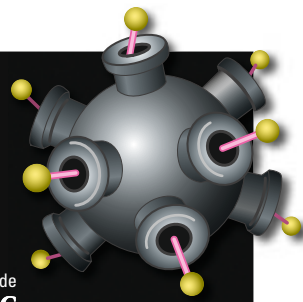


ABRIL 2009

INVESTIGACION Y CIENCIA

Edición española de
SCIENTIFIC
AMERICAN



GEOLOGIA

Megaterremotos
en Cachemira

FISICA

Materiales con propiedades
magnéticas insólitas

MEDIOAMBIENTE

¿Resulta contaminante
nuestra alimentación?

MEDICINA

Nanofármacos para
vencer el cáncer

www.investigacionyciencia.es

SINGULARIDADES DESNUDAS

Aunque afines a los agujeros negros,
serían todavía más extrañas

6,00 EUROS



9 770210 136004

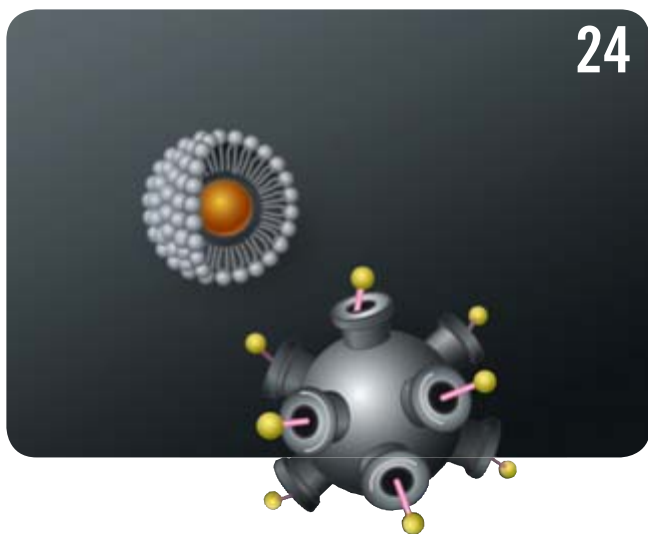
SUMARIO

Abril de 2009/Número 391



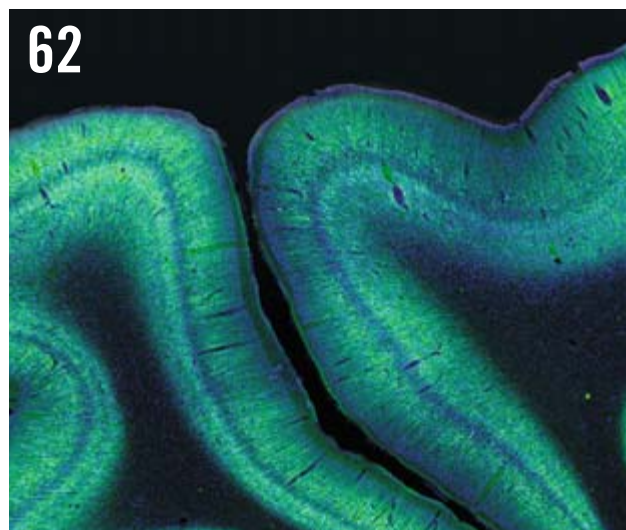
32

Con un pequeño pero constante empuje, los cohetes de plasma pueden llegar más lejos en menos tiempo.



24

La nanotecnología reduce la dosis de fármaco necesaria para el tratamiento.



62

La única forma de que la corteza cerebral encaje en la caja craneana es plegándose.

ARTICULOS

FISICA

16 Singularidades desnudas

Pankaj S. Joshi

Afín a un agujero negro es la inquietante singularidad desnuda. Los físicos habían creído —confiado más bien— en que tal tipo de singularidad no podía existir. Ya no están tan seguros.

MEDICINA

24 Nanomedicina contra el cáncer

James R. Heath, Mark E. Davis y Leroy Hood

Si asociamos el organismo humano a un sistema de redes moleculares, los médicos podrían abordar con técnicas nanométricas los puntos conflictivos del cáncer o de otras patologías.

INGENIERIA

32 Cohetes eléctricos

Edgar Y. Choueiri

Eficientes motores de plasma eléctrico impulsan la nueva generación de sondas espaciales hacia el sistema solar exterior.

MATERIALES

53 Líquidos y hielos de espín

Rafik Ballou y Claudine Lacroix

En ciertas redes cristalinas, las energías de interacción entre imanes atómicos o moleculares no pueden ser todas mínimas a la vez. Esta “frustración” origina propiedades insólitas, que los físicos tratan de comprobar en materiales reales. Con algunos éxitos.

NEUROCIENCIA

62 Morfología del cerebro

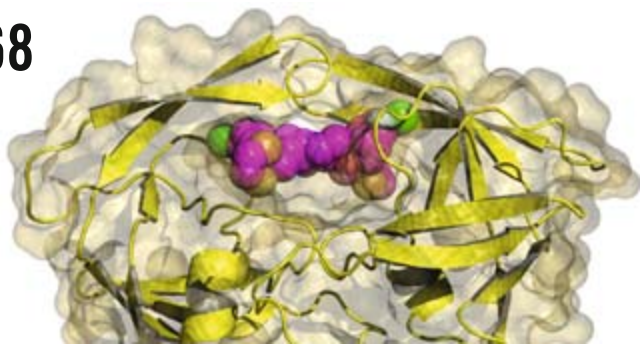
Claus C. Hilgetag y Helen Barbas

Poco a poco comienzan a conocerse los pormenores de la formación de las circunvoluciones cerebrales. Al ahondar en esa línea de investigación, esperan los clínicos, podrá mejorarse el diagnóstico y el tratamiento del autismo, la esquizofrenia y otros trastornos mentales.



No siempre tendría que existir el horizonte que aísla del resto del universo al interior de los agujeros negros.

68



Buena parte de la exquisita precisión con que operan las proteínas se debe a su plasticidad.

BIOQUIMICA

68 El movimiento de las proteínas

Oscar Millet

La espectroscopía de RMN arroja luz sobre la compleja dinámica de las proteínas. Revela una estrecha relación entre la flexibilidad molecular y la función biológica.

MEDIOAMBIENTE

76 Alimentación y efecto invernadero

Nathan Fiala

La producción de carne de vacuno para consumo humano acarrea unos costes ambientales sorprendentes: la liberación de cantidades ingentes de gases de invernadero.

GEOLOGIA E HISTORIA

80 Megaterremoto en el Valle de Cachemira

Susan Hough, Roger Bilham e Ismail Bhat

Las magnitudes que se atribuyen a seísmos del pasado presagian grandes sacudidas en este idílico valle.

80



Las crónicas enseñan acerca de pasados y futuros terremotos en Cachemira.

SECCIONES

4 HACE...

50, 100 y 150 años.

5 PUESTA AL DIA

Vencer la rabia canina...

Bioterrorismo en 2013...

Efectos religiosos...

Riesgo de nuevos tsunamis.

6 APUNTES

Biología... Planetas...

Astronomía... Física... Océanos.

8 CIENCIA Y SOCIEDAD

40 DE CERCA

Reproducción sexual en el olivo,

por *J. de D. Alché, J. D. Rejón,*

C. Suárez y M. I. Rodríguez

42 PERFILES

George Sugihara: el caos y la

pesca del día, por *Paul Raeburn*

44 DESARROLLO SOSTENIBLE

La transformación de la industria automovilística, por *Jeffrey D. Sachs*

88 JUEGOS MATEMATICOS

Sombreros e infinitos, por *Agustín Rayo*

90 CURIOSIDADES DE LA FISICA

Recibido y oído, por *Jean-Michel Courty* y *Édouard Kierlik*

92 IDEAS APLICADAS

Ascensores, por *Mark Fischetti*

94 LIBROS

Evo-Devo. Praxis científica.

INVESTIGACION Y CIENCIA

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

PRODUCCIÓN M.^a 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.^a
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 Peter Brown, Davide Castelvecchi, Graham P. Collins,
Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer,
George Musser, Christine Soares y Kate Wong
CONTRIBUTING EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown,
W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson,
Michelle Press, Michael Shermer, Sarah Simpson
MANAGING EDITOR, ONLINE Ivan Oransky
ART DIRECTOR Edward Bell
PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

PRESIDENT Steven Yee
VICE PRESIDENT Frances Newburg
VICE PRESIDENT, FINANCE, AND GENERAL MANAGER Michael Florek
MANAGING DIRECTOR, INTERNATIONAL Kevin Hause

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.^a - 08021 Barcelona

PUBLICIDAD

Teresa Martí Marco

Muntaner, 339 pral. 1.^a 08021 Barcelona
Tel. 934 143 344 - Móvil 653 340 243
publicidad@investigacionyciencia.es

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

M.^a Rosa Zapatero Osorio: *Singularidades desnudas*; J. Vilardell: *Cohetes eléctricos, Hace..., Ideas aplicadas y Curiosidades de la física*; Angel Garcimartín: *Perfiles*; Luis Bou: *Líquidos y hielos de espín, Morfología del cerebro y Puesta al día*; Marián Beltrán: *Alimentación y efecto invernadero y Desarrollo sostenible*; Sònia Ambròs i Albesa: *Megaterremoto en el Valle de Cachemira*; Bruno Moreno: *Apuntes de Ciencia y sociedad*



Portada: Kenn Brown, Mondolithic Studios

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a
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 © 2009 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2009 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a 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 Printer Industria Gráfica Ctra. N-II, km 600 - 08620 Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España



Recopilación de Daniel C. Schlenoff

...cincuenta años

¿Planeta o fugitivo? «En su breve relación con Plutón, los astrónomos han comenzado a dudar de que se trate de un planeta genuino. Su excéntrica órbita está considerablemente inclinada respecto al plano de la eclíptica, en el que yacen las órbitas de los demás planetas. Incluso durante su máximo acercamiento a nuestra zona del sistema solar, no se muestra más luminoso que Tritón, uno de los dos satélites de Neptuno, lo que sugiere que no es mayor que él. Se sospecha que Plutón sea un vástago ilegítimo de Neptuno, un satélite que se habría escapado, tal como lo hicieron hace poco dos satélites de factura humana, para recorrer su propia órbita alrededor del Sol. —Owen Gingerich»

El agujero más hondo. «La corteza terrestre es una capa relativamente fina que se extiende por encima del interior del planeta. Su espesor medio es de unos dieciséis kilómetros, sólo una cuadringentésima parte del radio de la Tierra. Bajo la corteza se halla el manto, del que se ignoran detalles importantes de su composición y naturaleza. Esas características pueden determinarse sólo por examen directo. En el límite entre la corteza y el manto se encuentra la discontinuidad de Mohorovicic, conocida por los geólogos como el Moho. Para conseguir una muestra del manto, hay que abrir un orificio a través del Moho: un Mohole. —William Bascom»

[NOTAS: "Hole" significa "agujero" en inglés, de ahí el juego de palabras en "Mohole". Los trabajos de perforación del Mohole se abandonaron en 1966.]

...cien años

Un dinero más liviano. «Experimentos de abrasión llevados a cabo en la Casa de la Moneda de Francia demostraron que las monedas de aluminio se desgastan menos por el uso

que las de oro, plata e incluso que las de bronce. Otra ventaja del metal es su poquísimos peso: es cuatro veces más ligero que la plata. Por ello, las monedas de aluminio podrían transportarse en grandes cantidades sin dificultad. Se estima en 56 millones de francos el circulante nominal total en piezas de 5 y de 10 céntimos. Se ha propuesto sustituir unos 50 millones de francos de ese total por monedas de aluminio de la misma denominación. Para ello harán falta unas 2000 toneladas de aluminio en primordios de troquel a 97 céntimos el kilo.»

Reconocimiento de voz. «Objeto de una invención ha sido una cerradura de seguridad dotada de un mecanismo fonográfico que abre sólo la voz del propietario. En la puerta hay un micrófono como el de un teléfono ocupando el lugar del pomo, provisto de la aguja habitual, la cual recorre un surco del registro sonoro del cilindro del fonógrafo. Para destrabarse la cerradura, quien hizo la grabación original debe pronunciar ante el cilindro la contraseña. No se informa de lo que ocurriría si el dueño se presentara en la oficina con un fuerte catarro.»

...ciento cincuenta años

Hablando de aluminio. «Hace sólo unos pocos años este preciado metal era poco corriente y caro, a causa sobre todo de las dificultades para reducirlo desde su óxido. Hace unos tres años, su valor de mercado no bajaba de los 635 dólares el kilogramo. En una remota región del mundo (la costa occidental de Groenlandia) se han descubierto grandes cantidades de un mineral de aluminio, de nombre criolita, del que puede extraerse el metal a un precio reducido; el señor Gerhard ha levantado recientemente una factoría en Batterssea (Inglaterra) para ese propósito. Ya ha vendido el metal a unos 35 dólares el kilo. El aluminio es el más ligero de todos los metales, cualidad que lo hace recomendable para acuñar unas monedas que replacen a las de valores inferiores.»

Agencia de patentes. «La Oficina de Patentes de Estados Unidos, ubicada en Washington, constituye el almacén y el monumento al ingenio de nuestros conciudadanos. A causa del valor de muchos de los inventos para los que se solicitan patente y la importante necesidad de que la documentación sea cuidadosamente preparada, ha surgido una profesión, cuyos miembros suelen designarse como "oficiales de patentes" o "procuradores de patentes"; han llegado a hacerse tan necesarios para las gestiones ante la Oficina de Patentes como lo son los abogados ante los tribunales de justicia. Hacemos constar aquí, por lo que a nosotros atañe, que nadie se atreverá a negar que, desde 1846, el Departamento para la Agencia de Patentes de *Scientific American* ha examinado lo novedoso de más invenciones que cualesquiera otros agentes de patentes actualmente radicados en el país. Ofrecemos a nuestros lectores una ilustración con una vista del interior de la oficina de *Scientific American* y su agencia de patentes en Nueva York.»



Agencia de patentes de SCIENTIFIC AMERICAN, Nueva York, 1859.

¿Qué ha sido de ...?

Recopilación de Philip Yam

Vencer la rabia canina

Jeanna Giese se convirtió en 2004 en la primera persona en sobrevivir a una infección de rabia sin haberse vacunado. Rodney E. Willoughby, Jr., del Hospital de Wisconsin, la salvó mediante la inducción de un coma y la inyección de antiviricos [véase "¿Se puede curar la rabia?"; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, junio 2007]. En otoño de



2. VENCER LA RABIA: Jeanna Giese tras su recuperación.

2008, este "protocolo de Milwaukee" pudo haber ayudado a una niña colombiana de 8 años y un adolescente brasileño a superar su terrible suerte.

La niña empezó a recuperarse mientras permanecía en coma; sin embargo, antes de despertarse, murió de una neumonía, sin relación con la rabia según sus médicos. El chico se está recuperando, pero no está del todo claro que ello se deba al protocolo, pues había seguido parte de un tratamiento antirrábico antes de presentar síntomas. (Otras cinco personas se han recuperado después de un tal tratamiento parcial.) Aunque los dos casos puedan suponer noticias positivas para el protocolo de Milwaukee, la investigación al respecto resulta controvertida y compleja. Hasta ahora, el único éxito claro es el caso de Giese.

Bioterrorismo en 2013

El temor a la liberación de patógenos mortales con la función de armas de destrucción masiva ha ido *in crescendo* desde los ataques del 11 de septiembre y los envíos postales de carbunco [véase "Armas biológicas"; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, febrero 1997]. Tal riesgo es más probable que una detonación atómica, según una comisión del Congreso estadounidense, que en su informe del 2 de diciembre de 2008 afirma que es verosímil que hacia 2013 se produzca algún incidente de bioterrorismo. La suma de esfuerzos para poner los patógenos a buen seguro y para orientar a los expertos en armas biológicas hacia actividades más pacíficas funcionó en el pasado, pero tales programas deben reforzarse y ampliarse, declara la comisión.

Efectos religiosos

El genoma humano da testimonio de una historia de migraciones ancestrales [véase "Huellas de un pasado lejano"; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, septiembre 2008]. Refleja también los efectos de la religión y las persecuciones. Se han estudiado los genes de 1140 varones de la península Ibérica; en concreto, su cromosoma Y, que cambia poco de padre a hijo. Los investigadores (entre los que se cuentan varios españoles) descubrieron que el 19,8 por ciento de la población ibérica moderna tiene



3. LA EXPULSION y conversión de los judíos asoma en los genes ibéricos.

Riesgo de nuevos tsunamis

Tras el devastador tsunami del Indico en 2004, los científicos se lanzaron a investigar sus causas y la posibilidad de que se produjese otra marea mortífera [véase "El tsunami del Indico"; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, marzo 2006]. Se descubrió que el tsunami había sido consecuencia de un terremoto de magnitud 9,2 con epicentro frente a las costas occidentales de Sumatra, en concreto, en la zona de subducción de Sunda, donde una placa tectónica se está introduciendo por debajo de otra. Los sismólogos conjeturaron que dos fuertes terremotos acontecidos allí en 2007 podrían haber liberado la energía acumulada, lo que evitaría un nuevo terremoto de gran magnitud.

Desdichadamente, hay malas noticias, llegadas del Instituto de Tecnología de California y de otras instituciones. Para evaluar cuánta fue el área fragmentada, en comparación con actividad pasada, se analizaron datos obtenidos por radar desde satélites y de estaciones GPS; se estudiaron también los patrones de crecimiento de arrecifes de coral y otros registros geológicos. Al parecer, los acontecimientos de 2007 liberaron sólo una cuarta parte de la energía mecánica atrapada allí. Los equipos investigadores informaron recientemente que podría producirse en cualquier momento otro terremoto que desencadene un nuevo tsunami.

—Charles Q. Choi

1. RUINAS del tsunami en Banda Aceh, Indonesia.



antepasados judíos sefarditas. Ello refleja, probablemente, las purgas de las postrimerías del siglo xv y la conversión de judíos al cristianismo. El 10,6 por ciento tiene ancestros morunos, resultado, probablemente, de la conquista de la Península a partir de 711 d.C. Estos descubrimientos han sido publicados en el número de 12 de diciembre de *American Journal of Human Genetics*.

BIOLOGIA

Mosquitos y virus

¿Por qué los mosquitos pueden ser portadores de virus mortales, como el virus del Nilo Occidental y el dengue, sin sucumbir a ellos? La teoría más aceptada hasta ahora mantenía que los virus y los mosquitos evolucionaron para vivir en armonía. Sin embargo, se ha encontrado que lo cierto es precisamente lo contrario. Al infectar mosquitos con un virus de prueba, se vio que el sistema inmunitario de los insectos fragmentaba el material genético del patógeno; el animal se libraba. En cambio, cuando los mosquitos quedaban expuestos a una versión del virus, genéticamente modificado, que bloqueaba el mecanismo de fragmentación del material genético, los insectos no podían atacar el invasor y perecían a una velocidad más de cuatro veces mayor. Este descubrimiento podría conducir al descubrimiento de antivirales que imiten los trucos antivirus de los mosquitos.



VECTOR VIRICO: El sistema inmunitario de los mosquitos mantiene a raya a los virus letales.

—Susannah F. Locke

PLANETAS

Dióxido de carbono exoplanetario

El Telescopio Espacial Hubble ha descubierto dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera de un planeta allende nuestro sistema solar. Se trata de HD 189733b, que tiene aproximadamente la masa de Júpiter y se encuentra a 63 años luz de distancia. Se ha determinado la composición de su atmósfera comparando el espectro luminoso procedente de la estrella con el espectro de la estrella y el planeta combinados. Además del CO_2 , los datos revelan la presencia de monóxido de carbono; estudios anteriores habían señalado la de vapor de agua y metano. Aunque HD 189733b, cuya órbita está muy cerca de su estrella, es demasiado caluroso y gaseoso para la vida tal como la conocemos, este descubrimiento muestra que existen técnicas para encontrar marcadores de vida en otros mundos.

—John Matson

ASTRONOMIA

Éxito en el seguimiento de asteroides

Se ha seguido por primera vez la trayectoria de un pequeño asteroide (de unos metros de tamaño) antes de que colisionara con la Tierra. Un telescopio, cercano a Tucson, que participa en el *Catalina Sky Survey* (Estudio del Cielo Catalina), dedicado a la localización de objetos próximos a la Tierra que puedan llegar a chocar con ella. El 6 de octubre detectó el objeto, bautizado 2008 TC3. Se predijo, correctamente, que la roca espacial entraría en la atmósfera a 12,8 kilómetros por segundo sobre el norte de Sudán a las 5:46 de la mañana (hora local) del día siguiente y que liberaría un kilotón de energía. Objetos de este tamaño impactan contra la Tierra una vez cada pocos meses.

—Philip Yam



DATOS

Vidas truncadas

Los elefantes de zoológico tienen vidas mucho más cortas que sus congéneres salvajes, según datos correspondientes a unos 4500 elefantes de zoológicos europeos y de refugios de fauna salvaje. Además, la mortalidad infantil es más alta en los animales en cautividad, especialmente entre los paquidermos asiáticos, lo cual sugiere que hay algún factor que aumenta el riesgo durante la gestación y la primera infancia para los animales nacidos en cautividad. Sin embargo, es posible que estos datos no reflejen las prácticas más recientes de los parques zoológicos, que se preocupan mucho más del bienestar de los animales.

Esperanza de vida, en años:

	En los zoológicos	En libertad
Elefantes africanos:	16,9	56
Elefantes asiáticos:	18,9	41,7

Porcentaje de crías nacidas en embarazos primerizos que no sobreviven a su primer año de vida:

	En los zoológicos	En libertad
Elefantes africanos:	25,9	18,7
Elefantes asiáticos:	58,3	17,4

FUENTE: Science, 12 de diciembre de 2008

FISICA

Nuevo tipo de termómetro

Para los físicos, medir la temperatura es mucho más que mirar una columna de mercurio. Les gustaría definirla en términos de una constante física, al igual que la longitud se describe con respecto a la velocidad de la luz (un metro es la distancia que recorre la luz en el vacío absoluto en 1/299.792.458 segundo). Actualmente, la unidad básica de temperatura, el grado kelvin, se define, de forma un tanto tosca, como 1/273,16 de la diferencia entre el cero absoluto y el punto triple del agua, es decir, el punto en el que las fases sólida, líquida y gaseosa pueden coexistir a una cierta presión. Un grado kelvin abarca el mismo intervalo que un grado centígrado.

Ahora, se ha inventado un termómetro electrónico que vincula directamente la temperatura con un número fundamental, la constante de Boltzmann, relacionada con la energía cinética de las moléculas. Se basa en que el cambio de la conductancia eléctrica en

una batería de uniones túnel (finas capas aislantes colocadas entre electrodos) es directamente proporcional a la constante de Boltzmann multiplicada por la temperatura.

Aunque la termometría por bloqueo de Coulomb, como se denomina esta técnica, se utiliza ya en algunos dispositivos especializados, las fluctuaciones en las propiedades electrónicas de las versiones existentes hacen que sean poco fiables a temperaturas muy bajas. El nuevo termómetro, creado en la Universidad Tecnológica de Helsinki, llega hasta los 150 milésimas de grado kelvin. Además, afirman que puede producirse en serie con métodos ordinarios de fabricación de semiconductores.

—Charles Q. Choi



MARTE

Glaciares bajo la superficie

En Marte hay enormes glaciares bajo finas capas de residuos corticales, según el radar de la Sonda Orbital de Reconocimiento de Marte, que traspasa la superficie planetaria. Como las condicio-

nes actuales del Planeta Rojo en las zonas analizadas, entre 30 y 60 grados de latitud sur, no son las adecuadas para la formación de hielo, los glaciares probablemente se crearon en un pasado remoto, cuando

las características climáticas de Marte eran diferentes. La capa de residuos protegió el hielo e impidió que se sublimase y convirtiera en vapor de agua. Estas formaciones de hielo podrían constituir la mayor reserva de agua de Marte fuera de sus áreas polares.

—John Matson

OCEANOS

Baño de ácido

Una consecuencia de que la atmósfera contenga altas proporciones de dióxido de carbono (CO₂) es la acidificación del agua. Los océanos absorben este gas de efecto invernadero. Captan alrededor de un tercio del dióxido de carbono liberado en la atmósfera por la actividad humana. Cuando el CO₂ se disuelve en el agua, forma ácido carbónico, la misma sustancia de las bebidas con gas. Nuevas investigaciones apuntan a que el agua del mar podría estar aumentando su acidez más rápidamente de lo que habían predicho los modelos del cambio climático.

El grupo encabezado por J. Timothy Wootton, de la Universidad de Chicago, empleó ocho años en recopilar medidas de la acidez, salinidad, temperatura y otras características de la isla Tatoosh, frente a la punta noroeste del estado de Washington. Encontraron que la acidez media aumentó a un ritmo décuple del predicho por las simulaciones climáticas.

Un agua con altos niveles de acidez puede causar graves daños a la fauna marina. Disuelve el carbonato cálcico de las conchas y de los arrecifes de coral. Wootton y su equipo han descubierto que el equilibrio de los ecosistemas había cambiado: las poblaciones de animales con conchas grandes, como los mejillones y los per-

cebes, se redujeron, mientras que las especies con conchas más pequeñas y las algas no calcáreas (especies que carecen de esqueletos basados en el calcio) se hicieron más abundantes.

Wootton señala que los cambios que percibió su equipo estaban vinculados a los crecientes niveles de CO₂ atmosférico, pero reconoce que este gas podría no ser el causante principal del aumento de la acidez. En efecto, la acidificación observada por los investigadores podría obedecer a una emanación cercana de aguas oceánicas profundas cargadas de carbono, de manera que los resultados podrían no ser aplicables a la totalidad de los océanos. En cualquier caso, los niveles de acidez parecen estar aumentando en toda la costa del Pacífico de los Estados Unidos y en la costa de los Países Bajos, afirma Wootton, "en concordancia con las pautas que hemos encontrado".

—Charles Q. Choi

LOS CORALES y otras especies marinas ricas en carbonato cálcico llevan las de perder a medida que aumenta la acidez de los mares.



El genoma del mamut

Se ha secuenciado la mitad del genoma del mamut lanudo

U nos 10.000 años después de que el último mamut lanudo trotara por la tundra, se ha secuenciado la mitad de su genoma nuclear. Hasta ahora sólo se habían leído pequeños fragmentos del ADN de estos animales de la edad de Hielo. Nunca antes se había recuperado un porcentaje tan alto del material genético de un organismo extinto. Este logro no sólo nos proporciona información sobre la historia evolutiva del mamut, sino que además constituye un paso hacia el sueño de resucitar una especie desaparecida hace largo tiempo.

Un grupo de investigadores dirigido por Webb Miller y Stephan C. Schuster, de la Universidad estatal de Pennsylvania, extrajo ADN del pelo de dos ejemplares de mamut lanudo siberiano y lo introdujo en una máquina que realiza una secuenciación “de alta productividad”. Antes, la mayor cantidad de ADN tomada de una especie extinta estaba formada por 13 millones de pares de bases, ni siquiera un 1 por ciento del genoma. El equipo afirma que ha obtenido más de tres mil millones de pares de bases.

Aunque la interpretación de la secuencia está aún en sus comienzos, los resultados han descartado ya una atribución muy arraigada sobre el pasado del proboscideo. Créase que el mamut lanudo era la última de una sucesión de especies en la que cada una engendraba a la siguiente y en cada momento no había más que una especie. En cambio, el ADN nuclear de los dos ejemplares de mamut cuyo genoma se ha leído era muy diferente en cada espécimen. Parecen pertenecer a poblaciones que se separaron entre 1,5 y 2 millones de años antes de nuestra era. Ese hallazgo confirma los resultados de un estudio reciente de la secuencia de ADN de los orgánulos productores de energía de la célula, el ADN mitocondrial. Y daba a

entender que hubo a la vez diversas especies de mamut lanudo. Según Ross D. E. MacPhee, del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, parece que se produjo una especiación que en el registro fósil había estado pasando inadvertida.

Hasta el momento, del genoma del mamut se conocen fragmentos inconexos, aún por ensamblar. Los expertos se hallan a la espera de que acabe la secuenciación del genoma del elefante de la sabana africana, un primo del mamut lanudo, que valdrá de guía para reconstruir el genoma del animal extinto.



El mamut lanudo y muchos otros grandes mamíferos se extinguieron hace 10.000 años por razones que aún se desconocen.

Armados con los genomas completos del mamut y de su pariente vivo más cercano, el elefante asiático, algún día se podrá quizá revivir al mamut. Schuster afirma que hasta hace un año revivir la especie le habría parecido una pura fantasía; pero tras este logro en la determinación de la secuencia piensa que, al menos en teoría, podría modificarse el ADN de un óvulo de elefante para que correspondiese al del mamut mediante las sustituciones apropiadas en el código genético. Basándose en comparaciones iniciales del ADN del mamut y del elefante, calcula que unos 400.000 cambios darían lugar a un animal con el aspecto de un mamut; para conseguir una repro-

ducción perfecta, se necesitarían varios millones de cambios.

La reciente clonación de ratones congelados no es aplicable al mamut lanudo. Los ratones son pequeños y se congelan rápidamente; un mamut, en cambio, tardaría varios días en congelarse, lapso en el que quizás el ADN se degradase demasiado para que hoy se pudiera efectuar la clonación.

A más corto plazo, se espera descubrir cómo se adaptó el mamut lanudo a su gélido mundo y qué factores promovieron su desaparición. Estudiando los genomas de numerosos ejemplares de mamut pertenecientes a períodos diferentes, se podrá describir la reducción de su diversidad genética a medida que la especie se fue extinguiendo. La desaparición del mamut y otras especies podría enseñarnos lecciones que ayuden a la conservación de animales modernos en peligro de extinción.

Actualmente, el equipo está determinando la secuencia del ADN de un tigre de Tasmania o tilacín, un marsupial australiano que se extinguió en 1936, probablemente como resultado de una infección. Quieren comparar su ADN con el de su pariente cercano, el demonio de Tasmania, que actualmente está amenazado por un devastador cáncer facial.

“Esperamos llegar a saber por qué una especie se extinguió y la otra no, y después utilizar ese conocimiento en nuestros esfuerzos por conservar especies en peligro”, afirma Miller. Si la investigación descubriese genes asociados a la supervivencia, cabría desarrollar un programa de cría del demonio de Tasmania que maximizase la diversidad genética de la población y aumentara la frecuencia de los genes que confieren inmunidad. La mayor esperanza que suscita ADN antiguo no es, pues, resucitar lo extinto, sino preservar a los vivos.

Kate Wong

Ser mujer en El Argar

El estudio de los ajuares funerarios arroja luz sobre la dimensión social de la identidad femenina en la cultura argárica

Con la expresión “cultura argárica” nos referimos a un conjunto de comunidades prehistóricas que vivieron en el sudeste de la península Ibérica durante la Edad del Bronce (aproximadamente entre 2250 y 1450 a.C., en fechas calibradas).

Fueron los hermanos Enrique y Luis Siret, dos ingenieros belgas de minas, quienes, a finales del siglo XIX, dieron ese nombre a los restos arqueológicos hallados durante sus prospecciones en la zona. Desde entonces, esta cultura prehistórica ha sido una de las más atendidas por la investigación arqueológica peninsular. Conocemos ya aspectos muy dispares de las comunidades argáricas: lugares de habitación, artefactos empleados y ritos funerarios.

Aunque con excepciones, los poblados argáricos se ubicaban en montículos o elevaciones de fácil defensa, en cuyas laderas se emplazaban las viviendas. Enterraban a los muertos en el subsuelo del hogar (en cistas, fosas, urnas cerámicas y covachas excavadas en la roca). Los lugares de vida y muerte confluían así en un mismo espacio. Los enterramientos suelen corresponder a inhumaciones individuales, aunque se han hallado también tumbas dobles y, con menor frecuencia, triples y cuádruples.

Muchas de estas tumbas contenían ajuares funerarios, muy variados en cuanto a la cantidad y a la calidad de los objetos. Encontramos adornos metálicos, óseos y líticos, vasos cerámicos, espadas y alabardas metálicas, y utensilios, en general de manufactura metálica, empleados en actividades productivas diversas. Aunque la mayoría de los elementos se depositaron de forma indistinta en tumbas masculinas y femeninas, unos pocos aparecen asociados de manera exclusiva a uno u otro sexo.

La investigación sobre El Argar se ha centrado en la enorme disparidad de los ajuares funerarios para proponer una fuerte estratificación en las clases sociales: elites guerreras en la cúspide de la pirámide social y grupos de esclavos o siervos en el escalafón más bajo.

Nuevos análisis del registro funerario han ahondado en las dimensiones sociales de las diferencias de género, edad e

identidad en el núcleo de las comunidades argáricas. A partir del estudio de los ajuares funerarios, se ha propuesto la adscripción de distintos tipos de identidad a hombres y mujeres argáricos, bajo la premisa de que los objetos elegidos para enterrar a los muertos guardaban relación con la percepción social que se tenía de ellos en vida y con su identidad social.

En concreto, se ha indagado sobre la asociación reiterada, independiente de la posición social, que existe entre las tumbas de mujeres y los punzones (fenómeno ya apuntado desde las primeras investigaciones argáricas). Los punzones constituyen la única herramienta de adscripción sexual exclusiva que aparece a lo largo de todo el período argárico; se documenta también en tumbas infantiles, probablemente de niñas, y aparece con cierta frecuencia en contextos no funerarios.

Resulta llamativo que la aparición en el registro funerario de estos utensilios

atravesase todas las circunstancias sociales menos el género. Quizás esta presencia recurrente guarda relación con las actividades que llevaron a cabo las mujeres argáricas. Aunque desconocemos el uso exacto que recibieron los punzones argáricos, los datos textuales y etnográficos sitúan estos utensilios en el desarrollo de una serie de “actividades de mantenimiento”.

Las actividades de mantenimiento corresponden a prácticas cotidianas recurrentes, que regulan y estabilizan el ciclo de la vida diaria en una comunidad y posibilitan la continuidad de ésta en el tiempo. Relacionadas sobre todo con el cuidado de los miembros del grupo, las actividades culinarias, textiles, higiénicas y sanitarias, la socialización de niños y niñas, así como la organización y acondicionamiento de los espacios relacionados requieren todas ellas el desarrollo de redes sociales. Quienes desempeñan ese tipo de actividades suelen



1. Los punzones constituyeron una herramienta de adscripción sexual exclusiva durante el período argárico. Las mujeres utilizaban el punzón para expresar simbólicamente su identidad. El de la imagen procede de El Rincón de Almendricos.



2. Ajuar funerario (izquierda) y cráneo con diadema (derecha) de la cultura argárica.

construir su identidad personal a partir de la relación con los otros miembros de la comunidad. Es, por tanto, el carácter relacional lo que constituye la identidad personal.

Creemos que la presencia de los punzones en los ajuares argáricos guarda relación con la necesidad simbólica de denotar en el ritual funerario una identidad femenina transversal y relacional. Una identidad basada en la práctica de las actividades de mantenimiento, que habrían llevado a cabo, si no todas, buena parte de las mujeres argáricas. Así, la cultura material integrada en las prácticas de mantenimiento cotidianas operaría a modo de significante simbólico de

la identidad femenina en el ritual funerario. Los punzones se convertirían en un nexo de unión que denotaría continuidad en varios ámbitos: continuidad cronológica durante todo el período agárico, continuidad a lo largo y ancho de la escala social, y continuidad entre el contexto doméstico de la vida y el de la muerte.

Por descontado, la hipótesis anterior no implica que las mujeres argáricas integrasen un conglomerado social monolítico. Debieron de existir adscripciones sociales diversas, como se desprende de las diferencias en la calidad y cantidad de los ajuares funerarios femeninos: se infiere también de la manufactura de los

punzones en plata y hueso. Las mujeres argáricas habrían escogido los punzones para representar de forma simbólica una de estas adscripciones sociales. Ello refleja la visión que tenían de sí mismas en el contexto que les tocó vivir; una manera de concebirse forjada a partir de las actividades desempeñadas y, por tanto, dominada por las relaciones con los otros, la recurrencia en el tiempo y la vinculación a los espacios fijos.

Sandra Montón Subías

Profesora de investigación ICREA

Depto. de Humanidades

Universidad Pompeu Fabra

Barcelona

Calorías y cáncer

Una dieta hipocalórica protege de la carcinogénesis ambiental

El envejecimiento se caracteriza por un deterioro tisular y orgánico, consecuencia de la disfunción de las enzimas que regulan el metabolismo. Amén de los cambios externos, se producen durante el envejecimiento otras alteraciones profundas con consecuencias más graves: trastornos neurológicos, enfermedades neurodegenerativas, hipotonía, sordera e incremento de la incidencia del cáncer.

A principios del siglo pasado, Peyton Rous, del Instituto Rockefeller de Investigación Médica en Nueva York, demostró que una dieta equilibrada y baja en calorías ejercía en los animales de expe-

perimentación una influencia positiva en la prevención del cáncer inducido. La dieta hipocalórica opera también una influencia positiva sobre el envejecimiento: alarga la vida en alrededor de un 30 por ciento. Los estudios sobre los efectos de la restricción calórica se han centrado sobre todo en el aumento de la longevidad, la disminución de la acción de la insulina y el aumento de la protección contra la carcinogénesis espontánea e inducida (ambiental).

Uno de los aspectos asociados a la carcinogénesis corresponde al estrés oxidativo: la producción excesiva de espe-

cies reactivas del oxígeno. La generación de estas moléculas tóxicas responde a numerosas causas: entre otras, la sobrealimentación y la exposición a ciertos agentes químicos y ambientales. El organismo dispone de mecanismos protectores (enzimas antioxidantes o detoxificantes), que eliminan o previenen la formación de especies reactivas del oxígeno.

Ante la presencia de un agente causante de estrés, las células responden mediante la activación de una ruta de protección iniciada por el factor Nrf-2. Este péptido corresponde a un factor de transcripción: se une a una secuencia específica de nucleótidos de ciertos genes que codifican enzimas antioxidantes. Denominamos a esa secuencia “elemento de respuesta antioxidante” (ARE). La activación de los genes que contienen la secuencia aumenta la capacidad de protección antioxidante del organismo.

El factor Nrf-2 se activa mediante la restricción calórica y compuestos que, como el resveratrol, remedian los efectos de una dieta hipocalórica. La dieta baja en calorías y sus miméticos aumentan, pues, las defensas antioxidantes del organismo. El factor Nrf-2 es activado también por carcinógenos como la radiación ultravioleta de bajo nivel. Ello respalda la importancia de esta molécula en la protección contra la carcinogénesis.

Una de las enzimas cuyo gen contiene la secuencia ARE (y responde, por



Ejemplares machos de ratones en los que se ha silenciado *Nrf-2*.