

INVESTIGACION Y CIENCIA

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**



ASTRONOMIA
Exploración
del espectro gamma

MEDIO AMBIENTE
Regulación
de las emisiones de CO₂

CUANTICA
Historia de los universos
paralelos

DEBATE
Evolucionismo
y religión

VIDA FORANEA EN LA TIERRA

¿Hay microorganismos extraños
en nuestro planeta?

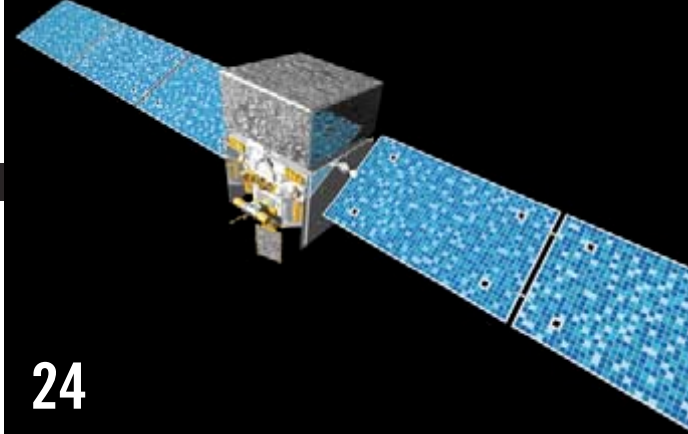


SUMARIO

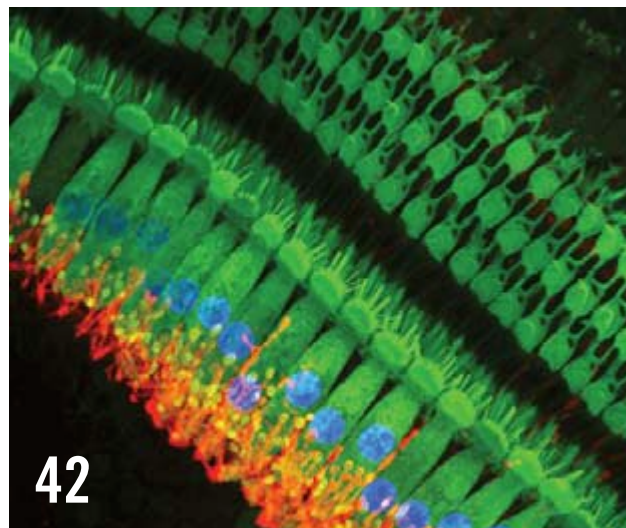
Febrero de 2008/Número 377



Para reducir las emisiones de CO₂, hay que ponerles precio.



El telescopio de rayos gamma GLAST saldrá pronto al espacio.



Los cilios del oído interno de la rata transforman las ondas sonoras en señales eléctricas.

ARTICULOS

BIOLOGIA

14 ¿Convivimos con microorganismos alienígenos?

Paul Davies

Quizá la vida haya brotado en la Tierra más de una vez. Ha comenzado la búsqueda de microorganismos radicalmente inéditos.

ASTRONOMIA

24 Una ventana abierta a los confines del universo

William B. Atwood, Peter F. Michelson y Steven Ritz

El satélite GLAST explorará una región inobservada del espectro electromagnético. Allí podría descubrirse la composición de la materia oscura.

MEDIO AMBIENTE

32 Los mercados del carbono

David G. Victor y Danny Cullenward

La regulación de las emisiones de dióxido de carbono debe guiarse por señales de mercado más inteligentes y rigurosas.

CIENCIA EN IMAGENES

42 Paisajes radiantes

Emily Harrison

Las más avanzadas técnicas microscópicas arrojan luz sobre detalles exquisitos de la vida.

MATERIALES

48 Tribología con nanomateriales

José-Lorenzo Vallés e Isabel Vergara

Las nanotecnias desarrollan nuevos materiales con mejor deslizamiento y menor desgaste. La Unión Europea financia en este campo proyectos transnacionales avanzados.

GENETICA

58 Nutrigenómica, entre la ciencia y el fraude

Laura Hercher

Mientras la investigación nutrigenómica da sus primeros pasos, compañías con asiento en la Red ofrecen ya dietas personalizadas a partir de pruebas genéticas. ¿Ciencia puntera o fraude?



14

La inmensa mayoría de los seres vivos son microorganismos. Resulta casi imposible identificarlos a partir de la mera observación microscópica.



58

Los productos nutrigenéticos comerciales podrían hacer perder la confianza del público en la validez de pruebas legítimas.

72



¿Se desdobra la realidad en cada medición cuántica?

INTERNET

64 La Red Semántica en acción

Lee Feigenbaum, Ivan Herman, Tonya Hongsermeier, Eric Neumann y Susie Stephens

Avanzan las aplicaciones a escala empresarial al tiempo que surgen usos para el consumidor.

FISICA

72 Los muchos mundos de Hugh Everett

Peter Byrne

Cuando la teoría cuántica de los universos múltiples sólo encontró el menosprecio, Hugh Everett abandonó el mundo de la física académica y se dedicó a investigaciones militares secretas.

DEBATE

80 Evolución, religión y libre albedrío

Gregory W. Graffin y William B. Provine

¿Qué piensan los biólogos sobre el modo en que se relacionan religión y evolución?

SECCIONES

3 HACE...

50, 100 y 150 años.

4 PUESTA AL DIA

Menos siniestros...
Memoria insulino-resistente...
Tortugas carnívoras...
La muerte del kilogramo.

5 APUNTES

Neurología... Genética...
Física... Lenguaje... Percepción.

7 CIENCIA Y SOCIEDAD

Células T y sida...
Proteínas en movimiento...
Rayos gamma... Ecosistemas...
Nanoelectrónica.

40 PERFILES

Jeffrey Meldrum:
Anatomía de Pie Grande,
por *Marguerite Holloway*

85 CURIOSIDADES DE LA FISICA

El antiparalelogramo,
por *Norbert Treitz*

88 JUEGOS MATEMATICOS

Sorpresas termodinámicas,
por *Juan M.R. Parrondo*

90 IDEAS APLICADAS

Microespejos y cristales líquidos,
por *Mark Fischetti*

92 LIBROS

Evolución.
Tecnología.

96 DESARROLLO SOSTENIBLE

Objetivos realistas,
por *Jeffrey D. Sachs*

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 Telefax 934 145 413
www.investigacionyciencia.es

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF John Rennie
EXECUTIVE EDITOR Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR Ricki L. Rusting
CHIEF NEWS EDITOR Philip M. Yam
SENIOR WRITER Gary Stix
SENIOR EDITOR Michelle Press
EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins,
Mark Fischetti, Steve Mirsky, George Musser
y Christine Soares
CONTRIBUTING EDITORS W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway,
Michael Shermer, Sarah Simpson
PRODUCTION EDITOR Richard Hunt

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

DISTRIBUCION

para España:

LOGISTA, S. A.

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

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.^a
08021 Barcelona

PUBLICIDAD

Madrid:

MMCATALAN PUBLICIDAD
M. Mercedes Catalán Rojas
Recoletos, 11 3.º D
28001 Madrid
Tel. y fax 915 759 278
Móvil 649 933 834

Cataluña:

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

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Luis Bou: *¿Convivimos con microorganismos alienígenos?, Paisajes radiantes, Perfiles, Puesta al día y Apuntes*; M.^a Rosa Zapatero: *Una ventana abierta a los confines del universo*; Anna Ferran: *Células T y sida; Nutrigenómica, entre la ciencia y el fraude*; Ramón Pascual: *Los muchos mundos de Hugh Everett*; I. Nadal: *Evolución, religión y libre albedrío*; J. Vilardell: *Hace... e Ideas aplicadas*; Jürgen Goicoechea: *Curiosidades de la física*; Marián Beltrán: *Desarrollo sostenible*



Portada: Adam Questell

SUSCRIPCIONES

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

Precios de suscripción:

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

Ejemplares sueltos:

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

Difusión
controlada



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

Copyright © 2008 Prensa Científica S.A. Muntaner, 339 pral. 1.^a 08021 Barcelona (España)

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

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

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

Printed in Spain - Impreso en España

Recopilación de Daniel C. Schlenoff

...cincuenta años

Escisión atómica. «En enero de 1939 publicamos un informe de unos ‘experimentos que están en discordancia con todos los experimentos de física nuclear anteriores’. Al interpretarlos nos expresamos con gran cautela, en parte porque la serie de ensayos aún no había terminado del todo; se tardaron varias semanas. Pero nuestra cautela no se debía a recelo alguno acerca de las conclusiones que habíamos extraído. De hecho, ya disponíamos de una comprobación tajante de nuestra conclusión, pues habíamos identificado como lantano a uno de los productos de la desintegración de tales isótopos del ‘radio’, lo que significaba que el padre no era radio, sino bario. Esa prevención nacía de nuestra condición de químicos: en cuanto tales, vacilábamos a la hora de anunciar un descubrimiento revolucionario para la física. No obstante, sí mencionamos el ‘estallido’ del uranio, el sorprendente proceso que había producido bario, que se halla mucho más adelante en la tabla periódica. —Otto Hahn»

[NOTA: Hahn ganó el premio Nobel de química de 1944.]



Lanchas de recreo, de la tradicional a la motora, 1908

Caos. «Lo que más necesitan las universidades estadounidenses es ‘paz, sosiego y orden’, según J. C. Warner, presidente del Instituto Carnegie de Tecnología. En un artículo publicado el mes pasado, afirmaba que la insistencia del gobierno en la investigación aplicada ha desorganizado tanto el trabajo universitario, que un gran número de científicos ‘vive sumido en un caos intelectual’. Han desviado la energía que hasta ahora dedicaban a la docencia y la investigación creadora, para disiparla en trabajos administrativos. Numerosos científicos, añadía, están impacientes por ‘pasar un semestre o un año en el extranjero, en otra institución... o en un glamoroso proyecto de misiles o satélites’.»

...cien años

Número especial deportivo. «En este número de SCIENTIFIC AMERICAN una cubierta bellamente coloreada encierra una singular selección de artículos sobre el tema de interés no sólo para los deportistas sino para el público general (*Véase ilustración*).»

El vuelo como deporte. «Hasta este momento, quienes se han dedicado a volar lo han hecho en parte por interés científico, en parte por deporte y en parte por razones económicas, pero se acerca veloz el momento en que el arte habrá alcanzado tal grado de desarrollo, que el vuelo se practicará sin necesidad de mantener un laboratorio privado o una planta manufacturera. Considerado un deporte, los encantos del vuelo atraerán a muchos con mayor fuerza que cualquiera de los deportes similares, tales como la náutica, el ciclismo o el automovilismo. Surcar libremente los aires produce sensación de euforia, un júbilo de gran intensidad. —Wilbur Wright»

Duro ascenso. «Cuando la señora Fanny Bullock Workman subió el Nun Kun del Himalaya hasta un pico de más de 7000 metros sobre el nivel del mar, batió el record mundial de alpinismo femenino. Ese ascenso remató una serie de cinco temporadas que el doctor y la señora Workman pasaron en la gran cordillera, durante una de las cuales viajaron más de 2000 kilómetros a lo largo de lo que bien podría llamarse el ‘techo del mundo’. Afirma enfáticamente la señora Workman que, para el alpinismo, las condiciones en Asia son mucho más rigurosas que en Suiza o en las Rocosas. Para rematar tal proeza sólo tuvo que pasar varias noches en unas altitudes en las que hasta ahora ningún alpinista había dormido.»

...ciento cincuenta años

Aire caliente. «*El Espía*, de Worcester (Massachusetts), describe otra de esas brillantes invenciones con las que H. M. Paine acostumbra a deslumbrar al mundo, tal como eclipsar el Sol con su ‘luz de agua y gas’ eléctrica. Esta vez, el invento es nada menos que un *motor de vapor frío*. Paine genera vapor sin servirse de una caldera, a partir de un agua que nunca hierve, en un depósito que nunca se calienta y que sustituye a la enorme y mortífera caldera de vapor. Se ha mostrado un modelo del motor a algunos de sus admiradores de Worcester; afirma *El Espía* que ‘el resultado parece increíble (no lo dudamos) para cualquiera que no lo haya presenciado’.»

PUESTA AL DÍA

¿Qué ha sido de ...?

Recopilación de Philip Yam

Menos siniestros

Las tiendas para zurdos, como la Leftorium que Ned Flanders regenta en *Los Simpson*, no hubieran tenido nada que hacer en la Inglaterra victoriana. Los zurdos constituían por entonces apenas un 3 por ciento de la población, frente a un valor cercano al 11 por ciento actual, estimado a escala planetaria. Se ha llegado a esa conclusión tras un análisis de películas documentales tomadas en el norte de Inglaterra entre 1897 y 1913, en algunas de las cuales se veía a gente agitando manos o pañuelos (ese tipo de gestos proporciona una indicación más precisa que la escritura sobre la quiralidad del sujeto). Tan escasa zurdería no se debía a una mortalidad más elevada, pues la mayoría de quienes saludaban con la siniestra eran personas de edad. Se ha conjeturado que la estigmatización social pudo haber provocado el



declive de la zurdera en las postrimerías del siglo XIX, pues la maquinaria producida durante la Revolución Industrial estaba concebida para los diestros, no para los zurdos. Esa disparidad hacía que los zurdos se hiciesen notar; es de presumir que fuesen dejados de lado como pareja marital, por ser "peores partidos". El estudio apareció en el número de 18 de septiembre de *Current Biology*.

Memoria insulino-resistente

Pudiera ser que el mal de Alzheimer consistiera en una novedosa variedad de diabetes. Investigadores de la estadounidense Universidad Noroccidental han experimentado con una forma de ligandos difusibles derivados de beta-amiloideos (ADDL), unas proteínas hidrosolubles de tamaño

reducido, capaces de viajar por todo el cuerpo como si fueran hormonas. Esas moléculas, lo mismo que las proteínas beta y tau-amiloideas, se dan en el cerebro de las víctimas del Alzheimer [véase "Desactivar la enfermedad de Alzheimer", en *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA*, julio de 2006].

Tras aplicar ADDL a cultivos maduros de neuronas del hipocampo, los investigadores observaron que las proteínas se unen específicamente a las puntas de las terminaciones nerviosas sinápticas. Esa precisa ligazón bloqueó rápidamente el reabastecimiento de receptores de insulina, al inhibir su transporte desde el soma, donde se sintetizan. La correspondiente resistencia a la insulina, una hormona que regula el metabolismo de glúcidos, destruye la capacidad de las neuronas relacionadas con la memoria para comunicarse de forma adecuada.



Basándose en esas pruebas, los investigadores han comenzado a contemplar la enfermedad de Alzheimer como un fracaso sináptico, no como el resultado de muerte neurocelular. Según William Klein, director del equipo que publicó el trabajo en Internet el 24 de agosto, en *FASEB Journal*, dicho enfoque aclararía por qué algunas personas que poseen un elevado número de placas amiloideas siguen cognitivamente sanas, así como la razón de que los diabéticos de tipo 2 de edad avanzada sufran problemas mnémicos.

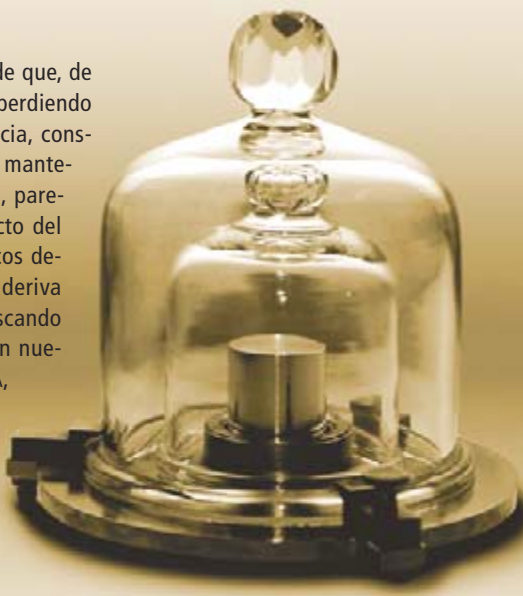
—Peter Sergo

Tortugas carnívoras

El tiempo que media entre la eclosión del huevo de las tortugas marinas, que recién nacidas se dirigen a la playa abajo hacia el mar, y el momento en que regresan, ya adultas, para la puesta, ha constituido un misterio para la historia natural. Ahora, biólogos de la Universidad de Florida han aportado, vía Internet, datos clave para comprender esos "años perdidos" (*Biology Letters* de 18 septiembre). Los científicos han examinado isótopos de nitrógeno en muestras de caparazones. El análisis de los "isótopos estables" revela en qué lugar de la cadena trófica se ubica el animal: un sesgo hacia los isótopos dotados de mayor peso sugiere una dieta más rica en carne. Los resultados indican que las tortugas verdes marinas son inicialmente carnívoras; depredan medusas y otros organismos. Entre tres y cinco años después, las tortugas se nutren de algas marinas y se aproximan más a la costa.

La muerte del kilogramo

En septiembre de 2007 corría la noticia de que, de forma misteriosa, el kilogramo estaba perdiendo masa. En concreto, el cilindro de referencia, construido hace 119 años y cuidadosamente mantenido bajo campanas de vidrio en Francia, parece haber perdido 50 microgramos respecto del promedio de docenas de copias. Los físicos detectaron hace mucho esta suerte de "deriva mística"; por ese motivo, han estado buscando definiciones naturales del kilo [véase "Un nuevo kilogramo" en *INVESTIGACIÓN Y CIENCIA*, febrero de 2007]. Una posible nueva definición consistiría en el número de átomos que contiene un kilogramo de silicio puro; otra se basaría en la energía eléctrica y en efectos cuánticos.



CORTESÍA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION METEOROLÓGICA, TURIN, ITALIA. (kilogramo); ANDY ROUSE Corbis (tortuga); THOMAS NORTH CUT Getty Images (mujer)

NEUROLOGIA

Penalización por armonía

Puede que los castigos expliquen por qué la mayoría de las personas convive en relativa tranquilidad. Tal parece ser la enseñanza que se deduce de la conducta de 23 estudiantes varones, participantes en un “juego de ultimátum”. Cada uno podía dividir una suma de dinero en la forma que quisiera con un socio anónimo. En algunos casos, el receptor tenía que aceptar cualquier ofrecimiento que se le hiciera; en otras ocasiones, ya hecho el ofrecimiento, el receptor podía penalizar al donante tomando la totalidad o una parte del dinero de éste. En los escáneres cerebrales del donante se pudo ver que cuando existía la opción de castigo, había dos áreas especialmente activas: la corteza orbitofrontal lateral, una región de la que ya se suponía que participa en el procesamiento de estímulos de amenaza, y una región próxima a ella, la corteza prefrontal dorsolateral, que interviene en el control de los impulsos. El equipo de la Universidad de Zúrich que llevó a cabo este estudio se propone ahora hacer pruebas con pacientes que sufren de ansiedad antisocial y trastornos de personalidad, para determinar si sus conductas son consecuencia de una carencia en el control de sus impulsos o de una evaluación incorrecta de amenazas.

Neuron, 4 de octubre de 2007.
—Nikhil Swaminathan



BIOLOGIA SINTETICA

Algo para recordar

Se ha instalado un bucle de realimentación genética en una levadura: el primero de estos circuitos que se construye en una célula eucariota (dotada de núcleo diferenciado). El bucle constaba de dos genes añadidos a la célula. Expuesta a la galactosa —un azúcar—, la levadura activaba el primero de estos genes implantados; dicho gen creaba, a su vez, un factor de transcripción que activaba al segundo gen. A continuación, el segundo gen fabricaba otro factor de transcripción, concebido para aumentar en un grado la actividad del mismo gen que lo había creado. Debido a este efecto de bucle, el segundo gen continuaba produciendo su factor de transcripción, incluso después de haber sido retirada la galactosa del entorno celular. Así se mantenía con eficacia el recuerdo de la exposición a galactosa. Se podrían improvisar células provistas de estos diseños de realimentación con el fin de registrar condiciones ambientales pasadas o para cuantificar daños sufridos por el ADN.

Genes & Development, 15 de septiembre de 2007.
—Nikhil Swaminathan

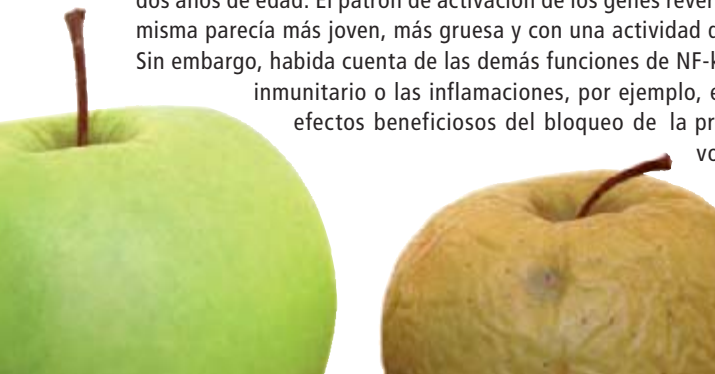
GENETICA

Piel que rejuvenece

Howard Chang, Adam Adler y sus colaboradores, de la Universidad de Stanford, han investigado qué tenían en común diversos genes que, al envejecer el individuo, se activan más, o menos, de lo que antes les era normal. Descubrieron que el proceso más asociado al envejecimiento era la intervención del factor de transcripción NF-kB (una familia de proteínas que participa en la regulación de la activación de los genes).

Procedieron a bloquear durante dos semanas la acción del factor en la piel de ratones de dos años de edad. El patrón de activación de los genes reversionó al de un ratón joven. La piel misma parecía más joven, más gruesa y con una actividad de división celular más intensa. Sin embargo, habida cuenta de las demás funciones de NF-kB, relacionadas con el sistema inmunitario o las inflamaciones, por ejemplo, es muy posible que junto a los efectos beneficiosos del bloqueo de la proteína haya otros muy negativos. Esos efectos secundarios, en cambio, quizá no se manifestarían en tratamientos a corto plazo que mejorasen la curación de lesiones en la piel de los ancianos.

Genes and Development,
15 de diciembre de 2007



FISICA

Neutrones no tan neutros

Aunque el neutrón sea eléctricamente neutro, los físicos habían imaginado ya que poseía una carga eléctrica positiva en su centro, equilibrada por una carga negativa del mismo valor en su periferia. Resultados nuevos, obtenidos en tres diferentes aceleradores de partículas, inducen a pensar que el neutrón es más complicado todavía: posee una carga negativa tanto en su más profundo interior como en su periferia, con una carga positiva emparedada entre ambas. Estos hallazgos podrían permitir una mejor comprensión de la fuerza fuerte, que mantiene retiene a los núcleos atómicos y gobierna lo que ocurre en las entrañas de las estrellas. El nuevo conocimiento podría aplicarse a la producción de energía nuclear o de armamento atómico. Según Gerald Miller, investigador de la Universidad de Washington, es posible que el neutrón resulte más complejo todavía conforme se vayan obteniendo nuevos datos.

Physical Review Letters,
14 de septiembre de 2007.
—Charles Q. Choi



Reducción del agujero

El ozono estratosférico bloquea los letales rayos ultravioleta procedentes del Sol; el uso de CFC (compuestos clorofluorocarbonados) en el pasado ha debilitado tal protección. El daño se concreta en el tristemente célebre "agujero de ozono" que se forma sobre el polo Sur cada primavera antártica. (Se produce un agujero cuando el espesor de ozono es menor que 220 unidades Dobson, es decir, menos de 2,2 mm si se encontrase al nivel del mar y a 0 °C). Las mediciones del agujero efectuadas desde el satélite Envisat, de la Agencia Europea del Espacio, no significan necesariamente que la capa de ozono haya empezado a recuperarse. Lo sucedido es, más bien, que los patrones climáticos han permitido que se mezcle aire caliente en las regiones polares, reduciendo así el problema.

Temperatura por debajo de la cual se produce la depleción de ozono: -78 grados C

Porcentaje de adelgazamiento durante cada año de este decenio: 0,3 %

Pérdida máxima de ozono antártico, en toneladas:

En 2006: 40 millones
En 2007: 27,7 millones

Espesor mínimo del ozono en el agujero, en unidades Dobson:

En 2006: 100
En 2007: 120

Area del agujero, en kilómetros cuadrados:

En 2006: 28 millones
En 2007: 24,7 millones

Superficie de América del Norte, en kilómetros cuadrados:
24,25 millones

Fuente: Anuncio de la Agencia Espacial Europea, 3 de octubre

LENGUAJE

O se usa o se pierde

Las palabras que más se utilizan son las que evolucionan con mayor parsimonia. Se ha investigado cómo han ido extinguiéndose las formas del tiempo pasado de los verbos ingleses desde el tiempo de *Beowulf*, poema épico anglosajón de la Alta Edad Media. Sólo una regla para denotar ese tiempo verbal ha persistido en inglés: el sufijo "—ed" (en los verbos regulares). Los investigadores catalogaron la totalidad de los verbos irregulares con los que se toparon, como "sing"/"sang" (el verbo "cantar"), así como aquellos otros que han sido regularizados (caso de "slink" —moverse furtivamente, parir prematura-

mente— que ahora se conjuga "slinked" pero cuyo pasado, hace 1200 años, era "slunk"). Quedan sin regularizar 98 de los 177 verbos irregulares que encontraron; y, dados dos verbos, si uno era usado 100 veces menos que el otro, su evolución resultaba ser 10 veces más rápida. El próximo en caer —pronostican— será "wed" (casar, o casarse con), que será regularizado a "wedded". El estudio fue publicado en *Nature* el 11 de octubre de 2007, juntamente con otro parecido que comparaba palabras cuasihomófonas de las lenguas indoeuropeas.

—Nikhil Swaminathan

PERCEPCION

Atentos al tigre

Dado que la detección de depredadores y presas tuvo que ser cuestión de vida o muerte para los humanos durante su evolución biológica, se ha investigado si era mayor la probabilidad de que las personas fijan su atención en animales que en otros objetos. Los investigadores proyectaron rápidas instantáneas de escenas naturales a voluntarios. Estas imágenes se mostraban por pares. Eran idénticas, salvo en un objeto. Los sujetos demostraron ser mucho más rápidos y precisos en la detección de las modificaciones correspondientes a animales —incluidos otros humanos— que cuando se trataba de seres

inanimados; eso ocurría incluso cuando los animales eran pequeños, ocupaban posiciones periféricas o se confundían con el fondo. El resultado siguió siendo cierto con vehículos, a los que, presumiblemente, los voluntarios llevaban años prestando atención por si efectúan cambios peligrosos de trayectoria. Parece evidente que las prioridades visuales de nuestros antepasados cazadores-recolectores continúan incrustadas en el cerebro moderno, aunque en la actualidad resulten bastante inútiles.

Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 24 de septiembre de 2007.
—Charles Q. Choi



ESTADISTICA

Bajas en guerra

No es fácil contar los muertos en tiempo de guerra. Según la Encuesta de Salud Familiar en Iraq, de la Organización Mundial de la Salud y el ministerio de salud iraquí, publicada en el *The New England Journal of Medicine* en enero de 2008, habrían muerto en ese país por acciones violentas, desde la invasión de 2003 hasta junio de 2006, entre 104.000 y 223.000 personas. Otro trabajo publicado en 2006 en *The Lancet* por investigadores de las universidades Johns Hopkins y Al Mustansiriya de Bagdad, con una muestra menor que la de la Encuesta, arrojaba para el mismo período una cifra de entre 420.000 y 790.000 muertes violentas. Resulta llamativo que en el trabajo publicado en *The Lancet* el número de muertes violentas aumente mucho de año en año, mientras que en la Encuesta permanece casi constante. Otra estimación reciente coincide más con el estudio de *The Lancet* que con la Encuesta. Lo ha realizado ORB, un empresa de sondeos, que calculó más de un millón de muertos a mediados de 2007.

Células T y sida

¿Se puede tratar la infección por VIH mediante la inhibición del sistema inmunitario?

El VIH tiene un efecto devastador porque ataca y destruye el sistema de defensa del cuerpo frente a los patógenos y expone a los pacientes a un desenlace mortal. ¿Cómo es posible, pues, que se haya pensado en tratar a los síndicos con fármacos que neutralizan el sistema inmunitario?

Una particularidad inesperada de la infección por VIH es que, en las primeras semanas después de que invada el cuerpo, el virus se apropia del sistema inmunitario y lo estimula en exceso. Y lo que revista mayor interés, los linfocitos T activados (células encargadas de combatir a los patógenos) no sólo producen grandes cantidades de citoquinas (mensajeros químicos que intervienen en la coordinación del contraataque), sino que entran en el ciclo celular, un proceso que, en condiciones normales, desemboca en la división y multiplicación de las células. No obstante, en la infección por VIH un subtipo de linfocitos T, los CD4+ de memoria central, parecen introducirse en el ciclo celular y experimentar apoptosis (muerte celular) en gran magnitud. La población de linfocitos CD4+ activados contribuye, además, a la multiplicación del virus.

No se sabe bien de qué forma el VIH causa la activación y destrucción de la población de células T del subtipo CD4+. Se sabe que el declive es característico de la infección por VIH; los médicos se valen de ella para realizar el pronóstico. También se sabe que, si no se presenta la activación inmunitaria, el desenlace final será muy distinto.

Los experimentos de laboratorio con monos lo han demostrado con nitidez. El mangabey de collar blanco del África Occidental se ha adaptado al virus de la inmunodeficiencia de los simios (la versión no humana del VIH); no suele caer enfermo, ni siquiera con una elevada cantidad de virus. Por el contrario, el macaco rhesus asiático manifestará habitualmente un

síndrome parecido al sida. La diferencia entre estos dos primates es que el mangabey de collar blanco experimenta bajos niveles de activación inmunitaria, lo que presumiblemente limita la destrucción de la población de linfocitos T y la multiplicación vírica. Por el contrario, el sistema inmunitario del macaco rhesus, igual que el de los humanos, se reaviva con frenesí durante las primeras fases de la infección.

Esta correlación lleva a preguntarse qué pasaría si el sistema inmunitario humano se comportase a la manera en que se comporta el del mangabey. Los experimentos ya han confirmado que la inhibición de la multiplicación vírica con medicación antirretrovírica atenúa la activación inmunitaria e incrementa el número de linfocitos CD4+. El siguiente paso sería el tratamiento inmunodepresor, que puede retardar la multiplicación vírica al limitar la activación de los linfocitos T y evitar la apoptosis de las células CD4+.

Varios grupos han venido investigando esta estrategia terapéutica insólita, con resultados desiguales. El de Michael Lederman, de la Universidad Case de la Reserva Occidental, llevaron a cabo ensayos en 2001 y 2003 sobre el efecto del corticosteroide prednisona, unido a un tratamiento antirretrovírico. El tratamiento consiguió inhibir la activación

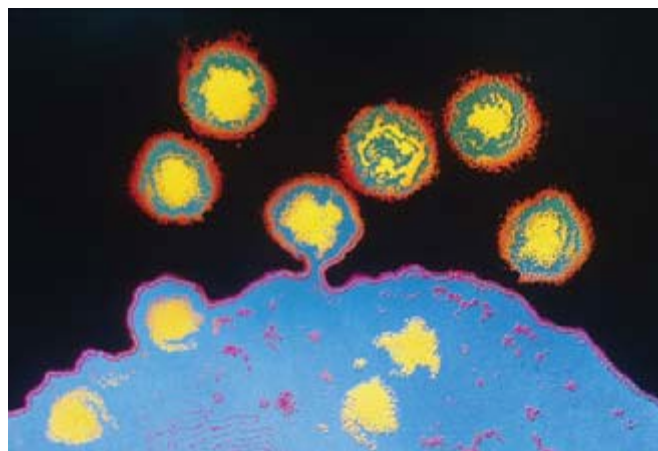
inmunitaria pero no pudo influir en las poblaciones de linfocitos CD4+.

Un grupo europeo obtuvo mejores resultados con la ciclosporina A. En un ensayo con nueve pacientes (y más tarde, en un estudio con 80), el recuento de células T CD4+ ascendió a los niveles normales, tras administrar durante ocho semanas ciclosporina A y tratamiento antirretrovírico. Según Giuseppe Pantaleo, de la Universidad de Lausana, investigador principal en estos ensayos, la magnitud del efecto sobre los linfocitos T CD4+ sorprendió a los propios investigadores.

Estos resultados discrepan de estudios anteriores. En 1989, unos investigadores canadienses ensayaron la ciclosporina en pacientes de sida, con consecuencias desafortunadas. Los pacientes no sólo experimentaron síntomas tóxicos graves a causa del tratamiento, sino que su recuento de células T cayó en picado.

Así pues, la pauta temporal parece ser un factor importante en este tipo de tratamiento contra el VIH. En opinión de Martin Markowitz, del Centro de Investigación del Sida Aaron Diamond en Nueva York, no debería aplicarse durante la infección crónica; no cree que sea razonable intervenir mediante la inmunodepresión en una enfermedad que se caracteriza por la inmunodepresión progresiva.

Markowitz y sus colaboradores reservan esta forma de tratamiento, pues, para pacientes VIH-positivos que se encuentran aún en la fase temprana y aguda de la infección. Debido a que en los estudios anteriores el aumento del recuento de linfocitos T CD4+ se producía poco después de que los pacientes tomaran la ciclosporina, administran, de modo aún experimental, pequeñas dosis de ciclosporina durante un período de tratamiento corto, de cuatro semanas.



Acción mortal: Virus del sida desprendiéndose de un linfocito T infectado. Debido a que estas células inmunitarias permiten la multiplicación del VIH en su interior, si se evita la respuesta rápida de los linfocitos T a la infección quizá se podría detener al virus.

Bianca Nogrady

Proteínas en movimiento

Merced a la potencia de cálculo de los superordenadores y al desarrollo de los métodos de simulación, se ha obtenido un mapa dinámico que arroja luz sobre la función proteínica

Las proteínas son las macromoléculas responsables de la mayoría de los procesos celulares. Operan como catalizadores (aumentan la aceleración de las reacciones químicas en varios órdenes de magnitud), modulan la captación y el procesado de señales que llegan a la célula o parten de ella, controlan el metabolismo celular y la mayoría de los mecanismos de regulación de la expresión génica. Las proteínas contribuyen a la formación de las macroestructuras celulares y actúan como los principales elementos motores. Se trata, por tanto, de moléculas vitales para la célula. A su síntesis y degradación se dedican buena parte de los recursos celulares.

Desde el punto de vista químico, las proteínas corresponden a polipéptidos, polímeros de amidas; presentan varios tamaños y constan de hasta 20 aminoácidos distintos. La secuencia polipeptídica, que se encuentra codificada en el genoma, determina la estructura tridimensional, que, a su vez, marca la funcionalidad de la proteína. Conocer la estructura de las proteínas nos ha de facilitar, pues, la comprensión del modo en que operan y, por tanto, de cómo podemos actuar sobre ellas. Este constituye el paradigma central de la biología estructural y del diseño racional de fármacos, la razón que ha empujado el desarrollo de los proyectos de genómica estructural en todo el mundo.

Movimiento y función proteínica

En la mitad del primer decenio del siglo XXI, ya con decenas de miles de estructuras proteínicas tridimensionales depositadas en las bases de datos (*véase el "Protein Data Bank" <http://www.rcsb.org/>*), empezamos a observar que la conformación de las proteínas constituye quizás el factor principal para explicar su funcionalidad, aunque no el único.

La imagen estática, o *cuasiestática*, que las técnicas experimentales dan de las proteínas no explica ciertos aspectos clave de su función: ¿por qué se unen a una misma proteína fármacos distintos? ¿A qué se debe que dos pro-

teínas interaccionen, pese a no presentar puntos complementarios? ¿De qué modo realizan trabajo mecánico estas macromoléculas a partir de energía química?

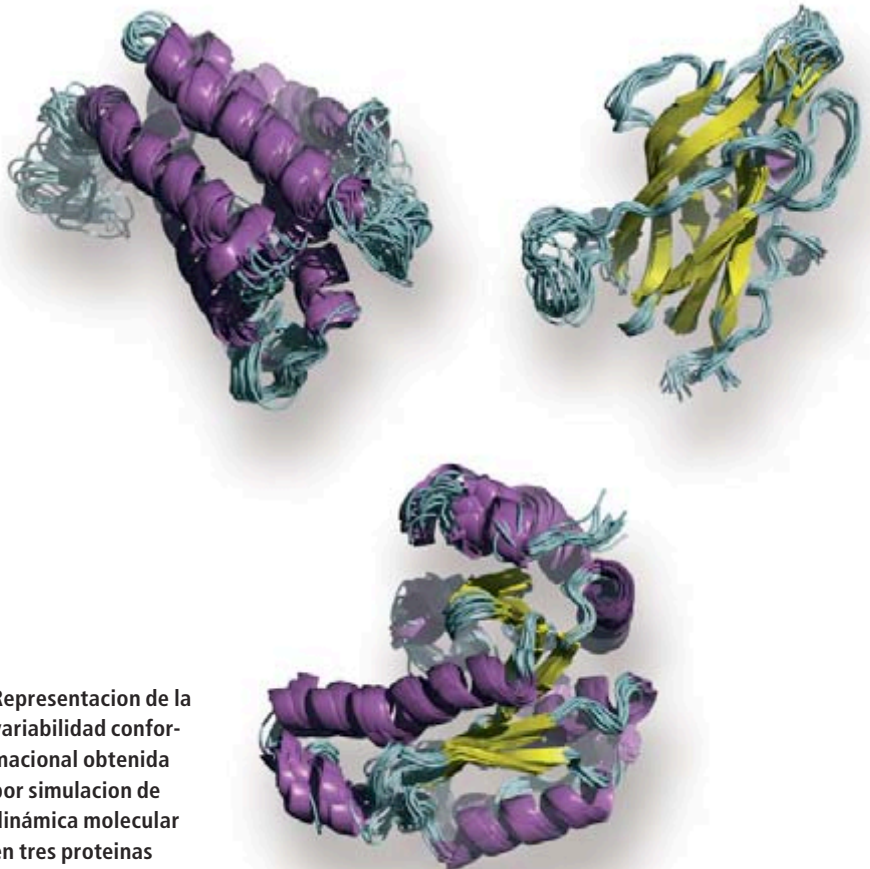
En todos esos casos, no sólo la estructura, sino también la flexibilidad desarrollan una función clave. Por ello reviste sumo interés conocer, amén de la estructura de la proteína, sus pautas preferenciales de movimiento. Debemos pasar de "fotografiar" proteínas a obtener "películas" de las mismas.

Determinar el modo en que una molécula de miles de átomos se mueve a lo largo del tiempo y la forma en que modifica su conformación por efecto de ligandos, cambios en el medio, alteraciones químicas o presencia de otras macromoléculas entraña una gran complejidad, una tarea imposible de llevar a cabo con los métodos experimentales actuales. Afortunadamente, el desarrollo de

la dinámica molecular y otros métodos de simulación teórica y el acceso a potentes supercomputadores permiten obtener esa información, inaccesible por otros medios.

La dinámica molecular

La dinámica molecular se propone reproducir, con resolución atómica, el movimiento de las proteínas. Para ello se define una función matemática simple, pero ajustada a parámetros mecanocuánticos precisos, mediante la cual se calcula la energía asociada a una conformación determinada de la proteína. A partir de la derivada de la energía en función de la posición inicial de cada átomo, se obtienen las fuerzas que actúan sobre ellos; éstas, a su vez, mediante la segunda ley de Newton, nos dan las aceleraciones. La integración de las aceleraciones en períodos muy cortos de tiempo (femtosegundos) nos permi-



Representación de la variabilidad conformacional obtenida por simulación de dinámica molecular en tres proteínas seleccionadas.

te obtener velocidades que, al integrarse, proporcionan las nuevas posiciones atómicas.

Mediante la iteración proceso, se traza el movimiento de todos los átomos de una proteína a lo largo del tiempo. Para determinar una trayectoria de un picosegundo se necesitan unos mil cálculos, para un nanosegundo 1 millón; un simple milisegundo requerirá un billón de estas operaciones matemáticas. Si pensamos que una proteína y el agua que la rodea pueden fácilmente superar el medio millón de átomos, resulta evidente que la dinámica molecular comporta una labor computacional enorme. Se requieren, pues, grandes recursos computacionales para llevar a cabo dichas simulaciones.

La dinámica molecular de proteínas nació a finales de los años setenta del siglo pasado, pero hubo que esperar vein-

te años más para conocer el potencial real de la técnica. Lo que se consiguió gracias a los refinamientos de los modelos teóricos, los algoritmos y, sobre todo, del soporte informático ("hardware"). Mediante esas técnicas de simulación y la potencia de cálculo del superordenador *Mare Nostrum*, en la Universidad Politécnica de Barcelona, investigadores del Centro Nacional de Supercomputación y el Instituto de Investigación Biomédica han obtenido el primer borrador del mapa dinámico de las proteínas: con 1900 estructuras, cubre la mayoría de las estructuras singulares de proteínas conocidas.

Este mapa dinámico permite pasar de la "instantánea" a la "película": de la imagen estática de la proteína, constituida por una única estructura tridimensional, a una visión dinámica de la misma, es decir, la secuencia de las 100.000 estruc-

turas que la proteína ha ido adoptando durante 10 nanosegundos de trayectoria en solución acuosa. Gracias a ese esfuerzo titánico, recogido en una base de datos de casi 10 terabytes (accesible en <http://mmb.pcb.ub.es/MODEL>), podemos entender el movimiento de las proteínas, prever las pautas de deformación que seguirán al interactuar con otras moléculas y estimar las posibilidades de reconocimiento de los centros de unión de ligandos.

Con esa gavilla de avances, podrán conocerse mejor las biomoléculas que definen la vida y podrá alcanzarse una mayor capacidad para modular su acción, lo que posibilitará un salto cuantitativo en el diseño de nuevos fármacos.

Modesto Orozco

Dpto. Bioquímica,

Universidad de Barcelona

Los estallidos cósmicos de rayos gamma

Los satélites Swift e Integral determinan en pocos segundos las posiciones de los estallidos cósmicos de rayos gamma. Los telescopios ópticos observan entonces esos lugares

Resulta difícil encontrar en la astrofísica extragaláctica una disciplina que durante los últimos años se haya desarrollado de manera tan vertiginosa como el estudio de los estallidos cósmicos de rayos γ , o GRB (acrónimo del inglés *Gamma-Ray Burst*).

Los GRB son breves e intensos destellos de radiación γ que tienen lugar en el cielo unas tres veces al día. Suceden aleatoriamente, sin que aparezcan de modo preferente en determinadas direcciones celestes; duran entre unos pocos minutos y algunos milisegundos. La mayor parte de su energía γ se emite en un rango de frecuencias para las que nuestra atmósfera es opaca (en torno a 10^{18-22} Hz). Ante tal inconveniente, necesitamos, para localizarlos, detectores de radiación γ a bordo de satélites y sondas espaciales.

Lo mismo que los púlsares o la radiación cósmica de fondo, los GRB se descubrieron de manera fortuita. A finales de 1963, en plena guerra fría, los Estados Unidos pusieron en marcha una red de satélites espías denominada "serie *Vela*". Su objetivo era averiguar si la Unión Soviética realizaba secretamente ensayos nucleares. (Con anterioridad, en

agosto de 1963, se había firmado un tratado internacional que prohibía los ensayos con armas nucleares en la atmósfera, en el espacio ultraterrestre y en los fondos marinos.) Las explosiones nucleares originan abundante radiación γ , que sería detectada por los satélites de la serie *Vela*. A partir de 1967 se empezó a registrar una sucesión de violentas explosiones que no procedían ni de la Tierra ni del Sol. Se consideró secreto militar hasta el 1973, año en que el descubrimiento se anunció en una reconocida revista de astrofísica.

A diferencia de lo que sucede con la radiación electromagnética en frecuencias más bajas (de radio, ópticas y de rayos X), la radiación γ no es focalizable. Diversas técnicas (máscaras, codificadas, triangulación por tiempos de llegada del frente de ondas o plásticos centelleadores) permiten paliar esa dificultad; generan localizaciones estadísticas denominadas zonas de error. [Una zona de error se define como un área del cielo donde se tiene una determinada probabilidad de encontrar la fuente responsable del GRB.]

Desde 1973 hasta el 1997 se progresó con lentitud, puesto que las zonas de error eran demasiado extensas (del or-

den de grados). Esto impedía asociar la procedencia de un GRB dado con alguno de los miles de objetos galácticos y extragalácticos situados dentro de su zona de error. Digamos que era como buscar una aguja en un pajar.

Pero al menos, durante ese intervalo, se comprobó que había dos familias: los GRB de corta duración y los de larga (inferior y superior a 2 segundos, respectivamente). Su distancia era desconocida y no se sabía si los estallidos cósmicos procedían de objetos pertenecientes a nuestro sistema solar o a nuestra galaxia o si, por el contrario, eran extragalácticos.

En 1997 el satélite italo-holandés SAX redujo sustancialmente el tamaño de las zonas de error, lo que permitió que el 28 de febrero de ese mismo año se detectara, dentro de una zona de error y con telescopios en tierra, un objeto cuyo brillo se desvanecía rápidamente. La emisión óptica que sigue al GRB durante minutos, incluso días, se denomina "rescoldero" (*afterglow*) o posluminiscencia. Se cree que no es más que el efecto luminoso que el GRB produce en su entorno. El 5 de mayo de 1997 se pudo medir, mediante técnicas es-



El telescopio de 60 cm BOOTES-IR, situado en el Observatorio de Sierra Nevada (IAA-CSIC). Una vez ha recibido una alerta de GRB, gira a una velocidad de 20 grados al segundo hacia la posición del cielo en que se haya producido la radiación, cuando la posluminiscencia es todavía brillantísima.

pectroscópicas, la distancia de una de esas posluminiscencias. Se demostró, en contra de lo que muchos esperaban, que los GRB eran extremadamente lejanos: desde el momento en que se produce un GRB hasta su detección, su luz viaja miles de millones de años a través del universo. El descubrimiento hizo de los GRB los objetos más luminosos del universo: en pocos segundos emiten la energía que radiarían diez estrellas de tipo solar durante toda su vida (del orden de miles de millones de años) o nuestra galaxia en el transcurso de un año entero.

En el curso de estudios realizados en 2003 se encontraron sólidos indicios de que los GRB de larga duración proce-

dían de la explosión de estrellas de gran masa. Estas estrellas mueren de forma violenta en una explosión *hipernova*, una versión aún más energética de las *supernovas*. Hasta la fecha se han localizado aproximadamente 150 GRB de larga duración, a distancias que van desde los 100 hasta los 12.000 millones de años luz (cuando el universo tenía sólo el 6% de la edad actual).

De GRB de corta duración, muchos menos conocidos, se ha localizado sólo una docena. El modelo teórico que mejor explica los datos observacionales de los GRB de corta duración se basa en la fusión de dos agujeros negros o dos estrellas de neutrones (o de un agujero negro y una estrella de neutrones). La

geometría de estas fusiones induce a esperar que los GRB de corta duración sean potentes emisores de ondas gravitatorias.

Actualmente hay dos satélites preparados para descubrir GRB: *Swift* (NASA) e *INTEGRAL* (Agencia Espacial Europea). Ambas misiones envían a la Tierra las posiciones aproximadas de un nuevo GRB en pocos segundos. Este *modus operandi* permite alertar a los observatorios terrestres para que apunten rápidamente a la zona de error telescopios sensibles al óptico y al infrarrojo cercano, donde la atmósfera sí es transparente. Dado que los rescoldos se desvanecen enseguida, ha sido necesario construir telescopios robóticos que reciban las alertas de los satélites y respondan automáticamente en pocos segundos. Sucede así con los telescopios BOOTES, situados en el Arenosillo (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Huelva), La Mayora (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Málaga) y en Sierra Nevada (Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, Granada, véase la ilustración).

Sin duda, la combinación de estos pequeños telescopios con otros de gran calibre, como el Gran Telescopio de Canarias, permitirá valerse de los intensos y distantes GRB para estudiar los umbrales del universo. El material alojado en la línea de visión al GRB deja impreso su sello inconfundible sobre la luz del estallido, en forma de líneas espectrales de absorción. Por tanto, la observación temprana de GRB promete ser una herramienta económica y eficiente para la "arqueoastronomía".

Javier Gorosabel Urkia

*Instituto de Astrofísica de Andalucía,
Granada*

Tipos funcionales de ecosistemas

El estudio desde el espacio de los ecosistemas vegetales permite calcular cuánto carbono ganan a lo largo de las estaciones

La escala espacial y temporal a que ocurren los cambios ambientales plantea un gran reto a la hora de evaluar sus efectos. Los estudios locales se muestran insuficientes, por lo que es necesario el análisis a escalas regionales o globales. A estos niveles no pueden tratarse individuos ni poblaciones siquiera;

los ecosistemas son los objetos de estudio más adecuados.

Las propiedades relacionadas con el funcionamiento de los ecosistemas —con el intercambio de materia y energía entre la biota y el medio— presentan ventajas frente a los descriptores de su estructura. No sólo responden con mayor

celeridad a las perturbaciones, sino que además pueden estimarse a partir de índices derivados de imágenes de satélite, lo que facilita el seguimiento.

Al estar relacionados tales índices con la productividad de los ecosistemas, nos informan sobre las ganancias de carbono, uno de los servicios ecosistémicos