarlas de manera más fiable. Quizás podamos aplicarlas para “pescar” otras entidades nanométricas; moléculas, por ejemplo.

**Jaime Ferrer Rodríguez**  
Departamento de Física  
Universidad de Oviedo

**Víctor M. García Suárez**  
Departamento de Física  
Universidad de Lancaster

# Deshielo polar

*El hielo se está derritiendo en los polos mucho más rápidamente de lo que predecían los modelos climáticos*

La aceleración del calentamiento climático en las regiones polares de la Tierra está provocando una renovada sensación de urgencia entre los científicos. El pasado 28 de febrero, una cámara a bordo del satélite Acqua, de la NASA, tomó imágenes de una masa flotante de hielo, de la magnitud de una ciudad, en el momento en que se desintegraba. A lo largo de los diez días siguientes, siguieron desprendiéndose y fragmentándose bloques de hielo, de modo que para el 8 de marzo la plataforma de Wilkins —más de 12.000 kilómetros cuadrados de hielo flotante junto a la costa de la península Antártica—, había perdido unos 400 kilómetros cuadrados de hielo, que habían ido a parar al océano Pacífico.

Esta ruptura es la última de siete grandes colapsos de plataformas de hielo antárticas en los últimos 30 años, tras unos 400 años de relativa estabilidad. Entre esos derrumbes se incluye la separación de un bloque imponente (de más de 3000 kilómetros cuadrados) de la plataforma de hielo Larsen B, la desintegración de enormes plataformas de hielo en el canal del Príncipe Gustavo y en la ensenada Larsen, y la desaparición de las plataformas de hielo Jones, Larsen A, Muller y Wordie. Todos estos sucesos corroboran las mediciones de temperatura que muestran que la península Antártica Occidental se está calentando a mayor celeridad que ningún otro lugar de la Tierra.

Lo ocurrido en la plataforma Wilkins, oportunamente grabado en vídeo por un equipo de la Investigación Antártica Británica unos días después de que fuera



**Fragmentos dispersos de hielo es todo lo que queda de una zona de 400 kilómetros cuadrados de la plataforma de hielo de Wilkins, en la península Antártica.**

descubierto, ha movilizado a científicos de todo el mundo. Un aire relativamente cálido parece ser el principal culpable. Conforme va derritiéndose el hielo en el verano austral, el agua llena las grietas que se forman en la plataforma. En un clima frío, sólo serían marcas superficiales poco profundas. Sin embargo, el agua líquida puede penetrar por las grietas como una taladradora hasta la base de una plataforma de hielo y partirla en dos.

La fragmentación y derretimiento del hielo flotante no tienen efectos directos sobre los niveles mundiales del mar. Sin embargo, se cree que una plataforma de hielo actúa como un “tapón de botella”, que detiene el flujo del glaciar terrestre que alimenta lentamente la plataforma marina. Cuando desaparece el “tapón”,

el glaciar se abalanza. “Al cabo de unos pocos meses” de una ruptura, explica Ted Scambos, del Centro de Información Nacional sobre la Nieve y el Hielo de la Universidad de Colorado en Boulder, el glaciar “se acelera apreciablemente y, en el plazo de un año o dos, puede estar moviéndose [hacia el océano] hasta cuatro veces más deprisa que cuando la plataforma de hielo permanecía intacta”. Eso sí eleva el nivel del mar.

A corto plazo, sin embargo, resultan más preocupantes los cambios en el norte: el declive del hielo en el mar Ártico y en la plataforma de hielo de Groenlandia. El aire y el agua superficial, relativamente calientes, están derritiendo el casquete de hielo en el verano polar. El hielo marino, cada vez más reducido, impulsa un círculo vicioso típico: cuanto más hielo se derrite, menos zonas de nieve blanca reflejan la energía solar, se abren regiones más amplias de oscura agua marina, que absorbe la luz, y el hielo se derrite aún más deprisa. Este efecto desbocado, afirma Scambos, podría llevar pronto hacia un clima más cálido en el perímetro ártico y a la pérdida del *permafrost* (suelo congelado) del Ártico.

En Groenlandia, la historia de los cambios en los glaciares que dan al mar es similar. Sus puntas marinas están acelerándose y la capa de hielo que hay de-

## DESIERTOS NORTEAMERICANOS CAUSADOS POR EL HIELO DERRETIDO

La aceleración del deshielo en el Ártico podría causar problemas a las zonas templadas. Diversos modelos predicen que, si el hielo llegase a desaparecer al final del verano, las zonas desérticas emigrarían hacia el norte, provocando condiciones aún más secas que las actuales del sudoeste de los Estados Unidos, del sudeste de Europa y de Oriente medio. Según un estudio publicado el año pasado por Julienne Stroeve y sus colaboradores, del Centro de Información Nacional sobre la Nieve y el Hielo, el hielo del Ártico ha disminuido en los últimos 15 años más deprisa de lo que predicen los modelos. La desertización de las latitudes medias podría producirse antes del 2050, es decir, 20 a 40 años antes de lo previsto.