

INVESTIGACION *y* CIENCIA

ANTIMATERIA, NUDO GORDIANO DE LA ASTROFISICA

ASI ESCOGE MACHO LA HEMBRA

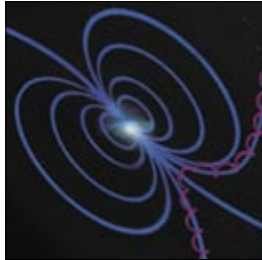
Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

INFORME ESPECIAL: TELECOMUNICACIONES PARA EL SIGLO XXI



JUNIO 1998
800 PTAS.

6

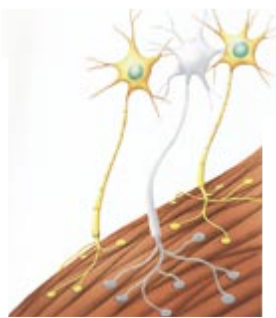


Antimateria cósmica

Gregory Tarlé y Simon P. Swordy

Justo después de la gran explosión originaria, las partículas de materia y de antimateria, que existían en número casi igual, se aniquilaron mutuamente; el pequeño residuo de materia que subsistió constituye todas las estrellas y galaxias que vemos. No obstante, merece la pena seguir buscando acumulaciones de antimateria en las profundidades del espacio.

12



Síndrome post-polio

Lauro S. Halstead

Después de tratamientos intensos y una firme determinación, millares de personas que habían contraído la poliomielitis antes de la introducción de las vacunas consiguieron recuperar la función de sus miembros afectados por la enfermedad. Ahora, 40 años después, muchos comienzan a presentar síntomas nuevos, un resultado del efecto compensador de los músculos exhaustos.

20



CIENCIA EN IMAGENES

Las primeras observaciones

Brian J. Ford

Antony van Leeuwenhoek y otros adelantados en el manejo del microscopio vislumbraron un sorprendente universo desconocido hasta entonces. El autor ha reconstruido sus experimentos, usando los instrumentos originales, para redescubrir lo que ellos vieron.

34

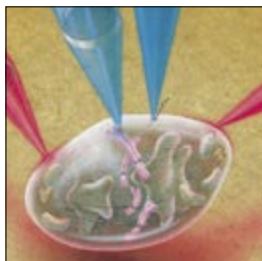


Así eligen pareja las hembras

Lee Alan Dugatkin y Jean-Guy J. Godin

Ya se trate de una gran percha de astas o de plumas caudales en technicolor, en todo el reino animal las hembras prefieren determinados caracteres cruciales cuando buscan pareja. Las estrategias evolutivas que hay detrás de la “elección de la dama” parecen asegurar que la descendencia tendrá genes que aumentarán las probabilidades de supervivencia.

40

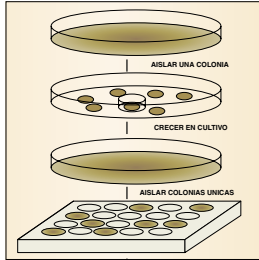


Tijeras y pinzas de láser

Michael W. Berns

Los láseres enfocados con precisión pueden fijar, arrastrar o cortar objetos minúsculos. Los investigadores comienzan a recurrir a tijeras y pinzas de láser para manipular los cromosomas y otras estructuras del interior celular. Además, mediante modificación de la superficie de los óvulos, los haces permiten trabajar en reproducción artificial.

46



Cáncer del fenotipo mutador de microsatélites

Manuel Perucho

En el organismo, el equilibrio interno controla la proliferación celular. Pero en un individuo esa homeostasis puede arruinarse con la acumulación de mutaciones. Millones de mutaciones en secuencias repetidas acumula la neoplasia del título, que representa una nueva vía molecular de formación de tumores esporádicos y hereditarios.

57



INFORME ESPECIAL

Técnicas inalámbricas

La demanda de teléfonos celulares y módems inalámbricos se está multiplicando, y éstas no son sino algunas de las aplicaciones de la nueva ola de telecomunicaciones itinerantes. En este informe especial, los expertos analizan la infraestructura que hoy se está construyendo para el océano de usuarios que promete el mañana.

Nuevos satélites para comunicaciones personales

John V. Evans

Telecomunicaciones para el siglo XXI

Joseph N. Pelton

Redes inalámbricas terrestres

Alex Hills

Radio de espectro disperso

David R. Hughes y Dewayne Hendricks

Más allá de los sistemas de voz inalámbricos

Warren L. Stutzman y Carl B. Dietrich, Jr.

SECCIONES

4 HACE...

24 PERFILES

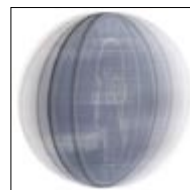
26



CIENCIA Y SOCIEDAD

Contaminación del agua.

88



JUEGOS MATEMÁTICOS

La ley de promedios, derogada.

32 DE CERCA

91 NEXOS

86 TALLER Y LABORATORIO

93 LIBROS



Portada: David Fierstein; cortesía de Angel Technologies

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
6-8	Alfred T. Kamajian
9	Georgia deNolfo (<i>arriba</i>); Laurie Grace (<i>abajo</i>)
10-11	Alfred T. Kamajian
12-14	Tomo Narashima
16	Johnny Johnson
17	March of Dimes Birth Defects Foundation
18	UPI/Corbis-Bettmann
20-23	Brian J. Ford (<i>fotografías</i>); Richard Jones (<i>dibujos</i>)
34-36	Roberto Osti
37	Roberto Osti (<i>dibujos</i>), Jennifer C. Christiansen (<i>diagrama</i>)
38	Erwin y Peggy Bauer (<i>arriba, izquierda</i>); David C. Fritts (<i>arriba, derecha</i>); M. Austerman (<i>abajo, izquierda</i>) y Lara Jo Regan (<i>abajo, derecha</i>)
39	Jennifer C. Christiansen
40-41	Tomo Narashima
42	Michael W. Berns (<i>arriba</i>), Hamid Ghanadan (<i>abajo</i>)
43	Hamid Ghanadan; fuente: Arthur Ashkin, Laboratorios AT&T Bell
44	Xunbin Wei, Instituto Beckman del Láser
45	Michael W. Berns
47-54	Manuel Perucho
58-59	Slim Films
60-61	Bryan Christie
62-65	Slim Films
68-69	Slim Films
71	Ico Global Communications; Slim Films
72-73	Slim Films
74-75	Dusan Petricic
76-81	Slim Films
82	Kobal Collection; U.S. Patent Office (<i>inserto</i>)
83-85	Slim Films
86-87	Ian Worpole
88-89	Laurie Grace
90	Alan Bennett
91	Dusan Petricic

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Juan Pedro Campos: *Antimateria cósmica*; Esteban Santiago: *Síndrome post-polio*; Ricardo Martínez Murillo: *Las primeras observaciones*; Joandomènec Ros: *Así eligen pareja las hembras*; Montserrat Elías: *Tijeras y pinzas de láser*; Luis Bou: *Redes inalámbricas terrestres y Juegos matemáticos*; Angel Garcimartín: *Perfiles*; J. Vilardell: *Más allá de los sistemas de voz inalámbricos, Radio de espectro disperso, Hace... y Taller y laboratorio*; José M.ª Valderas Martínez: *Nexos*

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL Francisco Gracia Guillén

EDICIONES José María Valderas, *director*

ADMINISTRACIÓN Pilar Bronchal, *directora*

PRODUCCIÓN M.ª Cruz Iglesias Capón

Bernat Peso Infante

SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez

EDITA Prensa Científica, S. A. Muntaner, 339 pral. 1.ª – 08021 Barcelona (España)

Teléfono (93) 414 33 44 Telefax (93) 414 54 13

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF John Rennie

BOARD OF EDITORS Michelle Press, *Managing Editor*; Philip M. Yam, *News Editor*;

Ricki L. Rusting, Timothy M. Beardsley y Gary Stix, *Associate Editors*;

W. Wayt Gibbs; Alden M. Hayashi; Kristin Leutwyler;

Madhusree Mukerjee; Sasha Nemecek; David A. Schneider;

y Glenn Zorpette

Marguerite Holloway, Steve Mirsky y Paul Wallich, *Contributing Editors*

PRODUCTION Richard Sasso

PUBLISHER Joachim P. Rosler

CHAIRMAN AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER John J. Hanley

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª
08021 Barcelona (España)
Teléfono (93) 414 33 44
Fax (93) 414 54 13

Precios de suscripción, en pesetas:

	Un año	Dos años
España	8.800	16.000
Extranjero	11.150	20.700

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 800 pesetas

Extraordinario: 1.000 pesetas

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

DISTRIBUCION

para España:

MIDESA

Carretera de Irún, km. 13,350
(Variante de Fuencarral)
28049 Madrid Tel. (91) 662 10 00

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª – 08021 Barcelona
Teléfono (93) 414 33 44

PUBLICIDAD

GM Publicidad

Francisca Martínez Soriano
Menorca, 8, semisótano, centro, izquierda.
28009 Madrid
Tel. (91) 409 70 45 – Fax (91) 409 70 46

Cataluña y Baleares:

Miguel Munill

Muntaner, 339 pral. 1.ª

08021 Barcelona

Tel. (93) 321 21 14

Fax (93) 414 54 13

Difusión controlada

Copyright © 1998 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

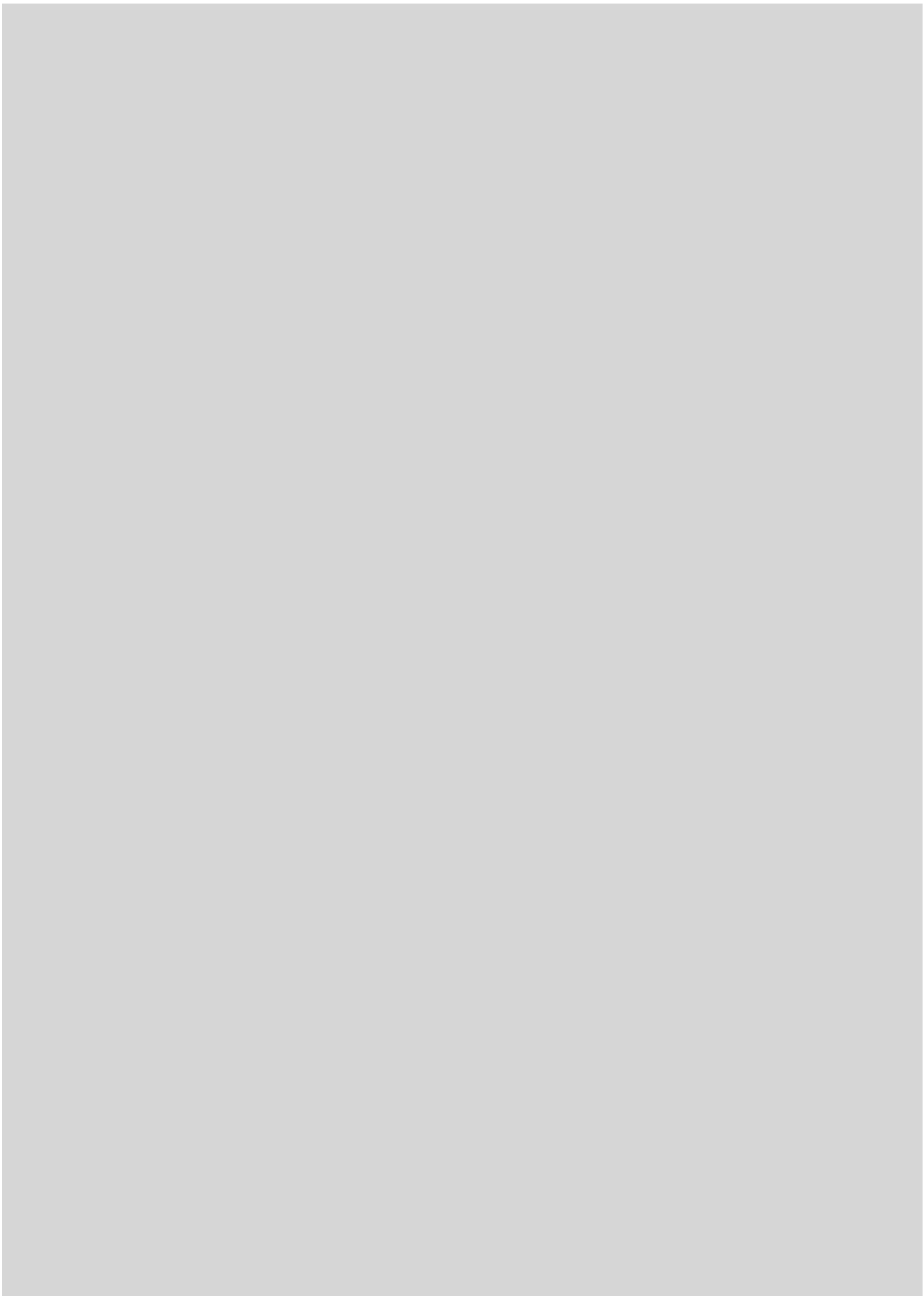
Copyright © 1998 Prensa Científica S. A. Muntaner, 339 pral. 1.ª 08021 Barcelona (España)

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

Filmación y fotocompos reproducidos por Dos Digital, Zamora, 46-48, 6ª planta, 3ª puerta - 08005 Barcelona
Imprime Rotocayfo, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España



HACE...

...cincuenta años

REVISIÓN ANTIFUNGICIDA. «En 1944 se creía que la histoplasmosis era rarísima; hasta el nombre desconocían la mayoría de los médicos. Sin embargo, de entonces para acá se ha venido empleando con frecuencia en un nuevo análisis dermatológico sobre millares de estudiantes de enfermería. El resultado fue asombroso: casi un cuarto de la totalidad de los alumnos dieron una reacción positiva. Se cree ahora que hay millones de americanos afectados. Sobre tan ominoso hongo se sabe poco. El *Histoplasma capsulatum* se presenta en dos variedades naturales: una, inocua; la otra, parasitaria y responsable de la histoplasmosis humana. Se supone que este segundo tipo es transmitido por insectos, pero se desconoce el mecanismo de su propagación.» (Nota de la redacción: El hongo está asociado con excrementos de aves o murciélagos.)

LA VEJEZ. «Durante los últimos diez años el interés científico por el envejecimiento ha cobrado impulso. El interés se suscita en momentos oportunos, ya que la artritis, la nefritis, las enfermedades cardiovasculares y trastornos similares se han convertido en un problema tremendo. A medida que la medicina cobra eficacia creciente en el tratamiento de las enfermedades de la infancia y la madurez, el porcentaje de población con edades avanzadas aumenta sin cesar. Hasta qué punto puede hacerse retroceder la decadencia y la muerte natural sigue siendo cuestión debatida. Los fisiólogos más prudentes admiten que la salud y el vigor pueden durar hasta una edad de cien años. Los entusiastas rusos, que han estado sondeando los secretos de la edad con particular ahínco, ponen el límite más allá de los 150 años.»

...cien años

LICUACIÓN DEL HIDRÓGENO. «El profesor Dewar recientemente ha licuado el hidrógeno, hazaña sin precedentes. Ya se han publicado

relatos más completos de sus experimentos. En el aparato empleado, el hidrógeno se enfría hasta -205°C a una presión de 180 atmósferas, y se descarga por un serpentín con un caudal entre 300 y 425 litros por minuto dentro de un recipiente de vacío. Desde éste cae, en estado líquido, a otro recipiente de vacío y en unos cinco minutos se recoge un volumen de 20 centímetros cúbicos.»

LA ATMÓSFERA TERRESTRE. «Haciendo que las herbáceas vegetaran en gas nitrógeno que contuviera algo de ácido carbónico, llegué a convencerme de que eran esencialmente anaerobias, que pueden vivir sin oxígeno libre, que son el medio por el cual la naturaleza proveyó a la atmósfera de oxígeno libre y que conforme la composición del aire cambió gradualmente, oxigenándose más con el transcurso de los siglos, aparecieron las plantas aerobias y los animales. Al introducir una hierba de la moneda (*Lysimachia nummularia*) en agua dentro de una campana de vidrio rellena de nitrógeno con un poco de ácido carbónico, al cabo de pocos meses se comprobará que la atmósfera de la campana es aún más rica en oxígeno que la atmósfera exterior.

—Thomas L. Phipson»

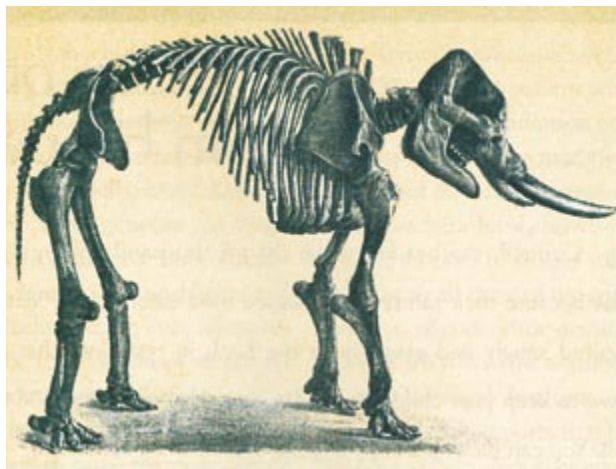
ENFERMEDADES PORCINAS. «Por fin se está comprendiendo el peligro de los mataderos entendidos como agentes de propagación de infecciones. Ch. Wardell Stiles, médico, en un

artículo publicado en 1896, afirma: “Cuando los despojos de un cerdo con triquinosis se dan de comer a cerdos criados en el campo, éstos no pueden salvarse de la infección triquinosa. Todo matadero es un foco de enfermedades para los alrededores, propagando la triquinosis, la equinocosis, la modorra, la solitaria y otros males debidos a los parásitos de los animales, así como la tuberculosis, la peste porcina y otras enfermedades bacterianas.” Por ello, recomienda: (a) prohibir la alimentación de animales con despojos; (b) mejora de desagües y alcantarillas; (c) desratización, y (d) prohibir la entrada de perros en los mataderos.»

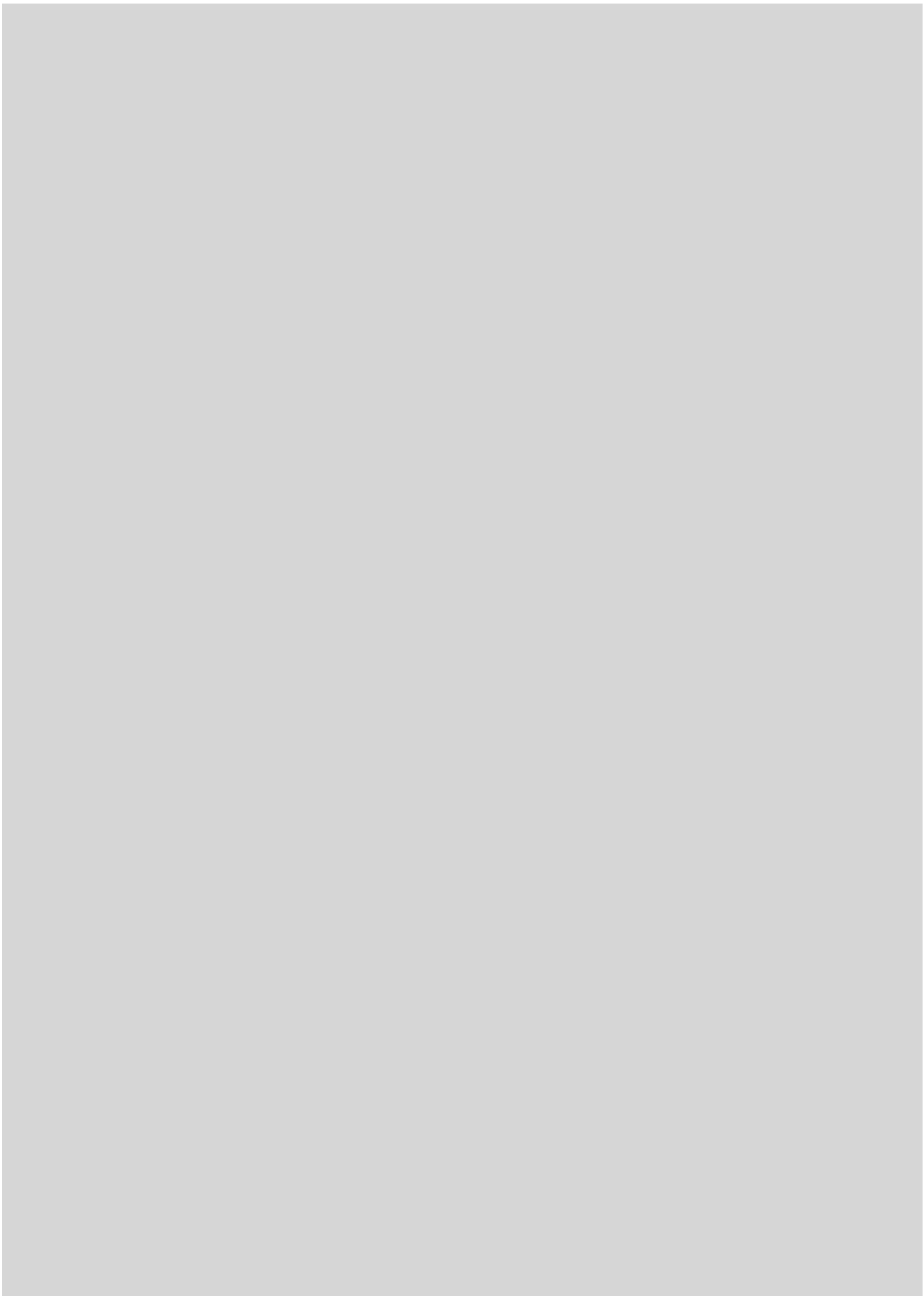
UN ESQUELETO DE MASTODONTE. «En 1866, al limpiar un terreno para establecer las Tejedurías Harmony, en Cohoes (Nueva York), se descubrió una enorme cavidad. Parecía una ciénaga, como muchas grandes charcas de montañas cubiertas de musgo flotante que no tienen salida porque están en un cuenco de roca. Al excavar se descubrieron los restos de un mastodonte a más de quince metros bajo la superficie. Evidentemente, en tiempos prehistóricos, la enorme bestia cayó en el agujero, pues éste es de casi diez metros de diámetro. Los huesos de tan gran ejemplar se exponen actualmente en el Museo de Geología del estado de Nueva York.»

...ciento cincuenta años

LA PRIMERA DAMA. «Miss Maria Mitchell, de Nantucket, descubridora del cometa que lleva su nombre, fue elegida unánimemente miembro de la Academia Americana de Artes y Ciencias, en la última reunión de ésta. Creemos que es la primera vez que ese honor recae en una dama en nuestro país. En Europa un honor similar ha sido concedido sólo a dos damas; a Miss Caroline Herschell, hermana y ayudante del difunto Sir William Herschell, el astrónomo, y a Mrs. Mary Fairfax Somerville, comentarista de la *Mecánica celeste* del marqués de La Place.»



Esqueleto de mastodonte procedente de un pantano del estado de Nueva York





Antimateria cósmica

Las antipartículas, aunque escasas y huidizas, podrían encerrar la explicación de algunos misterios astrofísicos

Gregory Tarlé y Simon P. Swordy

El físico Paul Dirac predijo en 1928 la existencia de la antimateria; por cada tipo de partícula de la materia ordinaria, avanzó, hay una de la misma masa y carga contraria. Esas antipartículas podían unirse y formar átomos, que a su vez crearían los análogos antimateriales de los objetos del universo: antiestrellas, antigalaxias, hasta antipersonas. Más aún, una partícula y una antipartícula que chocasen se aniquilarían y en su lugar habría una erupción de rayos gammas de gran energía. Una persona y una antipersona que se diesen la mano producirían una explosión equivalente a 1000 detonaciones nucleares de un megatón, suficiente cada una para destruir una ciudad.

Era una idea extraordinaria, que se confirmó cuatro años después cuando Carl D. Anderson, del Instituto de Tecnología de California, detectó la primera antipartícula. En la cámara de niebla con la que estudiaba los rayos cósmicos —las partículas de gran energía que bombardean la Tierra desde el espacio exterior— observó un rastro de vapor creado por una partícula que tenía la misma masa que el electrón, aunque de carga

1. LAS VIOLENTAS COLISIONES de los protones acelerados por el frente de choque de una supernova crean buena parte de la antimateria que se observa. Algunas colisiones producen cascadas de positrones, electrones y otras partículas (*arriba*); los impactos más potentes generan antiprotones (*abajo*).



contraria (es decir, positiva); se la llamó positrón, y era la antipartícula del electrón. Dar con los antiprotones costó más, pero en 1955 fueron creados en un acelerador de partículas del laboratorio Lawrence de Berkeley; en el CERN, el laboratorio europeo de física de partículas cercano a Ginebra, se sintetizaron en 1995 efímeros átomos de antihidrógeno ligando protones y antiprotones en un acelerador de partículas.

En los últimos años se han construido detectores muy depurados que buscan antimateria en los rayos cósmicos. Como éstos se destruyen al chocar con los núcleos de las moléculas del aire, se han mandado detectores a los confines menos densos de la atmósfera. Hemos participado en uno de esos experimentos, el Telescopio de Antimateria de Gran Energía (su acrónimo en inglés es HEAT, “ca-

GREGORY TARLE y SIMON P. SWORDY llevan investigando en rayos cósmicos desde hace más de 20 años. Tarle enseña física en la Universidad de Michigan; Swordy, en la de Chicago.

lor”), instalado en globos a gran altura para detectar los positrones de los rayos cósmicos. Otros detectores aerostáticos observan antiprotones. Se están proyectando rastreos de la antimateria más ambiciosos: vuelos más largos de los globos, así como detectores puestos en órbita. Estos experimentos dirían mucho de los orígenes de la antimateria, y quizá nos indicasen si hay o no antiestrellas y antigalaxias.

Se cree que la mayoría de las antipartículas observadas en la atmósfera superior surgieron de colisiones violentas de partículas subatómicas en el espacio interestelar. El proceso empieza cuando los campos magnéticos de la onda de choque de una explosión de supernova aceleran un protón interestelar o un núcleo atómico más pesado hasta velocidades enormes. Si este núcleo —ahora un rayo cósmico de gran energía— choca con otra partícula interestelar, parte de la energía del rayo cósmico puede convertirse en un par partícula-antipartícula.

Algunas colisiones producen pares de piones, partículas inestables que se desintegran enseguida en positrones, electrones, neutrinos y antineutrinos. Los choques de mayor energía, cuando las partículas se mueven casi a la velocidad de la luz, producen parejas de protones y antiprotones; es el proceso inverso al de la aniquilación de la materia y la antimateria: la energía se hace materia.

El número de antipartículas producidas por las colisiones interestelares es discreto. Las partículas abundan mucho más que las antipartículas en los rayos cósmicos que observa HEAT. Para entender por qué es difícil detectar antimateria imaginémos un cubo lleno de tuercas. La rosca de 100 de ellas, que representan los electrones de carga negativa, gira a derechas, y la de 10 a izquierdas (los positrones). En los rayos cósmicos también hay protones, que tienen como los positrones carga positiva, sólo que su masa es mucho mayor. Representaremos los protones con 10.000 tuercas a izquierdas, pero más pesadas. Hay que pesar cada tuerca a izquierdas para ver si es protónica o positrónica; la pesada ha de ser muy precisa. Basta que sólo una tuerca protónica de cada 1000 se tome por una positrónica para duplicarse el número aparente de éstas.

El porcentaje de errores de HEAT es inferior a uno en 100.000. Identifica los positrones con un imán

superconductor y un conjunto de detectores. Una vez los rayos cósmicos se han precipitado por una apertura colectora, el imán superconductor desvía los electrones, negativos, hacia una parte y los positrones y los protones, positivos, hacia la otra. Los detectores miden la carga y la dirección de cada partícula incidente y la magnitud de la desviación que sufre en el campo magnético. Esta última medición sirve para distinguir entre protones y positrones; el protón, más pesado, se moverá en una línea más recta que un positrón de la misma velocidad.

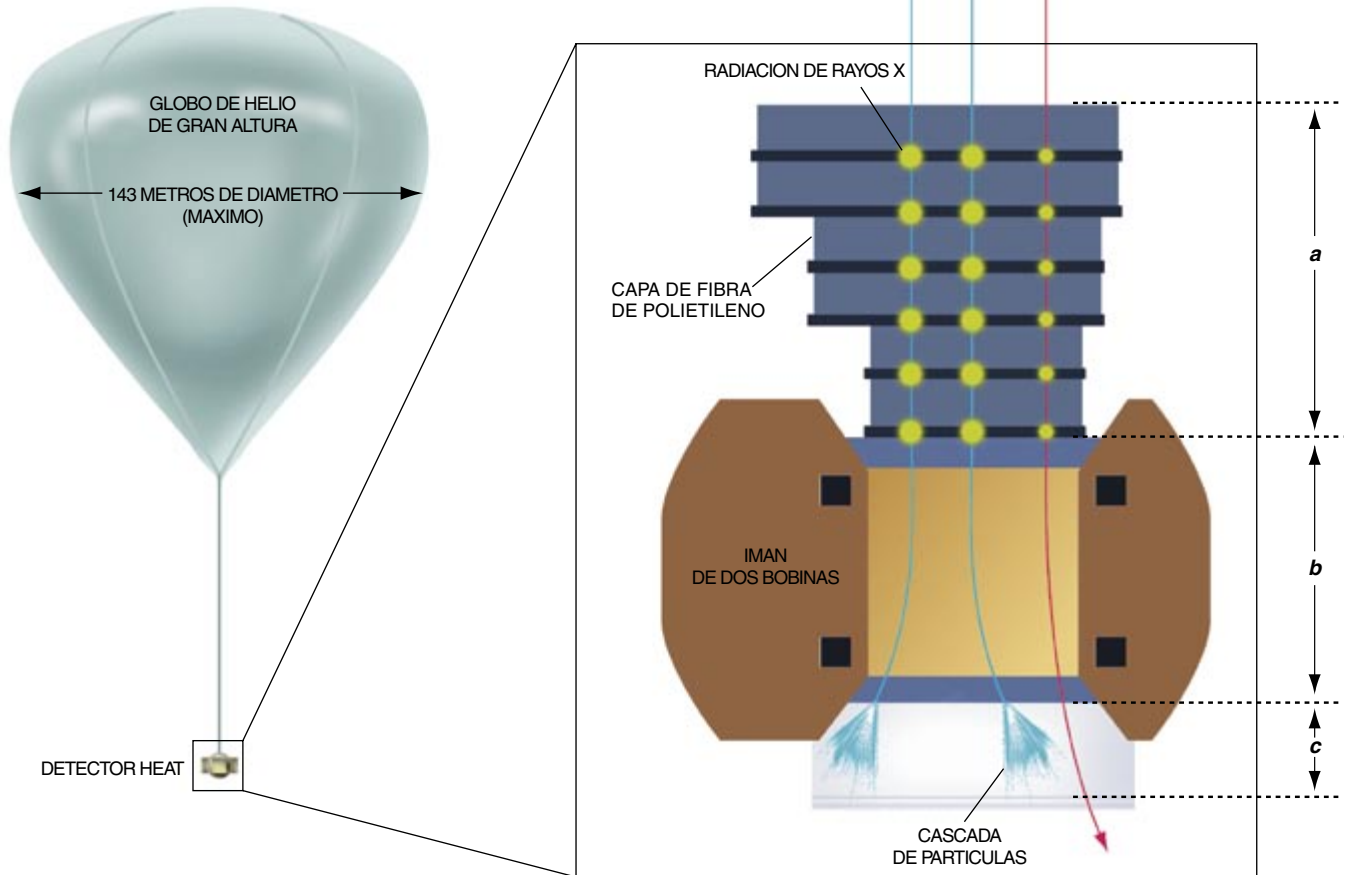
Aunque pesa unos 2300 kilogramos, HEAT subió en 1994 desde Nuevo México a 37.000 metros de altura, por encima del 99,5 por ciento de la atmósfera, gracias a un globo gigante de helio de la NASA. Allí midió los rayos cósmicos durante 32 horas y regresó al suelo con paracaídas; aterrizó en el Panhandle de Texas. La NASA lo lanzó de nuevo en 1995, desde Manitoba. Esta vez observó positrones de menor energía, que penetran en el campo magnético de la Tierra sólo cerca de los polos magnéticos norte y sur.

Fueron muy interesantes los resultados de estos dos vuelos. El número de positrones de baja energía registrados por HEAT era muy próximo al que se anticipaba a partir de las colisiones interestelares. Sin embargo, se encontraron más positrones de energía elevada que los esperados. La cifra no era especialmente grande y pudo deberse a errores difíciles de percibir; pero si fuera real ello implicaría que hay por descubrir una fuente de positrones de gran energía en el cosmos. Podría ser la supuesta “partícula de interacción débil y masa grande”, o WIMP.

Esta partícula hipotética es una solución plausible del problema de la “materia oscura”. Para explicar las velocidades de rotación de las galaxias, se cree que éstas se hallan inmersas en un enorme halo de materia oscura que no puede observarse por los medios ordinarios. La hipotética WIMP sería una buena modalidad de materia oscura, pues no desprende luz ni ninguna otra forma de radiación electromagnética. Si existiesen las WIMP y con la densidad predicha, las colisiones entre ellas producirían un número considerable de positrones de gran energía. Este proceso podría explicar la cantidad sobrante detectada por HEAT. Pero antes de pronunciarse con fundamento hará falta que nuevas mediciones efectua-

El detector de altura

Un globo de helio eleva el Telescopio de Antimateria de Gran Energía (HEAT) hasta la atmósfera superior (*abajo*). Una vez los rayos cósmicos se han precipitado por la apertura colectora del instrumento, la batería de detectores identifica los positrones. Uno de los autores (Tarlé) posa con el HEAT tras su primer vuelo (*página siguiente*).



das por HEAT o por otros detectores confirmen nuestras observaciones con una precisión mayor.

Si nosotros hemos perseguido los positrones de los rayos cósmicos, otros han buscado una presa aún más escurridiza: el antiprotón. Es más raro que el positrón porque pesa casi 2000 veces más; por eso hace falta mucha más energía para crearlo. Los protones interestelares deben chocar a velocidades de más del 99 por ciento de la velocidad de la luz para producir una pareja de protón y antiprotón.

El Experimento de Isótopos de Materia y Antimateria (IMAX) y el Experimento del Espectrómetro Solenoidal Superconductor Aerostático (BESS), dos detectores de antimateria, han encontrado una concentración máxima de sólo un antiprotón por cada 10.000 protones en la lluvia de

rayos cósmicos. La escasez obliga a tener la máxima precaución en no tomar lecturas falsas. A sus detectores debe exigírseles extrema sensibilidad con un porcentaje de errores inferior a uno en un millón.

Luis W. Alvarez efectuó en los años sesenta el primer rastreo de fragmentos mayores de antimateria cósmica. Empezó por las antipartículas pesadas, núcleos de antihelio, de anticarbono o de antioxígeno, que pudiera haber en los rayos cósmicos. Al contrario que los positrones y los antipositrones, esas antipartículas grandes son demasiado pesadas para que se produzcan en choques entre partículas interestelares. Si se descubriese un núcleo de antihelio querría decir que alguna antimateria sobrevivió tras la gran explosión

inicial ("big bang"). Y la detección de un núcleo de anticarbono o de antioxígeno revelaría la existencia de antiestrellas, porque el carbono y los elementos más pesados se crean sólo en las estrellas.

Los astrofísicos, en general, se muestran escépticos sobre la existencia de antiestrellas. Aunque su luz sería igual a la de una estrella corriente, chocarían irremediabilmente con las partículas de la materia ordinaria que fluyesen hacia ellas desde el espacio interestelar. La consiguiente aniquilación de la materia y la antimateria generaría un flujo ingente de rayos gamma. Los detectores orbitales han detectado rayos gamma de baja energía que señalan la aniquilación de un surtidor inmenso de positrones que, al parecer, se extiende desde el centro de nuestra galaxia. No se cree que lo



La sección *a* muestra el detector de transición por radiación, una serie de seis capas de fibra de polietileno. Los positrones y los electrones generan rayos X a medida que atraviesan las capas; en cambio los protones de la misma energía producen una señal mucho más débil.

La sección *b* muestra el espectrómetro magnético, que desvía los rayos cósmicos con un imán superconductor. Los electrones se inclinan hacia un lado y los protones y los positrones hacia el opuesto. Se pueden distinguir los protones y los positrones porque éstos se curvan más que aquéllos para una misma velocidad.

La sección *c* muestra el calorímetro electromagnético, una pila de placas de plástico y finas capas de plomo. Cuando los electrones dan en éstas, producen cascadas de partículas que generan destellos de luz en las placas de plástico. La mayoría de los protones atraviesa la sección sin más.

haya producido una antiestrella, que se manifestaría como una fuente intensa y concentrada de rayos gamma de mucha mayor energía. Ningún detector ha observado una fuente así; no debe de haber, pues, antiestrellas en nuestra galaxia, y un razonamiento similar indica que tampoco hay antigalaxias en el cúmulo galáctico local.

¿Y más lejos? Quizá contenga el universo antigalaxias solitarias, separadas de las galaxias por distancias inmensas. En los diez últimos años se ha investigado a fondo la distribución de las galaxias hasta distancias de mil millones de años luz y no se han descubierto regiones de las que quepa concebir que estén hechas de antimateria, sino una red de cúmulos galácticos que rodean grandes espacios vacíos, a la manera de un ingente baño de burbujas. Si hubiera grandes

zonas de antimateria en el universo, las regiones donde se solapasen la materia y la antimateria habrían producido enormes cantidades de rayos gamma en los primeros tiempos del universo. No se ha detectado ese potente resplandor de fondo. Si hay antigalaxias, es que están más allá del alcance de nuestros mejores telescopios, o al menos a varios miles de millones de años luz.

Más aún: la cosmología moderna da una razón en pro de un universo compuesto, casi por entero, de materia corriente. Según las teorías más aceptadas, la gran explosión inicial produjo un poco más de materia que de antimateria en el primer instante de la creación a causa de una ligera asimetría de las leyes de la física, la violación CP, que se ha observado en el laboratorio. Por cada 30.000 millones de partículas de antimateria creadas durante la gran explosión se hicieron 30.000 millones y una de materia. Alrededor de una millonésima de segundo tras la gran explosión, las partículas empezaron a aniquilarse con las antipartículas hasta que de unas y otras sólo quedaron las de materia que había de más. Ese pequeño excedente —con todo un número vasto de partículas— vino a ser el universo que conocemos.

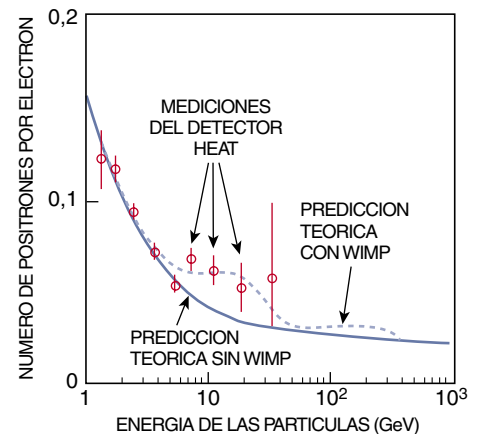
Aunque esta teoría parece convincente, algunos han seguido buscando antipartículas pesadas. Siguen creyendo en extensas regiones de antimateria, que los antinúcleos pesados que se muevan a velocidades cercanas a la de la luz podrían cruzar la inmensa distancia que las separa de nuestra galaxia. Alvarez y otros instalaron en los años sesenta y setenta detectores que analizaron decenas de miles de impactos de rayos cósmicos para determinar si alguno se debía a antipartículas pesadas. En experimentos más recientes se han escrutado millones. Pero no ha aparecido antipartícula alguna más pesada que el antiprotón.

Es concebible que las antigalaxias lejanas emitiesen antipartículas pesadas y los campos magnéticos del espacio intergaláctico impedirían que llegasen a la Tierra. Las mediciones de la radiación de sincrotrón que atraviesa los cúmulos galácticos han mostrado que la intensidad del campo magnético en el interior de éstos es alrededor de una millonésima de la que tiene en la superficie terrestre. Puesto que esos campos podrían intensificarse mil veces durante la formación de los cúmulos, la intensidad del campo

entre galaxias muy separadas sería sólo una millonésima de la que tiene en la Tierra.

Ese campo, demasiado débil para mover la aguja de una brújula, con el tiempo alteraría la trayectoria de una antipartícula que atravesase las inmensas distancias del espacio intergaláctico y haría que girase helicoidalmente, con un diámetro de sólo unos años luz, alrededor de una línea del campo magnético. No hay acuerdo acerca de la orientación de los campos magnéticos del espacio intergaláctico. Unos los suponen ordenados, como el que rodea un imán corriente. Para otros, sus líneas están enmarañadas inextricablemente. Si los segundos aciertan, las antipartículas no podrían ir muy lejos con una misma dirección. Rebotarían al azar enredadas en la maraña de las líneas del campo, como el borracho que intenta ir del bar a su casa, distante 10 kilómetros. Una persona sobria iría en línea recta y llegaría en un par de horas. Pero el borracho va dando tumbos al azar y avanza poco. No llegaría a casa ni en un año.

Si, por contra, el campo magnético intergaláctico es coherente, cabría que las líneas del campo se extendiesen de una galaxia a otra. En esas condiciones las antipartículas se canalizarían entre las galaxias vecinas por carreteras cósmicas de millones de años luz de largo. No viajarían en línea recta; saltarían de una galaxia a otra, como si al borracho lo llevasen de una esquina a otra y, no obstante, siguiese avanzando poco porque se moviera errático en los cruces. Las antipartículas sólo podrían recorrer



2. SOBRANTE de positrones de gran energía observado por HEAT. El exceso podría apuntar a otra fuente de antimateria, la hipotética partícula de interacción débil y masa grande, o WIMP.

3. UNA ANTIPARTÍCULA ERRANTE
no podría avanzar mucho en una dirección, aunque las líneas del campo magnético conectasen galaxias vecinas. Rebotaría al azar de una galaxia a otra y describiría entre ellas trayectorias helicoidales alrededor de las líneas del campo intergaláctico.

