

INVESTIGACION Y CIENCIA

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**



EVOLUCION

¿Por qué comemos lo que comemos?

COSMOLOGIA

Cuestiones y retos fundamentales

BIOLOGIA

Función ecológica de las trufas

NEUROCIENCIA

Cuando los circuitos neuronales fallan

INFORME ESPECIAL

SALVAR LA TIERRA

- Límites de un planeta sano
- Soluciones para las amenazas ambientales
- El fin del crecimiento





¿Qué veríamos si pudiéramos llegar a Saturno, Júpiter o las lunas de Neptuno?



Muchas enfermedades antaño consideradas "mentales" cuentan en realidad con una causa biológica.

32



Las trufas, hongos hipogeos, dependen de los animales para dispersar sus esporas.

ARTICULOS

ASTRONOMIA

16 Ocho maravillas del sistema solar

Edward Bell y Ron Miller

Una recreación artística de algunos de los paisajes más sobrecogedores del sistema solar.

NEUROCIENCIA

24 Circuitos defectuosos

Thomas R. Insel

La neurociencia está revelando las conexiones neurales defectuosas que dan lugar a los trastornos psicológicos.

ECOLOGIA

32 La vida secreta de las trufas

James M. Trappe y Andrew W. Claridge

Más allá del refinamiento gastronómico, las trufas desempeñan funciones ecológicas esenciales.

INFORME ESPECIAL: SOSTENIBILIDAD

45 Vivir en una Tierra nueva

46 Límites de un planeta sano

Jonathan Foley

Soluciones para las amenazas ambientales

53 El fin del crecimiento

Bill McKibben

58 Entrevista a Bill McKibben: ¿De veras necesitamos un crecimiento cero?

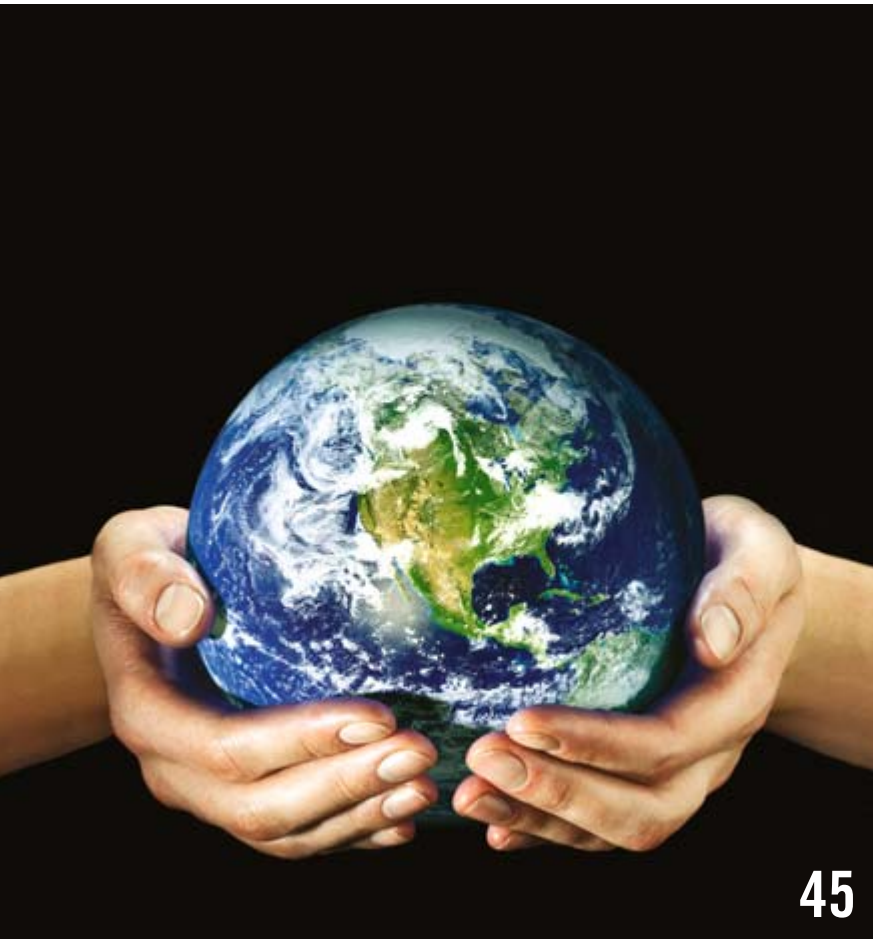
Mark Fischetti

COSMOLOGIA

60 Cuestiones fundamentales de cosmología

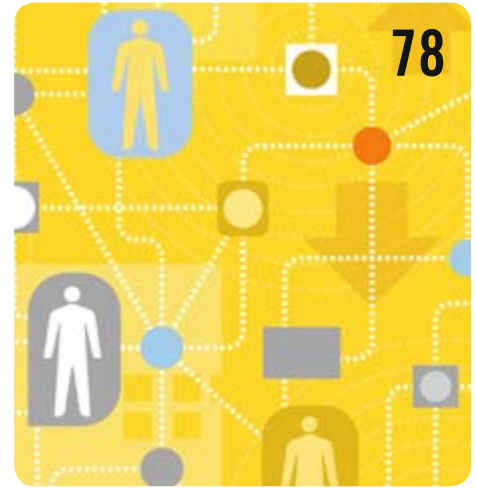
Peter Schneider

¿De qué se compone la materia oscura? ¿Qué es la energía oscura? Los cosmólogos aspiran a responder a estas cuestiones antes del año 2020.

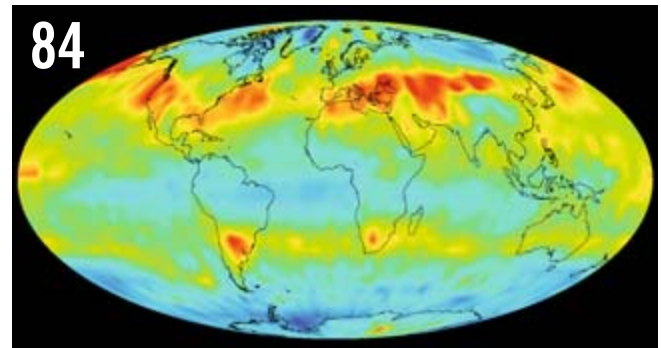


45

Traspassar ciertos límites ambientales conlleva alteraciones a veces irreversibles en nuestro planeta.



Las redes "ad hoc" se forman y reestructuran solas.



El Niño constituye el fenómeno acoplado océano-atmósfera más importante para la variabilidad interanual del clima.

EVOLUCION

69 Genes, cultura y dieta

Olli Arjamaa y Timo Vuorisalo

Biología y cultura interaccionan en el desarrollo de nuestros hábitos alimentarios.

COMUNICACIONES

78 Redes inalámbricas instantáneas

Michelle Effros, Andrea Goldsmith y Muriel Médard

Las redes inalámbricas independientes de una estructura fija facilitarían una conectividad permanente y ubicua.

CLIMA

84 Cambio de las temperaturas global y hemisférica

Carlos Gay García y Francisco Estrada

Los métodos econométricos alertan sobre los riesgos de la intervención humana en el sistema climático.

SECCIONES

3 CARTAS AL DIRECTOR

4 HACE...

50, 100 y 150 años.

5 APUNTES

Antropológico... Física...
Altas energías... Reptiles...
Paleontología.

8 CIENCIA Y SOCIEDAD

El telescopio Fermi...
Envenenamiento por
mordedura de serpiente...
Calidad del aire urbano...
Estomas y canales de
aniones... Predecir el éxito
de las especies invasoras.

40 DE CERCA

Nacimiento
de una salamandra,
por *Eduardo Obis*

42 DESARROLLO SOSTENIBLE

Las redes contra la pobreza,
por *Jeffrey D. Sachs*

43 CIENCIA Y GASTRONOMIA

El hidromiel,
por *Pere Castells*

90 CURIOSIDADES DE LA FISICA

Caprichos de la reflexión,
por *Jean-Michel Courty*
y *Edouard Kierlik*

92 JUEGOS MATEMATICOS

Computación cuántica,
por *Agustín Rayo*

94 LIBROS

Filosofía de la física

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL José M.^a Valderas Gallardo
DIRECTORA FINANCIERA Pilar Bronchal Garfella
COORDINADORA DE EDICIONES Laia Torres Casas
EDICIONES Anna Ferran Cabeza

Ernesto Lozano Tellechea
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 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 Inchcoombe

EXECUTIVE VICE PRESIDENT Michael Florek

VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION Frances Newburg

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: *Ocho maravillas del sistema solar*; Juan Manuel González Mañas: *Circuitos defectuosos*; Luis Bou: *Vivir en una Tierra nueva, Límites de un planeta sano y Soluciones para las amenazas ambientales*; I. Nadal y Yago Ascasibar: *Cuestiones fundamentales de cosmología*; Marián Beltrán: *Genes, cultura y dieta y Desarrollo sostenible*; J. Vilardell: *Redes inalámbricas instantáneas, Hace... y Curiosidades de la física*; Bruno Moreno: *Apuntes*



Portada: Aaron Goodman

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona (España)
Teléfono: 934 143 344
Fax: 934 145 413

e-mail: administracion@investigacionyciencia.es

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

Copyright © 2010 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



Alternativas a la energía oscura

“Energía oscura o vacío cósmico” por Timothy Clifton y Pedro G. Ferreira (junio de 2009) sugiere que la aparente expansión acelerada del universo podría ser un concepto erróneo causado por hallarnos en el centro de un gigantesco vacío cósmico (en el que el ritmo de expansión variaría con la posición, de modo que la energía oscura sería innecesaria). La prueba de la acelerada o desigual expansión del universo es que las supernovas distantes se ven más tenues de lo esperado. Pero, ¿sería imputable la disminución de brillo a una neblina difusa aunque uniforme de partículas individuales? El fondo cósmico de microondas podría también estar causado por la medición de la temperatura y distribución de esa neblina.

Bill Manzke
Dublín, Ohio

Otra explicación de la pérdida de brillo de las supernovas podría ser que la luz se desacelera con el tiempo. Si la luz se hubiera propagado con mayor rapidez en el pasado, habría llegado más lejos de lo que creemos y su intensidad sería menor que la esperada.

Joel Sanet
Miami

RESPONDEN LOS AUTORES: *Los astrónomos suelen llamar “polvo” a lo que Manzke denomina “neblina”. Miríadas de polvo interpuesto entre nosotros y las su-*

pernovas podrían enturbiar las imágenes que medimos con los telescopios. Pero ello implicaría que las supernovas distantes parecerían sistemáticamente más tenues conforme miráramos más y más lejos. Ello nos sirve de prueba, porque si nos retrotraemos suficientemente en el tiempo, el universo no se estaría acelerando (o bien las supernovas no estarían en el vacío), de tal manera que no se produciría la sistemática pérdida de brillo que se asocia a una neblina. Además, si la absorción por el polvo fuera notable, modificaría el espectro de la luz que recibimos. Los astrónomos comprueban si ello sucede de veras.

Que el polvo caliente sea el origen del fondo cósmico de microondas es una hipótesis interesante, pero escasamente verosímil. La radiación de fondo de microondas se distribuye con uniformidad casi perfecta por todo el firmamento y sus propiedades demuestran que proviene de una fuente en perfecto equilibrio térmico. Si se estuviera emitiendo desde el polvo, su espectro sería muy distinto; muy raramente presentaría una distribución tan uniforme.

En cuanto a la carta de Sanet, el valor constante de la velocidad de la luz constituye el corazón de la teoría de la relatividad y la base de las modernas teorías cuánticas de las fuerzas fundamentales. A pesar de ello, algunos investigadores han explorado la posibilidad de que la velocidad de la luz pudiera variar a escalas de tiempo cosmológicas. Ello repercutiría en problemas cosmológicos; algunos lo han utilizado para intentar explicar por qué el universo parece tan liso a escalas muy grandes. Pero es muy difícil edificar una teoría en la que pueda variar la velocidad de la luz. Por el momento, abundan los datos que apoyan la relatividad general. Esta es la teoría que predomina.

Gatos gregarios

“La domesticación del gato”, de Carlos A. Driscoll, Juliet Clutton-Brock, Andrew C. Kitchener y Stephen J. O’Brien (agosto de 2009) tiene escaso fundamento y yerra en lo que afecta al comportamiento social de los gatos domésticos. Los gatos viven en grupo si se les ofrece la oportunidad y en cada grupo hay una hembra matriarca y un macho alfa. Los gatos monteses siempre forman grupos (colonias); la gente que cuida de multitud de gatos se refiere a este tipo de jerarquía. En cuanto a su pretendidamente escasa utilidad, los autores debe-

rían considerar que tienen la capacidad de controlar más de 40 huevos de numerosas especies de serpientes, sin hablar de los roedores, cuyos únicos otros depredadores son las aves de presa y las zarigüeyas.

“Gary in Tampa”

A través de Scientific American.com

RESPONDE DRISCOLL: *Parece que cierta frase ha causado confusión: la que afirmaba que “los felinos son cazadores solitarios”. En su lugar debería haberse escrito que “los gatos monteses son cazadores solitarios”. En la estructura social del gato montés influye fuertemente la disponibilidad de recursos. A menos que se alimenten de una fuente puntual (una señora amable o un montón de basura), estos felinos que se procuran su propia comida son solitarios. Ni siquiera los gatos bien socializados alcanzan el nivel de sociabilidad de los leones, que cazan de forma cooperativa. En cuanto a su utilidad, nunca se les ha educado para ningún tipo de “conducta” utilitaria (pastoreo de rebaños, vigilancia o caza), como se ha hecho con los perros. Se ha sugerido que las plagas que azotaron Europa en la Edad Media fueron consecuencia de la reducción de la población gatuna y del consiguiente aumento del número de ratas durante aquellos tiempos. Además, la vulnerabilidad de la población tuvo más que ver con la pequeña glaciación y la gran hambruna que entonces sobrevino —ocasionando cambios en la estructura social, hábitos de vida e higiene— y con la prevalencia de la rata negra (Rattus rattus). Al mejorar el clima desaparecieron las plagas; ello permitió restaurar la productividad agrícola y dispersar los núcleos de población. Quizá lo más importante es que la rata negra fue sustituida por la rata marrón o gris (Rattus norvegicus), menos proclive a la infección. A veces se ha dicho que los gatos no tienen la capacidad de controlar epidemias porque éstas atacaron también lugares con una densidad gatuna elevada.*



Recopilación de Daniel C. Schlenoff

...cincuenta años

Acrobacias. «Poner un hombre en el espacio constituye una proeza acrobática: un hombre no hará más que un instrumento, de hecho hará menos.’ Esa fue la afirmación de Vannever Bush, presidente de la Junta de Gobierno del Instituto de Tecnología de Massachusetts, en una declaración al Comité de la Cámara de Representantes para la Ciencia y la Astronáutica. ‘Hay cosas mucho más serias que unas cuantas cabriolas vistosas. Pero el pueblo estadounidense no aprecia tal diferencia. En este país solemos afanarnos, durante algún tiempo, por cualquier novedad. No desestimo del todo las ventajas de mostrar al mundo nuestras capacidades técnicas. Ni infravaloro los efectos morales de un programa fuera de lo corriente. Pero todo ese jaleo propagandístico del programa me deja completamente frío.’»

...cien años

Aguas curativas. «Se ha demostrado que casi todas las aguas minerales poseen emanación radiactiva. El hallazgo de la radiactividad como causa de los efectos beneficiosos de esas aguas llevó a pensar en el control artificial de esa propiedad. Se pretendía conferir efectos curativos a las aguas de manantial inactivas o mejorar la eficacia de los manantiales naturales. La idea de añadir cantidades variables de sustancias radiactivas ha sido puesta en práctica a gran escala por la administración de las salinas municipales de Bad Kreuznach (Alemania), donde se fabrica y vende agua potable y de aseo tratada artificialmente con las sustancias radiactivas de los manantiales. Aunque es demasiado pronto para extraer conclusiones, la cura de aguas radiactivas es sin duda una valiosa aportación a los métodos actuales de la medicina moderna.»

Legalidad aérea. «Al anular la orden judicial dictada por el juez Hazle a favor de los hermanos Wright y en contra de Curtiss, y la orden similar del juez Hand contra Paulhan, el Tribunal de Apelaciones del distrito se ha limitado a seguir un precedente hace tiempo consolidado en la legislación sobre patentes. Curtiss ya había triunfado como aviador antes de que los hermanos Wright decidieran abandonar todo secretismo y mostrar al mundo qué género de máquina era aquella cuyas prestaciones habían ocultado con

tanto empeño. También Blériot había estado experimentando sin rebozo antes del vuelo en público de los hermanos Wright. Sorprende que el tribunal de primera instancia no haya conseguido encontrar en esos hechos una base testimonial suficiente para denegar la concesión de un mandato judicial. Con la revocación del veredicto del tribunal de primera instancia por parte del de apelación, han desaparecido las trabas para el desarrollo de la aviación en este país.»

Una carrera emocionante. «El aviador Charles K. Hamilton realizó un atrevido y emocionante vuelo desde Nueva York a Philadelphia. El vuelo fue planeado por el *New York Times* y el *Philadelphia Public Ledger*. El piloto, portador de una carta de Gaynor, alcalde Nueva York, para Stuart, gobernador de Pensilvania, efectuó el vuelo en el tiempo previsto [véase la ilustración].»

...ciento cincuenta años

Un Támesis hediondo. «El año pasado, como consecuencia de tres meses de sequía, el viejo padre Támesis —la memorable corriente que una vez fue— se convirtió en una gigantesca cloaca que despedía fétidos olores por toda la metrópoli británica. En un informe recientemente presentado acerca del tema se afirma que al río se lanzaron, durante los meses de junio, julio y agosto, sustancias desodorizantes por valor de 88.000 dólares, principalmente hipoclorito de calcio, del que se usaron 478 toneladas, y cal, de la que se usaron 4280 toneladas. Se arrojaron principalmente en las alcantarillas y, a pesar de que la temperatura del agua permaneció alta (entre 20 y 23 grados), el río se mantuvo invulnerable a todos los intentos de desodorización. Este año se han realizado grandes preparativos para disponer de percloruro de hierro en cantidad suficiente y moderar la pestilente potencia del ‘frasco de las esencias’ del padre Támesis.»



LA AVIACION TOMA LA DELANTERA. En su biplano Curtiss, Charles K. Hamilton compite con el caballo de hierro, 1910.

Erratum corrige

En el artículo "Obtención de compuestos de potasio", del mes de abril, en la página 91, se dice que la silvinita es un mineral, cuando en realidad se trata de una roca.

En el artículo "Las dificultades de la fusión nuclear", del mes de mayo, en la página 31, aparece mal escrito el nombre de Lord Kelvin: debería decir William Thomson.

ANTROPOLOGIA CULTURAL

El origen de la cocina

Si no cocináramos los alimentos, tendríamos que pasar la mitad de nuestros días masticando comida cruda, igual que los chimpancés. Guisar los alimentos los hace más deliciosos, los reblandece y potencia su valor energético y nutritivo, al descomponer los almidones y las proteínas en moléculas más digeribles. Según Richard Wrangham, de la Universidad de Harvard, la mayor recompensa de cocinar es que nos deja más energía y tiempo libres para dedicarlos a otras tareas: alimentar un cerebro de mayor tamaño, establecer relaciones sociales y crear divisiones del trabajo. En última instancia, cocer los alimentos nos hace humanos [véase "Genes, cultura y dieta", por Olli Arjamaa y Timo Vuorisalo, en este mismo número].

Los datos arqueológicos sobre el momento en que nuestros antepasados empezaron a controlar el fuego (prerrequisito para poder cocinar) son desiguales. Las pruebas biológicas, en cambio, son indiscutibles: debimos de disfrutar por primera vez del olor de un buen asado hace unos 1,9 millones de años. Ello coincide con la aparición de *Homo erectus*, una especie humana primitiva cuyo cráneo era un 50 por ciento mayor y cuya pelvis y caja torácica eran menores que sus ancestros, lo que

indicaba un cerebro más voluminoso y un abdomen menor. Presentaban también dientes de tamaño inferior. Si aceptamos que la capacidad de cocinar debió dejar huellas en el registro fósil, este es el momento que estamos buscando. Ni antes ni después, en el curso de la evolución humana, cambiaron tanto los tamaños craneal y pélvico.

Wrangham ha elaborado una teoría sobre el modo en que se aprendió a controlar el fuego y, por consiguiente, a cocinar. Conjetura que los antepasados más cercanos a *H. erectus*, los australopitecos, comían carne cruda pero la golpeaban para aplanarla y hacerla más fácil de masticar. Y, ¿qué ocurre si intentamos aplastar carne con la ayuda de piedras? Que se producen chispas. Al repetir el proceso una y otra vez, uno acaba averiguando el modo de controlar el fuego.

—Melinda Wenner

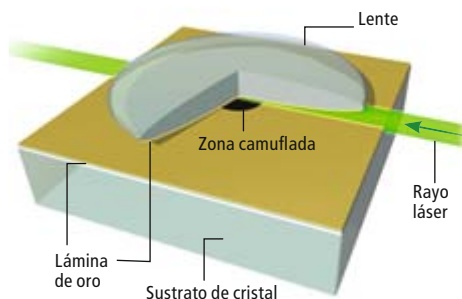


FISICA

Cómo tornarse invisible

En los últimos años han proliferado las ideas para fabricar capas de invisibilidad (sistemas de camuflaje que desvían la luz alrededor del objeto que se desea esconder). La mayoría se basan en metamateriales, estructuras con propiedades ópticas extrañas. Sin embargo, un nuevo dispositivo de camuflaje, más sencillo, podría convertir en innecesarios estos curiosos materiales.

Un grupo de investigadores de BAE Systems (Washington, D.C.), de las universidades Towson y Purdue ha diseñado un dispositivo de camuflaje basado en dos láminas de oro: una recubre una lente curva y otra descansa sobre una pieza plana de cristal. Entre ellas se forma una zona que opera a modo de guía de onda cónica. El truco está en el gradiente del índice de refracción del material, que permite que los rayos



LOS RAYOS LASER que inciden lateralmente en el dispositivo de camuflaje se curvan alrededor de un punto central, que se convierte en invisible.

de luz paralelos a la pila formada por los materiales se desvían alrededor de una zona central, como agua que fluye alrededor de una piedra.

Vladimir M. Shalaev, uno de los autores del trabajo, formó parte de un grupo que en 2007 diseñó, mediante metamateriales, una capa de luz visible. Sin embargo, dicha capa funcionaba sólo en una longitud de onda predeterminada y escondía una zona muy limitada. La guía de onda, en cambio, opera con múltiples longitudes de onda de luz

visible y camufla una zona más extensa.

Pero presenta un inconveniente: oculta objetos bidimensionales y no tridimensionales; las cosas que uno querría esconder probablemente no estén limitadas a dos dimensiones. Aun así, el sistema podría resultar útil en las comunicaciones ópticas.

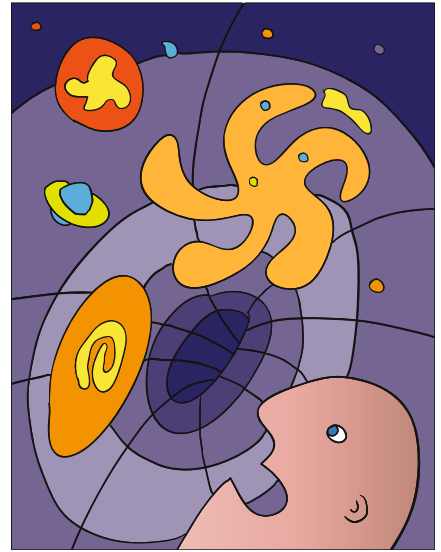
—John Matson

ALTAS ENERGÍAS

Agujeros negros en colisiones de partículas

Desde hace tiempo se cree que las colisiones de partículas a muy alta energía deberían producir agujeros negros microscópicos. Sin embargo, hasta ahora nadie había logrado hallar soluciones de las ecuaciones de Einstein que describiesen el proceso. Recientemente, M. W. Choptuik, de la Universidad de Columbia Británica, y F. Pretorius, de la de Princeton, han hallado las primeras soluciones de esta clase. Su trabajo ha sido publicado en *Physical Review Letters* en marzo de 2010 y constituye un resultado de primer orden: lo que hasta ahora era una conjetura pasa a convertirse en una predicción de la relatividad general.

Se desconoce cuánta energía haría falta para desencadenar el proceso, pero los cálculos de Choptuik y Pretorius indican que el mismo podría verse en el LHC del CERN si la energía necesaria no excediese unas pocas decenas de TeV, algo que predicen algunas teorías. En caso de generarse, estos agujeros negros microscópicos se desintegrarían casi instantáneamente.



REPTILES

Serpiente gigante

Se han hallado los restos fosilizados de la mayor serpiente conocida: 13 metros de longitud y más de una tonelada de peso. *Titanoboa cerrejonensis*, prima de la boa constrictor, vivió hace unos sesenta millones de años en una selva neotropical, en lo que hoy es la zona nororiental de Colombia.

Amén de ampliar los nuestros conocimientos sobre la biología herpetológica, esta serpiente prehistórica nos ofrece indicios sobre el clima de la selva primitiva. Puesto que las serpientes y otros reptiles son poiquiloterms (de sangre fría), su temperatura corporal y procesos vitales dependen de la temperatura del aire circundante. Cuanto más caliente está el aire, más crecen.

Jason J. Head, de la Universidad de Toronto, y sus colaboradores calculan que, para alcanzar su enorme tamaño corporal (que supera en casi tres metros a la poseedora del récord en tiempos modernos, una pitón reticulada), la *Titanoboa* tendría que haber vivido en un entorno con una temperatura media anual de al menos entre 30 y 34 °C, es decir, más caliente que la temperatura media actual del trópico (entre 24 y 26 °C).

Algunos modelos climáticos sugieren que las zonas ecuatoriales han estado resguardadas de los efectos de las fases de "invernadero" naturales del planeta, pero el hallazgo de la *Titanoboa* muestra que, durante estas fases, los lugares con un clima ya cálido se hicieron más calurosos todavía. De hecho, poco después del período al que corresponde la *Titanoboa*, puede que la temperatura tropical subiera tanto, que causara muertes generalizadas por causa del calor, aunque aún no se han hallado pruebas de los efectos de ese episodio abrasador.

—Kate Wong



1. LA ENORME VERTEBRA del fósil de *Titanoboa*, una serpiente de trece metros de longitud, empujeña la vértebra de una anaconda moderna, de 5,2 metros.

2. *TITANOBOA* debió alimentarse de cocodrilos y otros vertebrados que compartían su hábitat tropical.



PALEONTOLOGIA

¿Artistas neandertales?

Desde hace decenios, se vienen recuperando en Oriente Próximo y en África ornatos corporales fabricados con conchas pintadas y perforadas de entre 70.000 y 120.000 años de antigüedad. Se consideran indicios de pensamiento simbólico entre los primeros humanos modernos.

La ausencia de hallazgos similares en Europa cuando ésta era territorio neandertal ha abonado la idea de que nuestros parientes primitivos carecían de pensamiento simbólico, una posible señal de inferioridad mental que ayudaría a explicar por qué *Homo sapiens* terminó por sustituirlos. Aunque se han descubierto algunos indicios de arte y joyas neandertales (colgantes hechos con dientes de animales perforados y con ranuras), a menudo se han desechado por considerarse una mezcla de elementos humanos modernos o imitaciones.

Sin embargo, João Zilhão, de la Universidad de Bristol, y sus colaboradores han encontrado en dos cuevas de Murcia joyas de 50.000 años de antigüedad (10.000 años antes de que los humanos modernos llegasen a Europa). La Cueva Antón contenía una concha perforada de vieira, pintada con un pigmento naranja formado por goethita amarilla y hematita roja, recogidas a unos cinco kilómetros del lugar. Entre el material desenterrado en la Cueva de los Aviones, junto a herramientas de cuarzo y pedernal, se encontraron dos conchas de mejillón perforadas y pintadas con restos de hematita roja. No se hallaron tintes en las conchas dedicadas a la comida ni en los útiles líticos, lo que sugiere que las joyas no se pintaron de forma aleatoria.

Esos hallazgos, junto con elementos descubiertos anteriormente, indican que los neandertales poseían la misma capacidad de simbolismo, imaginación y creatividad que los humanos modernos. Erik Trinkaus, de la Universidad de Washington en St. Louis, espera que los descubrimientos comiencen a enterrar la hipótesis que vie-

ne defendiéndose desde hace años: a saber, que los neandertales se extinguieron porque eran menos inteligentes. Las joyas implican también que los neandertales podrían haber enseñado a nuestros antepasados a pintar..., o viceversa.

—Charles Q. Choi



LA PINTURA NEANDERTAL se aprecia en esta imagen compuesta de una concha de vieira. La parte exterior (*derecha*) muestra restos de pintura naranja. La coloración pretendía quizá recuperar la apariencia original de la concha o remedar el rojo natural de su interior (*izquierda*).

EFFECTO INVERNADERO

Confinamiento del carbono

Absorber el dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de las chimeneas y depositarlos bajo tierra constituye una técnica clave para combatir el cambio climático. Pero, ¿cuál es el mejor lugar para almacenar el CO₂? Estudios recientes indican que una de las mejores opciones sería la roca volcánica junto a la costa este de los Estados Unidos.

El basalto no sólo almacena el CO₂, sino que además forma, a partir del mismo gas y en un período de tiempo corto, rocas



ESPONJA PARA GASES DE EFECTO INVERNADERO: el basalto convierte el CO₂ en rocas carbonatadas. Este abundante material volcánico resulta, ciertamente, un lugar óptimo para la captura de carbono.

carbonatadas (piedra caliza). Asimismo, el basalto costero tiene el beneficio añadido de hallarse cubierto por el océano, que actúa como una segunda barrera de protección contra las fugas de CO₂.

Las investigaciones dirigidas por David S. Goldberg, de la Universidad de Columbia, ya habían mostrado la existencia de basalto bajo el océano frente a la costa oeste, en la zona de California, Oregón y Washington. El trabajo más reciente de su grupo, publicado en el número en línea del 4 de enero de *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, ha localizado extensos depósitos de basalto al este de EE.UU, frente a las costas de Georgia, Massachusetts, Nueva Jersey, Nueva York y Carolina del Sur. Una formación cercana a Nueva Jersey contendría hasta mil millones de toneladas métricas de CO₂. No hay que olvidar, sin embargo, que se emiten un total de más de 30.000 millones de toneladas métricas de CO₂ al año.

Si se demostrase que el CO₂ permanece bajo tierra (se están llevando a cabo experimentos en ese sentido frente a las costas de Oregón y en Islandia), el basalto ganaría importancia, dado que se halla muy extendido en el planeta: las trampas de basalto siberianas y las llanuras del Decán, en la India, ofrecen una buena muestra de ello.

—David Biello

El telescopio Fermi cumple dos años

Las explosiones cósmicas de rayos gamma constituyen las emisiones electromagnéticas más luminosas del universo. Su comprensión es clave en cosmología y física de partículas

El próximo 11 de junio de 2010 se cumplirán dos años de la puesta en órbita del telescopio Fermi, diseñado por la NASA para estudiar las fuentes de rayos gamma del universo. Este telescopio debe su nombre al premio Nobel Enrico Fermi (1901-1954), quien explicó el mecanismo de aceleración de los rayos cósmicos.

El telescopio Fermi lleva a bordo dos instrumentos: el LAT (Large Area Telescope) y el GBM (Gamma-ray Burst Monitor). El LAT está diseñado para detectar rayos gamma con energías comprendidas entre 20 MeV y 300 GeV (los fotones de la luz visible tienen una energía de unos pocos electronvolt). El GBM, que cubre el rango de 8 KeV a 30 MeV, permite la detección de estallidos de rayos gamma asociados a fotones menos energéticos.

El objetivo consiste en elaborar un mapa detallado de las fuentes de rayos gamma existentes en el universo. En sus primeros dos años de observaciones, el telescopio Fermi ha superado la sensibilidad de sus predecesores, hasta el punto de generar un mapa pormenorizado de las 1451 fuentes de rayos gamma más brillantes que se conocen.

La mayoría de estas fuentes (689) corresponden a galaxias activas (también denominadas AGN, siglas en inglés de "núcleo galáctico activo"). Las AGN son galaxias que emiten con una luminosidad

mayor de la habitual en algún rango del espectro. Las AGN cuentan con una particular relevancia en astrofísica, ya que dichas emisiones obedecen a la presencia de agujeros negros supermasivos en el centro de dichas galaxias.

Entre otras fuentes de interés podemos citar 56 púlsares (estrellas de neutrones que giran rápidamente); tres sistemas binarios formados por una estrella de gran masa en torno a un objeto compacto (un agujero negro o una estrella de neutrones), y el cúmulo globular 47 Tucanae. Cabe destacar que 630 fuentes aún no han podido ser identificadas plenamente.

Agujeros negros, púlsares y materia oscura

Hasta el momento, las aportaciones científicas del Fermi son impresionantes. Un primer análisis de los datos ofrece algunas pistas sobre la evolución de los agujeros negros supermasivos que habitan en el centro de las galaxias activas. Los resultados sugieren que estos objetos generarían menos rayos gamma a medida que envejecieran. Sin embargo, aún necesitamos observaciones más detalladas que nos permitan entender el mecanismo responsable de tal comportamiento.

Otro hallazgo importante ha sido la detección de 56 nuevos púlsares gracias a la precisión temporal del Fermi (1 microsegundo), que permite la detección y

medición del período de rotación de tales objetos. Algunos de los púlsares más fascinantes son los denominados PSR J0007+7303 (conocido como CTA 1) y PSR J1836+5925 que, a diferencia de la gran mayoría, emiten la mayor parte de su energía en forma de rayos gamma, con emisiones casi nulas en las longitudes de ondas de radio.

El estudio de los parámetros específicos derivados de estas observaciones nos permitirán evaluar los diferentes modelos teóricos que han sido propuestos para explicar la generación de rayos gamma en los púlsares.

Sin embargo, los avances más significativos del Fermi probablemente estén aún por llegar. En particular, el telescopio podría detectar la energía liberada en la aniquilación de partículas y antipartículas de materia oscura. Se estima que la materia oscura constituye en torno al 80 por ciento de toda la materia del universo (cantidad que equivale a un 23 por ciento de su energía total; la materia ordinaria sólo representa un 4 por ciento). Si bien la existencia de materia oscura puede inferirse a partir de sus efectos gravitatorios, su composición sigue siendo un misterio: sólo sabemos que ha de ser distinta de la materia hasta ahora conocida. Su detección constituiría un acontecimiento de consecuencias extraordinarias para la física fundamental.

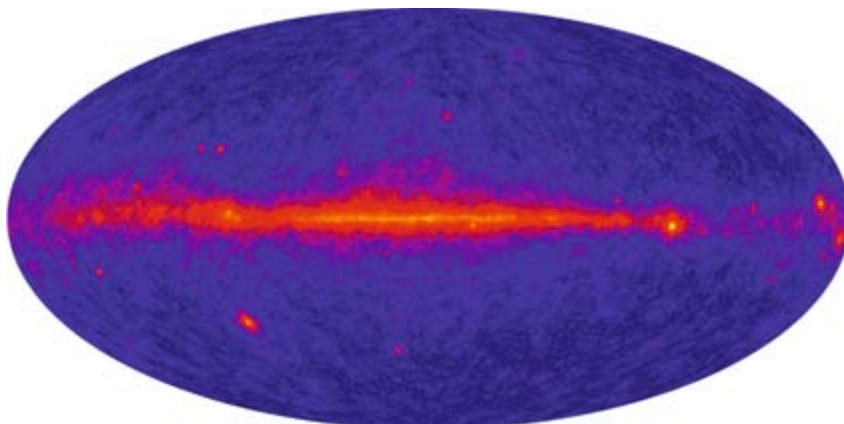
Asimismo, entre las 630 fuentes sin identificar descubiertas por el telescopio Fermi podrían detectarse nuevos emisores de rayos gamma, como estrellas binarias supermasivas o cúmulos de galaxias.

Estos son sólo algunos de los descubrimientos que quizá veamos en los próximos años. En cualquier caso, la identificación de nuevas fuentes de rayos gamma deparará un gran número de sorpresas. El futuro luce brillante para este potente telescopio.

Néstor Mirabal Barrios

Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear
Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

NASA/DOE/LAT



Mapa de fuentes de rayos gamma generado por el telescopio Fermi. La imagen muestra el plano galáctico de la Vía Láctea, así como numerosas fuentes individuales.

Envenenamiento por mordedura de serpiente

La proteómica facilita el desarrollo de tratamientos para el ofidismo, una patología desatendida

Las primeras serpientes ya campaban a sus anchas por nuestro planeta cuando los mamíferos apenas empezaban a esbozarse. Las serpientes evolucionaron a partir de un ancestro común a los lagartos durante el tiempo de los grandes dinosaurios, en el período Cretácico (hace unos 130 millones de años); sin embargo, hasta hace unos 36 millones de años no aparecieron los primeros colúbridos. La radiación de los colúbridos coincide con el advenimiento y diversificación de los roedores, mamíferos esenciales en la dieta de estos reptiles.

En la actualidad, el suborden *Serpentes* de los reptiles escamosos (*Squamata*) agrupa a unas 3000 especies en unos 400 géneros y 18 familias, presentes en hábitats terrestres y acuáticos, desde el mar hasta los desiertos, en todos los continentes, a excepción de la Antártida.

Las serpientes de mayor tamaño y fuerza (pitones, boas y anacondas) utilizan para alimentarse una estrategia mecánica: atrapan a la presa entre sus anillos constrictores impidiéndole la respiración hasta que muere por asfixia. Las serpientes más pequeñas (víboras, serpientes de cascabel, cobras), en cambio, han desarrollado otra arma evolutiva más

refinada: el veneno. El veneno de las especies actuales de serpientes ponzoñosas se originó en etapas tempranas de la historia evolutiva de lagartos y serpientes por reclutamiento y transformación, mediante evolución acelerada, de proteínas comunes.

Ofidismo

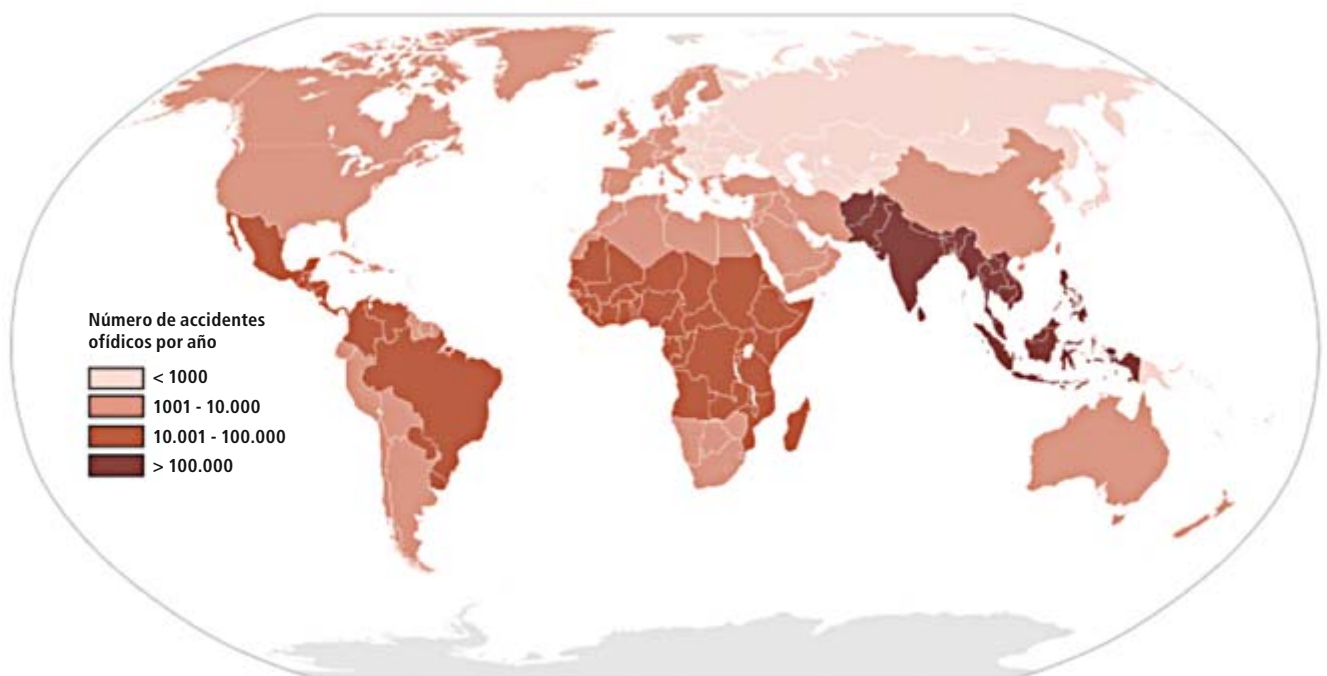
Los venenos de los vipéridos (subfamilias Viperinae y Crotalinae) poseen un arsenal de proteínas con capacidad de degradar la matriz extracelular y obstruir la cascada de coagulación, el sistema hemostático y la reparación tisular. Las manifestaciones clínicas del envenenamiento por vipéridos y crotálicos pueden ser locales o sistémicas. Los efectos locales se presentan minutos después de la inyección del veneno: incluyen dolor, edema, equimosis y hemorragia local; en numerosos casos cursan con necrosis del área que rodea la mordedura. Entre los efectos sistémicos se observan alteraciones en la coagulación sanguínea y episodios hemorrágicos alejados del sitio de inyección del veneno, miotoxicidad, fallo renal agudo e insuficiencia cardíaca, entre otras.

Unas 640 especies de ofidios son venenosas; de éstas, sólo una fracción re-

ducida representa un peligro serio para nuestra especie. La mayoría de los accidentes por mordedura de serpiente ocurren en regiones pobres de países tropicales de Centroamérica y Sudamérica, África subsahariana y Asia; afectan sobre todo a trabajadores y niños de zonas rurales. Según la OMS ocurren anualmente 5,4 millones de accidentes ofídicos. De éstos, 2,7 millones producen envenenamiento y dan lugar a más de 125.000 muertes al año y a un número mayor de personas con lesiones permanentes. Estas cifras hospitalarias podrían estar subestimando la realidad, puesto que numerosas víctimas acuden a curanderos locales o fallecen en su casa sin haber pasado por un centro de salud.

Tratamientos: de la inmunología a la proteómica

La única terapia eficaz contra un envenenamiento por mordedura de serpiente es la administración parenteral de un antiveneno. Los sueros antiofídicos se obtienen mediante la inmunización de équidos y camélidos con dosis subletales de veneno completo. La fracción de inmunoglobulinas purificadas constituye el correspondiente antiveneno. La administración de proteínas extrañas puede



1. Incidencia del envenenamiento por mordedura de serpiente.



producir en el organismo reacciones adversas, incluida la muerte por shock anafiláctico. Por otra parte, la producción de antivenenos tradicionales o de corte biotecnológico resulta cara para los sistemas sanitarios de numerosos países donde el ofidismo constituye un grave problema de salud pública. Al no ser un negocio rentable, algunas empresas farmacéuticas multinacionales han dejado de fabricar antivenenos.

Para tratar de paliar el ofidismo, en nuestro laboratorio de proteínica estructural hemos desarrollado protocolos basados en técnicas proteómicas que nos permiten determinar la composición proteínica (proteoma) y la abundancia relativa de las familias de toxinas en un veneno (“venómica”). Este conocimiento resulta esencial a la hora de escoger la mezcla idónea de venenos para lograr un antiveneno polivalente del más amplio espectro posible.

La evolución juega a nuestro favor. Nuestros estudios venómicos muestran que, a pesar de la aparente complejidad

2. Serpientes de interés médico en Norteamérica (*Crotalus atrox*), Centroamérica (*Bothrops asper*) y Sudamérica (*Bothrops atrox* y *Crotalus durissus terrificus*).

de los venenos, éstos constan de un número restringido de familias proteicas cuya distribución y abundancia relativa varían ampliamente entre géneros, especies y subespecies.

Los estudios sobre inmunorreactividad cruzada de antivenenos existentes y venenos de serpientes no incluidas en el cóctel de inmunización (“antivenómica”) demuestran una gran conservación de determinantes antigénicos (epítomos) intraespecíficos e interespecíficos en todas las familias de toxinas. Ello permite reducir el problema de la generación de un antiveneno de amplio espectro a la formulación de una mezcla de venenos que incluya el complemento de epítomos necesarios para generar anticuerpos que bloqueen la acción tóxica de todas las familias proteicas presentes en el veneno diana.

El veneno constituye una innovación adaptativa. Su composición está modulada por las condiciones ecológicas a tra-

vés de la selección natural. La adaptación al medio conlleva divergencias (especies taxonómicamente cercanas desarrollan formulaciones venómicas distintas) y convergencias (especies lejanas producen venenos de acción tóxica similar) en la composición del armamento químico de los animales venenosos.

Dado que la filogenia no refleja el grado de similitud composicional de los venenos, la taxonomía no constituye una herramienta fiable para establecer una clasificación molecular o funcional. El fenotipado por combinación de técnicas cromatográficas y espectrométricas está resultando una estrategia adecuada para la identificación y cuantificación de las toxinas mayoritarias en los venenos. Venómica, antivenómica y fenotipado venómico constituyen las herramientas que aporta la proteínica para hacer frente al envenenamiento por mordedura de serpiente, una patología desatendida.