

INVESTIGACION *y* CIENCIA

MARZO 2006
6,00 EUROS

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

EL GENOMA PERSONALIZADO

EL TSUNAMI DEL INDICO

PLANTAS Y CAMBIO CLIMATICO

**EL GLOBO COMETARIO
DE VICENZO CORONELLI**

BIOPELICULAS

**PRUEBAS TOXICOLOGICAS
CON ANIMALES**



3

HACE...

50, 100 y 150 años.

4

APUNTES

Ecología...
Enfermedades infecciosas...
Física práctica...
Astrofísica...
Salud...
Zoología.

32

CIENCIA Y SOCIEDAD

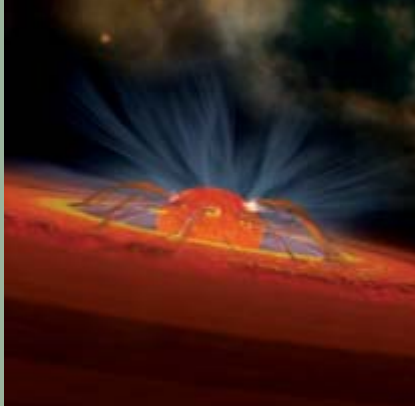
Gotas de cristal líquido...
Bordetella...
Química selectiva...
Amenaza contra
la radioastronomía...
La granada.



40

DE CERCA

Planeta de medusas.



6

Origen de las enanas marrones

Subhanjoy Mohanty y Ray Jayawardhana

Con su desafío a las teorías de la formación de estrellas y planetas, las enanas marrones, a medias estrellas, a medias planetas, podrían llevarlas a una mayor perfección.

24

El tsunami del Indico

Eric L. Geist, Vasily V. Titov y Costas E. Synolakis

Después de las trágicas consecuencias del tsunami acontecido en el océano Indico en diciembre de 2004, los científicos y los centros de alerta se encuentran mejor preparados para generar modelos que describan estas olas monstruosas y predecirlas.

42



Plantas y cambio climático

Juan B. Arellano y Javier De Las Rivas

Los gases de invernadero constituyen una amenaza contra la integridad de la biosfera. Para hacer frente a ese reto, se cuenta con dos complejos enzimáticos de la fotosíntesis.

52

El cerebro maternal

Craig Howard Kinsley y Kelly G. Lambert

El embarazo y la maternidad cambian la estructura del cerebro de las hembras de mamífero. En virtud de esa transformación, las madres se muestran diligentes con sus pequeños y les prestan los cuidados oportunos.

60

El globo cometario de Vincenzo Coronelli

Wilhelm Seggewiss

En el globo celeste de Tréveris construido por Vincenzo Coronelli figura el cometa de 1661 descrito por Johannes Hevelius. Pudo tratarse del mismo cometa Ikeya-Zhang que retornó en 2002.





14 El genoma personalizado

George M. Church

Así que pasen menos de diez años, contaremos con nuevas técnicas de secuenciación, más rápidas y baratas, que facilitarán el acceso a la información génica.

68 Pruebas toxicológicas con animales

Alan M. Goldberg y Thomas Hartung

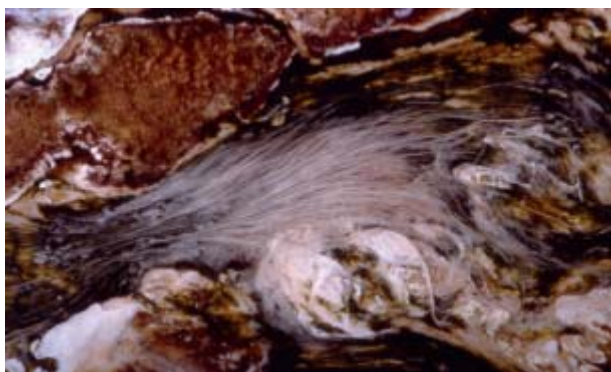
Reducir el sufrimiento de los animales trae consigo a menudo un beneficio inesperado: conseguir ensayos más precisos y seguros.



76 Biopelículas

Joe J. Harrison, Raymond J. Turner, Lyriam L. R. Marques y Howard Ceri

Los avances en el conocimiento de estas comunidades microbianas están desencadenando una revolución que puede transformar la microbiología.



84 CURIOSIDADES DE LA FÍSICA

Un golpe transmite el siguiente, por Norbert Treitz

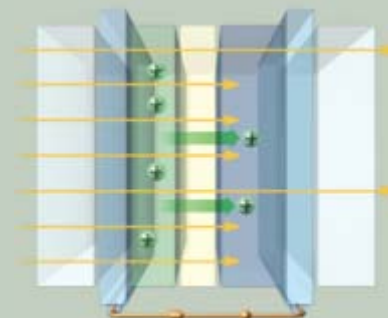


88 JUEGOS MATEMÁTICOS

El número h , por Juan M.R. Parrondo

90 IDEAS APLICADAS

Vidrio inteligente, por Mark Fischetti



92 CIENCIA Y GASTRONOMÍA

El color verde de las judías, por Hervé This

93 LIBROS

Galileo
Mecánica.



INVESTIGACION 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
NEWS EDITOR Philip M. Yam
SPECIAL PROJECTS EDITOR Gary Stix
SENIOR EDITOR Michelle Press
SENIOR WRITER W. Wayt Gibbs
EDITORS Mark Alpert, Steven Ashley,
Graham P. Collins, Steve Mirsky,
George Musser y Christine Soares

PRODUCTION EDITOR Richard Hunt
GENERAL MANAGER Michael Florek
VICE PRESIDENT AND MANAGING DIRECTOR, INTERNATIONAL
Dean Sanderson

PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER
Gretchen G. Teichgraber
CHAIRMAN John Sargent

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:

MOSAICO COMUNICACION, S. L.
Santiago Villanueva Navarro
Tel. y fax 918 151 624
Móvil 661 472 250
mosaicocomunicacion@yahoo.es

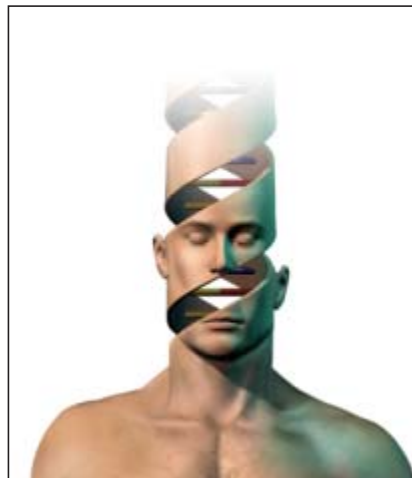
Cataluña:

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:

M.^a Rosa Zapatero: *Origen de las enanas marrones*; Felipe Cortés: *El genoma personalizado*; Sònia Ambròs: *El tsunami del Índico*; Juan Manuel González Mañas: *El cerebro maternal y Biopelículas*; Encarna Hidalgo: *El globo cometa de Vincenzo Coronelli*; M.^a José Báguena: *Pruebas toxicológicas con animales*; Teodoro Vives: *Amenaza contra la radioastronomía*; J. Vilardell: *Hace... Apuntes e Ideas aplicadas*; M.^a Rosa Vallès: *Ciencia y gastronomía*; Jürgen Goicoechea: *Curiosidades de la física*



Portada: Kenn Brown

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	90,00 euro	170,00 euro

Ejemplares sueltos:

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

Difusión controlada

Copyright © 2006 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 2006 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

...cincuenta años

ESTRÉS DE COMBATE. «Para aprovechar al máximo sus efectivos, los jefes militares deben conocer a fondo los efectos del estrés de combate. Ello les permitirá estimar si una unidad se halla lista para el combate, durante cuánto tiempo podrá luchar eficazmente y qué tiempo de descanso necesita antes de retomar la acción. Durante la guerra de Corea, las fuerzas armadas efectuaron un estudio del estrés de combate (correspondía a la primera fase de un proyecto a largo plazo). Una cosa es cierta: por su agudeza, el estrés de combate requiere una recuperación de días, no de horas. La tradicional cura que se dispensa a los combatientes (una comida caliente y una buena noche de sueño) resulta insuficiente.»

CONMOCIONES TERRESTRES. «Ya ha aparecido el tercero de los volúmenes de la serie que Immanuel Velikovsky dedica a su original reinterpretación de la historia de la Tierra; no hay que leer demasiadas páginas para descubrir que en él abundan generosamente los dislates, lo mismo que en sus predecesores. A raíz de la publicación del primer volumen, *Worlds in Collision*, en 1950, los ánimos se encresparon: los científicos dijeron que Velikovsky estaba loco; los editores, que los científicos eran unos intolerantes; Velikovsky dio a entender que él era un genio martirizado. El público está desorientado. Sin embargo, se supone que en una controversia científica unos científicos discuten con otros científicos, no que éstos riñen con editorialistas, críticos literarios y redactores de publicidad sobre las reseñas de las contraportadas.»

...cien años

LA ERA DE LOS ACORAZADOS. «La reciente botadura del acorazado 'Dreadnought' en Portsmouth, fue un acontecimiento de una trascendencia fuera de lo común, pues se trata de un tipo de navío completamente nuevo, que inicia una era en el arte de la construcción naval militar. El 'Dreadnought' es el buque de guerra más rápido, más fuertemente protegido y más potentemente armado que se haya construido hasta la fecha. Los avances que más impresionan son los que incorpora su armamento. En los combates de la guerra ruso-japonesa se evidenció que los peores daños se debían a los proyectiles de los calibres de diez y doce pulgadas, resultando los cañones de calibres inferiores ineficaces para las distancias a las que se libraron los encuentros. Por esa razón se han suprimido los cañones de seis pulgadas.»

GRAN ZIMBABUE. «En Rhodesia se han descubierto en fecha reciente unas extrañas ruinas. El mejor ejemplo de su arquitectura sea quizás el así llamado "templo" de Zimbabue (que se traduce como "casas de piedra"). Los objetos hallados abarcan una gran variedad: cañones

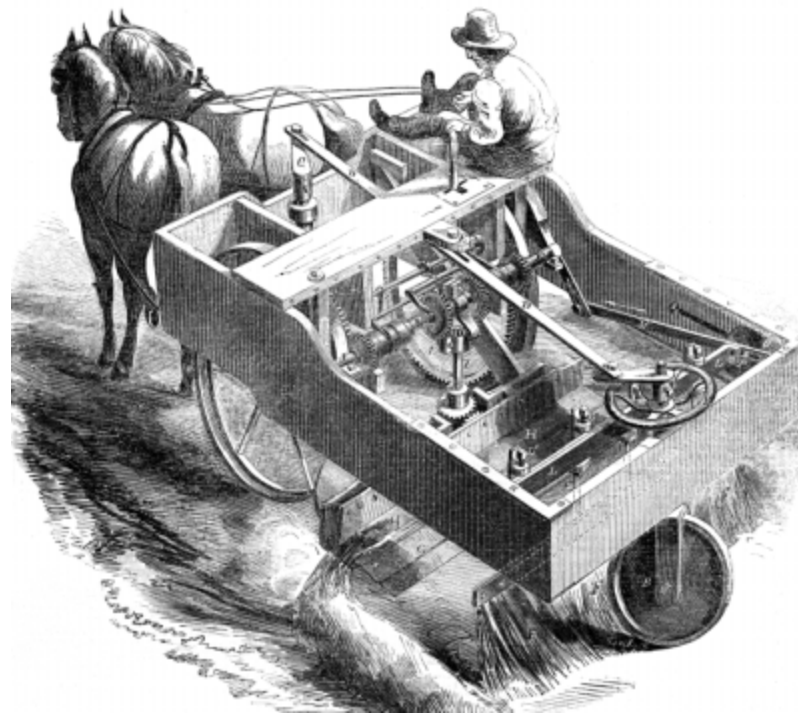
Barrido de calles, con una máquina tirada por caballos, 1856.

de hierro y bronce, utensilios de plata, loza, cuentas, objetos de vidrio, etcétera. Revelan la presencia portu-guesa en algún momento. Se cree que los artículos de hierro y cobre representan una más reciente ocupación cafre, mientras que el oro labrado en platos, brazaletes, collares, jaeces y arreos se considera representativo de los antiguos artífices, que, en busca del preciado metal, se adentraron en lo que era para ellos el último confín del mundo.»

...ciento cincuenta años

BARREDORA DE CALLES. «Philadelphia es, creemos, la única ciudad norteamericana donde las máquinas de barrer calles han hallado uso permanente. A no tardar mucho, el barrido manual de las calles será completamente desplazado por las máquinas. Su adopción libre contribuirá de forma notable a la salubridad y pulcritud de nuestras ciudades. La máquina que aquí se ilustra consiste en un vehículo ligero de tres ruedas. Los escobones oscilantes hacen subir la suciedad por la pequeña plancha inclinada, hasta la cinta giratoria, que la deposita en gavillas sobre el suelo; luego, se carga fácilmente con palas en carros volquete.»

ORO Y TIERRA. «En Coon Hollow (California), y otros lugares igualmente afortunados, los montes se han rebajado al nivel del llano merced al proceso siguiente: se lleva agua hasta la cima de un cerro de tierra aurífera; se introduce el agua en una manguera muy resistente de lona, piel o caucho; con pólvora se dispara un torrente de agua a una presión de seis o siete atmósferas. Una persona se encarga de dirigir ese potente chorro de agua, que hace las veces de ariete que desprende y desmorona la tierra de la ladera. Ello provoca un aluvión de lodo sobre unas compuertas, donde unos rastrillos retienen el oro.»



ECOLOGIA

Arrecifes sanos

Ante la degradación de los arrecifes coralinos promovida por la contaminación, la sobreexplotación y el cambio climático, sus gestores están implantando “zonas marinas protegidas”; es decir, prohibidas para la pesca. Uno de los primeros estudios sobre los efectos ecológicos de esa veda permite ya barruntar el acierto de la medida. Un grupo de la Universidad de Exeter estudió un parque marino de las Bahamas acotado de pesca desde 1986. Había dudas de si el resurgimiento del mero, un depredador, no exterminaría al pez loro, especie que favorece el crecimiento de los corales al alimentarse de algas. El grupo descubrió que el consumo neto de algas se duplicó. En efecto, el pez loro abunda más al cesar la pesca, pero al mero no le resulta fácil alimentarse de peces del tamaño de aquél.

—J. R. Minkel



Los peces loro favorecen la supervivencia del coral porque se alimentan con las algas que impiden el crecimiento del invertebrado.

ENFERMEDADES INFECCIOSAS

Letalidad a prueba

Con unos platos de azúcar podríamos determinar la letalidad de una cepa de la gripe. Para infectar el cuerpo, el virus se sirve de la hemaglutinina, proteína vírica que se adhiere, en la superficie celular, a los glúcidos que contienen ácidos siálicos. Un equipo del Instituto Scripps de Investigación ha elaborado un repertorio de 200 hidratos de carbono y glucoproteínas que representan los principales tipos de moléculas a las que

la hemaglutinina puede unirse. Se sometieron a prueba ocho cepas de la gripe distintas, incluida la mortífera de 1918. Descubrieron que bastaba un par de alteraciones en la hemaglutinina para transformar una cepa aviar en una cepa que afectaría a los seres humanos. Explicaría por qué la gripe de 1918, que tanto se asemeja a la del virus aviar, fue tan devastadora.

—Charles Q. Choi

FISICA PRACTICA

¿Por qué se echa sal en invierno sobre las superficies heladas?



En breve: la sal provoca la fusión del hielo. Toda superficie cubierta de hielo tiene charquitos de agua líquida. Al aplicar sal a tales superficies, la sal se disuelve. El agua líquida tiene una constante dieléctrica muy grande, lo que permite que los iones de la sal (los iones sodícos, cargados positivamente, y los iones cloruro, cargados negativamente) se separen. Esos iones se hidratan, es decir, se unen a las moléculas de agua circundantes. Tal proceso, la solvatación, genera calor, que a su vez provoca la fusión de porciones microscópicas de la superficie del hielo. Una parte considerable de la sal esparcida sobre una gran superficie llega a derretir así hielo. Y los automóviles, al rodar, fuerzan la penetración de la sal en el hielo, lo que provoca todavía una mayor hidratación. Buena parte de la sal gruesa aplicada en invierno sobre las carreteras es químicamente idéntica a la sal de mesa. La única diferencia es que la sal gruesa ha cristalizado en piezas mucho mayores, mientras que la sal de mesa ha sido molida hasta dar a los granos un tamaño uniforme. Para fundir el hielo de nuestras calles también se emplea, casi tan a menudo como la sal, el cloruro cálcico, manufacturado a partir de salmueras y de otros materiales naturales.

—John Margrave, Universidad Rice

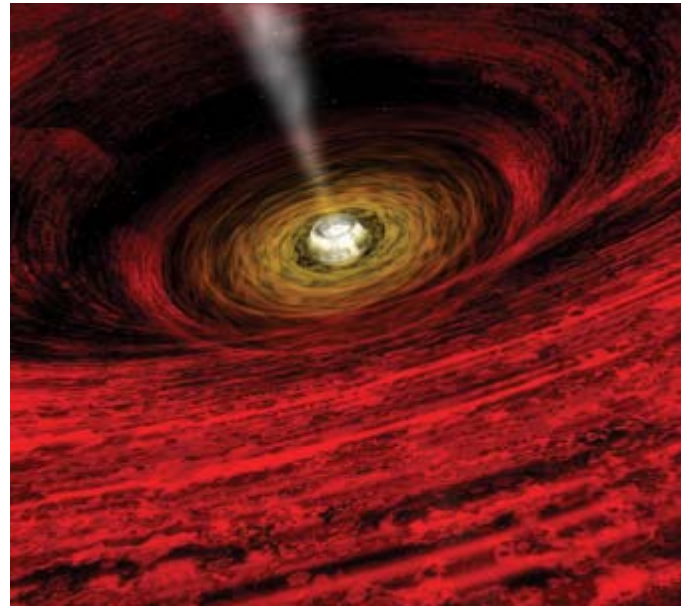
ASTROFISICA

Un canal hacia el agujero negro

Un esporádico destello de un agujero negro, del que no se había visto actividad alguna desde hace diez años, ha respaldado una hipótesis a la que se recurre en ocasiones para calcular una de las dos propiedades más importantes de un agujero negro: su giro alrededor de sí mismo (la otra es la masa). La materia, al rotar en torno a un agujero negro, emite luz perpendicularmente al radio orbital, como un faro. La masa y el giro del agujero negro abren un "surco" en el espacio-tiempo. Las diversas alteraciones que imprime en la órbita se traducen en fluctuaciones de la radiación. En 1996, el agujero negro GRO J655-40 emitió rayos X según un patrón que sugería la existencia de ese surco; luego, al cabo de pocos meses, se hizo la oscuridad. En 2005, gas procedente de una estrella acompañante volvió a quedar atrapado por el agujero; el sistema se reactivó durante ocho meses largos. Tal y como se esperaba, se ha observado el mismo patrón de frecuencias; da entender que se trata de una propiedad fundamental.

—J. R. Minkel

La materia que cae en espiral al interior de un agujero negro emite haces de luz. En el sistema del agujero negro GRO J1655, ha seguido la misma trayectoria en dos episodios separados por nueve años.



SALUD

Resistencia a los insecticidas

Un aspecto muy delicado de toda campaña contra la malaria es el desarrollo de resistencia a los plaguicidas. Cuando en Kwazulu-Natal la resistencia a los piretroides recomendó volver al DDT, el mosquito resistente era la especie *Anopheles funestus*; en 2003 se comunicaba el descubrimiento en esa región sudafricana de indicios de resistencia al DDT por parte de una especie distinta, *Anopheles arabiensis*. En el sur de México *Anopheles albimanus* mostraba una fuerte resistencia al DDT (y en menor grado a otros insecticidas); tras años de aplicar DDT, las autoridades pasaron a rociar con piretroides de manera más selectiva e integrada con otros métodos. En la reunión de noviembre de 2005 de la Iniciativa Multilateral sobre la Malaria, en Yaoundé, Camerún, donde intervinieron centena-

res de científicos especializados en paludismo, se anunciaron los resultados de un estudio sobre la resistencia en el propio Camerún: en las plantaciones y arrozales del norte los insectos detoxificaban los piretroides; en las zonas boscosas tropicales del oeste, una mutación genética insensibilizaba el sistema nervioso de los mosquitos al DDT y los piretroides; en la costa y en las regiones centrales, se daban a veces las dos formas de resistencia. La relación entre resistencia y eficacia no siempre era directa. La resistencia generalizada en ciertas zonas africanas de *Anopheles gambiae* a los piretroides no impedía que las mosquiteras tratadas con esos insecticidas redujesen, quizá por su naturaleza repelente, el número de casos de paludismo infantil.

ZOOLOGIA

Sentido y sensibilidad



Los narvales lucen un incisivo en espiral de casi dos metros y medio de longitud. Les hace parecer un unicornio marino. Creían algunos que estas ballenas de cuatro y pico metros de largo empleaban ese diente para romper los hielos árticos; otros conjeturaban que servía de lanza en las justas entre machos. En realidad, podría tratarse de un sensor gigante útil para la navegación y la caza. Mediante la microscopía electrónica de dos colillos de macho, se ha descubierto que un solo cuerno contiene del orden de 10 millones de nervios, que van de la superficie a la pulpa. No es que genere reacciones dolorosas al frío; informa de las variaciones de la temperatura del agua, de los gradientes de presión y de la concentración de partículas y presas.

—Charles Q. Choi

El cuerno de los narvales constituye, así se cree, un refinado sensor.

1. LAS ENANAS MARRONES, con un tamaño parecido al de Júpiter y masa de docenas de planetas Júpiter juntas, constituyen una suerte de cruce de planeta y estrella. Presentan características de ambos tipos de cuerpos celestes. En sus primeros años de vida dominan las tendencias estelares. Las observaciones más recientes prueban que la mayoría de las enanas marrones jóvenes están rodeadas, lo mismo que las estrellas, por discos de gas y polvo donde se podrían formar asteroides y planetas.



Origen de las enanas marrones

Con su desafío a las teorías de la formación de estrellas
y planetas, las enanas marrones, a medias estrellas,
a medias planetas, podrían llevarlas a una mayor perfección

Subhanjoy Mohanty
y Ray Jayawardhana

¿Qué es un planeta? Parece una pregunta fácil, pero la respuesta se torna cada vez más compleja. Por una parte, la línea que separa los planetas de cuerpos menores resulta muy confusa. El año pasado, se halló un cuerpo mayor que Plutón en el borde del sistema solar, lo que avivó el viejo debate en torno a Plutón: ¿es un planeta genuino? Si lo es, ¿por qué no habrían de serlo los grandes asteroides? Se ha hablado menos de la confusión en el extremo superior de la escala planetaria, es decir, la división entre planetas y estrellas.

Esta separación parecía muy clara. Las estrellas brillan con su propia luz, mientras que los planetas reflejan la luz de la estrella en cuyo alrededor giran. En el lenguaje riguroso de la física, las estrellas tienen masa suficiente para mantener en su interior, durante un largo tiempo, la fusión estable del hidrógeno que las vuelve luminosas. Nacen del colapso de nubes de gas interestelar. Por otra parte, los planetas son demasiado insignificantes y fríos para iniciar la fusión. Se cree que surgen de la congelación de los restos que rodean a las estrellas recién formadas. Son escombros de la formación estelar.

En los últimos años, sin embargo, se han descubierto unos objetos que rompen con estos límites. A caballo entre los planetas y las estrellas, compartiendo muchas características de unos y otras, sin poder adscribirse ni a unos ni a otras, aportan información valiosa sobre ambos tipos de astros y de su generación. Hablamos de las enanas marrones.

Con una masa típica entre 12 y 75 veces la del planeta Júpiter, resultan demasiado ligeras para alcanzar las altas temperaturas centrales necesarias para la fusión normal de los núcleos de hidrógeno. Poseen, sin embargo, peso suficiente para quemar deuterio, un isótopo menos común del hidrógeno.

Resumen/Enanas marrones

- En los últimos años se han descubierto cientos de enanas marrones. “Enana” significa que se trata de una estrella pequeña; “marrón” denota un objeto que no brilla por reacciones nucleares perdurables. En lo que se refiere a la masa y a otras propiedades, son un cruce entre las miniestrellas y los megaplanetas.
- Ahora hay que averiguar cuál es su origen. Las enanas marrones se gestan igual que las estrellas, pero algo interrumpe su crecimiento en la cuna. Según una teoría, el factor determinante es el tamaño diminuto de los fragmentos de nube de los que nacen, pequeñez debida a la turbulencia del gas. Según otra hipótesis, lo es la interacción gravitatoria con los embriones estelares cercanos.
- Los astrónomos están comprobando ambas hipótesis a través de la observación de las propiedades de las enanas marrones. La solución del enigma del origen de las enanas marrones tendrá importantes implicaciones en el conocimiento de la formación de estrellas y planetas. También dejará más clara la distinción entre estrella y planeta.

Las enanas marrones recién formadas brillan como las estrellas más débiles; consumen con rapidez su carga de deuterio y se enfrían como los planetas. Las leyes de la física dicen que el tamaño de las enanas marrones jóvenes (al igual que el de las estrellas) viene dado por el equilibrio entre la fuerza gravitatoria y el empuje hacia el exterior de la presión térmica del gas. Pero a una edad mayor, como si fueran planetas de masa muy elevada, alcanzan un equilibrio entre la gravedad y la presión cuántica ejercida por los electrones densamente empaquetados. Las atmósferas de las enanas marrones jóvenes se asemejan a las de las estrellas más pequeñas. Mas, a medida que se enfrían, presentan, cabe suponer, fenómenos meteorológicos característicos de los planetas: las nubes, el asentamiento del polvo y las precipitaciones.

Se han hallado cientos de estos peculiares especímenes, tanto jóvenes en regiones de formación estelar como de edad avanzada en la vecindad de nuestro sistema solar. Aunque la mayoría vagan libres por la galaxia (como las estrellas), algunos giran alrededor de estrellas (como los planetas). Por lo que parece, la cuantía de enanas marrones en nuestra galaxia se asemeja a la de estrellas de tipo solar. A medida que aumenta el interés de la ciencia por tales astros, se hace más imperiosa la cuestión sobre su formación. La respuesta resultará crucial para comprender los procesos que intervienen en la formación de las estrellas de baja masa y los planetas gigantes y conocer en qué se distinguen.

Orígenes nebulosos

En razón de su masa, las enanas marrones ocupan una posición intermedia entre los planetas y las estrellas. Su origen, en cambio, aparece misterioso. ¿Se forman a la manera de los planetas o de las estrellas? Los planetas se crean en los discos de gas y polvo que circundan las estrellas jóvenes. De acuerdo con el modelo más aceptado, los planetas gaseosos gigantes nacen de la progresiva aglomeración de residuos pulverulentos, que va creando un cuerpo cada vez mayor. Tras alcanzar una masa varias veces la terrestre, experimentan un crecimiento desbocado al barrer a un ritmo acelerado todo el gas que los rodea. El proceso se completa en unos pocos millones de años, al mismo tiempo que el disco de gas se disipa, bien porque se incorpore a la estrella central, bien porque sea expulsado del sistema. De esa manera la cantidad de gas disponible para construir planetas gigantes disminuye con el tiempo. La masa de los objetos más pesados se limita a unas 10 o 15 veces la de Júpiter. En tal caso, las enanas marrones no podrían formarse como los planetas. Las observaciones apoyan esta conclusión: la mayoría de las enanas marrones son cuerpos independientes, como las estrellas, y no objetos ligados a las estrellas, como los planetas.

Por esas razones, los astrónomos se inclinan por una formación de las enanas marrones parecida a la de las estrellas. Sin embargo, no parece tampoco que la teoría clásica de la génesis estelar resulte muy atinada en este caso. Docenas de años de observaciones han establecido que las estrellas se constituyen en el interior de nubes moleculares, inmensas aglomeraciones de gas frío y de polvo, cada una provista con material suficiente para crear

Partos celestes

ESTRELLA

Una estrella toma forma al colapsar una región de una nube interestelar de gas y polvo. En el interior de esa región, una parte más densa se convierte en embrión estelar

100.000 años: el material circundante, atraído por el embrión, forma un disco

De 1 millón a 10 millones de años: la protoestrella gana peso y se contrae. El disco se hace más delgado y en su interior empiezan a crearse planetas

30 millones de años: la protoestrella se ha contraído hasta el punto en que se inicia la fusión de hidrógeno. Ya es una verdadera estrella

PLANETA

El planeta nace dentro del disco circunestelar cuando los granos se ensamblan y forman cuerpos mayores. Un planeta nunca llega a tener la masa suficiente para quemar hidrógeno. Se va apagando lentamente

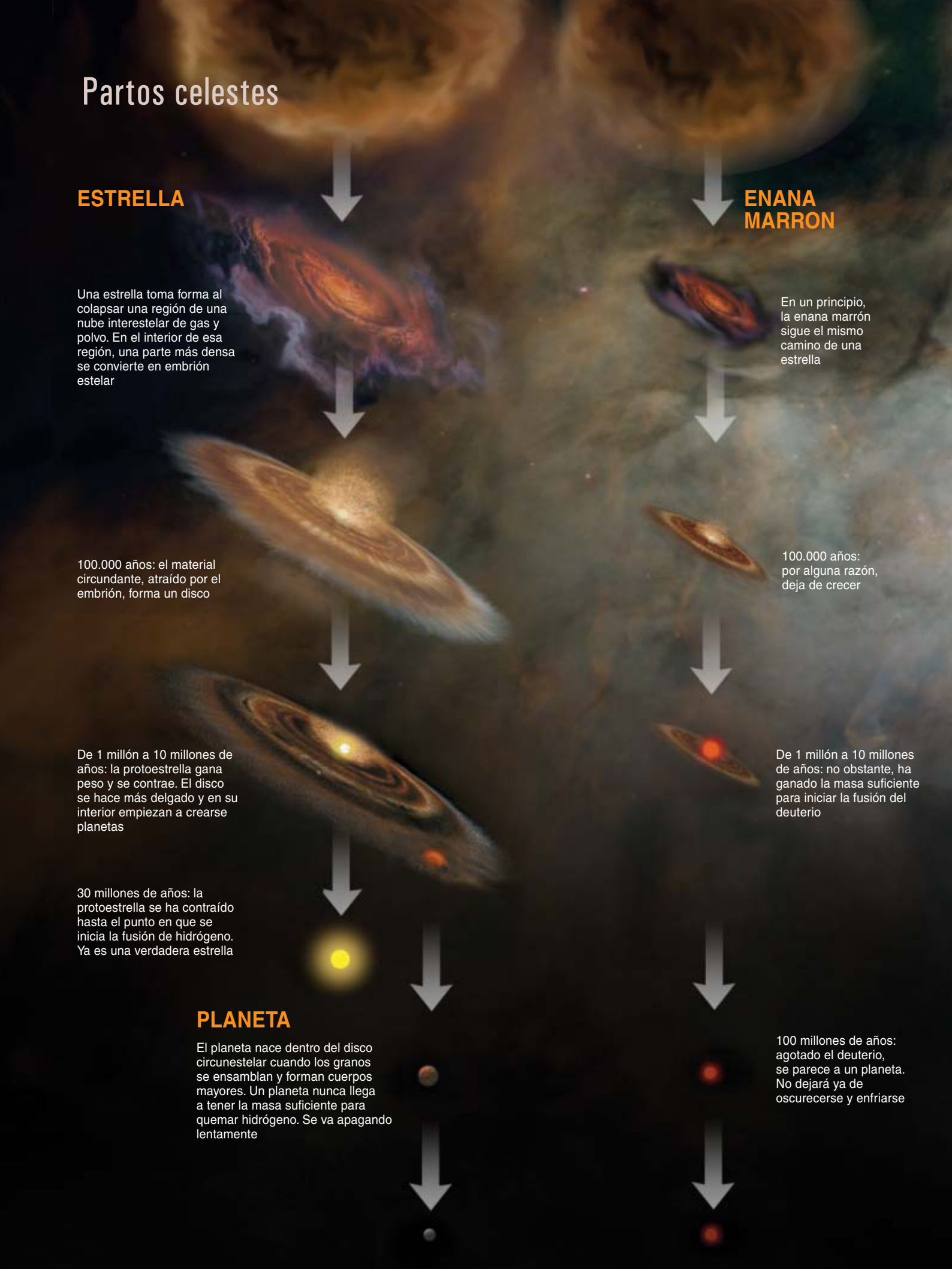
ENANA MARRON

En un principio, la enana marrón sigue el mismo camino de una estrella

100.000 años: por alguna razón, deja de crecer

De 1 millón a 10 millones de años: no obstante, ha ganado la masa suficiente para iniciar la fusión del deuterio

100 millones de años: agotado el deuterio, se parece a un planeta. No dejará ya de oscurecerse y enfriarse



Desarrollo truncado

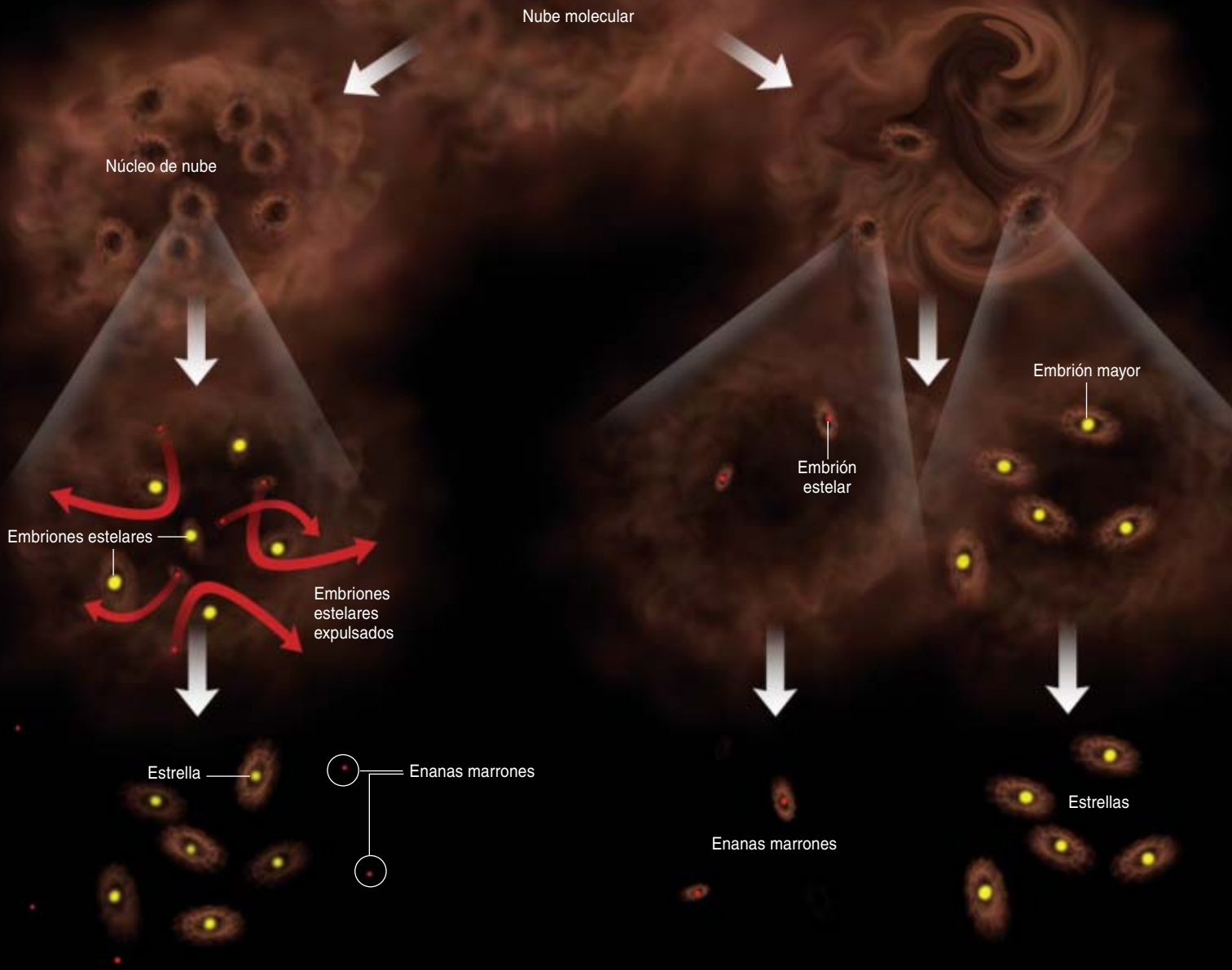
Las enanas marrones, al igual que las estrellas, nacen de embriones estelares sumergidos en inmensas nubes de gas y polvo, pero algo impide que crezcan hasta alcanzar proporciones estelares. Sobre el particular hay dos teorías contrapuestas.

HIPOTESIS DE LA EXPULSION

Los embriones interactúan entre sí. Los más pequeños son expulsados de la nube; se les corta así el suministro de material del que depende su crecimiento.

HIPOTESIS DE LA TURBULENCIA

Las regiones densas de la nube (o "núcleos") que se convertirán en estrellas varían en tamaño debido a los movimientos turbulentos. Las enanas marrones son el cabo inferior de ese intervalo de masas.



miles de soles. Dentro de las nubes hay regiones, los núcleos, más densas. Un núcleo denso y notable puede superar la fuerza expansiva de la presión del gas, para hundirse sobre sí mismo bajo su propio peso. La masa mínima que un núcleo debe tener para ello depende de diversas propiedades, entre ellas la temperatura; se la conoce por masa térmica de Jeans. Por los datos sobre las nubes moleculares, se calcula que el valor típico de la masa de Jeans se halla en torno a una masa solar.

El colapso de un núcleo no suele crear una sola estrella. Sus regiones centrales más densas se rompen en fragmentos. En 1976 C. Low y Donald Lynden-Bell, de la Universidad de Cambridge, calcularon que los fragmentos más pequeños podrían tener sólo varias masas jovianas. Simulaciones más recientes, de Alan Boss, de la Institución Carnegie en Washington, que toman en cuenta la presencia de campos magnéticos, indican que podría haber fragmentos de apenas una masa de Júpiter.

DON DIXON