

INVESTIGACION *y* CIENCIA

ORIGEN DE LOS EUCARIOTAS

DEMOSTRACION DEL TEOREMA DE FERMAT

CHERNOBIL, DIEZ AÑOS DESPUES

Edición española de

**SCIENTIFIC
AMERICAN**

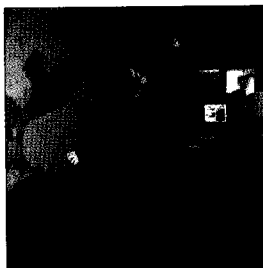


TERMES PREHISTORICOS ATRAPADOS EN AMBAR



JUNIO 1996
800 PTAS.

8

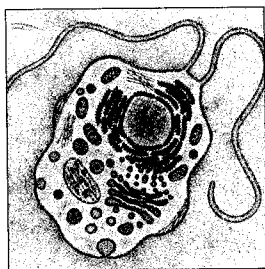


Salas inteligentes

Alex P. Pentland

Existen sistemas capaces de seguir la pista a personas, de reconocer sus rostros y de interpretar su habla, sus gestos y expresiones. Valiéndose de esta técnica, los investigadores están construyendo "salas inteligentes", en las que podemos consultar pantallas multimedia, jugar con animales virtuales o controlar programas mediante señas.

18

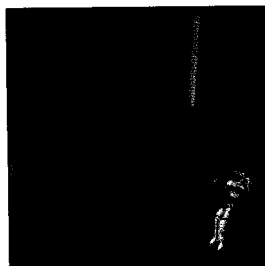


El origen de las células eucariotas

Christian de Duve

Algunos componentes de las células eucariotas descienden de otras células más simples que en el pasado vivieron simbióticamente. Esas asociaciones celulares provocaron saltos evolutivos que tuvieron lugar a lo largo de períodos de tiempo considerables. El autor de *La célula viva* explica cómo la selección natural preparó el camino para que se produjeran tales avances.

28

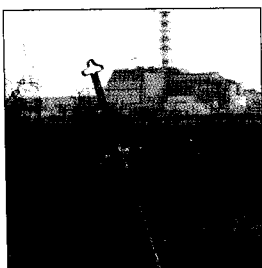


La búsqueda de vida en otros planetas

J. Roger P. Angel y Neville J. Woolf

El hallazgo reciente de planetas que giran en torno a otras estrellas sólo es un punto de partida. Para que llegue a saberse si hay otros mundos como el nuestro se necesitarán nuevos tipos de telescopios, capaces de identificar las marcas reveladoras de la existencia de vida, aun cuando se encuentren a años luz de distancia y estén celados por el brillo de otros soles.

46



Chernóbil, diez años después

Yuri M. Shcherbak

Hace diez años, el reactor número 4 de la central de energía nuclear de Chernóbil estalló y diseminó por Europa oriental cenizas radiactivas. El embajador de Ucrania en Estados Unidos, que en Kiev se dedicaba a la investigación médica y fue uno de los primeros facultativos que atendieron a los heridos, examina las consecuencias clínicas del accidente.

52

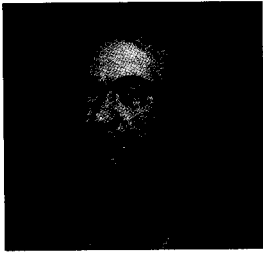


Elementos transponibles de *Drosophila*

Rosa de Frutos

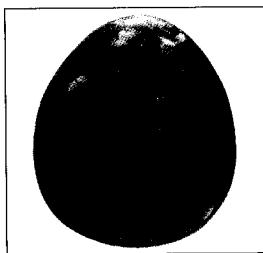
Los elementos transponibles fueron descubiertos hace medio siglo por Barbara McClintock en cromosomas del maíz. Estas secuencias discretas de ADN, que parasitan el genoma, pueden convertirse en partículas infectivas. La capacidad de transferencia horizontal de una especie a otra de un elemento transponible depende de la proximidad física entre los huéspedes.

60

**Fermat, demostrado al fin***Yves Hellegouarch*

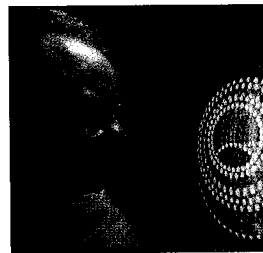
La matemática se caracteriza por su rigor deductivo. Pero su avance no siempre es lineal, como nos enseña la historia de teoremas y conjeturas. Aquí se ofrece un ejemplo. La demostración del teorema de Fermat por Wiles se funda en una gavilla de métodos que trastoca el paisaje de la teoría de números.

66

**Atrapados en ámbar***David A. Grimaldi*

El reciente descubrimiento de un tesoro de ámbar ha proporcionado el ejemplar más antiguo de una flor del período Cretácico, en estado de perfecta conservación. No sólo eso. Los genes de insectos que quedaron atrapados en un fluido resinoso hace 25 millones de años resuelven misterios evolutivos.

74



TENDENCIAS EN NANOTECNIA

¿Ante una nueva revolución?*Gary Stix*

Con máquinas del tamaño de un virus podremos construir, molécula a molécula, cualquier cosa, desde motores para cohetes hasta nuevas partes del cuerpo humano. Atrevidísima predicción, que no comparten muchos investigadores.

SECCIONES

6 Hace...

36 Perfiles

38

**Ciencia
y sociedad**

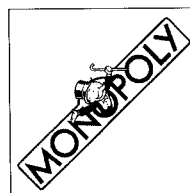
Cacao.

44 De cerca

80 Ciencia y empresa

84 Taller y laboratorio

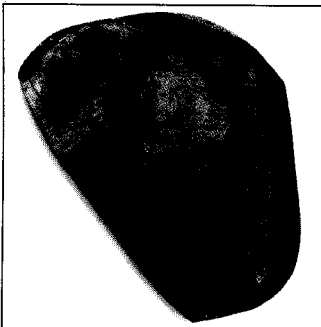
87

**Juegos
matemáticos**

¿Es equitativo el Monopoly?

90 Libros

96 Ideas aplicadas



Portada: Jackie Beckett

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
8-9	Jared Schneidman Design (dibujo); Sam Ogden (fotografía)
10-11	Sam Ogden (izquierda); cortesía de Alex P. Pentland (derecha)
13-16	Sam Ogden
18-23	Roberto Osti
24	Dimitry Schidlovsky
25	S. E. Frederick, Universidad de Wisconsin-Madison
28-29	Alfred T. Kamajian
31-34	Michael Goodman
35	Univ. de Arizona, proyecto Oases
46	Grochowiak/Keplicz, <i>Sygma</i>
47	Igor Kostin/Mago, <i>Sygma</i>
48-49	Vladimir Syomin
50	Igor Kostin/Mago, <i>Sygma</i> (izda.); Conti/S. Bukowski, <i>SIPA</i> (dcha.)
51	<i>SIPA</i>
54-56	Rosa de Frutos
57	Nuria Paricio
58	Lluís Pascual (arriba); Ibo Galindo y Lluís Pascual (abajo)
59	Trini Alberola
60	Documentos PLS (izquierda); Roger-Viollet (derecha)
62	Documentos PLS
66-67	Ed Bridges, Museo Americano de Historia Natural
68-69	Museo Americano de Historia Natural (arriba); Denis Finnin, Museo Americano de Historia Natural (abajo, izda.); David A. Grimaldi (abajo, dcha.)
70	David A. Grimaldi (arriba); Jackie Beckett, Museo Americano de Historia Natural (abajo)
71	David A. Grimaldi
72	Stephen Doberstein y Michael Delannoy, Univ. Johns Hopkins (arriba); (abajo) David A. Grimaldi (dibujos); Ed Bridges, Museo Americano de Historia Natural (fotografía)
73	David A. Grimaldi (sup. izda. y centro); William Crepet, Univ. de Cornell (sup. dcha.); Jackie Beckett, Museo Americano de Historia Natural (abajo)
74-75	IBM (izda.); IMM y Xerox (sup. dcha.); James Gary (centro e inferior derecha)
76-77	Peter Menzel (arriba izda.); libros (de arriba a abajo): cortesía de Bantam Spectra, Bruce Jensen; cortesía de Bantam Books, Pamela Lee, cortesía de Baen Books, Stephen Hickman; James Aronovsky, Zuma (abajo dcha.)
78-79	David Scharf (de izquierda a derecha); George Kelvin; Andreas Thess y Pavel Nikolaev; D. Eisenberg y W. Degrado
84	Bryan Christie
85-88	Johnny Johnson
89	Michael Goodman
96	Boston Globe Photo (foto); Dee Breger (micrografía); Steve Karp

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Luis Bou: *Salas inteligentes, Fermat, demostrado al fin y Juegos matemáticos*;
Esteban Santiago: *El origen de las células eucariotas*; Mónica Murphy: *La búsqueda de vida en otros planetas*; Juan Pedro Campos: *Chernóbil, diez años después*; Joandomènec Ros: *Atrapados en ámbar*; J. Vilardell: *Hace..., Taller y laboratorio e Ideas aplicadas*;
Angel Garcimartín: *Perfiles*.

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

Carmen Lebrón Pérez

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*; Marguerite Holloway,

News Editor; Ricki L. Rusting, Timothy M. Beardsley, *Associate Editors*;

John Horgan, *Senior Writer*; Corey S. Powell; W. Wayt Gibbs;

Kristin Leutwyler; Madhusree Mukerjee; Sasha Nemecek;

David A. Schneider; Gary Stix; Paul Wallich; Philip M. Yam; Glenn Zorpette

PRODUCTION Richard Sasso

CHAIRMAN AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER John J. Hanley

PUBLISHER John J. Moeling, Jr.

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	9.700	17.800

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 800 pesetas
Extraordinario: 1.000 pesetas

—Todos los precios indicados incluyen el IVA, cuando es aplicable.

—En Canarias, Ceuta y Melilla los precios incluyen el transporte aéreo.

—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, bajo, 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 © 1996 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 1996 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 fotocromos reproducidos por Scan V2, S.A., Avda. Carrilet, 237 - 08907 L'Hospitalet (Barcelona)

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

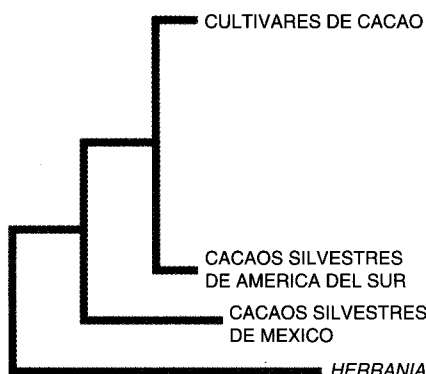
Printed in Spain - Impreso en España

Cacao

Su domesticación

El cacao (*Theobroma cacao* L.) procede del continente americano. Se trata de uno de los cultivos tropicales más importantes del mundo, cuyas semillas forman la base de la industria chocolatera.

Durante largo tiempo el origen de la domesticación de esta planta constituyó un misterio, y son muchas las cuestiones que están todavía por resolver. Varias son las razones de su lento conocimiento: ignorancia de su



*Relaciones genéticas de las distintas líneas de cacao: cultivados, silvestres y género *Herrania*, el más próximo al género *Theobroma**

distribución geográfica natural, dispersión mediada por humanos, antigüedad de su cultivo —que se viene practicando desde hace más de dos mil años—, desconocimiento de las características morfológicas distintivas de los cacaos silvestres y cruzamiento entre formas silvestres y cultivadas.

Existen dos hipótesis sobre el origen de la domesticación del cacao. Según la primera, el centro de origen y domesticación de este cultivo residiría en la porción este del Amazonas. A partir de esos cacaos silvestres derivarían todas las variedades cultivadas. Esta hipótesis halla respaldo en la enorme variación morfológica de los cacaos silvestres que crecen en la Amazonía. Pero tiene su talón de Aquiles en la falta de pruebas históricas que avalen su cultivo en el Amazonas antes de la llegada de los españoles.

La segunda hipótesis sugiere que la domesticación del cacao comenzó en Mesoamérica y propone que la distribución natural del cacao va desde Amazonas hasta el sureste de México. Se justifica esa opinión con una avalancha de datos históricos e iconográficos del cultivo del cacao durante tiempos prehispánicos en Mesoamérica. Para los mayas el cacao desempeñó un papel muy importante en el establecimiento y de-

sarrollo de sus actividades económicas, políticas y sociales. En 1566, Diego de Landa escribió en sus *Relaciones de Valladolid* que los mayas “tenían cultivos sagrados donde cultivaban ciertos árboles, como el cacao”. La prueba más sólida de esta hipótesis es la presencia de poblaciones silvestres de cacao en el sureste mexicano.

En 1964, Miranda daba cuenta de la presencia de poblaciones silvestres en la selva lacandona del estado mexicano de Chiapas. En 1991, un grupo de investigadores mexicanos encontró poblaciones silvestres de cacao en el estado de Yucatán; las plantas descubiertas en esta península mostraban similitud morfológica con las registradas por Miranda en el estado de Chiapas.

Pero no podemos determinar todavía el origen de los cacaos del sureste mexicano. A este respecto, se ignora si son poblaciones silvestres, si son antiguos cultivares de los mayas o si son introducciones recientes de cultivares modernos. En nuestra opinión, lo más verosímil es que las poblaciones de cacao silvestre encontrados en el estado de Yucatán sean representantes actuales de antiguos cultivares mayas.

Podemos recurrir al análisis de la variabilidad genética de las semillas para establecer las características distintivas de cada grupo de cacao y determinar probables relaciones de parentesco entre formas silvestres y domesticadas.

Con el fin de averiguar qué relaciones genéticas existen entre cacaos silvestres del sureste mexicano, cacaos silvestres de América del Sur y formas cultivadas actuales del cacao, un equipo de investigadores del Centro de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, junto con otro de la Universidad de California en Riverside, realizaron un estudio comparativo. Se sirvieron de marcadores moleculares RAPD, acrónimo de “Random Amplified Polymorphic DNA” (“ADN polimórfico y amplificado de manera aleatoria”).

El estudio abarca 42 muestras que incluyen árboles de cacaos silvestres del sureste mexicano y de América del Sur, las tres formas de cacao cultivado (criollo, trinitario y forastero) y el género *Herrania*, que es el ge-



Fruto de cacao silvestre en el sureste mexicano

nero más cercano a *Theobroma*. Las relaciones entre las series se establecieron mediante un análisis de agrupamiento basado en la similitud genética de los árboles de cacao. Este es el primer estudio de variación genética del cacao en el que se incluyen los árboles silvestres del sureste mexicano.

Los resultados del análisis indican que los especímenes silvestres provenientes del sureste mexicano forman un grupo independiente, separado del grupo formado por los cacaos cultivados y los cacaos silvestres de América del Sur. Los cacaos que se cultivan actualmente guardan un parentesco muy cercano con los cacaos silvestres de América del Sur. Los cacaos silvestres del sureste mexicano distan genéticamente de los cacaos silvestres de América del Sur y de todas las variedades de cacao que se cultivan hoy. Por esta razón, las formas silvestres localizadas en el sureste mexicano representan el mayor recurso de variación genética del cacao en América.

La amplia diversidad genética de las poblaciones silvestres permite abrigar la esperanza de que los programas de mejoramiento del cacao cobren especial impulso. Hasta ahora sólo se empleaban genotipos de América del Sur, con absoluta ignorancia de los genotipos del sureste mexicano.

MARLENE DE LA CRUZ,
LUIS MOTA-BRAVO
y ARTURO GÓMEZ-POMPA,
Centro de Ecología, UNAM, México.
RICHARD WHITKUS
Universidad de California,
Riverside

Dinosaurios carnívoros de Sudamérica

Las investigaciones paleontológicas en el continente sudamericano han llevado al descubrimiento, a lo largo de los últimos diez años, de una fauna de dinosaurios carnívoros cretácicos muy interesante, la mayoría proveniente de la Patagonia argentina.

Por casi un siglo, nuestro conocimiento de estos animales estuvo limitado a *Genyodectes serus* (forma representada únicamente por un premaxilar y un dentario) y a varios fragmentos óseos o algunos dientes aislados.

En 1980, José Bonaparte y Jaime Powell comunicaron el hallazgo de *Noasaurus leali* en la provincia de Salta, al norte de Argentina, representado por algunos huesos del cráneo, un par de vértebras y algunos huesos de las patas. Si bien en un principio se vinculó esta especie a los Coelurosaurios, debido sobre todo a su reducido tamaño, hoy aceptamos que guarda parentesco mayor con los Abelisaurios, uno de los principales grupos de dinosaurios sudamericanos, y tal vez de Gondwana.

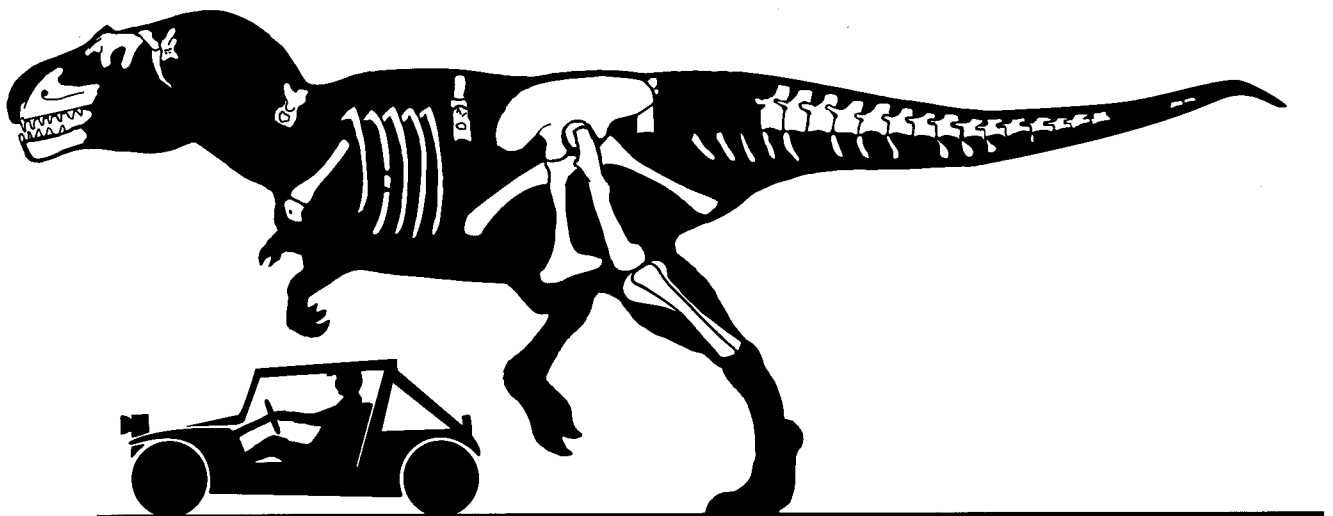
Este importante grupo de dinosaurios se conoció en 1985, cuando Bonaparte y Fernando Novas, ambos del Museo Argentino de Ciencias Naturales de Buenos Aires, presentaron a *Abelisaurus comahuensis*, un gran depredador proveniente del norte de la Patagonia, en la vecindad del lago Pellegrini. Aunque sólo se conoce el cráneo de este animal, podemos estimar que la longitud del mismo era de unos siete metros, con

un peso de alrededor de cuatro toneladas. *Abelisaurus* fue hasta hace muy poco tiempo el mayor dinosaurio carnívoro de Sudamérica.

Por la misma época del descubrimiento de *Abelisaurus*, se halló el abelisaurio *Carnotaurus sastrei*, de la provincia de Chubut, en la zona central de Patagonia. Este enigmático dinosaurio, rescatado en casi su totalidad, nos muestra una notable variedad de depredador, con un par de robustos cuernos cónicos sobre sus órbitas, una anatomía vertebral vinculada a una musculatura poderosa en su cuello y cola, y unos miembros anteriores reducidos, cuya funcionalidad nos sigue desconcertando.

El hallazgo de *Carnotaurus* permitió elaborar una hipótesis de evolución de los abelisaurios en el Cretácico de Sudamérica, junto con *Abelisaurus* y *Noasaurus*. En efecto, el registro de algunos restos de grandes carnívoros presumiblemente relacionados con *Abelisaurus* y *Carnotaurus* en la última etapa del Cretácico de otras regiones del planeta ha llevado a proponer la existencia de una fauna pangondwánica durante el Cretácico, distinta de las del hemisferio norte, particularmente de la de Norteamérica y el resto de Asia.

Según la hipótesis pangondwánica, el largo período de aislamiento geográfico entre las masas continentales del norte (Laurasia) y del sur (Gondwana), ocurrido desde fines del Jurásico, explicaría el desarrollo de biotas diferentes durante el Cretácico en uno y otro continente. En cuanto a los dinosaurios carnívoros, Bonaparte, uno de los principales promotores de esta idea, consideró que, durante el Cretácico de Gondwana, el rol de



1. Esquema del esqueleto rescatado de *Giganotosaurus carolinii*, comparado con un vehículo arenero similar al utilizado por Rubén Carolini en sus expediciones en búsqueda de restos de dinosaurios