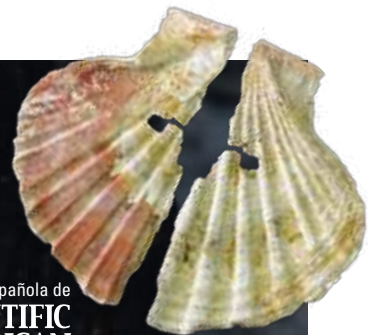


# INVESTIGACION Y CIENCIA

Edición española de  
**SCIENTIFIC  
AMERICAN**



## FUTURO

12 acontecimientos  
que cambiarían el mundo

## NEUROCIENCIA

Tratamiento precoz  
del alzheimer

## FISICA

¿Es el tiempo  
una ilusión?

## EVOLUCION

Pensamiento simbólico  
de los neandertales

# FUEGO Y VIDA

Los incendios moldean la historia  
de los bosques mediterráneos







El dióxido de carbono extraído del aire podría destinarse a aplicaciones industriales.



## 12

¿Qué cambios aguardan a la humanidad?



## 24

Los fármacos actuales contra el alzheimer tratan los síntomas cognitivos, pero no la patología subyacente.

## ARTICULOS

### FUTURO

#### 12 Doce acontecimientos que cambiarían todo

VV. AA.

Son varios los acontecimientos naturales o provocados por el hombre que podrían sobrevenir en cualquier momento y transformar completamente nuestras vidas. Muchos de ellos, sin embargo, no ocurrirán del modo en que esperamos.

### NEUROCIENCIA

#### 24 Anticiparse al alzheimer

Gary Stix

Los tratamientos presintomáticos podrían resultar clave para retrasar o detener la principal causa de demencia.

### FISICA

#### 34 ¿Es el tiempo una ilusión?

Craig Callender

Los conceptos de tiempo y de cambio podrían emerger de un universo completamente estático.

### MEDIOAMBIENTE

#### 46 Limpiar de carbono el aire

Klaus S. Lackner

La absorción del dióxido de carbono de la atmósfera por medios mecánicos contribuiría a frenar su acumulación y reduciría el calentamiento global.

### EVOLUCION HUMANA

#### 52 ¿Pensaban los neandertales como nosotros?

Kate Wong

João Zilhão defiende su polémica hipótesis de que estos menospreciados parientes compartían nuestras capacidades cognitivas.

### ECOLOGIA

#### 56 Fuego y evolución en el Mediterráneo

Juli G. Pausas

El fuego y los incendios forestales han existido siempre en la historia de la vida terrestre. Numerosas especies vegetales han desarrollado resistencia a los incendios recurrentes.



56

En los ecosistemas con incendios de copa abundan las especies germinadoras.

## GEOLOGIA

### 64 El ingrediente secreto de la Tierra

*Kei Hirose*

El descubrimiento de un nuevo mineral de alta densidad revela que el manto terrestre es más activo de lo que se sospechaba. Ello aporta nuevos indicios sobre la historia del planeta.

## SEGURIDAD

### 72 Botox falsificado, una amenaza real

*Ken Coleman y Raymond A. Zilinskas*

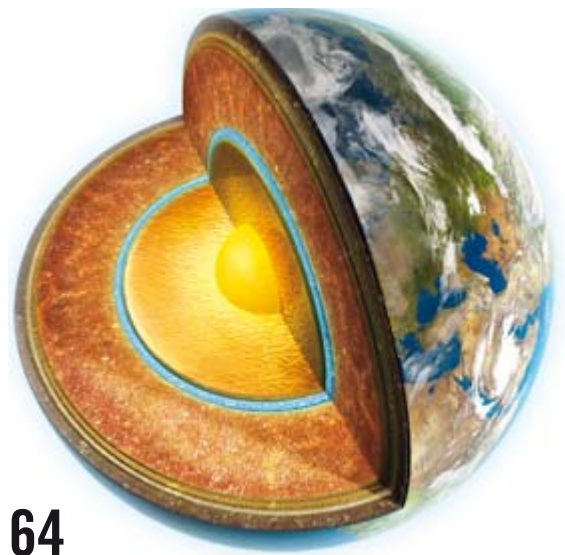
El mercado en auge de un producto de belleza falsificado podría poner en manos de cualquiera un arma biológica mortal.

## ASTRONOMIA

### 78 Orígenes y desarrollo de la cartografía lunar

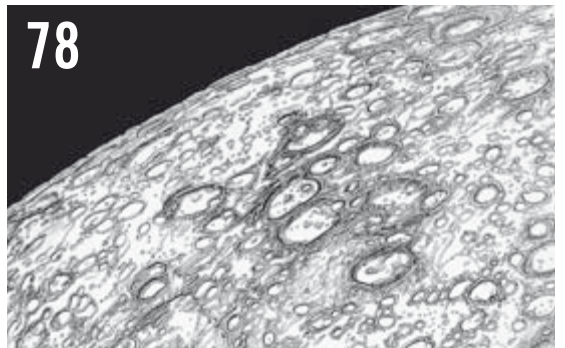
*Manfred Gottwald*

Desde las primeras observaciones telescópicas hasta el siglo XIX.



64

Nuevos descubrimientos sobre la estructura interna de nuestro planeta.



78

La invención del telescopio dio origen a los primeros intentos de caracterizar la topografía lunar.

## SECCIONES

### 3 CARTAS AL DIRECTOR

#### 4 HACE...

50, 100 y 150 años.

#### 6 APUNTES

Medioambiente... Biología...  
Física de partículas...  
Antropología... Acústica.

#### 8 CIENCIA Y SOCIEDAD

Microplásticos...  
Formas de obtener grafeno...  
Telescopios MAGIC.

#### 44 DE CERCA

Swala Tommy,  
por *Anna Gili, Mercè Rodríguez y Josep-Maria Gili*

### 89 DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos del desarrollo del milenio, un decenio después, por *Jeffrey D. Sachs*

### 90 CURIOSIDADES DE LA FISICA

¿Río o torrente?,  
por *Jean-Michel Courty y Edouard Kierlik*

### 92 JUEGOS MATEMATICOS

Preferencias colectivas,  
por *Agustín Rayo*

### 94 LIBROS

Cosmología al límite.  
Héroes y matemáticas.  
Agujeros negros.  
Filosofía de la ciencia.



# INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL José M.<sup>a</sup> Valderas Gallardo  
DIRECTORA FINANCIERA Pilar Bronchal Garfella  
COORDINADORA DE EDICIONES Laia Torres Casas

EDICIONES Anna Ferran Cabeza  
Ernesto Lozano Tellechea  
Yvonne Buchholz

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 Mariette DiChristina

MANAGING EDITOR Ricki L. Rusting

CHIEF NEWS EDITOR Philip M. Yam

SENIOR WRITER Gary Stix

EDITORS Davide Castelvecchi, Graham P. Collins,

Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer,

George Musser, Christine Soares, Kate Wong

CONTRIBUTING EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley,

Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway,

Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie,

Michael Shermer, Sarah Simpson

ART DIRECTOR Edward Bell

MANAGING PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

PRESIDENT Steven Inchcombe

VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND BUSINESS DEVELOPMENT 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

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:

Luis Bou: *Clonación de un humano, Conflicto nuclear, Pandemias mortíferas, Creación de vida, Superconductividad a temperatura ambiente, Máquinas conscientes, Fusión de los casquetes polares, Terremotos en el Pacífico, Energía de fusión y Ciencia y sociedad*;  
Ramón Pascual: *Dimensiones extra*; M<sup>a</sup> Rosa Zapatero Osorio: *Inteligencia extraterrestre, Impacto de un asteroide*; Juan M. González Mañas: *Anticiparse al alzheimer*; Angel Garcimartín: *¿Es el tiempo una ilusión?*; Carlos Lorenzo: *¿Pensaban los neandertales como nosotros?*; Fabio Teixidó: *El ingrediente secreto de la Tierra*; Mercé Piqueras: *Botox falsificado, una amenaza real*; Teodoro Vives: *Orígenes y desarrollo de la cartografía lunar*; J. Vilardell: *Hace... y Curiosidades de la física*; Bruno Moreno: *Apuntes*; Marián Beltrán: *Apuntes y Desarrollo sostenible*



Portada: © iStockphoto/Jamie VanBuskirk

## 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 euros	120,00 euros
Resto del mundo	100,00 euros	190,00 euros

### Ejemplares sueltos:

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

Difusión  
controlada

Copyright © 2010 Scientific American Inc., 75 Varick Street, New York, NY 10013-1917.

Copyright © 2010 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 Printer Industria Gráfica Ctra. N-II, km 600 - 08620 Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España



## La facultad de ver

En “Lateralización del cerebro” de Peter F. MacNeilage, Lesley J. Rogers y Giorgio Vallortigara (septiembre 2009), se mencionan los experimentos de Rogers en los que se mantiene en la oscuridad unos embriones de pollo, de tal manera que su ojo derecho no recibe estimulación y por tanto el hemisferio cerebral izquierdo no se desarrolla con normalidad. En los humanos, la información procedente del campo visual izquierdo de cada ojo se procesa en el hemisferio derecho, y viceversa. En los pollos no pasa lo mismo, ¿arroja este hecho dudas sobre las conclusiones de Rogers?

**George F. Feissner**

Cortland, estado de Nueva York

**RESPONDEN LOS AUTORES:** *La transmisión al cerebro de la percepción ocular difiere entre aves y humanos. En un ave, cada ojo controla casi la totalidad del hemisferio opuesto; en nuestra especie, en cambio, es la parte izquierda del campo visual centrado en el punto de enfoque la que se percibe en el lado derecho del ojo y después activa el mismo hemisferio cerebral, y a la inversa. Esta diferencia es irrelevante en cuanto a nuestra afirmación sobre la eficiencia relativa del cerebro del ave, ya sea lateralizado o no. Simplemente señala que, cuando no se ha creado lateralización, el cerebro del ave es menos apto para competir por alimentos y huir de los predadores.*

## Vientos de cambio

Me sorprendió que en “Energía sostenible: Objetivo 2030” (enero de 2010) Mark

Z. Jacobson y Mark A. Delucchi no mencionasen los efectos sobre el clima de las fuentes de energía sugeridas. Los autores proponen absorber una energía del orden de seis terawatt de los cerca de sesenta que ofrece el viento, es decir, en torno al diez por ciento de la energía total. Dado que los vientos suelen circular por las cumbres o los valles, donde la velocidad y la fuerza de Coriolis asociada tienden a mantener la diferencia de presión, me resulta fácil imaginar que la absorción de energía variará el ritmo de colapso de los centros de presión. No sé de qué modo cambiaría el clima, pero la energía que obtenemos tiene que modificarlo de alguna manera. Tal vez el cambio climático fuera favorable, pero como fiel creyente en la ley de Murphy me sorprendería. Cien años atrás se justificaba el vertido de desechos al mar en razón de la inmensidad del océano frente al perjuicio infligido, y nadie analizaba hasta dónde se podía llegar. ¡Seamos hoy más perspicaces y hagamos los cálculos antes de crear más problemas!

**Paul Roetling**

Grand Island, Nueva York

Jacobson y Delucchi adoptan un enfoque audaz en el que las oportunidades y dificultades suelen compensarse. Tres puntos, sin embargo, deberían tratarse más a fondo. Primero, las vastas redes fotovoltaicas de los desiertos sufrirían graves pérdidas de rendimiento en las tormentas de arena. Segundo, como en la década de los años setenta señalaban unos detallados estudios sobre el diseño de aeronaves propulsadas por hidrógeno líquido, los sistemas de energía que necesitan los grandes aeropuertos y las dificultades de dar servicio a aeronaves cuyos sistemas están a tres kelvin de temperatura, es posible que tales problemas lleguen a resolverse, pero cuesta mucho creer que ello sea antes de 2030. Tercero, y probablemente el más grave, la construcción de estos nuevos sistemas de energía es unas 10 veces más rápida que lo han sido las introducciones anteriores de sistemas de energía y transporte en el mundo. A lo largo de un siglo todos los sistemas nuevos de abastecimiento global han crecido a un ritmo del 1 al 2 por ciento anual, mientras que el artículo supone una tasa del 5 por ciento anual. Por supuesto, los autores comparan los anteriores índices de construcción nueva con los que ellos proponen, pero no lo han

hecho en el ámbito mundial. Las nuevas tecnologías que no lleguen a cubrir el 2 o 3 por ciento de la presión de mercado perdida, caerán en el “foso de los reptiles” y se abandonarán.

**John E. Allen**

Universidad de Kingston, Londres

**RESPONDEN LOS AUTORES:** *Las tormentas de arena azotan esencialmente el Sahara, los estados del golfo Pérsico y el desierto de Gobi, pero apenas contribuyen a reducir la radiación solar en América del Norte o del Sur, o en Australia. En casos graves, la energía solar sufre un descenso en dichas regiones desérticas, pero incluso allí el promedio anual de la radiación que llega a la tierra se mantiene elevado por el carácter estacional de esos fenómenos. En cuanto al segundo punto, proponemos que el transporte utilice mayoritariamente electricidad. Sólo en los casos en que ello no sea posible proponemos vehículos híbridos de hidrógeno o de hidrógeno-eléctricos. El transporte aéreo es probablemente el sector más difícil de abordar; sin embargo, un informe reciente de la Comisión Europea sugiere que “no existen barreras esenciales para la realización” de una flota aérea propulsada por hidrógeno líquido ([http://ec.europa.eu/research/transport/news/article\\_786\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/transport/news/article_786_en.html)). Aunque el hidrógeno líquido requiere más de cuatro veces el volumen que necesita un combustible de reactor para producir la misma energía, su peso es sólo una tercera parte, lo que compensa de sobra el peso adicional del depósito de combustible. De ahí que un avión propulsado por hidrógeno líquido produzca una tracción mayor pero pese menos que uno de reactor convencional. En cuanto al tercer punto, pretendemos que los gobiernos promuevan con rapidez cambios en las infraestructuras. Los ejemplos citados en la carta se basan en una penetración de mercado típica, no en actuaciones contundentes.*

## Errata corrige

En el artículo “Yuca mejorada contra el hambre”, del mes de julio, en la página 58, se dice que la lisina es un aminoácido sulfurado, cuando en realidad no contiene azufre.

La fotografía de la salina de Uyumi, en la página 12 del mismo número, es cortesía de Luca Galuzzi.

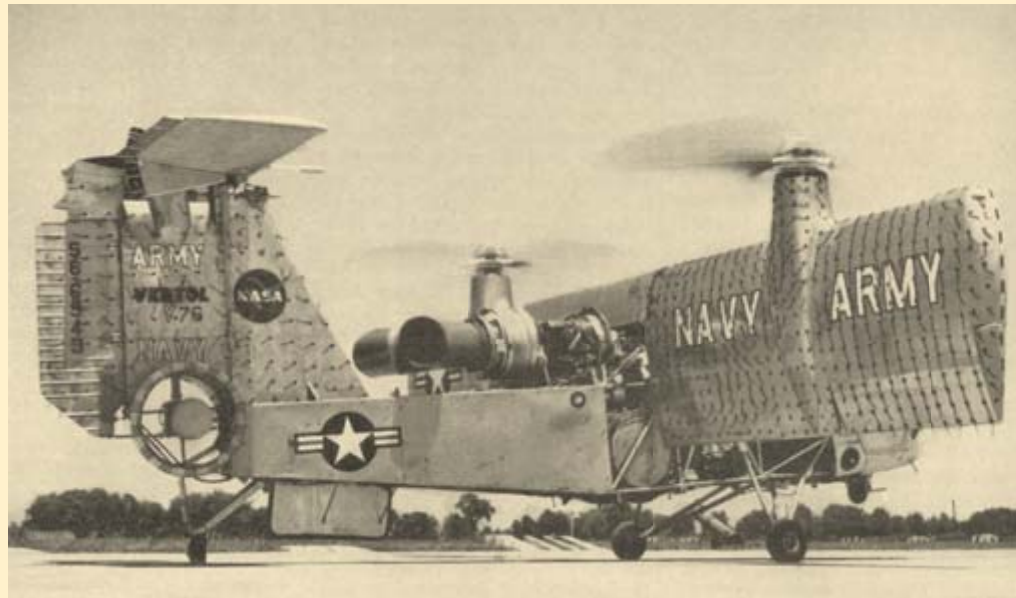
Recopilación de Daniel C. Schlenoff

## ...cincuenta años

**Hacia arriba.** «Tanto aquí como en el extranjero se están realizando intensas investigaciones en torno al avión de despegue y aterrizaje vertical. En nuestro país, el programa es fruto de una colaboración a tres bandas entre la Administración Nacional para la Aeronáutica y el Espacio, un grupo de fabricantes de aviones y las fuerzas armadas. Los requisitos del tráfico comercial de pasajeros no constituyen el único impulso, ni siquiera el más importante, que mueve las investigaciones. El Ejército, la Marina y la Fuerza Aérea están interesados en unas gamas de aeronaves que pudieran operar en zonas avanzadas sin necesidad de unas pistas de aterrizaje adecuadamente preparadas. En estudio hay aviones interceptores, de reconocimiento y de transporte. Hasta ahora, en lo que atañe a los aviones de carga, resultan obvias sus posibles aplicaciones civiles y militares.»

## ...cien años

**Bosques e inundaciones.** «En fecha reciente se ha recrudecido, en Europa y en América, la vivaz polémica verbal acerca de la influencia de los bosques en el caudal de los ríos. Al leer lo escrito sobre tan intrincado problema, impresiona la gran cantidad de teorías elaboradas sobre tan escasa base factual. Ello ha llevado a la Oficina Meteorológica y al Servicio Forestal estadounidenses a acometer conjuntamente una serie de investigaciones ideadas para obtener una información precisa al respecto. En dos cuencas hidrográficas de topografía similar cercanas a Wagon Wheel Gap (Colorado) se llevará a cabo un estudio exhaustivo sobre los efectos de la cubierta forestal en el caudal de los ríos, la erosión, la distribución de sedimentos, etcétera. Se pretende medir el caudal de las dos corrientes durante un periodo de ocho o diez años; a continuación se cortará la vegetación de una de las cuencas, y las mediciones proseguirán durante ocho o diez años más, de modo que



AVION DE DESPEGUE VERTICAL: La nueva técnica de ala basculante, 1960.

puedan determinarse perfectamente los efectos de la denudación.»

[NOTA: El proyecto Wagon Wheel Gap fue el primer experimento controlado en EE.UU. sobre la influencia de los bosques en el caudal de los ríos. La deforestación aumentó el caudal, pero al cabo de siete años la vegetación regenerada volvió a reducirlo en buena medida.]

**Moneda liviana.** «El gobierno francés ha decidido no acuñar moneda de aluminio. A título de prueba se fabricaron algunas monedas de ese metal, pero su escaso peso, que se aducía como una de sus principales virtudes, lo ha condenado. Una pieza de cinco céntimos (un centavo) de aluminio pesaba sólo 1,9 gramos, frente a los cinco gramos de la de bronce. Se cree que una moneda tan liviana se deslizaría y escaparía por entre los dedos, en especial los ásperos dedos de un obrero.»

## ...ciento cincuenta años

**El faro de Minot's Ledge.** «Se espera que el nuevo faro del litoral de Massachusetts quede terminado y se encienda en la primera semana del mes próximo. El primer golpe de piqueta

sobre el peñasco en que se ha erigido el faro se dio el 12 de junio de 1858. El antiguo faro de hierro fue barrido por la terrible tempestad de abril de 1851 (junto con los dos fareros de servicio en aquel momento). Durante las numerosas e intensas tempestades del invierno pasado, el nuevo faro estuvo expuesto al despiadado batir de las olas del embravecido Atlántico sin que ni una piedra ni una junta se movieran. Habiendo superado esa situación de desprotección y resistido a la intemperie, nada podrá con él una vez terminado.»

[NOTA: El faro sigue todavía en pie y fue automatizado en 1947.]

**Problemas con Darwin.** «En la Sociedad Británica para el Progreso de la Ciencia, el trabajo de nuestro conciudadano profesor Draper sobre el desarrollo intelectual de Europa, considerado con referencia a las opiniones últimamente difundidas por el doctor Darwin, ha concitado tal vez uno de los mayores entusiasmos y encendidas discusiones.

El doctor Draper demostró que los avances de la humanidad se deben a influencias externas y no internas, y que a ese respecto una nación es como una semilla, que sólo puede desarrollarse cuando las condiciones son favorables; que las



características y la supervivencia de todos los organismos, incluido el hombre, dependen de las condiciones físicas bajo las que viven; que la evidente invariabilidad actual del mundo es consecuencia directa del equilibrio físico; pero que si este último se alterara, en un instante la descabellada doctrina de la inmutabilidad de las especies se vería reducida a los que realmente es.»

**Darwin contraataca.** «La ponencia anterior atrajo una enorme audiencia. Sir Benjamín Brodie afirmó que él no podía suscribir la hipótesis del doctor Darwin. El hombre posee conciencia de sí mismo, rasgo que le distingue del mundo material. Esa capacidad humana sería idéntica a la inteligencia divina; y pensar que ello pudiera originarse de la materia implica el absurdo de suponer que el origen del poder divino depende de la organización de la materia.

El docto y venerable obispo de Oxford afirmó que la teoría darwinista, al contrastarse con los principios de la ciencia inductiva, se vino abajo. La permanencia de la forma específica representaba un hecho confirmado por todas las observaciones. Los restos de animales, plantas y hombres hallados en esos primeros testimonios de la raza humana (las catacumbas egipcias) se identifican con las formas existentes y apuntan a la irresistible tendencia de los seres organizados a adoptar unas características inalterables.

El famoso botánico doctor Hooker, a quien se había invitado para que expresase sus opiniones, comentó que éstas concordaban con las del señor Darwin y que el obispo de Oxford no las entendía.

El señor Darwin parece haber sembrado la discordia en el mundo científico; no es cosa fácil comprender lo que él realmente quiere decir.»

**Aún digno de confianza.** «Hace diez años que compro su revista; su máxima cualidad es, en mi opinión, su absoluta solvencia y la total ausencia de paparruchas y embustes. No me parece que nadie pueda sobornarles para decir que un papel cazamoscas atrapa más moscas y de mayor tamaño que otro papel cazamoscas.»

## FELIZ CUMPLEAÑOS

“Nueva York, jueves, 28 de agosto de 1845” era la fecha que figuraba en el primer número de *Scientific American: The Advocate of Industry and Enterprise, and Journal of Mechanical and Other Improvements*. Por dos dólares al año se prometía a los lectores un semanario de gran formato que trataría de “Nuevas invenciones, principios científicos y trabajos curiosos”. Ahora, 165 años después, *Scientific American* ha sufrido tantos cambios como los campos que abarca, pero sigue esforzándose al máximo para proporcionar la mejor información sobre las nuevas invenciones, el avance de la teoría científica y, en ocasiones, los trabajos curiosos. He aquí una muestra de lo que ocurría un mes como éste hace 165 años.

**EL TELEGRAFO DE MORSE.** «El uso de esta maravilla de nuestro tiempo, que lleva funcionando hace meses entre Washington y Baltimore, tal vez se generalice a lo largo y ancho del país. Los comerciantes de nuestros estados occidentales están considerando cursar a partir de ahora sus pedidos por telégrafo, prescindiendo de los tediosos y lentos vagones del ferrocarril.»

**CENTRIFUGA.** «El señor Joseph Hurd, de Shoreham (Vermont), ha conseguido una cédula de invención para un aparato que separa o aclara líquidos mediante la aplicación de fuerza centrífuga. Es un hecho sobradamente conocido que el mucílago o los azúcares, así como las sustancias minerales y salinas, poseen un peso específico superior al del agua.»

**LA ERA DEL VAPOR.** «El barco de vapor *Great Britain*, el gigante de los océanos recientemente arribado desde Liverpool, ha suscitado aquí la misma excitación que en Europa; representa de hecho la mayor curiosidad naval hasta ahora vista en nuestro puerto. Construido en los Astilleros Great Western, de Bristol (Inglaterra), es de hierro en su totalidad. Durante los pocos días desde su llegada a Nueva York, lo han visitado unas 12.000 personas, que han pagado 25 centavos por la atracción. Si hay algo objetable en la construcción o maquinaria de este majestuoso buque es su propulsión por hélice; y no nos extrañaríamos si, dentro de poco, ésta fuera reemplazada por ruedas de paletas en los costados.»



**AVANCE A TODO VAPOR:** El *Great Britain*, primer barco de vapor de dimensiones gigantescas de Isambard Kingdom Brunel, en un grabado del primer número de *Scientific American*, de 1845.

## MEDIOAMBIENTE

### Plásticos más fáciles de reciclar

La mayoría de las botellas de plástico que se tiran a la basura pueden reciclarse (las que llevan impreso el número uno dentro de una flecha triangular). Sin embargo, el plástico de segunda generación no suele poderse usar para fabricar nuevos envases. Acaban de descubrir una forma de fabricar botellas de plástico que aumentaría las posibilidades de reciclado.

El problema con los envases de termoplástico de tereftalato de polietileno (PET, según sus siglas en inglés) es que la fabricación suele precisar catalizadores de óxidos o hidróxidos metálicos. Estos catalizadores permanecen en el material reciclado y lo van debilitando, haciendo que no resulte práctico reutilizarlo para obtener una tercera generación de envases. En su lugar, el PET de segunda generación se usa para aplicaciones menos exigentes, como alfombras y relleno fibroso para abrigo y sacos de dormir. O se tira a la basura. En los EE.UU., casi veinticuatro mil millones de contenedores de plástico para bebidas se han incinerado, se han utilizado a modo

de rellenos para obras o simplemente se han tirado en vertederos durante el primer trimestre del año, según el Instituto para el Reciclaje de Envases de Culver City, California, una entidad sin ánimo de lucro.

Un equipo del Centro de Investigación Almaden de IBM, en San José, California, y de la Universidad de Stanford, informa, en el número del 16 de febrero de la revista *Macromolecules*, que ha creado una familia de catalizadores orgánicos que podría utilizarse para hacer que los plásticos sean totalmente biodegradables y reciclables. Dichos catalizadores pueden competir incluso con los catalizadores basados en metales, que son muy activos, mientras que añaden la ventaja de ser inocuos para el entorno. Según los autores del estudio, quizá podría desarrollarse un método de reciclaje que dividiera los polímeros en sus monómeros constituyentes, para así reutilizarlos.

—Larry Greenemeier



## BIOLOGIA

### Modelos matemáticos y sistemas biológicos

Los sistemas biológicos han de ser “robustos”; es decir, deben exhibir un mismo comportamiento ante una gran variedad de circunstancias posibles o condiciones de desarrollo. La robustez, un concepto muy empleado pero poco comprendido, se trata de un comportamiento colectivo coordinado que emerge con independencia de los detalles y condiciones de los constituyentes.

En marzo, Guy Shinar, del Instituto Científico Weizmann, y Martin Feinberg, de la Universidad estatal de Ohio, demostraron en la revista *Science* un teorema matemático que establece condiciones generales bajo las cuales un sistema biológico exhibe “robustez de la concentración absoluta”. Esta se da cuando la concentración de una especie activa (una proteína, por ejemplo) se estabiliza siempre en un mismo valor para cualquier estado estacionario futuro del sistema y con independencia de las concentraciones del resto de las especies presentes.

El teorema de Shinar y Feinberg explica la robustez de algunos sistemas biológicos en los que ya se había observado semejante comportamiento, como el mecanismo de osmorregulación EnvZ-OmpR de *Escherichia coli* (consistente en un “sensor”, la quinasa EnvZ, y un “regulador de respuesta”, OmpR).

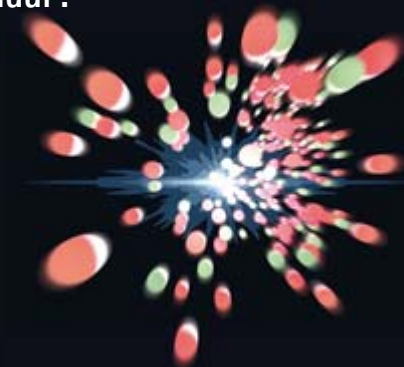
—*Science*

## FISICA DE PARTICULAS

### ¿Más allá del modelo estándar?

El pasado mes de mayo, la colaboración internacional DZero, del acelerador de partículas Fermilab (EE.UU.), anunció resultados experimentales que apuntan a una asimetría entre materia y antimateria superior en un uno por ciento a la predicha por el modelo estándar (ME) de física de partículas. En concreto, una diferencia entre la cantidad de muones y antimuones generados en la desintegración de mesones B.

El universo contiene mucha más cantidad de materia que de antimateria, pero la razón por la cual la naturaleza “prefiere” las partículas a las antipartículas



SE DESCONOCE por qué el universo contiene más materia que antimateria. Un experimento reciente parece contradecir las predicciones del modelo estándar.

las sigue siendo uno de los misterios más profundos de la física teórica. El ME, la teoría vigente de partículas elementales —cuyas predicciones han sido confirmadas durante decenios—, deja un pequeño hueco para esa asimetría. Sin embargo, los mecanismos predichos por el ME resultan insuficientes para explicar la abundancia de materia observada en el cosmos.

Como siempre en física de partículas, el resultado hallado por la colaboración DZero posee un valor puramente estadístico. No obstante, los expertos del Fermilab han calculado que la probabilidad de que los resultados experimentales sean compatibles con las predicciones del ME es inferior al 0,1 por ciento.

—Fermilab



## ANTROPOLOGIA

### ¿Es necesario gatear?

Padres y pediatras coinciden en que los bebés deben gatear antes de caminar. Gatear también se ha considerado un requisito previo en la progresión normal de otros aspectos del desarrollo neuromuscular y neurológico, como la coordinación óculo manual y la maduración social. Pero investigaciones recientes ponen en tela de juicio esta creencia común.

Según el antropólogo David Tracer, de la Universidad de Boulder en Colorado, los bebés de los au, cazadores recolectores de Papua Nueva Guinea, no pasan por el estadio de gateo. Sus padres y otros cuidadores los llevan en brazos hasta que son capaces de caminar. Aun así, no parece que saltarse esta fase tenga efectos negativos en esos niños. De hecho, no gatear podría ser normal e incluso adaptativo.

Mediante la observación de 113 parejas de madres e hijos au, Tracer descubrió que hasta los 12 meses se transportaba a los bebés erguidos en portabebés el 86 por ciento del tiempo. En las raras ocasiones en que las madres dejaban al hijo en el suelo, lo colocaban sentado, no tumbado boca abajo. Los niños au pasan todo el tiempo erguidos y, como consecuencia, nunca aprenden a gatear. (Sin embargo, pasan por una fase de impulsión en la que desde la posición de sentados se impulsan con las nalgas hacia adelante. Los au creen que esta propulsión, más que el gateo, constituye la fase humana previa a caminar).

Los au no son los únicos que evitan que sus hijos gateen. A los bebés de muchas otras sociedades tradicionales (algunas de ellas en Paraguay, Malí e Indonesia) se los cría de la misma manera. Más aún, ninguno de nuestros parientes vivos más cercanos, los chimpancés y los gorilas, dejan a sus hijos en el suelo muy a menudo. Así pues, bien podría ser que nuestros ancestros homínidos tempranos transportaran en brazos a sus hijos en vez de dejarlos gatear.



**GATEAR PODRÍA CORRESPONDER a un estadio evolutivo reciente en el desarrollo del niño.**

Una investigación sobre niños de Bangladesh mostraba que gatear aumenta de forma notable el riesgo de contraer diarrea. Tracer propone que llevar a los bebés en brazos reduce su exposición a los patógenos del suelo; también los protege de los predadores. El estadio de gateo sería, por tanto, un invento reciente, que habría surgido hace sólo uno o dos siglos, después de que los humanos empezaran a vivir en casas elevadas provistas de suelos revestidos, más higiénicos.

Wenda Trevathan, antropóloga de la Universidad estatal de Nuevo México, coincide en que probablemente en el pasado a los niños casi no se les dejaba en el suelo. Y añade otro peligro: las brasas. Según Trevathan, el trabajo de Tracer destaca lo limitado de nuestra visión del desarrollo normal del niño y cuestiona la tendencia a juzgar a todos los bebés humanos según el estándar de los occidentales.

—Kate Wong

## ACUSTICA

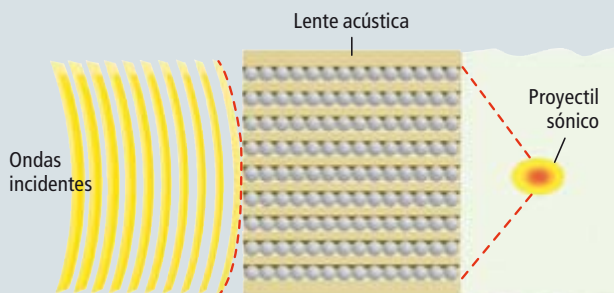
### Ondas sonoras más potentes

La manipulación de las ondas sonoras ha facilitado el desarrollo de técnicas de gran importancia. Pensemos en las ecografías. Alessandro Spadoni y Chiara Daraio, del Instituto Tecnológico de California (Caltech), han creado un nuevo tipo de lentes acústicas que permiten aumentar la potencia de las ondas sonoras.

Las lentes acústicas concentran el sonido, de forma similar a como las lentes ópticas concentran la luz. En lugar de utilizar cristal y espejos, los expertos han diseñado una lente acústica mediante 21 filas de 21 esferas de acero inoxidable. Y en vez de lanzar ondas sonoras hacia la lente, lo que hacen es golpear la primera esfera de cada fila, de modo que se envía una onda de presión a lo largo de cada montón o fila. Para ajustar el foco de la lente, cambian la fuerza con la que la golpean (lo que afecta a la amplitud de las ondas) y el tamaño de las esferas (que modifica la longitud de onda). Las ondas se transmiten después a un objeto, como un miembro humano, en donde se concentra en un punto.

La capacidad de concentración mejoraría las ecografías, según Spadoni, que describió sus trabajos en línea, en el número del 5 de abril de *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. Más osados todavía serían los "proyectiles sónicos" para la cirugía no invasiva. La energía acústica calienta los tejidos, un efecto que ya se usa en la terapia hipertérmica. Las lentes acústicas no lineales del Caltech podrían aplicarse al tratamiento de tumores mediante el incremento de la temperatura del tejido canceroso hasta niveles letales sin afectar al tejido sano.

—Larry Greenemeier



# Microplásticos

*Pequeños restos de juguetes, botellas y envases continúan su vida en el mar*

**H**oy por hoy, todos sabemos que los desechos plásticos que generamos cada año —millones de toneladas— perdurarán en el entorno durante siglos. Las consecuencias también son conocidas: focas atrapadas en redes de nailon, nutrias marinas asfixiadas por aros de polietileno o tortugas con las entrañas obstruidas por bolsas o juguetes de plástico.

Esta fotografía muestra los fragmentos de plástico recogidos en tan sólo una hora en una cala cercana a Gloucester, en Massachusetts. Se trata de un peligro menos conocido pero no por ello menos inquietante: pequeños trozos de plástico que, cada vez en mayor medida, se acumulan en los mares de todo el mundo. Resultan lesivos para la vida marina y, posiblemente, también para la salud humana.

Aunque, a diferencia del papel o los restos de alimentos, los microorganismos no descomponen el plástico, éste sí se “fotodegrada” lentamente: la luz ultravioleta y el calor del Sol lo tornan quebradizo, con lo que el plástico se agrieta y se fragmenta con facilidad en pedazos cada vez menores. De hecho, un puñado de arena o un tazón de agua marina de casi cualquier parte del mundo contendrá microplásticos: partículas de plás-

tico diminutas y a menudo invisibles. Se temen sus posibles efectos sobre el zooplankton y otras criaturas que, pertenecientes a la base de la pirámide trófica marina, son consumidos por organismos de mayor tamaño (tortugas, peces o aves) y, en última instancia, también por nosotros.

Las preocupaciones al respecto obedecen a varios motivos. Los microplásticos pueden bloquear el tracto digestivo de pequeños invertebrados. Además, la ingesta de los compuestos químicos incorporados a los plásticos durante su manufactura (como el bisfenol A, un disruptor endocrino) puede representar una amenaza para la salud. Por otra par-

te, los residuos plásticos que flotan en el mar actúan a modo de “esponja” frente a otros compuestos tóxicos (DDT, dioxinas o bifenilos policlorados, PCB), ya que los absorben en concentraciones entre cien y un millón de veces superiores a como lo hace el agua salada. Así, los seres vivos que ingieren microplásticos —y, por ende, sus predadores— se hallan expuestos a una alta concentración de toxinas. Numerosos expertos coinciden en que una solución consistiría en diseñar productos de plástico aptos para el reciclaje durante una gran parte de su vida.

Jennifer Ackerman

CARY WOLINSKY

## UN ENGAÑO PARA LAS AVES

Las aves marinas engullen fragmentos de plástico, en especial si son rojos, ya que los confunden con alimentos. Se han hallado aves contaminadas con microplásticos en regiones remotas, como los priones antárticos o los págalos subantárticos.

## COMO CANTOS RODADOS

Al igual que el mar convierte las rocas en arena, también desgasta y redondea los bordes de los objetos de plástico. Estos se transforman en fragmentos diminutos o incluso polvo, pero no desaparecen.

## UNA VIDA CORTA

Se han identificado al menos nueve tipos de desperdicios plásticos en los mares, desde nailon y acrílico a poliéster, polipropileno (en cuerdas y recipientes), policarbonato (el plástico duro de las gafas) o poliestireno (en el *poliexpan* o “corcho blanco”, entre otros). El poliestireno se fragmenta en piezas menores en menos de un año. Pero incluso plásticos duros, como el policarbonato, se descomponen en el mar y pueden liberar sustancias químicas en el proceso.





# Formas de obtener grafeno

*Avances en la producción de nanoláminas de carbono para uso en electrónica*

Aunque el silicio haya transformado el mundo digital, se siguen buscando sustancias aptas para construir circuitos integrados más pequeños, rápidos y económicos. El número uno de la lista lo ocupa el grafeno: finas láminas de átomos de carbono dispuestos en celdas hexagonales, que cuentan con el espesor de un solo átomo. Este material exhibe una gama de propiedades valiosas (gran resistencia mecánica, transparencia —por su delgadez— y elevadísima conductividad electrónica) que lo hacen prometedor para pantallas flexibles o equipos electrónicos ultrarrápidos. El grafeno, que fue aislado hace sólo cinco años, se emplea ya en prototipos de transistores, memorias y otros dispositivos [véase “Grafeno”, por A. K. Geim y P. Kim; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, junio de 2008].

Sin embargo, para hacer viable su comercialización es preciso concebir procedimientos industriales que permitan fabricar láminas grandes y uniformes de grafeno monocapa y sin impurezas. Actualmente se investigan diversas vías, pero no resulta claro cuáles tendrán éxito. “Varios grupos afirman poder recurrir a bajo coste obleas de silicio con láminas de grafeno monocapa, pero hasta ahora no hemos visto ninguna demostración pública al respecto”, dice James M. Tour, químico de la Universidad de Rice, en Texas.

Tal y como afirma su descubridor, Andre K. Geim, de la Universidad de Manchester, la producción de pequeñas cantidades de grafeno resulta sorprendentemente fácil. De hecho, se produce un poquito de grafeno cada vez que se arrastra la punta de un lápiz sobre un papel, pues el grafito de la mina del lápiz consiste, en realidad, en un apilamiento de capas de grafeno. El procedimiento inicial de obtención de grafeno era similar al de escribir con un lápiz: se raspaba una muestra de grafito y, con un microscopio, se examinaban los restos en busca de muestras idóneas o se separaban las escamas con una cinta adhesiva.

La mayoría de los científicos considera que tales técnicas de “exfoliación” mecánica sólo permiten preparar muestras de tamaño muy reducido. Pero

Geim no está de acuerdo. Asegura que el procedimiento se ha ampliado para poder obtener tanto grafeno como se desee. Este investigador se vale de ultrasonidos para fragmentar el grafito en capas individuales que se dispersan en un líquido. Posteriormente, esta suspensión se deseca sobre una superficie. El resultado es una película de láminas diminutas y parcialmente superpuestas de cristales de grafeno. Sin embargo, no se sabe si estas láminas formadas por múltiples cristales serán aptas para muchas aplicaciones, ya que los efectos de borde en cada uno de los copos disminuyen la conductividad.

Por su parte, la exfoliación química podría quizá proporcionar muestras de mayor tamaño. En mayo de 2008, James P. Hamilton, de la Universidad de Wisconsin-Platteville, y Jonathan N. Coleman, del Trinity College de Dublín, demostraron la solubilidad del grafeno en ciertos disolventes orgánicos. Se introduce el grafito en un recipiente y se añade el disolvente

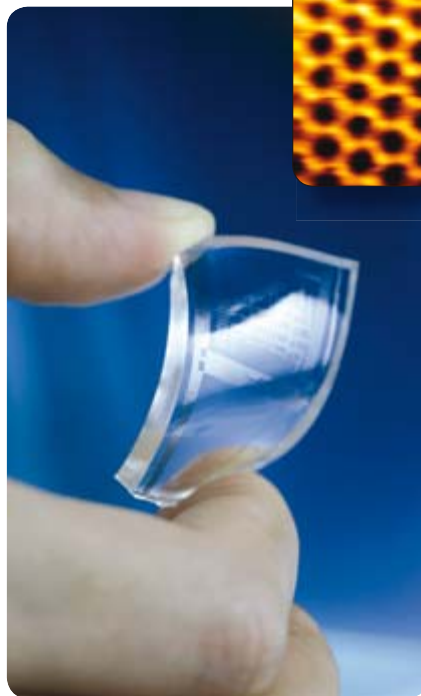
orgánico. Una vez retirado el disolvente, la sustancia gris que aparece resulta ser grafeno puro. La empresa recién fundada por Hamilton, Graphene Solutions, confía poder convertir ese grafeno en láminas uniformes y monocristalinas, y comercializar el proceso.

Existen otras técnicas de exfoliación química. Rod Ruoff, ahora en la Universidad de Texas en Austin, y sus colaboradores de la Universidad Noroccidental, en Illinois, han demostrado que, si se añade ácido a una suspensión acuosa de grafito, se obtiene un óxido de grafito que posteriormente puede emplearse para obtener grafeno. Los copos de este óxido suspendido en líquido se depositan sobre un sustrato, donde forman una película. Al aumentar la temperatura, o al añadir otros compuestos, se elimina el oxígeno. El resultado es grafeno puro.

Uno de tales agentes reductores es el combustible para cohetes, según han descubierto científicos de la Universidad Rutgers. En concreto, vapores de hidracina, un compuesto tóxico sumamente reactivo. En 2008, Yang Yang y Richard B. Kaner, de la Universidad de California en Los Angeles, simplificaron el procedimiento de Rutgers mediante el uso de hidracina líquida.

Después depositaron las piezas sobre obleas de silicio o sobre otros sustratos más flexibles. El resultado fueron películas monocapa integradas por numerosas laminillas. Estos dos científicos se afanan ahora en mejorar la calidad de las láminas y en la búsqueda de sustitutos menos peligrosos que la hidracina.

En el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y en otros centros se está intentando la formación de grafeno por deposición química de vapor (DQV), un proceso bien establecido que podría aplicarse fácilmente a la fabricación de microchips. En la DQV, compuestos químicos volátiles reaccionan y quedan depositados sobre un sustrato, formando un recubrimiento muy delgado. En el MIT emplean un sencillo horno tubular que contiene sustratos de ní-



**UNA LAMINA DE GRAFENO (una monocapa de carbono estructurado en anillos hexagonales, inserto) estampada en un polímero permite crear un electrodo transparente.**

quel. Según explica Jing Kong, desde un extremo se hace fluir un hidrocarburo gaseoso que, al calentarse, se descompone. Los átomos de carbono se depositan sobre la superficie de níquel, la cual actúa a modo de catalizador y facilita la formación de las películas de grafeno. Sin embargo, la calidad del grafeno depende de si el sustrato de níquel se compone de muchos cristales o de sólo uno. Desafortunadamente, el níquel monocristalino (el que proporciona mejores resultados) es muy costoso.

El grafeno obtenido mediante DQV ha conducido a uno de los mayores éxitos hasta la fecha. Un grupo dirigido por

Byung Hee Hong, de la Universidad Sungkyunkwan (Corea del Sur), ha obtenido películas de gran calidad que posteriormente ha estampado sobre un polímero transparente y deformable. El resultado: un electrodo transparente. Una versión perfeccionada del mismo podría reemplazar a los electrodos transparentes, más caros, empleados hoy día en pantallas (a base de óxido de titanio e indio).

Así pues, la carrera por la fabricación de grafeno podría tener más de un ganador. Coleman, del Trinity College, afirma que los métodos de exfoliación química (que por ahora producen gra-

feno de hasta varias decenas de micras) probablemente resulten ser los más idóneos para cantidades industriales de tamaño medio. Por el contrario, empresas de la talla de Intel estarían más interesadas en conseguir grandes superficies de grafeno mediante procesos de DQV (que hasta el momento han producido muestras de dos o tres centímetros cuadrados). En cualquier caso, ninguno de los métodos parece afrontar obstáculos insuperables. Según Tour, los problemas deberían quedar resueltos dentro de poco.

Steven Ashley

## Telescopios MAGIC

*Terabytes de datos para entender el universo violento*

Miles de veces por segundo, los rayos cósmicos (partículas de altísima energía procedentes del espacio exterior) impactan contra los gases de la atmósfera terrestre. Tal y como describió hace unos sesenta años el físico Pierre Auger, en esas colisiones se desencadenan cascadas de partículas tan energéticas que su velocidad supera la velocidad de la luz en la atmósfera. (La velocidad de la luz en un medio diferente del vacío sí puede rebasarse.) Cuando ello ocurre, esas partículas dejan un ras-

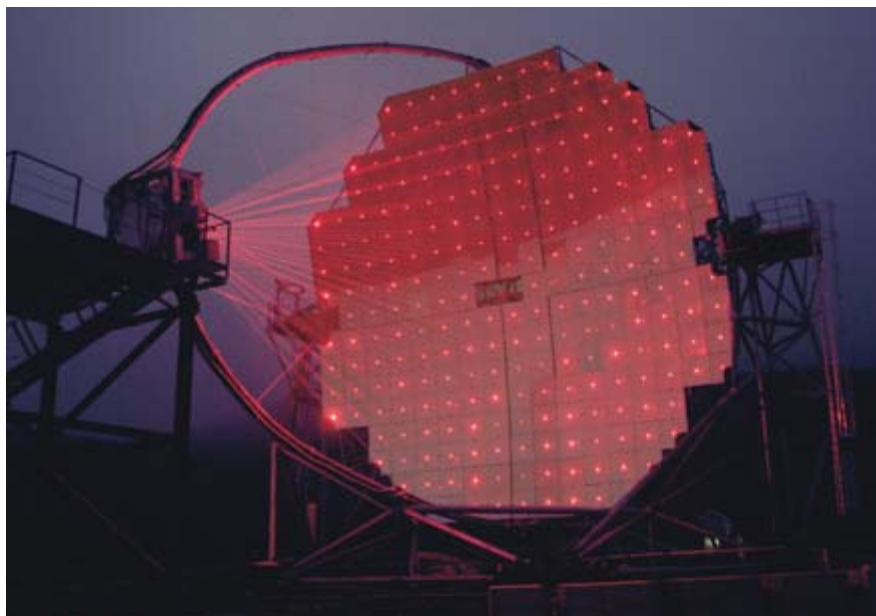
tro de radiación denominada radiación de Cherenkov, el análogo electromagnético de la onda de choque que se produce cuando un objeto rompe la barrera del sonido en un medio.

Desde hace ya más de un siglo, decenas de experimentos en todo el mundo intentan obtener información sobre el misterioso origen de los rayos cósmicos. Los que estudian las cascadas de partículas a partir de la mencionada radiación de Cherenkov se encuentran entre los más exitosos. Los escasos sucesos ori-

ginados por rayos gamma (fotones de muy alta energía) son los que revisten mayor utilidad en astrofísica, ya que las partículas dotadas de carga eléctrica son desviadas por los campos magnéticos galácticos, por lo que, cuando llegan al detector, no resulta fácil extraer información sobre la fuente que las produjo. Por el contrario, los fotones son partículas neutras y no son desviados.

Una propiedad muy útil al respecto se basa en que la forma de una cascada de partículas desencadenada por rayos gamma difiere de la debida al ruido de fondo, generado mayoritariamente por protones. Para energías de entre 100 gigaelectronvolt y 100 teraelectronvolt, el fondo es más numeroso que la señal en una razón de 1:1000 o de 1:10.000. Sin embargo, el tipo de cascada que dejan ambos sucesos puede determinarse gracias a simulaciones numéricas, lo que permite discriminar entre ambos fenómenos y proceder a su análisis.

La atmósfera actúa de modo análogo al calorímetro de los detectores utilizados en los grandes colisionadores de partículas (como el Gran Colisionador de Hadrones —LHC— del CERN). En nuestro caso, actúan como detector los telescopios de rayos gamma MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov Telescope, “Gran telescopio Cherenkov de rayos gamma atmosféricos”): dos telescopios gemelos con sendos espejos de 17 metros de diá-



1. HACES DE LASER para enfocar los espejos del telescopio MAGIC.