

INVESTIGACION Y CIENCIA

Edición española de
SCIENTIFIC
AMERICAN



ENERGIA

¿Cuándo se agotará el petróleo?

GENETICA

Versatilidad del ribosoma

ASTRONOMIA

Agujeros negros, ¿existen realmente?

MATERIALES

Más duros que el diamante

POTENCIADORES DEL CEREBRO

Entre la farmacología y la neuroética

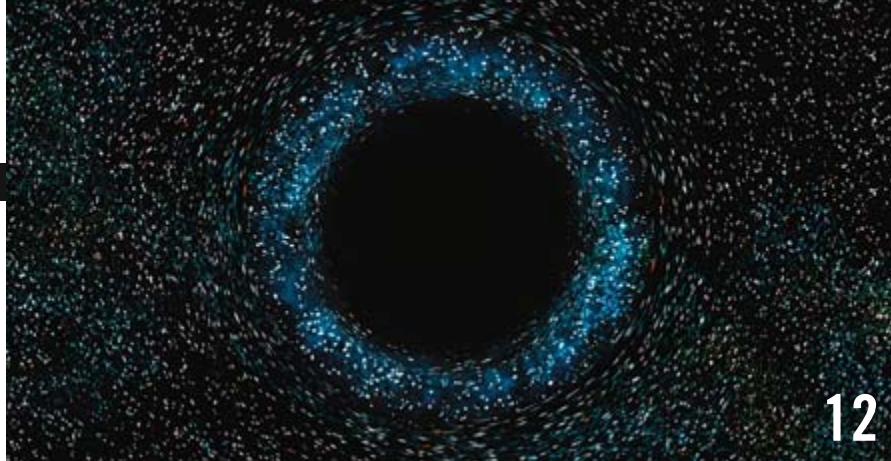


00399

9 770210 136004

SUMARIO

Diciembre de 2009/Número 399



12

Parecen agujeros negros, pero podría tratarse de otro tipo de objetos extraños.



28

Se puede obtener crudo de zonas antaño inaccesibles o cuya perforación no resultaba rentable.



40

La Amazonía estuvo más urbanizada de lo que se pensaba.

ARTICULOS

ASTROFISICA

12 Estrellas negras

Carlos Barceló, Stefano Liberati, Sebastiano Sonego y Matt Visser

Los efectos cuánticos podrían impedir la formación de agujeros negros genuinos. En su lugar se crearían unos cuerpos muy densos, las estrellas negras.

NEUROCIENCIA

20 Potenciadores de la cognición

Gary Stix

¿Bastará ingerir una píldora con el desayuno para mejorar la concentración y la memoria, sin detrimento de la salud a largo plazo?

ENERGIA

28 Explotación de las reservas de petróleo

Leonardo Maugeri

Técnicas avanzadas extraerían hasta la última gota.

ARQUEOLOGIA

40 Las ciudades perdidas del Amazonas

Michael J. Heckenberger

La selva tropical del Amazonas no es tan salvaje como parece.

BIOLOGIA

48 El ribosoma y la traducción genética

Daniel A. Colón Ramos y Antón Vila Sanjurjo

El alto grado de conservación del ribosoma en todos los organismos indica que su temprana aparición fue crucial para el desarrollo de la vida. Además de traducir la información genética en proteínas, participa en la regulación de la expresión génica.

MEDICINA

58 Pasado, presente y futuro de las vacunas

Nathalie Garçon y Michel Goldman

Los conocimientos modernos sobre el sistema inmunitario han reavivado el interés por añadir ingredientes que permitan mejorar antiguas vacunas y crear otras nuevas.



20

Fármacos que aumentan el rendimiento mental. ¿Tratamiento o negocio?



Galileo demostró talento artístico en sus ilustraciones de manchas solares.



74

Se pueden crear materiales más duros que el diamante.

HISTORIA

66 La investigación del Sol en la época de Galileo

Horst Bredekamp

Galileo miró con ojo de artista a través del telescopio. No es casual que pintores afamados compartiesen con Galileo un modo de contemplar la naturaleza.

MATERIALES

74 Más duro que el diamante

Daniel Errandonea

Con altas presiones pueden conseguirse materiales sintéticos ultraduros con múltiples aplicaciones potenciales.

SEGURIDAD

82 Privacidad e Internet cuántica

Seth Lloyd

Gracias a algunas de las más extrañas leyes de la física, tal vez podamos algún día buscar o navegar por la Red sin que nadie vaya recopilando datos nuestros.

SECCIONES

3 HACE...

50, 100 y 150 años.

4 APUNTES

Biología...Geología...
Evolución... Medicina.

6 CIENCIA Y SOCIEDAD

El eslabón débil...
Nanomotores térmicos...
El problema de la coincidencia cósmica... Energía y medio ambiente.

36 DE CERCA

Historia de una invasión,
por *Dacha Atienza*
y *Verónica Fuentes*

38 DESARROLLO SOSTENIBLE

La crisis de la gestión pública en EE.UU., por *Jeffrey D. Sachs*

39 CIENCIA Y GASTRONOMIA

El jamón curado,
por *Fidel Toldrá Vilardell*

88 CURIOSIDADES DE LA FISICA

Ya llega la energía litoeléctrica,
por *Jean-Michel Courty*
y *Edouard Kierlik*

90 JUEGOS MATEMATICOS

El teorema de Banach-Tarski,
por *Agustín Rayo*

92 LIBROS

Cierre del año Darwin

94 INDICE ANUAL

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL José M.^a Valderas Gallardo

DIRECTORA FINANCIERA Pilar Bronchal Garfella

EDICIONES Juan Pedro Campos Gómez

Laia Torres Casas

PRODUCCIÓN M.^a Cruz Iglesias Capón

Albert Marín Garau

SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez

ADMINISTRACIÓN Victoria Andrés Laiglesia

SUSCRIPCIONES Concepción Orenes Delgado

Olga Blanco Romero

EDITA Prensa Científica, S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a

08021 Barcelona (España)

Teléfono 934 143 344 Fax 934 145 413

www.investigacionyciencia.es

SCIENTIFIC AMERICAN

ACTING 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

PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

PRESIDENT Steven Inchcoombe

VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND GENERAL MANAGER Michael Florek

DISTRIBUCION

para España:

LOGISTA, S. A.

Pol. Ind. Pinares Llanos - Electricistas, 3

28670 Villaviciosa de Odón (Madrid) - Teléfono 916 657 158

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.^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: *Estrellas negras*; Luis Bou: *Potenciadores de la cognición, Privacidad e Internet cuántica*; Joandomènec Ros: *Las ciudades perdidas del Amazonas*; Juan Manuel González Mañas: *Pasado, presente y futuro de las vacunas*; Ernesto Lozano Tellechea: *La investigación del Sol en la época de Galileo*; J. Vilardell: *Hace..., Curiosidades de la física*; Anna Ferran: *Apuntes*; Bruno Moreno: *Ciencia y sociedad*; Marián Beltrán: *Desarrollo sostenible*



Portada: SplashLight

SUSCRIPCIONES

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

Precios de suscripción:

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

Ejemplares sueltos:

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

Difusión
controlada

Copyright © 2009 Scientific American Inc., 75 Varick Street, New York, NY 10013-1917.

Copyright © 2009 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a 08021 Barcelona (España)

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

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

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

Printed in Spain - Impreso en España

Recopilación de Daniel C. Schlenoff

...cincuenta años

La otra cara. «La primera, y confusa, visión que de la otra cara de la Luna hemos tenido los humanos sugiere que las actuales teorías acerca del origen e historia de nuestro satélite natural acaso precisen revisión. El vehículo soviético lanzado el 3 de octubre se cruzó con la órbita lunar al cabo de tres días. Poco después, respondiendo a radioseñales enviadas desde la Tierra, apuntó a la Luna sus dos cámaras e hizo las fotografías. Estas se revelaron en el mismo vehículo y se enviaron por radio a la Tierra. Una de ellas se hizo pública en Moscú el 27 de octubre. Se veían en ella varios cráteres de dimensiones considerables, así como una cadena montañosa de extraña topografía (que los trabajadores soviéticos han bautizado Montañas Soviéticas).»

[NOTA: Las "montañas" resultaron ser proyecciones de materia eyectada desde los cráteres y eran más bien planas.]

Grasa corporal. «Para muchos autores, el comer en exceso es lo mismo que ganar peso, y no se hace ningún intento para explicar qué procesos intervienen. Pero para comprender la obesidad hay que identificar esos procesos. Estudios recientes han mostrado que el tejido adiposo es algo más que el depósito a donde va a parar la comida sobrante. Está vivo y participa activamente en el metabolismo del cuerpo. Convierte en grasa porciones sustanciales del azúcar y el almidón de la dieta, incluso en las personas de peso constante. Estrangula el flujo energético corporal ajustando a la necesidad de las células activas la descarga de ácidos grasos. Reacciona a las hormonas, que integran su actuación en las funciones coordinadas del organismo. Puesto que la obesidad afecta a todos esos procesos que se dan en el tejido adiposo, parece insuficiente una teoría de esta enfermedad basada sólo en la sobrealimentación.

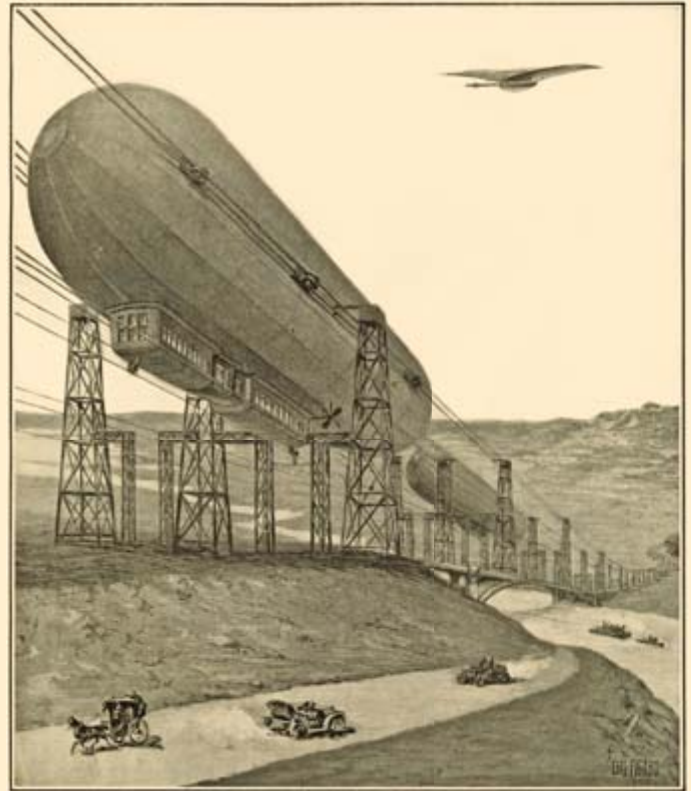
—Vicent P. Dole»

...cien años

Ferrocarril aéreo. «Un ingeniero alemán, de nombre Leps, ha ideado un novedoso medio de transporte, pero tan impracticable que maravilla: una suerte de cruce entre aeronave y ferrocarril eléctrico, en el cual un globo soporta el peso de los coches de viajeros, que corren sobre cables aéreos y están movidos por electricidad (véase la ilustración). El globo es rígido, de tipo Zeppelin, y está movido por motores eléctricos que desarrollan una velocidad aerodinámica del orden de 200 kilómetros por hora. Al sistema de Leps se oponen objeciones técnicas y financieras.»

El timo de las bombillas. «Publicaciones técnicas inglesas han estado previniendo a los compradores de bombillas eléctricas de incandescencia contra los timadores que instalan lámparas que supuestamente contienen filamentos metálicos pero que no tardan en mostrarse como lámparas de filamen-

to de carbono de muy corta duración. Esas bombillas, recién instaladas, desprenden una luz brillante y aparentan ser muy económicas cuando se comprueban con el amperímetro del agente, pero no tardan en ennegrecerse, su luminosidad disminuye y en poco tiempo se rompen. El vidrio de esas bombillas es deslustrado, por lo que el comprador no puede ver el pretendido filamento metálico.»



EL FERROCARRIL DE ZEPPELIN combina las técnicas del dirigible y el ferrocarril, 1909.

...ciento cincuenta años

Aceite de ballena. «En 1820, el número de barcos ingleses y escoceses que participaban en la pesca de la ballena en los mares árticos ascendía a 156 y la producción anual de aceite era de 18.725 toneles [unos 17.862 metros cúbicos]. A causa de la creciente dificultad para cazar ballenas y la rápida adopción del gas para el alumbrado callejero y fabril, la actividad ballenera llegó entonces casi a desaparecer. Las embarcaciones antiguas se vendieron para transportar carbón; se sacrificaron muchísimas propiedades. Durante los últimos años, empero, el negocio parece reverdecir, pese a que actualmente se fabrican y venden enormes cantidades de aceite de hulla. Se cree que el aceite de ballena, especialmente el esperma, sigue siendo superior a todos los demás ungüentos lubricantes de máquinas; por ello, dadas las grandes cantidades que se requieren para los ferrocarriles y otros usos, hay buenas razones que incitan a dedicarse a la caza de ballenas.»

BIOLOGIA

La evolución no va marcha atrás

La evolución no es reversible. Cuando un carácter ha recorrido un determinado camino evolutivo, no puede volver sobre sus pasos aunque la presión evolutiva se invierta.

Hace mucho que se debate sobre el grado en que la evolución puede revertirse. Los intentos de estudiar la cuestión con caracteres complejos, como las aletas de las ballenas, han quedado en nada por diversas dificultades; no es la menor llegar a saber cuál fue el estado ancestral del carácter. El equipo de Joseph Thornton, de la Universidad de Oregón en Eugene, ha superado este obstáculo investigando una proteína, el receptor de los glucocorticoides, cuya historia evolutiva en los vertebrados habían establecido con anterioridad.

La proteína actual responde sólo al cortisol. Thornton había determinado ya que la forma ancestral, de hace 440 millones de años, de cuando se separaron los peces óseos de los cartilagosos, reaccionaba también a la aldosterona. Perdió esta capacidad 40 millones de años después, en los antepasados de los artrópodos, tras la mutación de 37 aminoácidos.

Thornton ha descubierto que la exclusividad de la reacción al cortisol se debe a sólo dos de esas sustituciones. Pero, como explica

en *Nature*, devolver el par de aminoácidos a la versión original no trae consigo el antiguo fenotipo: la proteína deja de funcionar. La causa se encuentra en otros cinco aminoácidos mutados, que vuelven inestable la proteína cuando recupera la vieja estructura. Para obtener una proteína capaz de realizar la función ancestral habría que devolver también esos cinco aminoácidos a su estado precedente, pero es muy difícil que ocurra en la naturaleza, ya que sus mutaciones no confieren de por sí ventajas selectivas.

Por tanto, si una presión selectiva favoreciese el reconocer, como antaño, ambas hormonas, el receptor quizá pudiese retomar la antigua función con un mecanismo nuevo, pero no recorrería hacia atrás su trayecto evolutivo. "Equivaldría molecularmente —explica Thornton— a la convergencia evolutiva de los organismos, al retorno aparente a una vieja morfología, pero con una estructura interna muy distinta." Así ocurre, por ejemplo, con la semejanza exterior de las aletas de las ballenas y de los peces.

—Giovanni Sabato



© Stockphoto/RALF STROHMAYER (esqueleto de ballena); PEDRO A. ROBLEDO (Mallorca)

GEOLOGIA

Paleocolapsos submarinos en Mallorca

Se han descubierto en la isla de Mallorca más de 200 colapsos que se desarrollaron al final del Mioceno superior (Messinense), hace unos seis millones de años. Pueden considerarse el mayor episodio de hundimientos del planeta descrito hasta la fecha; corresponden a uno de los procesos geológicos más críticos de la historia de la Tierra.

Estos paleocolapsos pueden observarse en las costas sur y este de Mallorca. Su exposición en los acantilados costeros es extraordinaria y espectacular. Destacan por sus dimensiones (hasta 500 metros cuadrados de superficie en planta y unos 35 metros de altura), densidad y formas peculiares en sección. Esas formas fósiles de hundimientos están estrechamente ligadas al desarrollo de una de las mayores plataformas arrecifales del Mediterráneo occidental.

Durante el final del Mioceno Superior, las fluctuaciones del nivel del mar controlaban el crecimiento y la posición de los arrecifes coralinos, que se disolvían fácilmente por la acción de las aguas subterráneas agresivas. Según el modelo genético propuesto, los hundimientos se produjeron debido a la formación previa, por disolución de los parches de coral bajo un clima tropical-subtropical, de un extenso sistema de cavidades. Esas cuevas colapsaron y sobre ellas se hundieron grandes volúmenes de rocas cuando todavía no estaban completamente litificadas y en condiciones submarinas.

El modelo genético explica también que el origen de los paleocolapsos guarda una estrecha relación con la alta frecuencia de fluctuación del nivel del mar en el transcurso de ese periodo geológico. Durante las bajadas del nivel del mar se formó el sistema de cavidades; durante las subidas, se hundieron los techos de las cuevas por la carga inducida de los depósitos sedimentarios posteriores.



Los estudios de porosidad llevados a cabo en los paleocolapsos ponen de manifiesto que estas estructuras revisten un gran interés por ser potenciales reservorios de hidrocarburos, aguas subterráneas, otros fluidos o gases. La investigación de este episodio geológico arroja luz sobre la historia geológica del planeta (sobre todo los eventos climáticos críticos) y facilita el aprovechamiento de los recursos naturales.

—Pedro A. Robledo
Instituto Geológico y Minero de España

EVOLUCION

Estructura, fuerza y almacenamiento

En la era Cámbrica, que empezó hace unos 540 millones de años, toda la vida residía en el océano. Casi todos los seres vivos debían de estar provistos de algún tipo de armadura, rematada con un casco espinoso. Los antepasados de los insectos y crustáceos presentaban exoesqueletos completos, probablemente formados por una mezcla de proteína y quitina, como el caparazón de las langostas actuales. Moluscos y organismos semejantes a estrellas de mar fabricaban su exoesqueleto a partir del carbonato cálcico que extraían del agua del mar. Incluso una línea evolutiva de peces que se extinguieron, los ostracodermos, se las componían para nadar aun estando recubiertos de escamas y placas pesadas hechas de hueso verdadero (cartílago mineralizado rico en calcio y fosfatos).

No obstante, fueron los organismos blandos y apacibles de este período los primeros que desarrollaron huesos internos. Animales vermiformes, como los coelocentros, empezaron por mineralizar el cartílago que envolvía su médula espinal primitiva y se convirtieron así en los primeros vertebrados. A continuación aparecieron las cubiertas craneales óseas; pronto siguieron el ejemplo otros seres con esqueletos cartilagosos



SECCION de una cabeza de fémur.

internos más extensos. Debido a que esos animales nadadores se servían de contracciones musculares para impulsarse, la sujeción de los músculos a hueso firme les debió de proporcionar mayor fuerza. El esqueleto endurecido también ofrecía un sostén más sólido a los cuerpos; les permitió crecer más y diversificarse, y desarrollar extremidades.

Su utilidad como almacén de minerales esenciales (en especial el calcio) de gran capacidad y reactividad, probablemente surgió más tarde en la evolución, pero en la actualidad es una de las funciones más importantes del esqueleto humano. Sin calcio, el corazón no latiría y las neuronas no transmitirían impulsos. Lejos de ser inerte, el hueso experimenta un flujo constante entre crecimiento y autodestrucción para satisfacer las necesidades corporales y mantener su estructura. Los osteoclastos (células "destructoras de hueso") descomponen el tejido óseo viejo o muerto; los osteoblastos ("formadoras de hueso") dan origen a nuevas células óseas. Con su actuación conjunta, esas células renuevan alrededor de un 10 por ciento del esqueleto cada año. A corto plazo, si las concentraciones de calcio en la sangre son demasiado bajas, los osteoclastos destruyen hueso para liberar el mineral. A la inversa, si el ejercicio físico produce un mayor desarrollo de los músculos, los osteoblastos se activan y construyen hueso nuevo que resista su tensión.

—Christine Soares

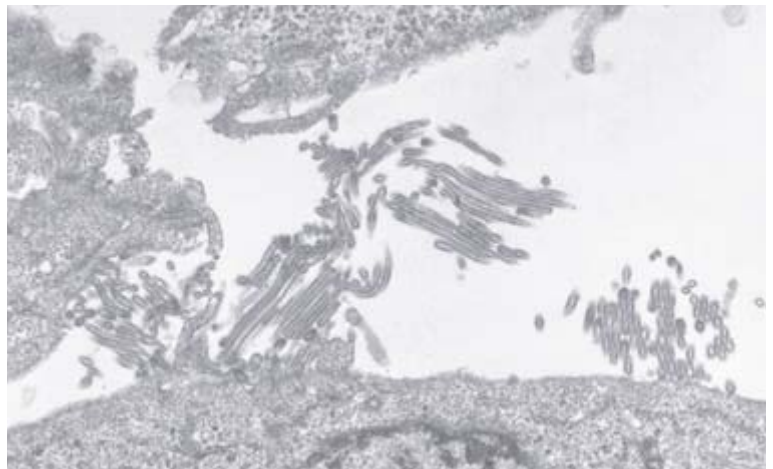
MEDICINA

La virulencia de la nueva cepa de la gripe A(H1N1)

El equipo de Ten Feizi, del Colegio Imperial de Londres, ha descubierto un mecanismo que explicaría por qué la cepa de 2009 del virus A(H1N1) de la gripe es a veces más virulenta que la gripe estacional. Los virus de la gripe infectan las células del aparato respiratorio cuando se unen a ciertos receptores, consistentes en moléculas de ácido siálico ligadas a una molécula de galactosa mediante enlaces de los tipos alfa-2,6 y alfa-2,3. Sin embargo, mientras que el virus estacional se une a los receptores alfa-2,6 presentes sobre las células de la parte alta del aparato respiratorio, el virus A(H1N1) se liga también a los receptores alfa-2,3 del aparato respiratorio inferior, lo que causa infecciones más graves.

También deben de intervenir factores variables. El grupo de Béatrice Riteau, del Instituto Nacional de Investigación Agronómica de Jouy-en-Josas, en Versalles, ha demostrado que distintas cepas de la gripe A desencadenan en las células de los alvéolos pulmonares la producción de moléculas HLA-G "inmunosubversivas", inhibitorias de las reacciones inmunitarias, pero no en un mismo grado. Cuando las células infectadas fabrican esas moléculas deja el sistema inmunitario de reconocerlas, por lo que no las destruye. Las moléculas HLA-G se sintetizan sobre todo durante el embarazo: el descubrimiento explicaría también, pues, que las mujeres encinta sean más vulnerables al virus.

—Jean-Jacques Perrier



VIRUS DE LA CEPA DE 2009 DE LA GRIPE A(H1N1) en células de riñón caninas infectadas. La imagen está tomada con un microscopio electrónico.

Errata corrige

En el artículo "Los orígenes del telescopio", del mes de septiembre, en la página 59, donde pone Girolamo Sirtoris debería haberse puesto Girolamo Sirtori. En la sección "Puesta al día" del mes de octubre, se habla de un dispositivo de memoria basado en nanotubos de carbono. La investigación no se publicó en *Nano Letters* del 10 de junio, sino del 13 de mayo.

El eslabón débil

Escepticismo acerca de que un fósil descubierto hace poco sea, como se ha dicho, un eslabón perdido de la evolución humana

El 19 de mayo, el mundo supo del esqueleto fósil de un primate, del tamaño de un gato, que vivió hace cuarenta y siete millones de años en una selva en lo que ahora es Alemania. Este espécimen, una hembra joven, representa un género y una especie nuevos para la ciencia, *Darwinius masillae*, aunque los investigadores que lo descubrieron, como buenos publicistas, le asignaron rápidamente un nombre más sencillo: Ida. Y, en una elaborada campaña de relaciones públicas, en virtud de la cual se programó la publicación simultánea de una página web, de un libro, de un documental en *History Channel* y del estudio científico que describía el descubrimiento en *PLoS ONE*, se dijo que Ida era el eslabón perdido entre los seres humanos y nuestros parientes primates. En informativos televisados, los miembros del equipo llamaron a Ida la “octava maravilla del mundo”, el “Santo Grial” y la “Piedra Rosetta”.

Esta orquestación dio sus frutos, ya que Ida apareció en la primera plana de

innumerables periódicos y en los telediaros. Hasta medios especializados en el chismorreco recogieron la noticia. Y Google incorporó la imagen del fósil a su logotipo de la página principal de búsqueda durante un día entero.

Sin embargo, diversos expertos han criticado estas pretensiones. No sólo Ida es demasiado antigua como para revelar nada sobre la evolución de los seres humanos en particular (los supuestos ancestros humanos más antiguos sólo tienen siete millones de años de antigüedad), sino que es posible que ni siquiera esté emparentada de forma especialmente estrecha con la rama antropoide del árbol genealógico de los primates, que incluye a los monos, a los gibones, a los grandes simios y a nosotros mismos.

Hace mucho que se debate sobre el origen de los antropoides, también llamados primates superiores. La opinión más extendida supone que un grupo de animales parecidos a los tarsiformes, los omomiformes, dio lugar a los antropoides. Sin embargo, algunos expertos creen

que los antropoides surgieron más bien a partir de un grupo de primates extintos, los adapiformes.

Cuando se descubrió el fósil de Ida, Jørn H. Hurum, paleontólogo de la Universidad de Oslo, y su equipo lo clasificaron como un adapiforme y afirmaron que también exhibía diversas características similares a las de los antropoides, como los incisivos en forma de espátula, la ausencia de la garra de acicalamiento en el segundo dedo de la pata y una mandíbula inferior parcialmente fusionada. Este equipo de investigadores considera que Ida podría integrarse en la línea que lleva a los antropoides, con lo que vincularía a ese grupo con el de los adapiformes.

Los que rechazan esta postura admiten que Ida es un adapiforme, pero niegan los supuestos vínculos con los antropoides. Robert Martin, del Museo Field de Chicago, afirma que algunos de los rasgos utilizados para relacionar a Ida con los antropoides no respaldan en realidad esa relación. La fusión de la mandíbula inferior, por ejemplo, no está presente en los antropoides inequívocos más antiguos, lo cual sugiere que no se trata de una característica ancestral de este grupo. Además, el rasgo ha surgido independientemente en varias líneas evolutivas de mamíferos, incluyendo algunos lémures, por evolución convergente.

Robert Martin señala también que a Ida le falta una característica definitoria de los antropoides: una pared ósea en la parte posterior de la cuenca ocular. “Estoy totalmente convencido de que *Darwinius* no tiene absolutamente nada que ver con el origen de los primates superiores”, declara.

Los adapiformes “están relacionados con el grupo estrepsirrino de primates actuales, que incluye a los lémures de Madagascar y a los gálagos y loris de África y Asia”, asevera Richard F. Kay, paleontólogo de la Universidad de Duke. A pesar de las pretensiones de los autores, añade, “ciertamente no están en la línea evolutiva directa que lleva a los mo-



Primate primitivo. *Darwinius masillae* vivió hace 47 millones de años. Los científicos que describieron el fósil apodado Ida afirman que algunos rasgos clave vinculan a Ida con el grupo de primates que incluye a los monos, los gibones, los grandes simios y los seres humanos. Sin embargo, otros investigadores señalan que está más estrechamente emparentada con el grupo que incluye a los lémures, los gálagos y los loris.

nos, gibones, grandes simios y humanos actuales". Kay y otros consideran que un

[Según un artículo publicado en *Nature* en octubre, cuyo primer autor es Erik Seiffert, de la Universidad de Stony Brook de Nueva York, un fósil de hace 37 millones de años, hallado en Egipto y atribuido a una nueva especie, *Afradapis longicristatus*, favorece la hipótesis de que *Darwinius* pertenece a la rama evolutiva de lémures y lorís, no a la de los antropoides.]

primate primitivo de China, *Eosimias*, es mejor candidato a ser el antepasado de los antropoides que *Darwinius*.

Si los detractores están en lo cierto, Ida es irrelevante en lo referente a los orígenes de los antropoides y, por lo tanto, de los seres humanos. Sin embargo, eso no significa que carezca de valor. A diferencia de *Eosimias*, al que sólo se conoce por sus dientes y mandíbulas fósiles, los restos de Ida están espectacularmente completos. Se ha conservado la totalidad de su esqueleto, así como indicios de su última comida e impresio-

nes del contorno de su cuerpo y de su piel. El equipo de Hurum ha deducido ya que a Ida se le daba bien correr y saltar en los árboles de su selva natal, que creció relativamente rápido, que se alimentaba de hojas y frutas y que quizá tuviera hábitos nocturnos.

Un análisis más profundo del fósil revelará, sin duda, aún más información sobre la vida y la época de este antiguo primate. Quizá también permita aclarar su posición en el árbol genealógico.

Kate Wong

Nanomotores térmicos

El efecto termoforético permite controlar el movimiento de nanoobjetos

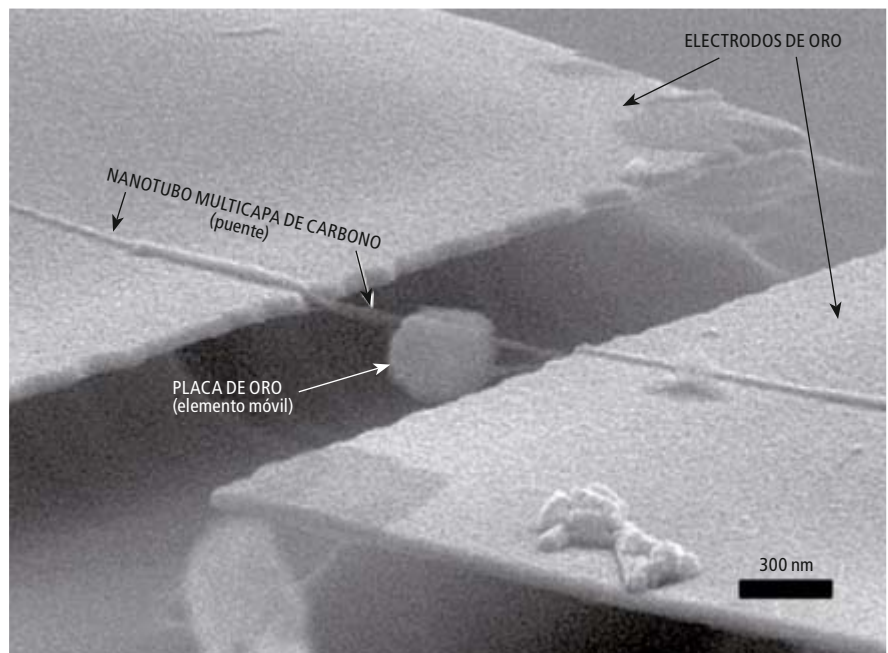
De igual manera que la nanociencia persigue entender y caracterizar los principios básicos por los que se rige la materia a escala nanoscópica, el fin último de la nanotecnología es emplear dicho conocimiento para manipular y controlar la materia en esa escala y sacar partido de ello. Las novelas de fantasía científica describen un futuro en el que las nanomáquinas desempeñarán múltiples funciones: transporte de fármacos a través del cuerpo humano, extracción de energía a partir de enlaces químicos, construcción de circuitos electrónicos nanoscópicos, destrucción de moléculas tóxicas en agua y otras aplicaciones menos pacíficas. Aunque no descartamos que algunas de esas visiones lleguen algún día a convertirse en realidad, lo cierto es que permanecen todavía muy alejadas de lo que podemos conseguir en los laboratorios de investigación. Estamos dando tan sólo los primeros pasos en el nanomundo.

Para explotar la nanoescala desde un punto de vista técnico, será necesario usar nanomáquinas o nanomotores. La naturaleza constituye una estupenda fuente de inspiración en ese sentido: cuanto más aprendemos sobre los sistemas biológicos, más nos damos cuenta de cuáles son las posibilidades de la nanotecnología. La naturaleza ha hecho gala de un ingenio asombroso a la hora de producir nanomáquinas como la ATP sintasa (motor rotacional involucrado en la síntesis del ATP, la moneda energética de la célula) o la quinesina (motor

proteínico con capacidad de desplazarse a lo largo de los microtúbulos celulares y realizar funciones de transporte; obtiene la energía del ATP generado por la sintasa).

Existen dos estrategias en el desarrollo de nanomotores. La primera consiste en emplear los nanomotores que nos brinda la naturaleza, quizá con modificaciones apropiadas para realizar las

tareas que les asignemos; numerosos grupos de investigación en distintos países trabajan ya en esta línea. Una segunda estrategia requiere la fabricación de nanomotores artificiales. Por botón de muestra, el motor basado en nanotubos de carbono obtenido por el grupo de Alex Zettl, de la Universidad de California en Berkeley. También los nanomotores catalíticos: pequeñas partí-



En este nanomotor térmico, un nanotubo multicapa de carbono tiende un puente entre dos electrodos de oro. El elemento móvil, una plaquita de oro, se halla pegado al nanotubo, suspendido entre los electrodos. Cuando a través del nanotubo circula una corriente eléctrica de cierta intensidad, la plaquita de oro se desliza a lo largo del puente hacia el electrodo más cercano.

culas catalizadoras asimétricas que, en virtud de su asimetría, se mueven en la dirección en la que decrece la concentración del producto de la reacción química que catalizan. Otra vía para controlar el movimiento de nanoobjetos se funda en el empleo de campos externos, como un campo magnético, para dirigir la difusión de imanes moleculares [véase “Propulsión y conducción de nanorrobots”, por Thomas E. Mallouk y Ayusman Sen; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, julio de 2009].

Termoforesis

Todos esos prototipos de nanomotores artificiales se hallan, de una forma u otra, condicionados por nuestra visión macroscópica del mundo. Sin embargo, debemos recordar que las cosas son muy

distintas a escala nanoscópica. Efectos que resultan pequeños o incluso despreciables a nuestra escala adquieren importancia capital a escala de nanómetro y, tenidos adecuadamente en cuenta, podrían ofrecer nuevas oportunidades para el desarrollo de nanomotores.

Uno de esos efectos es el movimiento termoforético, es decir, la tendencia que muestran las moléculas en un gas o líquido, o los portadores de carga en un conductor, a moverse de caliente a frío en un gradiente de temperatura. Hemos demostrado que este efecto resulta potencialmente útil en dispositivos nanoscópicos. En nuestro trabajo se empleó el calor que genera un nanotubo de carbono cuando circula por él una corriente eléctrica para inducir la formación de un gradiente térmico a lo largo del tubo.

El gradiente térmico indujo el movimiento de un pequeño tubo concéntrico al anterior, en la dirección de mayor a menor temperatura.

Aunque se trata sólo de un prototipo, este nanomotor ofrece una prueba de que, en el diseño de dispositivos nanoscópicos, no sólo debemos tener en cuenta modelos y conceptos macroscópicos, sino que hemos de contar con la posibilidad de emplear efectos nuevos, ausentes a escala macroscópica, pero importantes a escala del nanómetro.

Eduardo R. Hernández y Riccardo Rurali
Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona
Amelia Barreiro y Adrian Bachtold
Centro de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología (CSIC)

El problema de la coincidencia cósmica

Se exponen el problema de la coincidencia cósmica y diversas vías de solución posibles

A comienzos de los años noventa, la expansión del universo a gran escala solía describirse dominada por una materia carente de presión (polvo) y —en muy pequeña medida— por la radiación (fotones y neutrinos). Como consecuencia, las ecuaciones de la relatividad ge-

neral de Einstein predecían un universo en expansión desacelerada: los cúmulos de galaxias seguirían alejándose unos de otros, con una lentitud creciente.

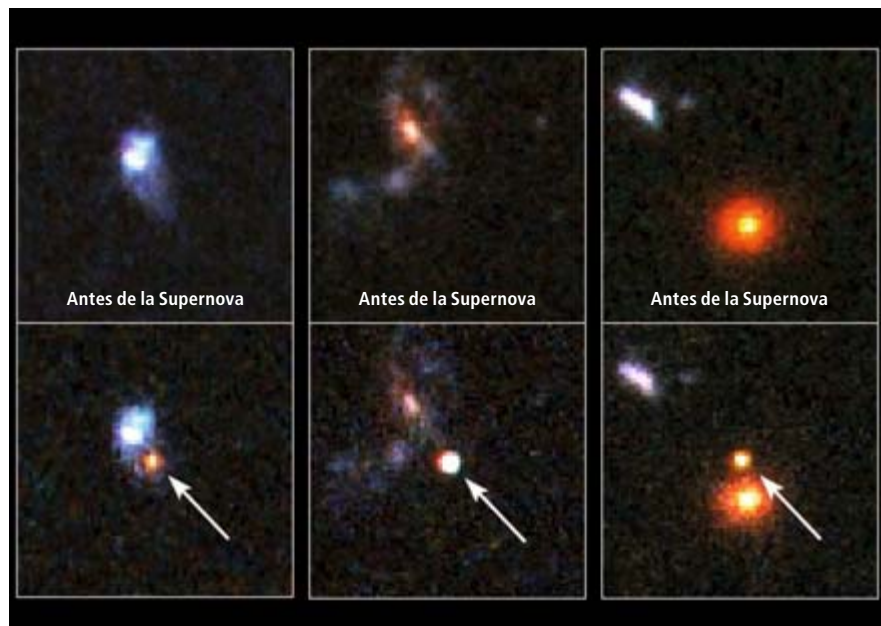
Un par de años antes del cambio de milenio, mediciones del brillo de supernovas lejanas, producido por la explo-

sión de estrellas enanas blancas, vinieron a desautorizar esa visión. El brillo era menor del esperado. Esto indicaba que nuestra distancia a las supernovas era mayor de lo previsto y actualmente, por tanto, la expansión es, en realidad, una expansión acelerada.

Mediciones posteriores, tanto de supernovas como de otros indicadores (el espectro de radiación de fondo de microondas, la abundancia de gas en cúmulos de galaxias, etc.), han venido a reafirmar esa conclusión. Adviértase que sólo “recientemente” el universo entró en fase acelerada. Para que las galaxias hayan logrado formarse, ha debido pasar con anterioridad por una época muy larga de desaceleración.

Según la relatividad general, para producir la aceleración observada es necesaria la existencia de una componente de energía (distinta de la materia polvo y la radiación) de presión altamente negativa, componente a la que se ha bautizado como “energía oscura”. Su otra característica, además de dicha presión, es la de no formar estructuras a escalas menores que el tamaño del universo observado. Aparte de ello, nada más se sabe sobre su naturaleza.

El candidato más obvio a energía oscura es la constante cosmológica, enten-



Del brillo de explosiones de supernova como estas, ocurridas hace miles de millones de años, se deduce que la expansión del universo se está acelerando y que posiblemente exista en el universo una “energía oscura”.

dida como energía del vacío cuántico. Según la teoría cuántica de campos (TQC), dicho vacío posee una densidad de energía no nula, a la que contribuye cada fuente de energía existente en la naturaleza. Sin embargo, esta solución —a primera vista la más “sencilla” de todas— presenta dos dificultades.

De una parte, la densidad de energía predicha por la TQC habría de ser muchos ordenes de magnitud superior al valor observado (del orden de la de la materia polvo). Si la constante cosmológica tuviese ese valor, el universo se habría expandido a un ritmo tal, que las galaxias no habrían llegado a existir. De otra parte, mientras que la densidad de energía de la materia polvo decrece rápidamente con la expansión del universo (como el inverso de su “volumen”), la densidad de energía del vacío permanece constante. Dado que actualmente son comparables, cabe preguntarse: ¿Por qué ambas densidades de energía son del mismo orden precisamente hoy? Este es el problema de la coincidencia.

Su solución se busca por diversas vías. A continuación mencionaremos brevemente varias, no sin advertir que, si bien

todas presentan aspectos esperanzadores, ninguna de ellas resulta —al menos de momento— convincente.

Los proponentes de la constante cosmológica sostienen que finalmente la TQC encontrará una explicación al pequeño valor de la constante cosmológica, quizás una rotura parcial de simetría. El “ajuste fino” (el “por qué hoy”) podría explicarse recurriendo al principio antrópico: sólo podemos observar valores de la constante cosmológica compatibles con la existencia de vida inteligente. Lamentablemente, aparte de otras dificultades, esto es como explicar la composición de la atmósfera terrestre con el argumento de que si ésta fuese distinta, no podríamos respirar. Sin embargo, los modelos basados en la constante cosmológica muestran un alto grado de compatibilidad con las medidas observacionales (espectro de radiación del fondo de microondas, de la materia, oscilaciones acústicas de bariones, etc.), lo cual no deja de ser paradójico.

Dadas las enormes dificultades anejas a la constante cosmológica, muchos estudiosos han optado por recurrir a una energía oscura dinámica, preferentemen-

te representada por un campo escalar con energía potencial mucho mayor que la de movimiento y sujeta a la condición de evolucionar muy lentamente. (Un tipo de campo que generaliza la idea de magnitud escalar. El campo asociado a la partícula de Higgs, por ejemplo, es un campo escalar. No lo son, en cambio, el electromagnético o la gravedad.) Se suele denominar a ese campo “quintaesencia” si el valor absoluto de su presión es inferior al de su densidad; “campo fantasma”, si es superior. La ventaja inherente al campo escalar es que su densidad de energía varía con la expansión y, en principio, ésta podría ser hoy del orden del de la materia polvo. Este tipo de modelos ajusta muy bien los datos observacionales, especialmente los de campos fantasma. Pero al igual que la constante cosmológica, no están exentos de “ajuste fino”, ya sea en el valor inicial del campo o en los parámetros que figuran en su expresión matemática.

Una posibilidad que últimamente está recibiendo bastante atención es que la materia polvo y la energía oscura interaccionen entre sí de forma que ésta, en

el transcurso de la expansión, se vaya convirtiendo lentamente en aquélla. En ese caso, el cociente entre sus energías tendería a una constante o, al menos, a variar más lentamente. Ello aliviaría el problema de la coincidencia, pero ya que se desconoce la naturaleza de la energía oscura, no puede garantizarse que las interacciones propuestas posean una base física real. Además, el problema sólo se resolverá si se demuestra que dicha constante es del orden de la unidad.

Si la expansión acelerada se pudiera explicar sin necesidad de la energía oscura, el problema de la coincidencia de-

saparecería. Ahora bien, prescindir de la energía oscura supone —en este contexto— alterar, o incluso renunciar, a la teoría de gravitación de Einstein. Esta vía, es ciertamente atrevida, pero se está explorando. No parece nada fácil modificar una teoría que —hasta donde se ha podido verificar— funciona muy bien, para obtener otra que funcione al menos tan bien como la anterior y además prediga una expansión desacelerada del universo en sus primeras etapas y otra acelerada después. Sin embargo, el hecho de que tras aproximadamente diez años de investigación la energía os-

cura continúe siendo un enigma, puede ser indicio de que la teoría de Einstein no es la más adecuada para dar razón del universo presente y su futura evolución.

En definitiva, el problema de la coincidencia es hoy uno de los misterios más sobresalientes de la cosmología. Si finalmente se descubre que la coincidencia es sólo eso, una coincidencia, entonces habrá dejado de ser un problema.

Diego Pavón

*Departamento de Física,
Universidad Autónoma de Barcelona*

Energía y medio ambiente

Salvar la Tierra mediante incentivos económicos podría lesionar los derechos de los indígenas

Al mismo tiempo que la civilización industrial llega hasta el último rincón del planeta para extraer petróleo, madera o pescado, los ecologistas intentan mitigar sus perniciosos efectos sobre la biosfera. Algunos proyectos encaminados a reducir la contaminación, prevenir el cambio climático y proteger la biodiversidad son objeto de crítica, sin embargo, porque podrían destruir la forma de ganarse la vida de algunos pueblos indígenas, que se verían entonces obligados a abandonar sus tierras y destruir sus recursos.

Los conservacionistas se toparon a menudo con los moradores de zonas silvestres. Durante la última mitad del siglo xx, millones de personas pertenecientes a pueblos indígenas de África, Sudamérica y Asia fueron expulsados de las tierras de sus antepasados para que se creasen santuarios naturales donde no vivieran seres humanos. La mayoría pereció, víctima de la malnutrición, las enfermedades y la explotación, explica Michael Cernea, de la Universidad George Washington. Semejantes consecuencias, unidas al conocimiento de que los grupos indígenas suelen ayudar a que los ecosistemas se mantengan estables, por ejemplo mediante el control de los incendios o de malas hierbas invasoras,

han convencido a los principales grupos conservacionistas de la necesidad de tener en cuenta a los habitantes de los lugares que quieren proteger.

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) describe ahora a los indígenas como “aliados naturales” y Nature Conservancy se compromete a buscar su consentimiento “previo, libre e informado” para los proyectos que afecten a sus territorios.

Ciertos incidentes recientes, sin embargo, han hecho que algunos observadores se planteen preguntas. “Hablan mucho, pero ¿cumplen lo que predicán?”, dice Jim Wickens, del grupo Programa de los Pueblos de la Selva, con sede en

Moreton-in-Marsh, Inglaterra. Wickens cita el “enorme grito de inquietud” de setenta y un grupos de base que protestan contra un intento del WWF de desarrollar un plan de certificación de la acuicultura de gambas. Se han creado muchas granjas de gambas a lo largo de las costas tropicales, talando los manglares, y sus residuos a veces perjudican a las pesquerías y tierras agrícolas de los alrededores. El Proyecto de Acción del Manglar, una asociación con sede en Port Angeles, Washington, considera que es imposible conseguir que la acuicultura de la gamba sea sostenible.

WWF, por su parte, afirma que ni una tercera parte de los acuicultores de gambas de todo el mundo cumplen las pautas que espera imponer. Por lo tanto, afirma Jason Clay, vicepresidente de mercados del WWF, la certificación haría “que la acuicultura de la gamba fuera más limpia”. Peter Vandergeest, de la Universidad de York en Toronto, señala con preocupación que la iniciativa no tendrá éxito a no ser que las comunidades afectadas por las granjas de gambas sean escuchadas en lo que se refiere al establecimiento de pautas y la forma de hacer que se cumplan. Debido a la situación remota de muchas granjas de gambas, explica, las inspeccio-



Tribus amenazadas: los melayu de Indonesia podrían perder sus territorios de caza y pesca por culpa de un plan de emisiones de carbono, pensado para conservar los bosques.