

INVESTIGACION *y* CIENCIA

30
aniversario

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

El origen de la

vida



- Hacia una anestesia más segura
- De las partículas a la cosmología
- Telescopios de espejo líquido
- Lepidosaurios en movimiento



3

HACE...

50, 100 y 150 años.

4

APUNTES

Atmósfera...
Matemáticas...
Química...
Biofísica...
Botánica...
Psicología.

34

CIENCIA Y SOCIEDAD

Autoorganización
de la vegetación...
Comunicación celular.



38

DE CERCA

Biodiversidad en las salinas,
por Alicia Duró y Francisco Amat



8

Contaminación de las playas

Michel A. Mallin

El crecimiento urbanístico incontrolado a lo largo de las costas de Estados Unidos provoca un aumento de la contaminación por microorganismos patógenos.



26

Hacia una anestesia más segura

Beverley A. Orser

La investigación sobre la potencia y el riesgo de la anestesia general abre nuevas vías para el desarrollo de fármacos selectivos, más seguros y sin efectos secundarios.



40

De las partículas a la cosmología

David Kaiser

La historia de la cosmología de partículas, nueva rama de la física que intenta dilucidar los orígenes del universo, demuestra que la ciencia puede beneficiarse con los cambios de rumbo.

48

El dilema del viajero

Kaushik Basu

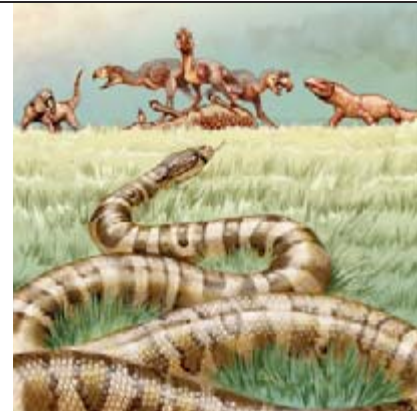
En este sencillo juego, los participantes rechazan sistemáticamente la opción tomada por racional, pero al actuar de forma ilógica acaban cosechando una remuneración mayor. Tal resultado exige un razonamiento formal de nuevo tipo.

55

Lepidosaurios en movimiento: de los lagartos a las serpientes

Sebastián Apesteguía

"Marinistas" y "terrestres" sostienen ideas diferentes acerca de la historia de las serpientes: ¿se originaron en el mar o en tierra? ¿En el Cretácico o en el Jurásico?

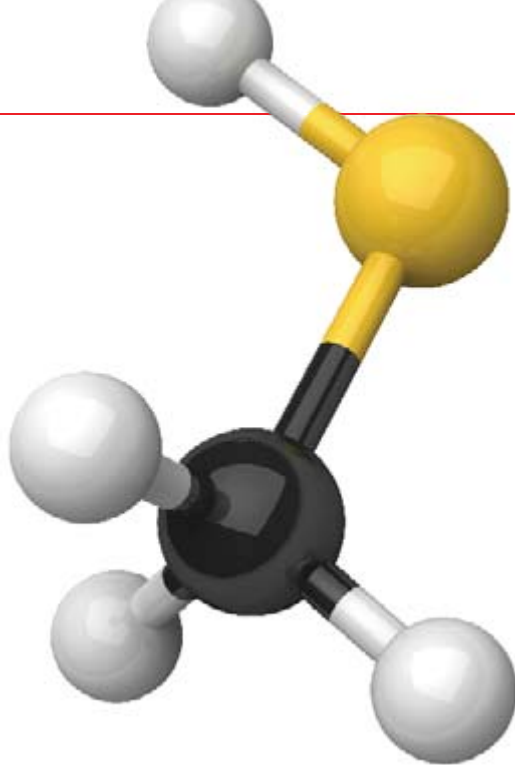


18

El origen de la vida

Robert Shapiro

La aparición repentina de una macromolécula autorreplicante como el ARN era extremadamente improbable. Los iniciadores de la vida habrían sido entramados de reacciones químicas impulsados por una fuente de energía.

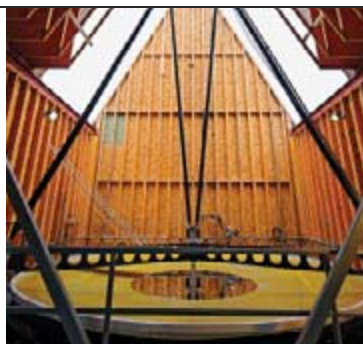


62

Telescopios de espejo líquido

Paul Hickson

Una vieja idea para captar imágenes astronómicas está renaciendo gracias a los avances técnicos.



70

Supresión de atascos en las redes de comunicaciones

Michelle Effros, Ralf Koetter y Muriel Médard

Un nuevo método de transmisión de datos, la "codificación de red", podría elevar mucho la eficiencia de las redes de comunicaciones. Su idea central es sumamente curiosa: el envío de indicios sobre los mensajes puede resultar más útil que enviar los propios mensajes.

78

Recuperación de la fauna pleistocénica

C. Josh Donlan

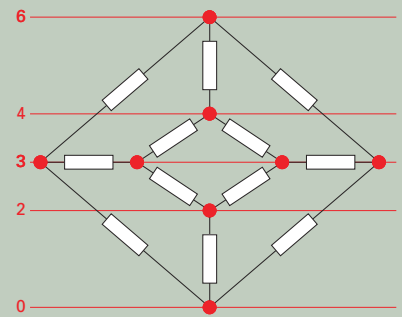
Un proyecto para la recuperación de animales que desaparecieron de Norteamérica hace 13.000 años ofrece un programa optimista para la conservación en el siglo XXI.



87

CURIOSIDADES DE LA FÍSICA

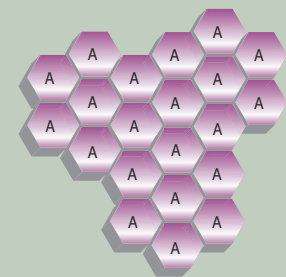
Juegos con resistencias,
por Norbert Treitz



90

JUEGOS MATEMÁTICOS

Móviles y vectores,
por Juan M.R. Parrondo



92

IDEAS APLICADAS

Reconocimiento de caracteres,
por Mark Fischetti



94

LIBROS

Renacimiento.



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 Telefax 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
SENIOR EDITOR Michelle Press
EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins,
Mark Fischetti, Steve Mirsky, George Musser
y Christine Soares
CONTRIBUTING EDITORS W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway,
Michael Shermer, Sarah Simpson
PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

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

DISTRIBUCION

para España:

LOGISTA, S. A.

Pol. Ind. Polvoranca
Trigo, 39, Edif. 2
28914 Leganés (Madrid)
Teléfono 914 819 800

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona

PUBLICIDAD

Madrid:

VdS Comunicación
Julia Domínguez
Dr. Fleming, 56 - 3.º dcha.
28036 Madrid
Tel. y fax 913 591 965
Móvil 649 879 433

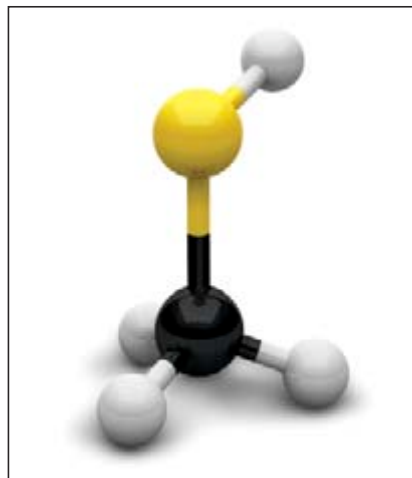
Cataluña:

QUERALTO COMUNICACION
Julián Queraltó
Sant Antoni M.^a Claret, 281 4.º 3.^a
08041 Barcelona
Tel. y fax 933 524 532
Móvil 629 555 703

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Bruno Moreno: *Apuntes*; Juan Manuel González Mañas: *El origen de la vida*; J. Vilardell: *Hacia una anestesia más segura, Hace..., Apuntes e Ideas aplicadas*; Ramón Pascual: *De las partículas a la cosmología*; Luis Bou: *El dilema del viajero, Supresión de atascos en las redes de comunicaciones*; Ramón García López: *Telescopios de espejo líquido*; Joandomènec Ros: *Recuperación de la fauna pleistocénica*; Jürgen Goicoechea: *Curiosidades de la física*



Portada: Ken Eward, BioGrafx

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 © 2007 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2007 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 Rotocayfo-Quebecor, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

...cincuenta años

DATOS SOBRE EL TRÁFICO. «Los accidentes de automóvil en EE.UU. son ahora el tema de una investigación a gran escala, cual si fueran una epidemia, y en verdad lo son. El Departamento del Ejército, la Asociación Médica Americana y otras organizaciones de primera importancia están estudiando los diversos aspectos del asunto, desde el diseño de las cabinas de peaje hasta la personalidad de los conductores de camión. Entre otros descubrimientos a destacar recordemos que los sedantes y los tranquilizantes embotan la destreza de los conductores y que los efectos peligrosos del alcohol pueden prolongarse hasta 18 horas tras la ingestión del mismo, por mucho café que se tome.»

RATONES ESTRESADOS. «No hay duda de que una vida masificada necesita de fármacos tranquilizantes, al menos en el caso de los ratones. Dos colaboradores de la facultad de medicina de la Universidad Johns Hopkins encerraron en botes varios grupos de ratones. A la mitad de los grupos les suministraron Miltown (un ansiolítico primitivo); a la otra mitad, nada. Al cabo de media hora, inyectaron a todos los grupos una dosis letal de anfetaminas. Al final del experimento, los ratones no tranquilizados habían muerto todos; los tranquilizados, en cambio, ni siquiera habían empezado a mostrar dificultades respiratorias.»

...cien años

EL VAPOR CORREO LUSITANIA. «En una prueba preliminar de velocidad, el nuevo trasatlántico de turbinas 'Lusitania', de Cunard Line, alcanzó fácilmente los 25 nudos, y ello pese a tener los fondos 'cubiertos de una gruesa capa del fango, químicamente saturado, del río Clyde'. Las características estructurales del buque son novedosas y de un interés notable, dadas sus colosales proporciones. El doble fondo, que abarca toda la longitud de la nave, tiene una altura de un metro y medio. Posee un total de cinco cubiertas; el casco está dividido en 175 compartimentos estancos independientes, lo cual, desde luego, respalda la afirmación de que ningún desastre natural ordi-

nario sería capaz de hundirlo.» (Nota de la redacción: En 1915 el *Lusitania* fue torpedeado por un submarino alemán y se hundió en 18 minutos.)

DESINTEGRACIÓN RADIATIVA. «Sir William Ramsay ha hecho en fecha reciente un anuncio que, al proceder de autoridad tan reputada, debe acogerse con respeto. Afirma que tras largas experimentaciones con el efecto de varias combinaciones puestas en contacto con la emanación del radio (radón), ha observado que los compuestos de cobre se transmutan, o 'degradan', según sus propias palabras, en litio. Después de tratar con la emanación una solución de fosfato de cobre y eliminar luego el cobre, el espectro del residuo muestra la raya roja del litio. De confirmarse ese descubrimiento, debería considerarse la más brillante revelación de esta era de la radiactividad.» (Nota de la redacción: El cobre no se desintegra en litio; Marie Curie y Ellen Gleditsch sugirieron en 1908 que el litio procedía del vidrio que confinaba el experimento.)

...ciento cincuenta años

LABRANZA. «Nuestra ilustración corresponde a una vista en perspectiva de la cosechadora invención de S. Gumaer, de Chicago (Illinois). Cuando la máquina es arrastrada hacia delante por los caballos, una biela genera un peculiar movimiento de vaivén en las cuchillas, cuyos filos siegan las espigas a la manera de las guadañas. Calcula el señor Gumaer que la máquina puede ofrecerse a los agricultores, lista para su uso, al precio de 65 dólares.»

ETER LEGAL. «En Bélgica se ha recurrido a la eterización como medio para conseguir información judicial. Tras un importante robo, dos hombres fueron detenidos y llevados a juicio. El primero fue condenado a trabajos forzados a perpetuidad, pero el juicio del segundo se aplazó en vista de unas pretendidas mudez e idiocia. Se halló imposible extraer de él siquiera la menor señal de inteligencia; pero, sometido a examen médico, bajo los efectos de la eterización, habló perfectamente y en francés. Fue condenado a diez años de trabajos forzados.»



Mecanización de la agricultura: Un intento temprano de 1857.

OZONO

¿Por qué su vacío en la atmósfera y sobreabundancia en la superficie?

La concentración de ozono atmosférico es relativa. Los niveles peligrosamente altos de O_3 en la capa más baja de la atmósfera, la troposfera, resultarían peligrosamente bajos en la estratosfera, la capa siguiente. El ozono que hay a ras del suelo no basta para llenar el agujero de ozono. Además, el ozono está regulado por procesos locales. Una barrera de temperatura en la frontera entre la troposfera y la estratosfera impide la mezcla a gran escala del ozono entre capas atmosféricas.

El ozono estratosférico protege de los rayos ultravioletas de la luz solar. En cambio, unos niveles altos de ozono troposférico pueden acarrear problemas para la salud humana y perjudicar cosechas y bosques.

El ozono atmosférico se genera y elimina mediante procesos naturales. En la estratosfera, los rayos solares ultravioleta descomponen una fracción del oxígeno molecular (O_2). Los átomos de oxígeno separados se recombinan luego con otra molécula de oxígeno para formar ozono.

Algunos contaminantes industriales, es el caso de los hidrocarburos, llegan a la estratosfera porque son inactivos en la troposfera. Finalmente, se descomponen en moléculas que agotan, como el monóxido de cloro (ClO), el ozono estratosférico mediante su retrotransformación en oxígeno molecular.

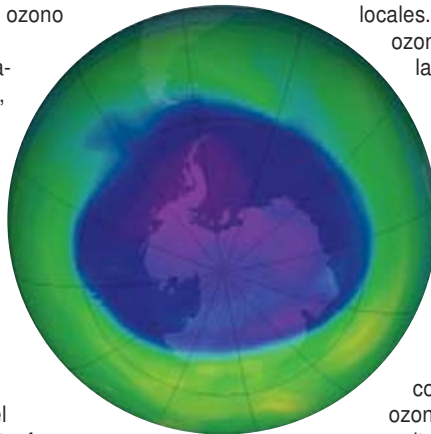
Los niveles de ozono estratosférico suelen situarse en torno a las 400 unidades Dobson (DU), la unidad de medida

estándar de la concentración de ozono. En la primavera antártica, unas condiciones de frío extremo posibilitan reacciones químicas que generan niveles altos del ClO destructor del ozono. Dentro del agujero de ozono de la Antártica, los niveles pueden caer hasta 85 DU.

De ordinario, en la troposfera no hay más de unas 25 DU; el nivel exacto depende mucho de las condiciones locales. A esas altitudes, la producción natural de ozono resulta ineficiente, pues la intensidad de la luz solar ultravioleta es muy baja. La quema de combustibles fósiles y de biomasa genera grandes cantidades de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno; estos gases participan en una serie de reacciones químicas que producen ozono troposférico.

El Protocolo de Montreal prohíbe la producción de hidrocarburos en todo el mundo; se espera que la capa de ozono estratosférico se recupere en los próximos 50 a 100 años. Se quiere implantar controles de las emisiones que limiten el ozono troposférico a valores inferiores a los prescritos. Esas iniciativas tropiezan con la industrialización global y con el efecto que tienen sobre el ozono troposférico los contaminantes emitidos tanto localmente como en fuentes situadas viento abajo, incluso en otros países o continentes.

—Ross J. Salawitch



NASA

MATEMATICAS

La espuma de la cerveza y los números

Hace cincuenta y cinco años, John von Neumann demostró que el área de una región bidimensional sometida a tensión superficial —es el caso de una burbuja— cambiaba proporcionalmente al número de sus lados. (Con cinco o menos, se encoge; con siete o más, crece; con seis, mantiene su área.) Desde entonces, se ha intentado aplicar el resultado de Von Neumann a cierto caso análogo: el crecimiento tridimensional de granos cristalinos microscópicos. David Srolovitz, de la Universidad Yeshiva, y Robert MacPherson, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, han deducido la ecuación en cuestión para el cambio de volumen en tres (o más) dimensiones inducido por la tensión; con ese fin, han introducido una magnitud abstracta, el “espesor medio”. Como el área o el volumen de una figura, el espesor medio es una medida, aunque no intuitiva, del tamaño de una región en unidades de longitud, sea cual sea la forma que tenga. Si se logra aplicar ese resultado a los agregados cambiantes de cristales o de pompas de espuma, podremos proyectar materiales más fuertes o minimizar la espuma en un vaso de cerveza. Según Srolovitz, la fórmula expresa, en esencia, el cambio que experimentará cada burbuja de la espuma de un vaso de cerveza.

—J. R. Minkel



QUIMICA

Rayadores del diamante

En su calidad de mineral dotado de mayor dureza, el diamante es ideal para cortar rocas y otros materiales resistentes. Pero es caro y se degrada en la mecanización del acero y de otros metales ferrosos en virtud de reacciones que crean carburos de hierro, más blandos. Para cortar acero, la opción alternativa es el nitruro de boro cúbico, que tiene casi la misma dureza y resiste de 40 a 50 gigapascal (GPa) de presión; entre 70 y 100 GPa presenta el diamante. Sin embargo, la fabricación de esa sustancia requiere altas temperaturas (1500 °C) y presiones extremas (5 GPa), que la encarecen mucho. Un método de fabricación a baja presión puede facilitar un camino menos costoso hacia los materiales extraduros. El equipo de Sarah Tolbert, de la Universidad de California en Los Angeles, perseguía diseñar materiales de ese tipo en vez de llegar a ellos por métodos de ensayo y error. La dureza del diamante y del nitruro de boro dimana de los estrechos enlaces covalentes que mantienen a los átomos

constituyentes fuertemente unidos entre sí y con rigidez en todas las direcciones. Ciertos metales "ultraintocompresibles" son rígidos en dos dimensiones: resisten la compresión, ya que los electrones de su interior se repelen entre sí, pero son blandos porque sus átomos se disponen en capas que pueden deslizarse unas sobre otras. Tolbert y sus colaboradores encontraron un modo de endurecer estos metales: introdujeron otro elemento, que se unía a esas capas con enlaces covalentes e impedía así que deslizaran, pero sin disminuir apenas su incompresibilidad. En el año 2005, los miembros del equipo combinaron el metal osmio con boro a 1000 °C y a presión ambiente para fabricar un material que es casi tan incompresible y duro como el diamante. Sustituyendo el osmio por renio, más barato, obtuvieron diboruro de renio, duro (unos 48 GPa) como para rayar el diamante y casi tan incompresible como éste. El método podría conducir a compuestos ultraduros aun más baratos.



DATOS

El Tour de la energía

Cada día los ciclistas del Tour de Francia consumen cantidades increíbles de energía, especialmente en las etapas de montaña. Hemos pedido al ingeniero David Gordon Wilson, del Instituto de Tecnología de Massachusetts y autor de *La Ciencia del Ciclismo*, que calcule el consumo energético y otros curiosos datos relacionados con la agotadora etapa 14. La dureza de las dos etapas siguientes, también pirenaicas, es similar.

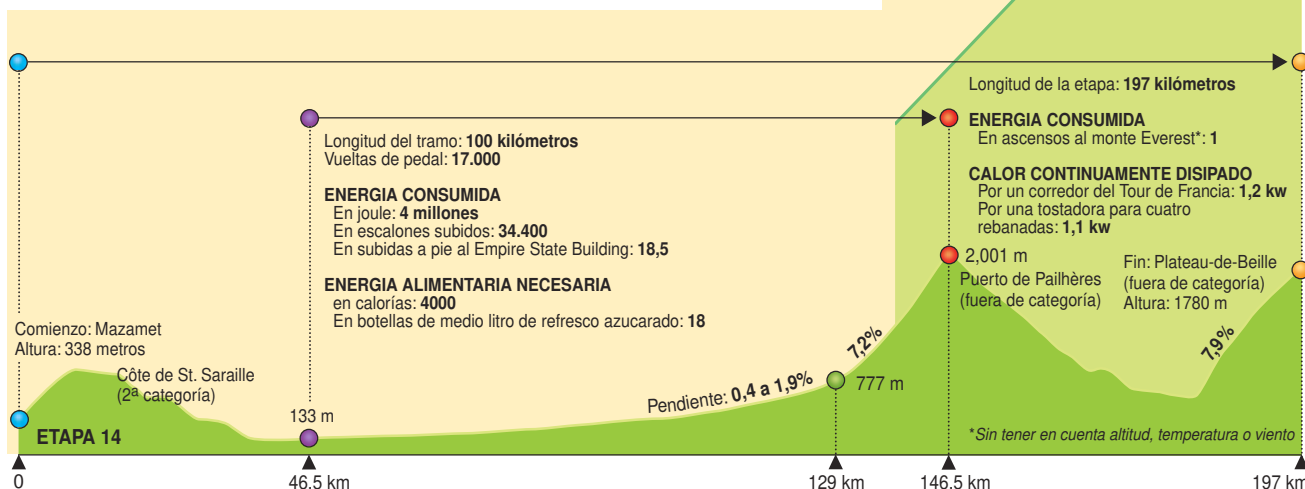
—Mark Fischetti



La fabricación de materiales ultraduros suele requerir presiones extremas. En cambio, el calor basta para convertir polvo de diboruro de renio (*izquierda*) en una pella (*derecha*) tan dura, que raya el diamante.

Altura del monte Everest: 8848 m

OLIVIER LABALETTE TempSport/Corbis (arriba); RICHARD B. KANER U.C.L.A. (abajo derecha); JONATHAN B. LEVINE U.C.L.A. (abajo izquierda)



BIOFISICA

Fotosíntesis cuántica

Un persistente misterio de la fotosíntesis es el de su eficacia al convertir la luz solar en energía química: el rendimiento se aproxima al cien por cien. La clave quizás estribe en la coherencia cuántica, el mismo fenómeno en que se basan los láseres y los semiconductores. En las bacterias púrpura, un conjunto de pigmentos y proteínas absorbe la luz y encausa su energía hacia compuestos químicos. Los elementos que integran este complejo oscilan cuando la luz los excita y esas excitaciones se mantienen sincronizadas mediante vibraciones específicas de las proteínas que conectan los integrantes; recuerda a los impulsos rítmicos con que se mantiene en movimiento un columpio. Tal coherencia hace que el conjunto actúe como una especie de “supermolécula”, que se estabiliza de inmediato en la forma que mejor transmite la energía. Esta línea de investigación podría conducir a mejoras de las células solares y otros dispositivos que captan la energía de la luz.

—Charles Q. Choi



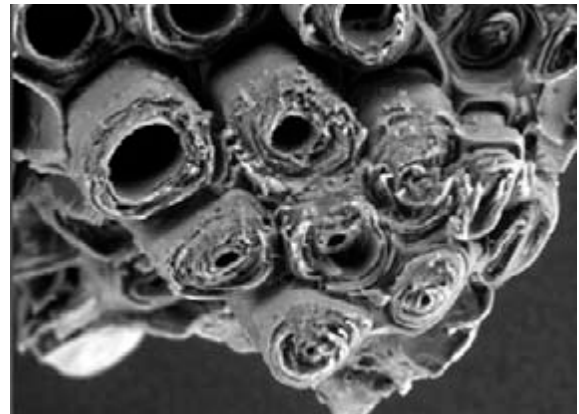
KONRAD WOTHE / Minden Pictures

BOTANICA

La fuerza de las semillas

Una suerte de “músculos” activados por la humedad cambiante ayudan, tal parece, a las semillas del trigo silvestre a alcanzar suelos idóneos donde germinar. La cáscara del grano lleva dos largos apéndices quebradizos, las barbas o aristas, que sostienen el equilibrio de las semillas en su deposición. Un grupo de científicos del Instituto Max Planck de Coloides e Interfases de Gólm ha descubierto que las fibrillas de celulosa de las barbas determinan que éstas se expandan con la humedad, con la mutua aproximación consiguiente, y se contraigan y separen con la sequedad. Semejante flexión recuerda el movimiento de las patas de la rana cuando nada, dicen los investigadores. Su objetivo es propulsar las semillas y clavarlas en el suelo. El trigo está optimizado, sostienen, para el ciclo diario de humedad que se presenta en la estación seca (que llega después de la maduración de las semillas) en el Creciente Fértil de Mesopotamia, donde se originó este cultivo.

—Charles Q. Choi



Micrografía electrónica de la sección transversal de una barba, utilizada por las semillas del trigo para enterrarse.

CORTESIA DEL INSTITUTO MAX PLANCK DE COLOIDES E INTERFACES DE GÓLM, ALEMANIA

PSICOLOGIA

Las raíces de la animadversión a la ciencia

Conocida es la resistencia en determinados círculos norteamericanos a la teoría de la evolución. En busca de una explicación psicológica del fenómeno, un equipo de investigadores de la Universidad de Yale ha observado que los niños, aun antes de romper a hablar, adquieren ideas de sentido común acerca del mundo físico que pueden persistir hasta la edad adulta y chocar con los descubrimientos de la ciencia. Por ejemplo: como los objetos caen si no los sujetamos, a los niños les cuesta aceptar que el mundo sea redondo; les parece que en el otro lado del mundo los objetos caen abismo abajo. Por otra parte, nociones psicológicas intuitivas llevan a los niños a pensar que todas las cosas están proyectadas en razón de algo: las nubes, para llover. Un supuesto que puede desembocar en un rechazo de la teoría de la evolución. Los psicólogos en cuestión subrayan que, cuando adultos y niños alcanzan de otros el conocimiento, juzgan los temas en función de la autoridad que tales personas les merecen. Ven ahí los autores una posible explicación de la resistencia desmesurada a la ciencia.

—Charles Q. Choi



© iStockphoto/OLGA SOLOVEI

FISICA

Atajos dimensionales

¿Aporta pruebas de la teoría un experimento con neutrinos?

El neutrino es un bicho raro en la física de partículas. Sin carga, raramente interacciona con otras partículas y se presenta en tres sabores: electrónico, muónico y táuico; oscila de un sabor a otro mientras se mueve. Durante los últimos cinco años se han estado disparando haces de neutrinos muónicos contra el detector MiniBooNE, un depósito esférico que contiene 800 toneladas de aceite mineral, sito en el Laboratorio Nacional del Acelerador Fermi, en Batavia. Se quería ver cuántas de esas partículas se convertían en neutrinos electrónicos durante el vuelo hacia el detector. Los primeros resultados, anunciados en abril, respaldan el modelo estándar, la teoría vigente en física de partículas, salvo por una anomalía en los datos que no se ha conseguido explicar y que abre la puerta a posibilidades más peculiares. Algunos conjeturan que se debe a un nuevo tipo de neutrino que toma el atajo a través de las dimensiones extra que predice la teoría de cuerdas.

MiniBooNE se creó para contrastar los resultados de un experimento del Laboratorio Nacional de Los Alamos, desarrollado diez años atrás, que apuntaban a la existencia de un cuarto tipo de neutrino. Ese neutrino "estéril", más esquivo que los tres sabores habituales, no estaría sujeto a la fuerza nuclear débil; sólo interaccionaría con otras partículas mediante la gravedad. Puesto que la existencia de neutrinos estériles desafiaría al modelo estándar, se tenía mucho interés en llevar a cabo un experimento similar para confirmar o desechar el hallazgo. Sin embargo, los resultados de MiniBooNE fueron variopintos. En el caso de los neutrinos con energías desde 475 millones de electronvolt hasta tres mil millones de electronvolt, el número de oscilaciones entre sabores se ajustaba bien a las predicciones del modelo estándar; con energías más bajas, se encontró un exceso significativo de neutrinos electrónicos.

Lo que resulta aún más extraño es que tres físicos habían previsto esos resultados. Su trabajo deriva de la teoría de cuerdas, que estipula la existencia de al menos 10 dimensiones para crear una estructura que incorpora tanto la gravedad como la mecánica cuántica. Para explicar por qué no percibimos las otras dimensiones, se supone que las partículas ordinarias de nuestro universo podrían estar confinadas en una "brana" cuatridimensional que flota en un espacio de más



PETER GINTER

Los tubos fotomultiplicadores captan los destellos de luz procedentes de las interacciones de los neutrinos.

dimensiones, como una tira de matamoscas suspendida en el aire. Sólo algunas partículas especiales pueden entrar y salir de la brana, en particular el gravitón (que transmite la fuerza gravitatoria) y el neutrino estéril. En el año 2005, Heinrich Päs, actualmente de la Universidad de Alabama, Sandip Pakvasa, de la Universidad de Hawai, y Thomas J. Weiler, de la Universidad Vanderbilt, propusieron que, si la brana estuviera curvada o microscópicamente deformada, los neutrinos estériles podrían tomar atajos a través del espacio de más dimensiones. Estos atajos influirían en las oscilaciones de sabor, aumentando la probabilidad de una transición para los neutrinos con ciertas energías.

Pues bien, los resultados de MiniBooNE concuerdan con las predicciones de Päs, Pakvasa y Weiler. Esta similitud impresionó tanto a algunos investigadores que participaban en el experimento, que enviaron correos electrónicos de felicitación a los tres físicos teóricos. Puesto que no se ha conseguido hasta ahora encontrar pruebas experimentales que demuestren la teoría de cuerdas, la confirmación de la existencia de otras dimensiones constituiría un hallazgo excepcional.

Pero la similitud podría no ser más que una coincidencia. Los investigadores del MiniBooNE están volviendo a comprobar sus datos; intentan determinar si algún efecto imprevisto del entorno o un análisis defectuoso podrían haber alterado el recuento de neutrinos electrónicos. —Mark Alpert

FISICA

Arco iris de láser

Unas partículas semiconductoras, los nanocristales, podrían estar señalando el camino hacia los láseres de colores distintos de los tradicionales rojos y azules que vemos en las lectoras de códigos de barras y reproductores de DVD. Los semiconductores crean la luz láser ofreciendo a los electrones la elección entre dos estados energéticos: alto o bajo. La longitud de onda de la luz emitida depende de la banda prohibida, o diferencia entre las energías de ambos estados, que en los nanocristales disminuye con el tamaño. Víctor Klimov, del Laboratorio Nacional de Los Alamos, y sus colaboradores han rebajado mucho la energía necesaria para hacer láseres de nanocristal; para ello enrollaron seleniuro de cinc en torno a núcleos de sulfuro de cadmio, produciendo cristales de entre cuatro y 20 nanómetros de ancho. Los láseres construidos con estos nanocristales de doble capa podrían ser más baratos y eficientes que los modelos actuales de semiconductores, que constan de capas apiladas hasta un espesor de varias micras.

—J. R. Minkel



SERGEI IVANOV, Laboratorio Nacional Los Alamos (nanocristales)

Los nanocristales semiconductores emiten colores que varían según el tamaño de los cristales.



LAS BACTERIAS procedentes de heces animales y humanas amenazan la salud de bañistas y mariscadores. *Escherichia coli* y otros microorganismos patógenos son transportados hasta la costa por las escorrentías pluviales procedentes de zonas residenciales y comerciales, así como por las filtraciones de fosas sépticas mal emplazadas.

CONTAMINACION DE LAS PLAYAS

El crecimiento urbanístico incontrolado a lo largo de las costas de Estados Unidos provoca un aumento de la contaminación por microorganismos patógenos

Michel A. Mallin

El sinuoso e impresionante perfil del litoral estadounidense ejerce un atractivo casi religioso sobre la imaginación de los habitantes del país. Quizá sea Herman Melville quien mejor describe esa atracción en las primeras páginas de *Moby Dick*: “No pararán hasta llegar al límite más extremo de la tierra... Tienen que acercarse al agua todo lo que puedan sin caer dentro de ella”.

En los últimos años, millones de estadounidenses han cambiado su residencia para trasladarse a zonas costeras, sobre todo al sudeste, para disfrutar de la naturaleza, un clima suave y una amplia oferta de actividades de ocio. Para nuestro infortunio, el desarrollo rápido y mal planificado está echando a perder, a un ritmo trepidante, tales encantos: crece el número de playas y fondos de asentamiento de mariscos contaminados por microorganismos patógenos procedentes de desechos animales y humanos.

Según un informe reciente del Consejo estadounidense de Defensa de los Recursos Naturales, durante 2004 los estados costeros ordenaron 19.950 días de cierre y avisos de contaminación que afectaban a 1234 zonas de baño, costeras o del interior; es decir, casi una tercera parte de todas las que vigilan regularmente las autoridades sanitarias. El número total de días de playa sujetos a esas medidas fue superior en un 9 por ciento al de 2003 (y a su vez un 50 por ciento superior al total de 2002, aunque este salto tan brusco obedecía también a cambios en las normas de vigilancia federales). El 85 por ciento de los cierres y avisos se debieron a la detección de una concentración excesiva de bacterias fecales en las aguas de la playa.

Las heces animales arrastradas por el agua de escorrentía que generan las tormentas y las de origen humano

procedentes del rebosamiento de las alcantarillas o de las infiltraciones de fosas sépticas, incorporan microorganismos que atacan al hígado, infectan el aparato respiratorio y causan trastornos gastrointestinales de consecuencias fatales. Esas enfermedades, que son comunes en países en vías de desarrollo, con sistemas de saneamiento deficientes, aparecen en EE.UU. no como consecuencia de la pobreza sino de un desarrollo insostenible. La construcción desmesurada de viviendas, carreteras, centros comerciales y zonas de estacionamiento ha alterado los sistemas de drenaje naturales de las zonas costeras; las aguas residuales que antaño se infiltraban en los campos o los humedales ensucian hoy las playas y demás zonas litorales.

¿Cómo pueden reducir la contaminación microbiana los estados y comunidades de la costa? Ese tema ha conducido al enfrentamiento entre promotores inmobiliarios y políticos partidarios del crecimiento urbano y las autoridades reguladoras, mariscadores aficionados y profesionales, surfistas, buceadores y ecologistas. Afortunadamente, existen soluciones. Mediante estrategias innovadoras de “crecimiento sostenible” pueden restaurarse las costas contaminadas al propio tiempo que se obtienen beneficios económicos. Dado que el frecuente cierre de las playas amenaza al turismo y causa una devaluación inmobiliaria, la imposición de limitaciones razonables al crecimiento urbanístico de esas áreas aseguraría la economía de la franja litoral, a la vez que protegería la salud de sus habitantes.

Sobreexplotación del litoral

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) señaló en su Informe de Tendencias de la Costa en 2004 que 153 millones de habitantes —el

53 por ciento de la población estadounidense— residían en condados situados en zonas costeras y en los Grandes Lagos, en una superficie que corresponde sólo al 17 por ciento del área continental del país. Por si fuera poco, se espera que para 2008 esa población haya crecido en siete millones, cifra que se engrosa de forma notable por la afluencia de veraneantes. Extensas zonas boscosas y terrenos agrícolas se han convertido en complejos turísticos, urbanizaciones, centros comerciales, restaurantes, centros de oficinas y polígonos industriales. Para ello, se han desecado humedales y recubierto suelos anteriormente verdes con asfalto, hormigón y otros materiales de construcción.

En el paisaje resultante dominan las superficies impermeables: aparcamientos, carreteras, aceras para peatones, techumbres y terrenos de construcción compactados por maquinaria pesada. Cuando llueve, el agua que fluye sobre esas superficies arrastra heces de animales y otros contaminantes hacia canales de drenaje o colectores de aguas pluviales; la mayoría desembocan en lagos urbanos, arroyos costeros o playas. Si bien las plantas depuradoras eliminan bacterias patógenas y otros contaminantes de las aguas residuales de las alcantarillas, el agua de escorrentías pluviales no suele tratarse. Ya que esos residuos proceden de una zona extensa y no de una fuente concreta, se consideran contaminación no puntual. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) declara que ese tipo de contaminación constituye la causa principal de los problemas de calidad del agua en los EE.UU.

Las escorrentías pluviales arrastran fertilizantes, plaguicidas, metales pesados y productos petroquímicos, pero son los microorganismos patógenos (bacterias, virus y protozoos fecales) los que constituyen una seria amenaza para la salud humana. Un solo gramo de heces caninas, por ejemplo, contiene alrededor de 23 millones de bacterias (y bastan sólo 10 bacterias, en el caso de especies o cepas virulentas, para causar una infección). Las cuencas urbanas y suburbanas reciben constantemente un aporte de heces de animales domésticos (perros, gatos) y de la fauna silvestre (ardillas, mapaches). Allí donde existe vegetación, el agua pluvial y los vertidos torrenciales se filtran a través del suelo, que depura el agua de virus y bacterias fecales, además de filtrar otros muchos contaminantes. Las superficies impermeables, en cambio, acumulan la contaminación durante los períodos de sequía; cuando llueve, la dejan correr.

El problema reviste especial gravedad en las costas, ya que los microorganismos contaminan las zonas de baño y los fondos marinos donde medran moluscos. Esos animales se alimentan mediante la filtración de grandes cantidades de agua de mar a través de su cuerpo. Obtienen así algas microscópicas y otros nutrientes; pero también retienen organismos potencialmente dañinos. Si una persona consume moluscos crudos o poco cocidos provenientes de aguas contaminadas por microorganismos fecales, corre el riesgo de contraer gastroenteritis (afección que cursa con vómitos, diarrea y dolor de estómago), amén de otras enfermedades de mayor gravedad.

Para proteger a la población, las autoridades deben colocar anuncios, en las zonas donde los fondos están contaminados, que adviertan de la prohibición de recoger almejas, mejillones u ostras. El Servicio de Sanidad Pública estadounidense ha promulgado a escala nacional una norma de seguridad para los viveros de mariscos, que se basa en la medición de la concentración de coliformes fecales, un grupo amplio de microorganismos que medran en los intestinos de personas y animales.

Se prohíbe la recolección de moluscos allí donde la media geométrica del conteo de bacterias en el conjunto de 30 muestras sea mayor que 14 UFC/100 ml (unidades que forman colonias en 100 mililitros de agua). (La media geométrica minimiza el efecto de los valores fuera de margen.) En 1995, la recolección estaba restringida o prohibida en el 31 por ciento de las zonas de cría de moluscos del país. Según la NOAA, la contaminación que con más frecuencia afectaba a los viveros eran los vertidos urbanos.

En fecha más reciente, mi laboratorio, de la Universidad de Carolina del Norte en Wilmington, analizó los datos procedentes de cinco condados costeros de aquel estado. Hallamos una clara correlación entre el crecimiento de la población humana y el cierre de viveros de moluscos. En 1984, cuando vivían 352.125 personas en esos cinco condados, se prohibió el marisqueo en 14.275 hectómetros cuadrados de agua. En 2003, la población total había ascendido a 501.596 personas; la superficie prohibida creció hasta 17.120 hectómetros cuadrados.

La contaminación bacteriana encierra, además, un grave riesgo para quienes practican la natación, el buceo, surf, esquí acuático, submarinismo, navegación y otras actividades recreativas. Si los coliformes fecales contaminan un lago, un río o una playa, todo el que se sumerja en esas aguas corre el riesgo de infectarse por microorganismos que penetren por la boca, la nariz, los ojos o heridas abiertas.

El contacto con el agua puede causar gastroenteritis, conjuntivitis (infecciones oculares), celulitis (irritaciones de la piel como la cercariosis cutánea o “prurito del nadador”), otitis, infec-

Resumen/Contaminación microbiana

- Debido al espectacular crecimiento de las regiones costeras, gran parte del terreno próximo al mar está impermeabilizado por zonas de estacionamiento, carreteras y aceras. Las escorrentías pluviales arrastran heces animales, plagadas de microorganismos, hacia zanjas de drenaje que vierten las aguas directamente a lagos, arroyos y playas.
- La contaminación por bacterias fecales es la causa principal de las señales de aviso y cierres de playas, que hoy afectan a una tercera parte de las playas estadounidenses vigiladas. Microorganismos patógenos invaden también puertos deportivos, arroyos formados por la pleamar y viveros de mariscos.
- Para combatir la contaminación microbiana, las comunidades costeras deben promover la conservación de las zonas verdes, la instalación de filtros en los sumideros pluviales e impedir la construcción de fosas sépticas en terrenos porosos.