

INVESTIGACION *y* CIENCIA

30
aniversario

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

LA ERA DE LOS ROBOTS

EL PEZ CEBRA

**LOS SONIDOS
DEL ESPACIOTIEMPO**

MEJORA DE LOS ANALGESICOS

LA FORMACION DEL MISSISSIPPI

RIBOINTERRUPTORES



MARZO 2007
6,00 EUROS

3

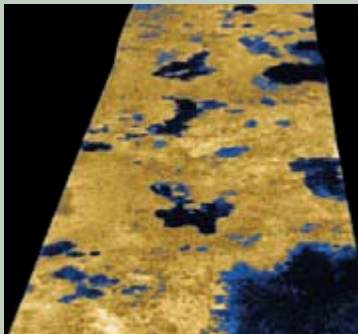
HACE...

50, 100 y 150 años.

4

APUNTES

Titán...
Zoología...
Astronáutica...
Longevidad.



30

CIENCIA Y SOCIEDAD

La quinasa HT1...
Suelos de Tabasco...
Tectónica y relieve...
Motores moleculares.

36

DE CERCA

Manchas cromáticas
o diversidad de microorganismos.



6

Definición de planeta

Steven Soter

La nueva definición oficial de "planeta", que descarta como tal a Plutón, aunque deja cabos sueltos recoge los principios científicos esenciales.

14

¿Llegará lejos el etanol?

Matthew L. Wald

El etanol podría sustituir a la gasolina, pero no será verdaderamente provechoso mientras no sepamos destilarlo a gran escala de hierbas, tallos de maíz o de paja de los cereales, y no, como hasta ahora, sólo de los granos.

22

Ribointerruptores

Jeffrey E. Barrick y Ronald R. Breaker

El descubrimiento de estas reliquias procedentes de un mundo ya extinto en el que predominaban las moléculas de ARN puede abrir nuevas vías para el desarrollo de tratamientos médicos.



46

La formación del Mississippi

Roy B. Van Arsdale y Randel T. Cox

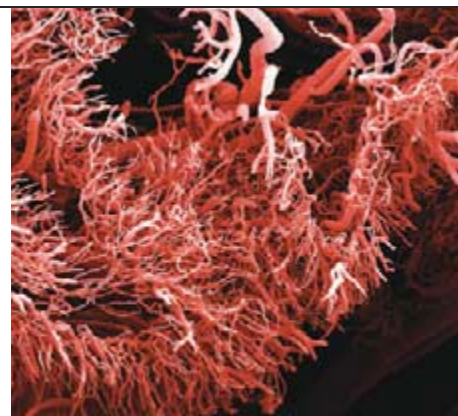
Hubo un tiempo en el que las montañas separaban del golfo de México el interior continental de Estados Unidos. La investigación geológica nos revela el modo en que se abrió esa barrera, dejando paso al río hasta el golfo de México.

54

Biología evolutiva del cáncer

Carl Zimmer

La selección natural carece de poder para eliminar el cáncer en nuestra especie. Según algunos científicos, pudiera incluso haber facilitado medios para el desarrollo de tumores.

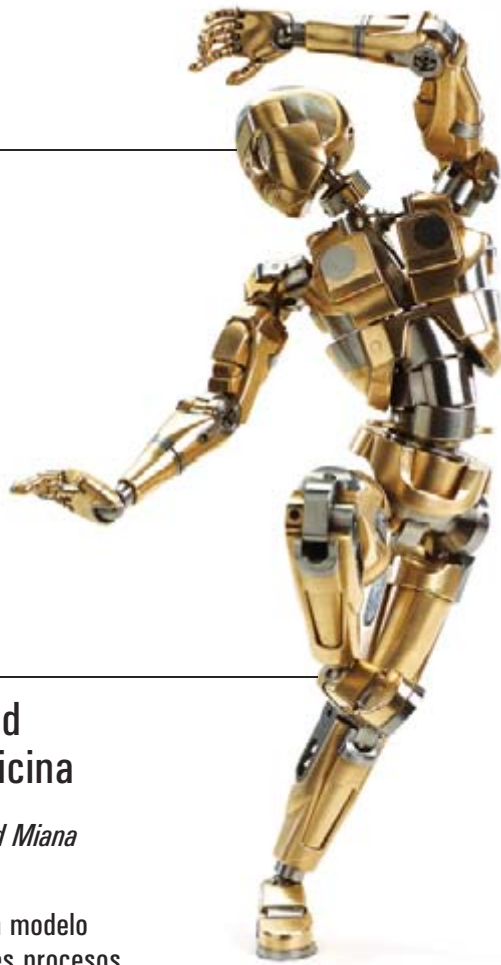


38

Un robot en cada casa

Bill Gates

El representante más destacado de la revolución de la informática personal pronostica que se avecina el auge de la robótica.



62

El pez cebra, versatilidad al servicio de la biomedicina

Agustín Rojas-Muñoz, Antonio Bernad Miana y Juan Carlos Izpisua Belmonte

El pez cebra se ha convertido en un modelo inigualable para investigar diferentes procesos biológicos. Y ahora, sus cualidades genéticas y embrionarias se aprovechan para buscar nuevos medicamentos que permitan controlar enfermedades devastadoras, como el cáncer y el parkinson.

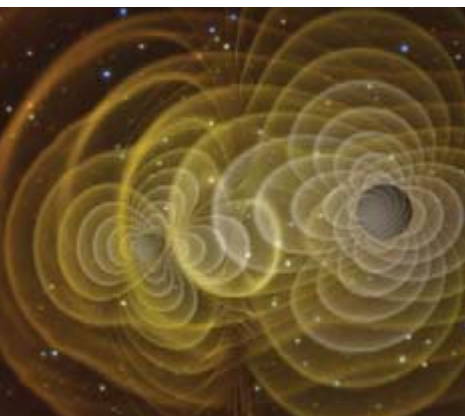


70

Mejora de los analgésicos

Gary Stix

La comprensión de los procesos químicos por los que operan la aspirina y el Vioxx puede conducir a analgésicos con efectos secundarios más leves.



74

Los sonidos del espaciotiempo

Craig J. Hogan

Cuando dos agujeros negros se funden, generan ondas gravitatorias con patrones característicos del fenómeno. ¿Pueden oírse?

84

TALLER Y LABORATORIO

Esclerómetro de H. B. Saussure, por Marc Boada



87

DESARROLLO SOSTENIBLE

Las enfermedades tropicales desatendidas, por Jeffrey D. Sachs

88

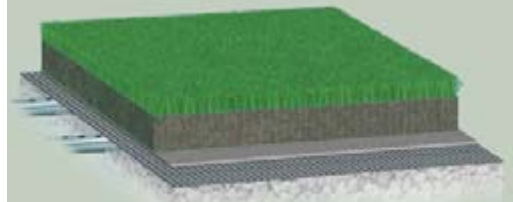
JUEGOS MATEMÁTICOS

La paradoja de San Petersburgo y la teoría de la utilidad, por Juan M.R. Parrondo

90

IDEAS APLICADAS

Césped deportivo, por Mark Fischetti



92

LIBROS

Optica Diagramas de Feynman.



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 Brian Napack

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:

Julia Domínguez
VdS Comunicación
Dr. Fleming, 56 - 3.º dcha.
28036 Madrid
Tel. y fax 913 591 965
Móvil 649 879 433

Cataluña:

Julián Queraltó
Queraltó Comunicación
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 Osorio: *Definición de planeta*; Juan Manuel González Mañas: *Ribointerruptores*; Luis Bou: *Un robot en cada casa, Biología evolutiva del cáncer*; Sònia Ambrós: *La formación del Mississippi*; Ramón Pascual: *Los sonidos del espaciotiempo*; J. Vilardell: *Hace..., Apuntes e Ideas aplicadas*; Marián Beltrán: *Desarrollo sostenible*; Ramón Muñoz Tapia: *Taller y laboratorio*



Portada: Louis Lemaire (fotógrafo);
Mark Ho (escultura)

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

Copyright © 2007 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

LOS NIÑOS Y LA FÍSICA. «La primera idea de un niño acerca de la velocidad, ¿la abarca como función de la distancia y del tiempo, o es algo más intuitivo y primitivo? Fue el mismo Albert Einstein quien me planteó la pregunta en 1928, un día en que le estuve mostrando algunos experimentos sobre causalidad. He puesto en práctica a partir de entonces un experimento muy sencillo que muestra que los niños no piensan en la velocidad en términos de la relación distancia-tiempo. Ante el niño situamos dos túneles, uno de ellos manifiestamente más largo que el otro; luego, por el interior de cada uno, empujamos sendos muñecos mediante una varilla metálica, de tal modo que los muñecos lleguen a la vez al otro extremo del túnel respectivo. Preguntamos al niño:

- ¿Es alguno de los túneles más largo que el otro?
- Sí, ése.
- ¿Iban los dos muñecos a la misma velocidad por los túneles, o iba uno más deprisa que el otro?
- A la misma velocidad.
- ¿Por qué?
- Porque llegaron a la vez.

— Jean Piaget»

...cien años

ANTIGUA BABILONIA. «Antes de que la mano del destino la relegara a la decadencia, Nippur debió de ser un lugar de residencia muy deseado. La "biblioteca" allí descubierta consta de unos veinticinco mil libros y documentos en la forma, propia de la época, de tablillas de arcilla. El profesor Albert T. Clay, de la Universidad de Pennsylvania, ha traducido un buen número de ellas. Se diría que los primeros dichos quejumbrosos acerca de la futilidad de la huida de la muerte y de los cobradores de impuestos fueron emitidos por el espíritu agobiado de un residente en Nippur, 1400 a.C., pues muchos de los documentos hallados corresponden a anotaciones de recibos de alquiler o impuestos. Los impuestos se pagaban, no con monedas, sino con productos naturales, tales como maíz, sésamo, aceite, dátiles, harina y ganado.»

MÚSICA POR TELÉFONO. «El maravilloso invento del doctor Cahill, el "tele-armonio", se basa en la generación de oscilaciones eléctricas en correspondencia con las vibraciones acústicas de los distintos tonos elementales deseados, la síntesis de las diferentes notas y cuerdas requeridas, y la transmisión de esas oscilaciones mediante hilos conductores hasta el punto que se desee; se convierten entonces en audibles las vibraciones eléctricas sintetizadas mediante un dispositivo convertidor, tal como un receptor telefónico ordinario o un arco parlante (que en nuestra ilustración aparece disfrazado de planta colgante).»

PANSPERMIA. «Se ha demostrado que el frío intenso no resulta perjudicial para todos los gérmenes. El frío reba-

jaría de modo similar la rapidez de los cambios químicos inducidos por la luz y la velocidad de desecación. De ello podría quizá concluirse que el efecto preservador de las bajas temperaturas del espacio interestelar asegura la posibilidad del paso de gérmenes vivos de un sistema solar a otro. Por tanto, la generación espontánea resulta innecesaria, pues la vida se transmite desde un cuerpo celestial a otro mediante gérmenes minúsculos impulsados por la presión lumínica. Esta idea implica otra, que me atrae fuertemente, a saber, que todos los organismos del universo están relacionados y que el proceso de la evolución es el mismo en todas partes.

—Profesor Svante Arrhenius»

...ciento cincuenta años

FUEGO Y ALGODÓN. «El reciente incendio en Mobile, que destruyó varios miles de balas de algodón, ha provocado una amplia polémica en la prensa del sur acerca de la conveniencia de empacar con alambre el algodón. La principal ventaja del alambre es que no arde como la cuerda, que, al soltarse, dispersa el algodón exponiéndolo a las llamas y al viento, lo que causa la destrucción de otras balas que estén a su alcance. El algodón atado con alambre difícilmente arde, y si con todo se propaga una combustión en su seno, será una combustión sin llama.»

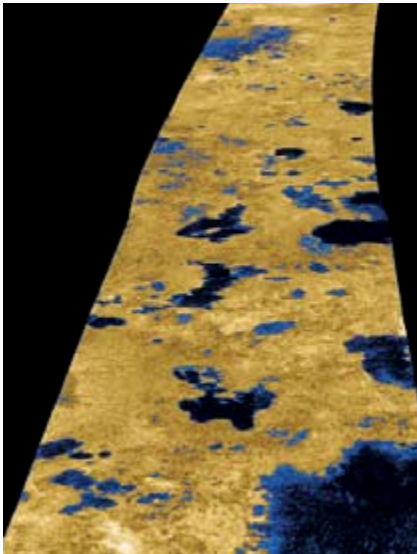
TENDIDO DE CABLES. «El Secretario de Marina ha ordenado a los vapores *Niagara* y *Mississippi* trasladarse a Inglaterra este verano, para colaborar en el tendido del cable telegráfico submarino entre Terranova e Irlanda. El *Niagara* es el vapor de guerra mayor del mundo y el *Mississippi* el vapor de paletas más potente de nuestra Armada.»



Una orquesta virtual: música sintetizada eléctricamente se transmite mediante altavoces disimulados en plantas colgantes, un invento de 1907

TITAN

Lagos de metano



Una densa niebla de metano envuelve Titán, la misteriosa luna de Saturno. En ello se basaba la hipótesis de que en la superficie existiera metano líquido, aunque las sondas no habían logrado hallarlo. Hasta que imágenes recientes tomadas con radar por la sonda espacial Cassini acaban de ofrecernos cerca del polo norte 75 zonas de aspecto lacustre. Algunas se extienden a lo largo de 70 kilómetros. Creen los científicos que se trata de depresiones llenas de líquido, pues en ellas la temperatura (-179 grados Celsius) y la presión (vez y media la que hay en la superficie terrestre) propician la persistencia del metano y del etano, producto de la descomposición de aquel. Los lagos podrían llenarse con líquido acumulado en el subsuelo, o bien merced a la evaporación y consiguiente lluvia de hidrocarburos. Futuros acercamientos revelarán eventuales variaciones estacionales de los lagos y su posible existencia en otros lugares de la superficie de Titán.

—David Biello

Lagos de metano salpican la superficie de Titán en esta fotografía en falso color tomada por la sonda Cassini

ZOOLOGIA

El párpado interno de los gatos

El tercer párpado de los gatos desempeña un papel crucial para la conservación de la higiene en la superficie ocular. Ese tercer párpado es tan importante, que entre los mamíferos y las aves es la regla. Las especies que carecen de ella, como los humanos y la mayoría de los primates, son excepciones. El tercer párpado —denominado con mayor formalidad *palpebra tertia*— es anatómicamente complejo. Consiste en un pliegue de tejido revestido de una membrana mucosa especializada (la conjuntiva). Una densa población de folículos linfoides llena la cara en contacto con la superficie del ojo y la película lacrimal. Esos folículos actúan como nudos linfáticos del ojo, protegiendo la superficie de éste frente a invasiones de microorganismos. Entre las dos capas de la conjuntiva se encuentra una densa placa de cartílago en forma de T, cuyo travesaño confiere rigidez al borde libre del tercer párpado, que es curvo para adaptarse a la superficie de la córnea (la cubierta traslúcida del frente del ojo). Una glándula lacrimal accesoria, que produce una fracción grande de la capa lacrimal, rodea el tronco de la T.

Cuando el gato está alerta, la casi totalidad del tercer párpado queda oculta dentro de la cuenca del ojo; sólo se ve una pequeña parte, en la esquina interna del ojo. Cuando el felino está relajado, dormido o parpadeando, un conjunto de músculos óseos contrae el globo ocular, haciendo que el tercer párpado se mueva de un lado a otro de la superficie ocular y cubra por completo la córnea. Al hacer eso, el tercer párpado actúa a modo de escobilla limpiaparabrisas, que elimina los detritus de la superficie y redistribuye las lágrimas sobre la córnea. Se cree, además, que protege la córnea de lesiones cuando el animal se mueve por hierbas altas o captura una presa.

La presencia de una glándula lacrimal accesoria facilita una limpieza de la superficie ocular más regular que en los primates, y el tercer párpado parece asimismo mantener la película lacrimal contra la córnea con más efectividad que los párpados externos. Aunque no se sabe por qué carecemos de tercer párpado; posiblemente se deba a que no capturemos presas mordiendo (como los gatos) ni nos alimentemos hozando en la vegetación (como los caballos). Por tanto, la presencia de esa medida protectora adicional puede que no suponga una ventaja para nuestra supervivencia.

—Paul Miller,

veterinario oftalmólogo de la Universidad de Wisconsin-Madison



ASTRONAUTICA

La grúa marciana

La NASA tiene la intención de llevar a la superficie de Marte, en 2010, un vehículo explorador del tamaño y peso de un viejo Mini. Y proyecta hacerlo de una manera hasta ahora inédita: se pilotaría la cápsula de entrada a modo de ala volante supersónica hasta el lugar de aterrizaje, donde se cerniría a 20 metros del suelo mientras descarga en éste el vehículo por medio de cables de kevlar. Si la carga se balancease, la nave se movería de lado para estabilizarla.

Los ingenieros pensaron en tan audaz —y controvertido— procedimiento ante el insólito tamaño del Laboratorio Científico de Marte (LCM). Su masa cuadruplica con creces las de Spirit y Opportunity, hoy en el planeta rojo. La cápsula que lo encierre, de 4,5 metros de ancho, será mayor incluso que el módulo de mando Apolo; el escudo térmico será el mayor que hasta ahora haya penetrado en una atmósfera. Spirit y Opportunity rebotaron en la superficie amortiguados por unos enormes petos de aire; los del LCM pesarían tanto, que no permitirían más carga útil. La toma de tierra sobre patines tendría sus propios inconvenientes. Los aterrizadores con patas propenden

a volcarse. Y los retrocohetes tendrían que actuar tanto tiempo, que excavarían un cráter grande y levantarían nubes de polvo perjudiciales para los equipos de a bordo. El motor debería apagarse exactamente en el momento preciso, pero se sospecha que el Mars Polar Lander, que aterrizaba sobre patas, se estrelló en 1999 por culpa de un sensor hipersensible que cortó el motor demasiado pronto. El LCM no requiere sensores de aterrizaje. La nave nodriza sabe que ha descargado el vehículo cuando percibe que necesita menos empuje de los cohetes para mantenerse en posición; en ese momento, unas cargas explosivas cortan los cables y la nave nodriza es proyectada a varios centenares de metros, donde se estrella.

El nombre del sistema, *Skycrane*, rinde homenaje a los helicópteros grúa Sikorsky, en los que se inspira. No se pueden llevar a cabo ensayos completos de este método de aterrizaje en la Tierra porque aquí la gravedad y la presión atmosférica son muy diferentes. Pero lo mismo ocurrió con Spirit y Opportunity, o los Viking.

—George Musser



LONGEVIDAD

El gen CETP

Si llega el lector a los cien años, como es el caso de uno de cada 10.000 humanos, deseará que la mente y el cuerpo se encuentren lo más intactos que sea posible. Hay un gen que parece facilitarlos. Nir Barzilai, de la Escuela de Medicina Albert Einstein de Nueva York, y sus colaboradores examinaron a 158 ancianos de ascendencia judía askenazi. Los centenarios que aprobaron un test de 30 preguntas tenían una probabilidad de dos a tres veces mayor de poseer una variante común del llamado gen CETP que los que no lo aprobaron. Los de 75 a 85 años que aprobaron el test tenían una probabilidad cinco veces mayor. La variante del gen CETP ocasiona que las partículas de colesterol en la sangre presenten un tamaño superior al normal, lo que quizás impida su alojamiento en el revestimiento de los vasos sanguíneos, un proceso que multiplica el riesgo de ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares.

—Charles Q. Choi



La longevidad y la conservación de la agudeza mental podrían compartir un vínculo genético

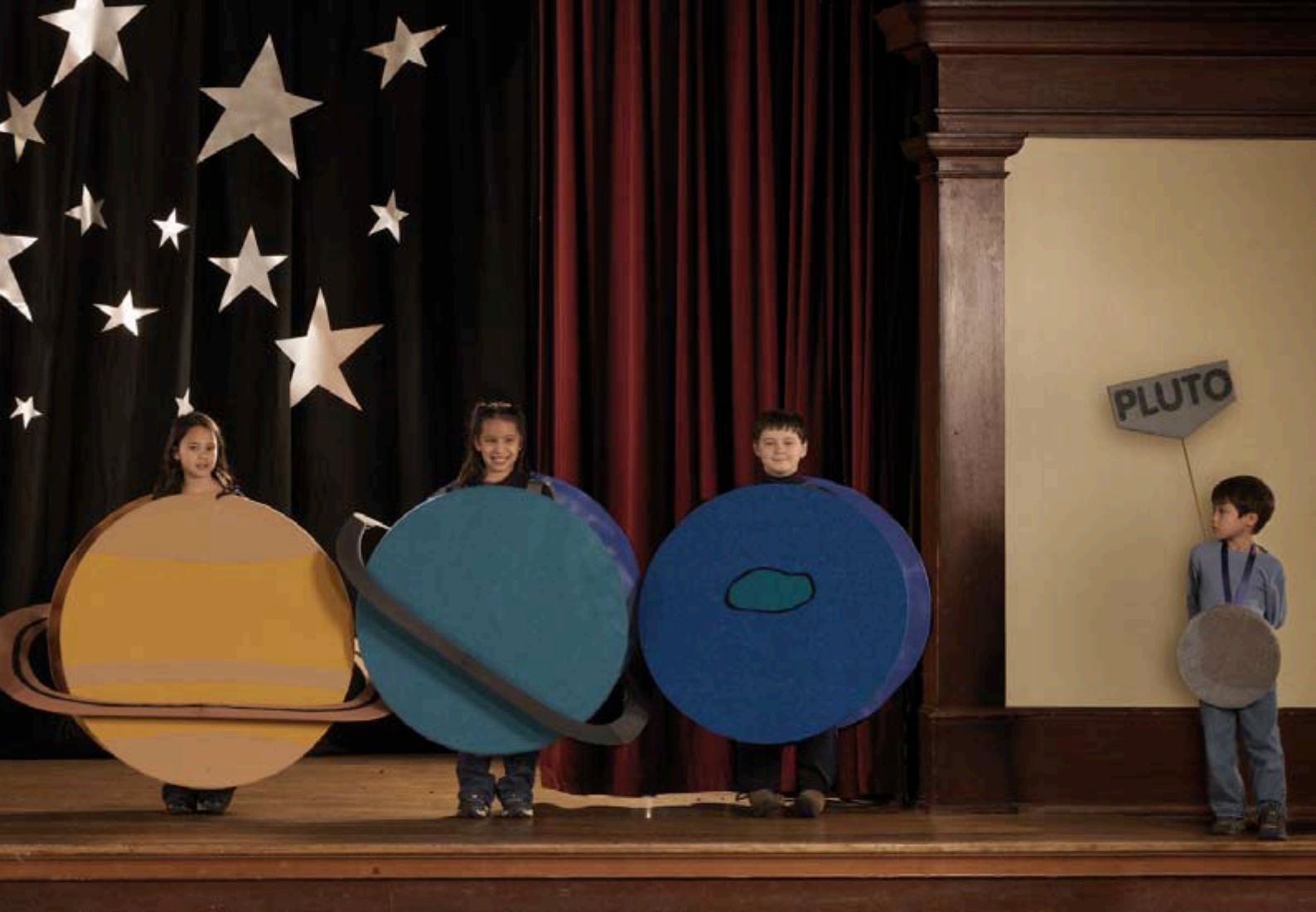
DON FOLEY (arriba); PHOTONICA/GETTI IMAGES (abajo)



Definición de planeta

➔ Steven Soter

La nueva definición oficial de “planeta”, que descarta como tal a Plutón, aunque deja cabos sueltos recoge los principios científicos esenciales



Hemos crecido con una definición de planeta que aplicaba el término a los cuerpos que giran alrededor de una estrella, brillan al reflejar la luz estelar y son mayores que un asteroide. Aunque imprecisa, repartía en categorías claras a los cuerpos celestes que se conocían. En los años noventa, sin embargo, una serie de descubrimientos importantes socavaron la definición. Más allá de la órbita de Neptuno, en una región de forma de rosquilla, el cinturón de Kuiper, se encontraron cientos de mundos helados, algunos de gran tamaño. Alrededor de otras estrellas se descubrieron planetas, muchos de los cuales presentan órbitas muy diferentes de las descritas por los planetas de nuestro sistema solar. Se descubrieron, además, las enanas marrones, cuerpos en los que se difumina la distinción entre planetas y estrellas. Y se hallaron cuerpos similares a los planetas que se mueven sin compañía

en la oscuridad del espacio interestelar.

Semejante gavilla de hallazgos desencadenó el debate sobre las notas distintivas de un planeta. En agosto de 2006, la Unión Astronómica Internacional (UAI), la principal agrupación profesional del ramo, se congregó para definir un planeta: un objeto que orbita alrededor de una estrella, presenta tamaño suficiente para adoptar forma esférica y —cláusula clave— “ha despejado los alrededores de su órbita”. La nueva definición dejaba a Plutón fuera de la lista de planetas, con la oposición de varios participantes, que organizaron una petición de protesta.

No se trata de un debate terminológico. La cuestión reviste interés científico. La nueva definición de planeta refleja los avances en el conocimiento de la arquitectura de nuestro sistema solar y de otros sistemas planetarios. Tales sistemas se formaron por acrecimiento dentro de discos en rotación: granos pequeños

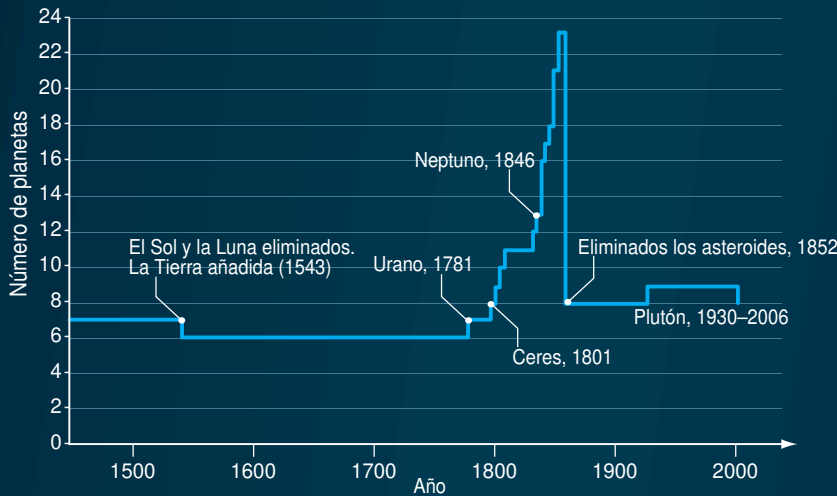
se agruparon para formar granos más voluminosos, que a su vez se aglomeraron hasta crear otros mayores, y así sucesivamente. Con el tiempo, este proceso fabrica cierto número de cuerpos grandes, los planetas, y un elevado número de cuerpos más pequeños, los asteroides y cometas, residuos de la formación planetaria. En resumen, “planeta” no corresponde a una categoría arbitraria, sino a una clase objetiva de cuerpos celestes.

Cuando la Tierra se convirtió en planeta

La reevaluación de la naturaleza de los planetas cuenta con profundas raíces históricas. Los griegos de la antigüedad clásica reconocieron siete fuentes de luz en el cielo que no seguían el patrón de movimiento del resto de las estrellas: el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Las llamaron *planetes*, o errantes. La Tierra no aparecía en esa lista. Durante la mayor parte de la historia de la Humanidad, se consideró a la

EL NUMERO DE LOS PLANETAS A LO LARGO DE LA HISTORIA

Los planetas vienen y se van como resultado de los nuevos descubrimientos y de las mejoras en la comprensión de las notas distintivas de planeta. La decisión de poner en una nueva categoría a Plutón responde a un paso más en esta progresión histórica.



FECHA PLANETAS

Pre-1543	Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno, El Sol, La Luna
1543	La Tierra añadida El Sol, La Luna eliminados
1781	Urano
1801	Ceres
1802	Palas
1804	Juno
1807	Vesta
1845	Astrea
1846	Neptuno
1847	Hebe, Iris, Flora
1848	Metis
1849	Higea
1850	Parténope, Victoria, Egeria
1851	Irene, Eunomia
1852	Asteroides eliminados
1930	Plutón
2006	Plutón eliminado

Tierra centro —o fundamento— del universo, no planeta. Copérnico persuadió a los astrónomos de que era el Sol, no la Tierra, el cuerpo que permanecía en el centro. Entonces se añadió nuestro planeta al elenco, del que se borró al Sol y la Luna. Los telescopios aumentaron la lista con Urano en 1781 y Neptuno en 1846.

De Ceres, hallado en 1801, se pensó, en un comienzo, que constituía el planeta perdido que rellenaba el hueco entre Marte y Júpiter. Pero los astrónomos empezaron a abrigar dudas al descubrirse al año siguiente Palas en una órbita parecida. A diferencia de los planetas clásicos, que los telescopios ven como pequeños

discos, lo mismo Ceres que Palas irrumpían como simple motas de luz. William Herschel propuso llamarlos “asteroides”. Para 1851 el número de asteroides había aumentado a 15; no cabía ya considerarlos planetas. Los astrónomos decidieron entonces nombrar a los asteroides por el orden de descubrimiento, no por su distancia al Sol —como es el caso de los planetas—, reconociendo con ello que los asteroides debían numerarse entre los miembros de una familia genuina. Si hoy día clasificáramos a los asteroides como planetas, los niños estudiarían en la escuela que el sistema solar posee más de 135.000 planetas.

Plutón tiene una historia parecida. Cuando Clyde Tombaugh lo descubrió en 1930, se le dio la bienvenida como si fuera el “planeta X”, largo tiempo buscado y cuyo campo de gravedad vendría a explicar las peculiaridades de la órbita de Neptuno. Plutón resultó ser menor que los

Resumen/Definición de planeta

- El pasado agosto, los miembros de la Unión Astronómica Internacional (UAI) aprobaron la nueva definición de planeta: cuerpo que orbita en torno a una estrella, alcanza tamaño suficiente para tener forma esférica y ha despejado de otros objetos su entorno. Aunque se proponía cerrar un largo debate, parece haber arrojado combustible al fuego.
- Los críticos opinan que la definición es arbitraria e imprecisa, pero se trata de una acusación infundada. El sistema solar se divide en ocho cuerpos de gran masa que dominan sus zonas orbitales y enjambres de cuerpos menores con órbitas que se cortan entre sí. Este modelo parece reflejar la manera en que se formó y evolucionó el sistema solar.

demás planetas y que siete satélites de otros planetas, Luna incluida. Los análisis posteriores de la órbita de Neptuno revelaron que no presentaba las peculiaridades alegadas. Durante sesenta años, Plutón constituyó una anomalía singular en los confines de nuestro sistema planetario.

Del mismo modo que Ceres comenzó a adquirir sentido cuando se le reconoció un lugar en la extensa población de asteroides, Plutón encontró su sitio al descubrirse que formaba parte de la inmensa población de objetos del cinturón de Kuiper [véase “El cinturón de Kuiper”, por Jane X. Luu y David C. Jewitt; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, julio de 1996, y “Migración planetaria”, por Renu Malhotra; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, noviembre de 1999]. Los astrónomos empezaron a preguntarse si Plutón debía ser llamado planeta. Desde el punto de vista histórico, que un cuerpo pierda la categoría de planeta tiene precedentes. Sucedió con el Sol, la Luna y los asteroides. No obstante, muchos se mostraron a favor de mantenerle a Plutón la categoría de planeta, puesto que nos habíamos acostumbrado a considerarlo como tal.

El descubrimiento en 2003 de Eris (antes llamado 2003 UB313 o Xena), un objeto del cinturón de Kuiper mayor que Plutón, reavivó el debate. Si Plutón es un planeta, entonces Eris debería también serlo, así como los demás objetos grandes del cinturón; pero si se le negaba esa consideración a Plutón, tampoco debería aceptarse para los demás cuerpos del cinturón de Kuiper. ¿En qué argumentos objetivos habría que fundamentar la decisión?

Despejando el camino

Para evitar que la lista de planetas se dilata sin fin, Alan Stern y Harold Levison, del Instituto de Investigación del Suroeste, propusieron en el año 2000 que se definiera planeta como “cuerpo de menor masa que una estrella y tamaño suficiente para que su campo de gravedad venza su rigidez estructural y le dé una forma redonda”. La mayoría de los objetos con radio superior a varios cientos de kilómetros satisfacen el último criterio. Los cuerpos de menor tamaño suelen presentar formas más escarpadas; muchos no son más que peñones gigantes.

La “Comisión para la definición de planeta” de la UAI, encabezada por Owen Gingerich, de la Universidad de Harvard, abogó por esa definición a primeros de agosto de 2006. Hubiera mantenido a Plutón como planeta, pero a expensas de admitir a docenas de objetos del cinturón de Kuiper y de restablecerle la condición planetaria a Ceres, el mayor asteroide y único esférico.

Muchos astrónomos argumentaron contra el criterio de esfericidad. En términos prácticos, resulta muy difícil observar la forma de los objetos del cinturón de Kuiper, remotos, por lo que su naturaleza permanecería incierta. Es más, asteroides y objetos del cinturón cubren un espectro casi continuo de tamaños y formas. ¿Cómo cuantificar el grado de esfericidad para distinguir a los planetas? ¿Diremos que la gravedad domina la forma del cuerpo, si su apariencia se desvía de una esfera por un 10 % o por un 1 %? El cosmos no proporciona una separación clara entre las formas esféricas y las no esféricas, por lo que cualquier frontera se fijaría arbitrariamente.

Stern y Levison propusieron un criterio diferente que conduce a un método de clasificación no arbitrario. Señalaron que algunos cuerpos del sistema solar tienen tanta masa, que han barrido o dispersado a sus vecinos inmediatos. Los cuerpos más ligeros, incapaces de tanto, ocupan órbitas inestables y transitorias, o tienen a un guardián más pesado que estabiliza sus trayectorias. Así, la Tierra es lo suficientemente grande para barrer o alejar de sí cualquier cuerpo que se aproxime demasiado, un asteroide por ejemplo. Al mismo tiempo, la Tierra protege a la Luna de ser barrida o dispersada. Cada uno de los cuatro planetas gigantes gobierna sobre una nutrida camada de satélites. Júpiter y Neptuno mantienen su propia familia de asteroides y objetos del cinturón de Kuiper (troyanos y plutinos, respectivamente) en órbitas particulares con resonancias estables, en las que una sincronización orbital impide la colisión con los planetas.

Estos efectos dinámicos sugieren una definición práctica de planeta. Desde esa óptica, llamaríamos planeta a un cuerpo grande y capaz de gobernar su zona orbital mediante la expulsión de los objetos menores, su

RESPUESTA A LAS PREGUNTAS MAS FRECUENTES

P ¿No es arbitraria la definición de planeta?

R La ciencia necesita definiciones precisas para avanzar. Las definiciones reflejan nuestro conocimiento de las relaciones básicas de la naturaleza. Si los nuevos descubrimientos prueban que una definición recibida cae en la confusión o la ambigüedad, hemos de revisarla.

P ¿En qué erraba la anterior definición que establecía que un planeta es un cuerpo no luminoso, mayor que un asteroide, que gira alrededor de una estrella?

R No distingue entre los planetas y los objetos del cinturón de Kuiper, pese a sus claras diferencias.

P La definición aprobada por la Unión Astronómica Internacional establece que un planeta “ha despejado los alrededores de su órbita”. Pero muchos asteroides y cometas cruzan la órbita de la Tierra; entonces, ¿por qué seguimos llamándola planeta? ¿Por qué es Júpiter un planeta? Los asteroides troyanos comparten la órbita de Júpiter, por lo que Júpiter no ha “despejado” su vecindad.

R El barrido nunca es perfecto. Asteroides, cometas y meteoritos siguen perdiéndose por las intermediaciones de los planetas. Aun así, la cantidad de estos escombros es despreciable, en comparación con la masa de cada planeta. Una definición más precisa establecería que los planetas “dominan” su zona orbital. La gravedad de Júpiter controla las órbitas de los asteroides troyanos. La definición de la UAI se basa en la idea correcta, pero el uso no matizado de la palabra “despejado” ha creado alguna confusión.

Las preguntas continúan
en la página 12.

eliminación en colisiones directas o su apresamiento en órbitas estables. De acuerdo con la física básica de la dinámica orbital, la probabilidad de que un cuerpo pueda apartar de sus proximidades a un objeto menor durante la vida del sistema solar es proporcional al cuadrado de su masa (lo que determina el alcance gravitatorio del cuerpo mayor para un cierto grado de desviación) e inversamente proporcional al período orbital (que indica la frecuencia de los encuentros).

Los ocho planetas, de Mercurio a Neptuno, tienen una probabilidad de barrer o desviar cuerpos pequeños que multiplica miles de veces la de los mayores asteroides y objetos del cinturón de Kuiper, incluidos Ceres, Plutón y Eris. Mercurio y Marte carecen de masa suficiente para dispersar todos los cuerpos de su vecindad. Pero Mercurio puede absorber la mayoría de los objetos pequeños que cruzan su órbita y Marte cuenta con la suficiente capacidad gravitatoria para desviar hacia órbitas inestables los objetos que se le aproximan, incluidas algunas con períodos exactamente iguales a una tercera o una cuarta parte de la de Júpiter. La gravedad de los planetas gigantes completa la tarea de expulsar de los alrededores de Marte tales objetos.

La aptitud de los astros para despejar de objetos su vecindad depende del contexto dinámico; no es una propiedad intrínseca de los astros. Con todo, la enorme distancia entre el poder dinámico de los planetas y el de los otros cuerpos es el fundamento para distinguir entre aquéllos y éstos. No necesitamos establecer una distinción arbitraria porque, al menos en nuestro sistema solar, la naturaleza lo hace por nosotros.

Reyes de sus reinos

Otro criterio semejante fue propuesto por Michael Brown, del Instituto de Tecnología de California, en 2004. Definió así el planeta: “cuerpo del sistema solar cuya masa supera la suma de las masas de los demás cuerpos con órbitas parecidas”. Para ser más precisos, yo he sugerido sustituir “órbitas parecidas” por el concepto de “zona orbital”. Dos cuerpos comparten la misma zona si sus órbitas se cruzan en algún momento, si sus períodos orbitales respectivos difieren

EL “NUEVO” SISTEMA SOLAR

La definición de planeta aprobada por la Unión Astronómica Internacional se basa en la arquitectura observada del sistema solar, donde un número pequeño de cuerpos dominantes, los ocho planetas, presentan órbitas bastante separadas; no así los enjambres de asteroides, cometas y objetos del cinturón de Kuiper. Ceres y Plutón, antaño considerados planetas, son (como Eris) moradores de esos enjambres. Los asteroides troyanos comparten la órbita con Júpiter y están controlados dinámicamente por el planeta. Los Centauros son cometas que se hallan entre Júpiter y Neptuno.



TAXONOMIA DE LOS CUERPOS CELESTES

➔ OBJETOS PRIMARIOS: las estrellas, las enanas marrones y las subenanas marrones

Se forman por el colapso gravitatorio de una nube interestelar. Los objetos con al menos 80 veces la masa de Júpiter mantienen una fusión nuclear estable del hidrógeno; se llaman estrellas. Los que tienen masas comprendidas entre 13 y 80 júpiteres presentan reacciones nucleares del deuterio, un isótopo poco abundante del hidrógeno, durante un breve lapso de tiempo; se denominan enanas marrones. Los cuerpos de menor masa podrían denominarse subenanas marrones.

➔ OBJETOS SECUNDARIOS: los planetas

Se forman cuando los granos de polvo se agrupan juntos en un disco que rota alrededor de un objeto primario. Pasan por un período de crecimiento galopante, en el cual los cuerpos de mayor masa despejan su zona de la mayor parte del material. Un planeta que alcance un tamaño crítico puede incluso atraerse una densa envoltura de gas.

➔ OBJETOS TERCIARIOS: los satélites

Orbitan en torno a los objetos secundarios, bien porque se han formado ahí mismo, bien porque han sido capturados de órbitas independientes.

➔ ESCOMBROS: los asteroides, cometas y objetos del cinturón de Kuiper

Se forman como los objetos secundarios, pero su crecimiento se detuvo. No controlan dinámicamente sus zonas orbitales. Los asteroides son pequeños mundos de roca; la mayoría residen en un cinturón entre las órbitas de Marte y Júpiter. Los objetos del cinturón de Kuiper son cuerpos pequeños, de hielo, que orbitan más allá de Neptuno; este cinturón parece ser la fuente de la mayoría de los cometas periódicos. La distinción entre cometas y asteroides resulta ambigua en ocasiones: los cometas contienen más sustancias volátiles y se forman más lejos del Sol.

➔ PLANETAS ERRANTES

Se formaron como los objetos secundarios, pero han sido expulsados al espacio interestelar. Las simulaciones sugieren que estos objetos podrían sobrepasar en número a las estrellas de nuestra galaxia. Observacionalmente, sin embargo, resultará muy difícil detectarlos y distinguirlos de las subenanas marrones aisladas que nacieron como objetos primarios.