

# INVESTIGACION *y* CIENCIA

DICIEMBRE 1999  
800 PTA. 4,81 EURO

Edición española de  
**SCIENTIFIC  
AMERICAN**

## ¿Vida en Europa?



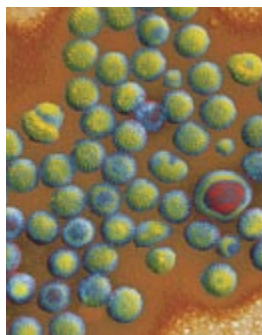
## SECCIONES

**4**  
**HACE...**  
50, 100 y 150 años.

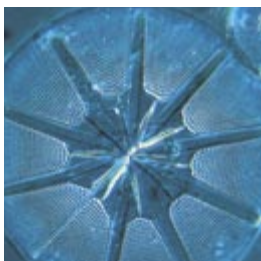
**32**  
**PERFILES**  
Edward Teller:  
infamia y honor  
en el Café Atómico.



**34**  
**CIENCIA Y SOCIEDAD**  
Venido del fondo marino...  
¿Qué es una onda?...  
Ver la luz...



Cambios en el CERN.

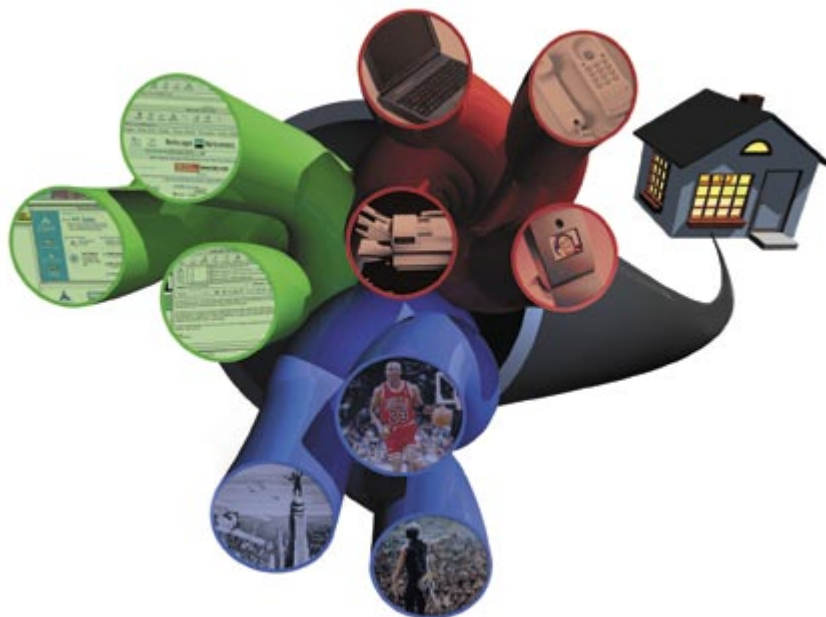


## 58 INFORME ESPECIAL

### En carrera: datos de alta velocidad para los hogares

*Introducción por David D. Clark*

Al demandar los consumidores acceso rápido de "banda ancha" a Internet, una variedad de servicios alámbricos, inalámbricos, y por satélite, están tomando posiciones para suministrar estos canales de datos. En este informe, representantes de cada técnica defienden su opción, y se analiza lo que consumidores e inversionistas pueden ganar o perder en esta carrera.



### Internet por cable

*Milo Medin y Jay Rolls*

### DSL: banda ancha por teléfono

*George T. Hawley*

### La más ancha de las bandas anchas

*Paul W. Shumate, Jr.*

### 64 Satélites: el campo de batalla estratégico

*Robert P. Norcross*

### 66 Servicio de distribución multipunto local

*John Skoro*

### 68 Luz al extremo del canal

*P. William Bane y Stephen P. Bradley*

## La conservación del legado de Nefertari

*Neville Agnew y Shin Maekawa*

Nefertari, esposa de Ramsés II, fue sepultada para su eterno descanso entre las más bellas pinturas murales producidas por los artífices egipcios. Hoy día, conservacionistas internacionales emplean los medios más avanzados en la lucha contra la sal, la humedad y el moho, para frenar el deterioro de esta impresionante tumba.



14



### El océano oculto de Europa

*Robert T. Pappalardo, James W. Head y Ronald Greeley*

Esta luna de Júpiter, cubierta de hielo, ahora parece, inesperadamente, el único lugar de nuestro sistema solar que no sea la Tierra donde podría abundar el agua líquida. Por debajo de su superficie agrietada y helada existe quizás un océano calentado por la energía geotérmica, un lugar donde pudiera darse vida primitiva.

24

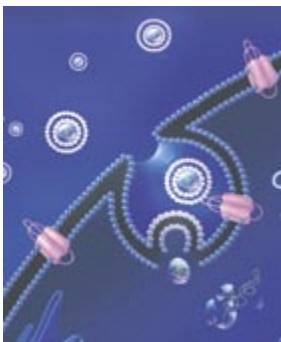
### Por qué se rompen los objetos

*Mark E. Eberhart*

¿Por qué algunos materiales se deforman al golpearlos con un martillo, mientras que otros se rompen en pedazos? En última instancia, la respuesta reside en los enlaces químicos entre los átomos de la sustancia. Recientes avances han permitido que los investigadores empiecen a predecir con precisión cómo los materiales responden a las fuerzas de deformación. Un conocimiento que podría iniciar una nueva era industrial.



40



### Hepatitis C

*Adrian M. Di Bisceglie y Bruce R. Bacon*

En Occidente, varios millones de adultos son portadores del virus de la hepatitis C, una causa importante de la enfermedad hepática crónica, con consecuencias potencialmente mortales. La mayoría lo desconoce. Se ha progresado en el control de la difusión del virus. No basta. Por eso, los investigadores siguen luchando para conocerlo mejor y en el desarrollo de tratamientos eficaces.

46

### Brotos de formación estelar

*Casiana Muñoz Tuñón y Guillermo Tenorio Tagle*

Estructuras de brillo intenso, los brotes, nacidos de la macroagregación de complejos moleculares, forman sistemas de estrellas que modifican la morfología y la evolución de las galaxias. En los brotes, además, hallamos las mayores factorías de metales.



## SECCIONES

80

### TALLER Y LABORATORIO

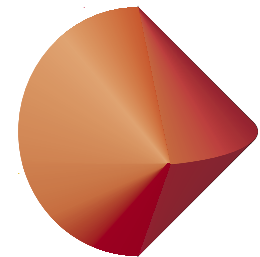
Reproducciones del universo atómico, por Shawn Carlson



82

### JUEGOS MATEMÁTICOS

Contorsión cónica, por Ian Stewart



84

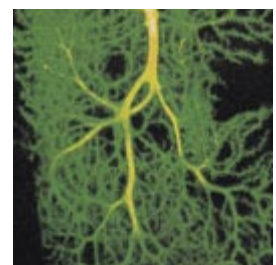
### NEXOS

Una cuestión de grados, por James Burke

86

### LIBROS

Física del siglo xx.



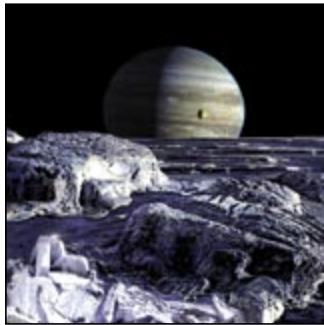
91

### IDEAS APLICADAS

Impresoras láser, por Louis A. Bloomfield

92

### INDICE ANUAL



Portada: Don Dixon

## PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
6-9	G. Aldana
10	Neville Agnew
11	G. Aldana
14-15	NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro; Cynthia Phillips y Moses Milazzo (arriba); NASA (izquierda y centro); Tom Moore (derecha)
16-17	NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro; Alfred T. Kamajian (abajo, izquierda)
18-19	NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro; Cynthia Phillips (abajo, izquierda); NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro (arriba, izquierda); Sarah Donelson, fuente: Thomas B. McCord (arriba, derecha)
20	Max Coon (izquierda); NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro, Roland Wagner (derecha)
21	NASA/Lab. de Propulsión a Chorro, Paul Geissler y Moses Milazzo (arriba); Tom Moore (abajo)
22	Tom Moore, fuente: Frank D. Carsey y Martin J. Siebert
23	NASA/Lab. de Propulsión a Chorro; Cynthia Phillips (izquierda); Nicole Spaun (derecha)
24-25	Matthew Holmes
26	Slim Films (izquierda); Kudo (derecha)
27	Chris Jones (izquierda); Slim Films (derecha)
28	David Fierstein
29	Slim Films
30-31	AP/Wide World Photo
40	Tony Stone Images, manipulación fotográfica Jana Brenning
41	Yohko K. Shimizu
42-43	Laurie Grace (arriba); Elizabeth M. Brunt (abajo)
44-45	Keith Kasnot, fuente: Charles M. Rice
47-48	AURA/STSci
49	Observatorio Español del Roque de los Muchachos (IAC)
51	Cortesía de M. Balcells
52	Observatorio Español del Roque de los Muchachos (IAC)
54-55	Casiana Muñoz Tuñón y Guillermo Tenorio Tagle
58-59	Slim Films
62	Sarah Donelson, fuente: Xiaowei Yang M.I.T.
64-73	Ian Worpole
74-75	Slim Films
76-78	Sarah Donelson
80-81	George Musser; Daniels & Daniels; fuente: Molecular Dynamics
82-83	Bryan Christie
84	Dusan Petricic
91	Bryan Christie

## COLABORADORES DE ESTE NUMERO

### Asesoramiento y traducción:

José Manuel García de la Mora: *La conservación del legado de Nefertari*; Mónica Murphy: *El océano oculto de Europa*; Néstor Herrán: *Por qué se rompen los objetos*; Esteban Santiago: *Hepatitis C*; Luis Bou: *En carrera: datos de alta velocidad para los hogares y Juegos matemáticos*; Angel Garcimartín: *Internet por cable, DSL: banda ancha por teléfono, La más ancha de las bandas anchas y Perfiles*; J. Vilardell: *Satélites: el campo de batalla estratégico, Servicio de distribución multipunto local, Hace..., Taller y laboratorio e Ideas aplicadas*; José M.<sup>a</sup> Valderas Martínez: *Nexos*

**Ciencia y sociedad:** Juan Carlos Rodríguez Rubio: *Venido del fondo marino*; Juan Pedro Campos: *¿Qué es una onda?*; Luis Bou: *Ver la luz*; Néstor Herrán: *Cambios en el CERN*

## INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL Francisco Gracia Guillén

EDICIONES José María Valderas, *director*

ADMINISTRACIÓN Pilar Bronchal, *directora*

PRODUCCIÓN M.<sup>a</sup> Cruz Iglesias Capón

Bernat Peso Infante

SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez

EDITA Prensa Científica, S. A. Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup> – 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, *Senior Associate Editor*; Timothy M. Beardsley y Gary Stix, *Associate Editors*; W. Wayt Gibbs, *Senior Writer*; Kristin Leutwyler, *On-Line Editor*; Mark Alpert, Carol Ezzell, Alden M. Hayashi, Madhusree Mukerjee, George Musser, Sasha Nemecek, Sarah Simpson y Glenn Zorpette, *Editors*; Graham P. Collins; Marguerite Holloway, Steve Mirsky y Paul Wallich, *Contributing Editors*

PRODUCTION William Sherman

CHAIRMAN Rolf Grisebach

PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER Joachim P. Rosler

## SUSCRIPCIONES

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

### Precios de suscripción:

	Un año	Dos años
España	8.800 pta. 52,89 euro	16.000 pta. 96,16 euro
Extranjero	11.150 pta. 67,01 euro	20.700 pta. 124,41 euro

### Ejemplares sueltos:

Ordinario: 800 pta. 4,81 euro  
Extraordinario: 1.000 pta. 6,01 euro

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

## DISTRIBUCION

### para España:

**LOGISTA, S. A.**  
Aragoneses, 18 (Pol. Ind. Alcobendas)  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Tel. 91 484 39 00

### para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.  
Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup> – 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.<sup>a</sup>  
08021 Barcelona  
Tel. 93 321 21 14  
Fax 93 414 54 13

Difusión controlada

Copyright © 1999 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 1999 Prensa Científica S. A. Muntaner, 339 pral. 1.<sup>a</sup> 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 fotocopros 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

**SUPERNOVAS.** «Está claro que las explosiones de supernovas no son de naturaleza química, pues a las enormes temperaturas de la materia estelar todos los compuestos químicos están disociados. Sabemos que las estrellas se abastecen de energía mediante algún sistema de reacciones termonucleares, siendo de ellas la más plausible la del llamado ciclo del carbono, que transforma el hidrógeno en helio. Supóngase que en cierta etapa de la evolución de una estrella, una reacción endoenergética hiciese que la presión en su centro bajara bruscamente. El cuerpo de la estrella se hundiría, casi como la techumbre de un edificio en llamas. —George Gamow»

**NUEVOS TRATAMIENTOS HORMONALES.** «En unos términos insólitos para un clínico, Walter Bauer, de la Facultad de Medicina de Harvard, hablando en una reunión sobre los fármacos hormonales, saludó el descubrimiento de los efectos terapéuticos de la hormona adrenocorticotrófica, o HACT, como 'el comienzo de una nueva era en medicina'. La HACT y la cortisona han resultado espectacularmente eficaces para tratar la artritis y la miastenia gravis. Otros de los presentes informaron de buenos resultados de la HACT con el asma, la gota y el eccema. Pero investigadores de la Facultad de Medicina y Cirugía de la Universidad de Columbia han afirmado que puede causar dolores de cabeza y elevar la presión arterial. Además, posee unos efectos psicológicos peculiares, como confusión mental y violencia.»

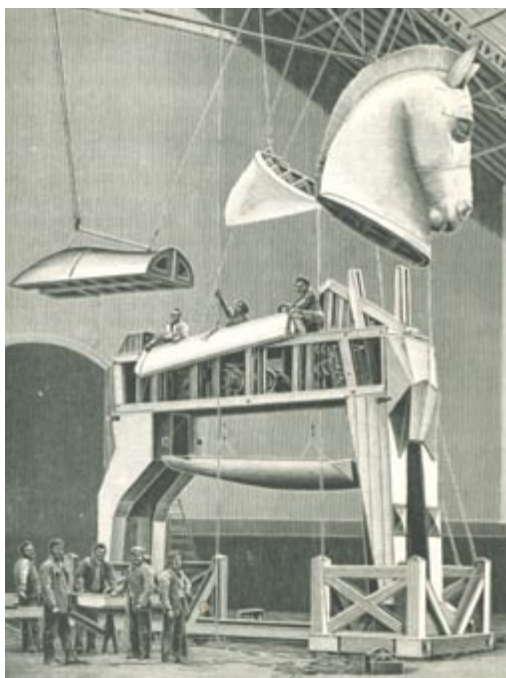
**¿TRADUCTORA UNIVERSAL?** «Si pueden construirse máquinas para calcular, jugar al ajedrez, incluso 'pensar', ¿por qué no una máquina para traducir de un idioma a otro? Expertos británicos están diseñando una traductora basada en el almacenamiento o aparato de 'memoria' de una máquina matemática. 'Leído' con un aparato de barrido fotoeléctrico el texto a traducir, la máquina buscaría las palabras en el diccionario integrado en la unidad de memoria del instrumento y pasaría las traducciones a máquinas de escribir eléctricas.»

## ...cien años

**CUESTIONES DE FÍSICA FUNDAMENTALES.** «¿Qué es la materia? ¿Qué es la gravitación? Newton y grandes astrónomos posteriores han probado que, dentro de las

distancias planetarias, la materia atrae con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Pero, ¿dónde está la prueba de que esa ley sea válida para distancias más cortas? Entonces, ¿qué podemos decir acerca de la relación entre la gravitación y el tiempo? ¿Podemos suponer por un instante que permanece inalterada la gravitación de dos cuerpos que se muevan por el espacio a grandes velocidades? Creo que no. Tampoco podemos aceptar la demostración de Laplace de que las fuerzas gravitatorias se propaguen instantáneamente a través del espacio, pues resulta fácil imaginar hechos importantes compensatorios imprevistos por Laplace.»

**EL ÚLTIMO BÚFALO.** «Uno de los hechos más extraordinarios que han caracterizado a esta segunda mitad de siglo es el exterminio, la aniquilación, del bisonte americano. Es el 'crimen del siglo'. En las manadas del sur, entre 1872 y 1874 los blancos mataron 3.158.780 cabezas, cuyas pieles llegaron al este por las rutas de Atchinson, Topeka y Santa Fe. Durante ese mismo tiempo los indios mataron 390.000, y los colonos y los indios de las montañas otros 150.000. Pero la culpa última es del gobierno, que durante todos esos años permitió a unos pocos congresistas ignorantes bloquear las leyes para la protección del bisonte.»



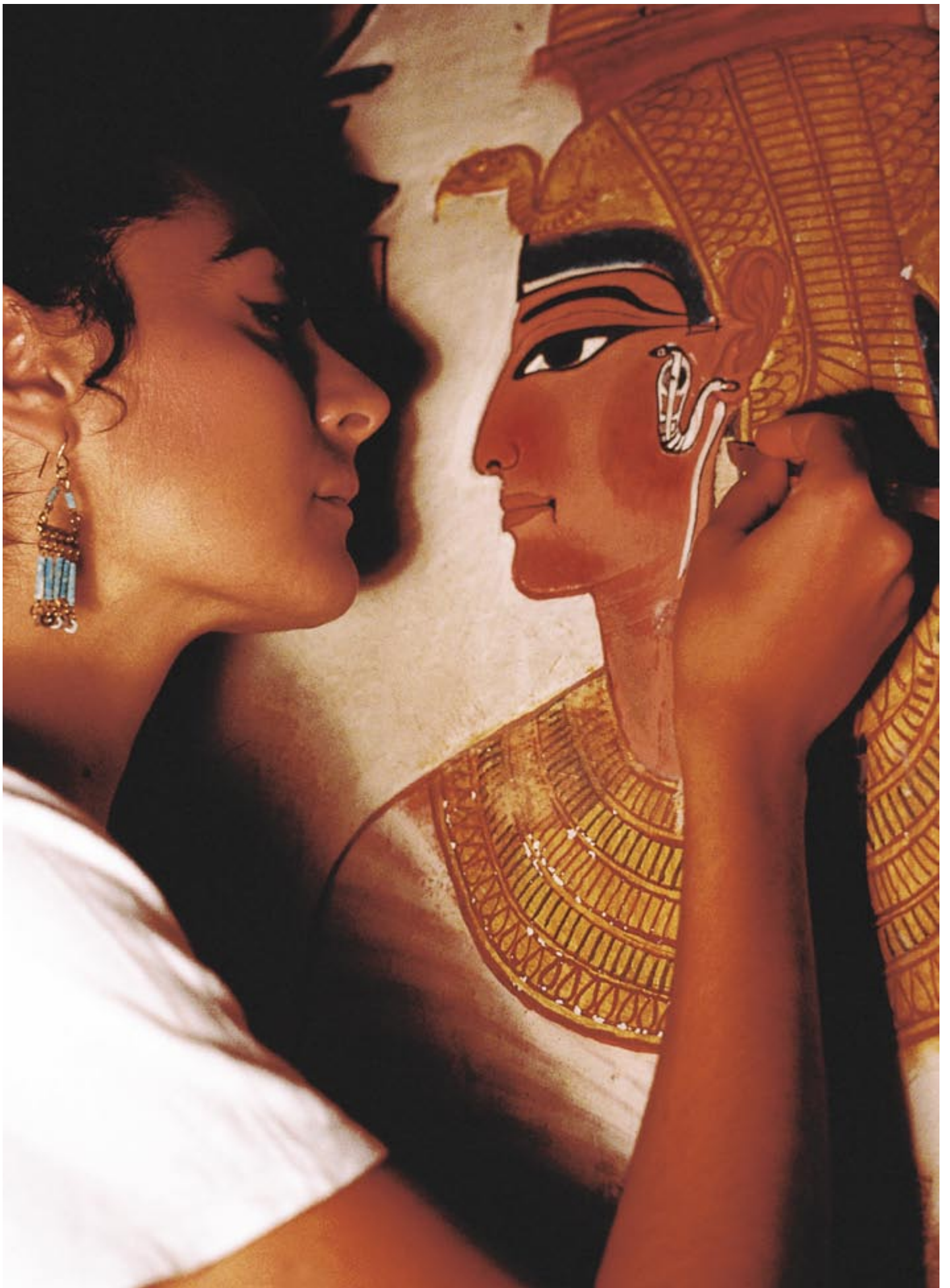
Arte y artificio: el caballo de Troya en la Opera de París

**EL CABALLO DE TROYA.** «La Opera de París ha puesto en escena 'La toma de Troya', de Berlioz. Si consultamos *La Ilíada* y *La Eneida*, podría admitirse perfectamente que el caballo presente se asemeja a la máquina de guerra que construyeron los griegos, pero como la Opera no ofrece la misma representación cada día, fue necesario que el caballo pudiera desmontarse fácilmente. En el caballo no hay espacio para esconderse, pues la pieza no requiere la salida de los guerreros griegos ante el público.»

## ...ciento cincuenta años

**EL SUEÑO DE CALIFORNIA.** «Según las últimas noticias de California, se ha adoptado allí una constitución y han solicitado el ingreso en la Unión. Hay un gran número de chinos en California trabajando de carpinteros y son unos *ciudadanos* muy industriosos y apacibles. El oro abunda todavía y las perspectivas son buenas, trabajando duro y, por desgracia, con posibilidad de enfermar. Los abastecimientos son cuantiosos y no hay exaltamientos políticos. Se ha concedido un divorcio.»







# La conservación del legado de Nefertari

*La tumba de esta reina del antiguo Egipto testimonia el gran amor del faraón Ramsés II. Su recuperación refleja los progresos en las técnicas de conservación de los monumentos del pasado*

Neville Agnew y Shin Maekawa

S abemos muy poco de la vida de Nefertari, esposa favorita del faraón Ramsés II, que reinó en Egipto de 1290 a 1224 a.C. aproximadamente. De lo que no cabe duda es del amor que le profesó su marido. Este se aseguró de que la estatua dedicada conjuntamente a Nefertari y a la diosa Hator, en Abu Simbel, fuese del mismo tamaño que la suya propia, honor que a ninguna otra reina egipcia le fue tributado.

Los epítetos que aplica el faraón a Nefertari constituyen señales inequívocas de su pasión: “dama de ensueño”, “dulzura del amor”, “bellísima de cara”, “por quien el sol resplandece”. Al morírsele Nefertari, Ramsés II le rendiría aún un último y espectacular tributo de adoración. Pese a no ser de sangre real, hizo que la sepultaran en el Valle de las Reinas, en una tumba decorada.

Los murales de la cámara mortuoria se cuentan entre las pinturas más bellas del arte funerario faraónico. Como sucede en otras tumbas, a Nefertari sólo se la ha representado en su viaje al más allá y en sus encuentros con Isis y Osiris, entre otras deidades. Ninguna pintura versa sobre su vida cotidiana con Ramsés II o con sus seis o siete hijos. Pero hasta en el describir un viaje ritual —ateniéndose al estricto formulismo establecido en el capítulo 174 y en otros pasajes del *Libro de los Muertos*— las pinturas de la tumba son únicas por su vívido colorido y su riqueza de detalles.

**1. PASADO Y PRESENTE** se miran cara a cara. Lorenza D’Alessandro limpia una pintura que representa a la reina Nefertari (*página contigua*), imagen cuyos deterioros deberán ser subsanados del mejor modo posible. Como lo hace ya presentir su policroma entrada, la tumba de Nefertari en el Valle de las Reinas encierra algunas de las más espectaculares pinturas de su tiempo (*arriba*).



Puede que la devoción de Ramsés II a su reina haya protegido a ésta en su viaje por el más allá, pero de lo que no podía protegerla es del inexorable paso del tiempo. Cuando, en 1904, el arqueólogo italiano Ernesto Schiaparelli descubrió la tumba, ésta había sido ya profanada y saqueada. Los tesoros que se pretendió que acompañasen a Nefertari en el otro mundo habían sido robados, su sarcófago estaba roto y su momia había desaparecido.

Las pinturas murales de la tumba estaban también muy deterioradas, pero ello no se debía a saqueadores sino a procesos naturales. La roca caliza en que se labró la cavidad fue soltando a lo largo de los siglos mucha sal, que, al cristalizar bajo la capa de enlucido que servía de soporte a las pinturas, había destruido gran parte de éstas.

En los decenios posteriores al descubrimiento, los visitantes de la espectacular tumba fueron acelerando el deterioro de la decoración. Lo más probable es que los mayores daños los causara el continuo toqueo de las frágiles superficies, pero la humedad producida por la respiración y los sudores de tantas personas debió de contribuir también al estropicio. Los arqueólogos y los historiadores del arte se interesaron cada vez más por la tumba, y, en los años veinte, el Museo Metropolitano de Nueva York financió una minuciosa documentación fotográfica de los murales. (Con este registro se complementó la serie de 132 placas en negativo que el fotógrafo de Schiaparelli había ido confeccionando en 1904 y 1905, así como otros registros fotográficos efectuados en años sucesivos.) Pero las pinturas seguían en peligro; la cosa se hizo, por fin, tan evidente que, en las postrimerías de los años treinta, el gobierno egipcio decidió cerrar al público la tumba.

A partir de entonces, el amable legado de Nefertari permaneció sumido en la oscuridad y en el silencio, vi-



**2. LOS CRISTALES DE SAL**, formados al infiltrarse el agua por la roca caliza donde se excavó la cámara, fueron empujando del fondo rocoso el enlucido de yeso y destruyeron muchas pinturas antes de que los conservadores iniciaran sus trabajos (foto superior de las de encima). En anteriores intentos de restauración tan sólo se había procurado, infructuosamente, frenar el deterioro sujetando en su sitio el soporte con gasas engomadas (arriba, foto inferior). En cambio, los trabajos más recientes se plantearon y ejecutaron con mejor acuerdo: los conservadores quitaron los cristales de sal, fijaron de nuevo el soporte a las paredes y limpiaron las pinturas (derecha).



sitado tan sólo por algunos especialistas. Pero, a finales de los setenta, la UNESCO, el Centro Internacional de Estudios sobre Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural, la Universidad de El Cairo y otras entidades emprendieron una serie de estudios sobre la situación real de varias tumbas importantes. La investigación sacó de nuevo a la luz el deplorable estado en que se hallaban las pinturas de la tumba de Nefertari. Más recientemente, los responsables del Instituto Getty para la Conservación y los de la Organización Arqueológica de Egipto instaron la salvación de las pinturas que aún quedan, con la posible reapertura de la tumba al público.

Entre 1986 y 1992 ambas instituciones trabajaron en la conservación de las pinturas con los más adelantados instrumentos y técnicas. En la tarea aportaron sus conocimientos historiadores del arte, expertos en conservación, físicos del aire, topógrafos, químicos, microbiólogos y técnicos especializados. Porque no se trataba sólo de proteger las pinturas murales —lo que

ya era bastante complicado— sino que, además, había que estudiar a fondo el microclima y las condiciones hidrológicas de la tumba entera para disponerla de tal suerte que, después de tantos trabajos, no empezara otra vez a deteriorarse.

Hoy, a los siete años del término de semejante labor, parece ser que las pinturas se mantienen estables y que es duradero el buen éxito logrado. Las pinturas pueden contemplarse de nuevo; el público puede admirar la serena belleza de la reina Nefertari, sabiendo que lo que admira son las obras originales y no meras reproducciones hechas por manos del siglo XX. El equipo que trabajó en la difícil empresa de su conservación estuvo desde el principio de acuerdo en no realizar restauración alguna, esto es, en no añadir ni una pincelada donde faltase la pintura original, aunque los registros fotográficos habrían posibilitado tal restauración.

A veces, la restauración de obras de arte se lleva a cabo, con reticencias o sin ellas, para recrear la



armonía visual y la coherencia originarias de la pieza. Pero, procediendo así, se compromete inevitablemente la integridad del objeto artístico. En el caso de la tumba de Nefertari, todos los implicados decidieron que lo mejor era dejar que en las pinturas se patentizase el transcurso del tiempo y que lo antiguo no debía hibridarse con lo moderno.

### Comprobación del deterioro

Lo primero que hizo el equipo de conservadores fue evaluar el estado general de las pinturas. Estudiaron milímetro a milímetro el material de enlucido para ver dónde no lo había ya, si el que quedaba era o no consistente y si seguía estando adherido a la roca de la pared o si se había separado y resquebrajado; distinguieron también los sitios en que la roca estaba a punto de asomar a través de esa capa alisadora. A continuación, examinaron la pintura para ver si se desconchaba, si

había peligro de que se desprendiese, si perdía densidad y cohesión, y si estaba sucia de polvo, microorganismos o nidos de insectos. Al mismo tiempo, el equipo fue registrando los grados de cristalización de la sal sobre la superficie de las pinturas y entre el enlucido de soporte de la pintura y la roca de las paredes. Finalmente, acotaron las intervenciones anteriores: las partes en que se había retocado la pintura o se había querido suplir su falta cubriendo, por ejemplo, los desconchados con gasas o cinta adhesiva.

Concluido el minucioso examen del estado general, Paolo Mora, que había sido en Roma conservador jefe del Instituto Central de Restauración, y su esposa, Laura Mora, dieron comienzo al arduo trabajo de conservar las pinturas. Los Mora y sus colegas empezaron extrayendo de las pinturas y del soporte minúsculas muestras de sus pigmentos. Dado el extraordinario refinamiento de aparatos y técnicas empleados —difracción por rayos X, fluorescencia por rayos X, microscopios de luz polari-

NEVILLE AGNEW y SHIN MAEKAWA trabajan juntos en el Instituto Getty para la Conservación, cuya sede está en Los Angeles. Agnew, doctor en química, dirige el despacho de información y comunicación. Maekawa, especialista en microambientes, ideó y vigiló la instalación del sistema anóxico de conservación de momias en el Museo de El Cairo.

zada, cromatografía de gases y líquidos, etcétera—, los investigadores sólo necesitaban muestras mínimas de los materiales para descubrir su composición química. Una vez conocidos los ingredientes, no sería ya difícil idear la mejor manera de salvar o estabilizar las pinturas. Entre tanto, evitaron su ulterior degradación aplicando al enlucido tiras de papel de corteza de morera japonesa, que impedían que esa capa de soporte se siguiera desprendiendo de las paredes y podrían quitarse fácilmente al llevar a cabo el trabajo definitivo.

Los investigadores descubrieron que los pigmentos eran, como cabía esperar, típicos de la época de Nefertari: verde egipcio, azul egipcio (o cuproazurita), rojo obtenido mezclando óxido de hierro con algo de manganeso y arsénico, ocre para el amarillo, calcita, anhidrita y caolinita para el blanco, y carbón vegetal para el negro. Como mordiente que mantuviera adheridos los pigmentos se usaba casi siempre goma arábiga, una resina producida por una acacia local. Algunas de las pinturas aparecían barnizadas con resina natural y clara de huevo, aunque los análisis de laboratorio denunciaron también la presencia de dos modernas resinas sintéticas, lo que indicaba que algo antes se había hecho un indocumentado esfuerzo restaurador. El enlucido se había compuesto mezclando yeso, anhidrita y légamo del Nilo con algo de piedra caliza triturada; para reforzarlo y evitar que, al secarse, se resquebrajara se había introducido paja de trigo.

Sabiendo lo que se tenía ante sí, empezaron los trabajos de conservación. Durante 469 días —repartidos en más de cinco años— los expertos limpiaron las pinturas,

quitaron los cristales de sal de las superficies de la roca y de algunos puntos de debajo del soporte. Después, lo pegaron de nuevo a la piedra empleando para ello un adhesivo acrílico mezclado con arena local y polvo de yeso. A continuación, volvieron a fijar al fondo los fragmentos que estaban a punto de desprenderse, y en los sitios en que el mordiente fijador de los pigmentos se había degradado añadieron un copolímero acrílico para evitar que se estropeará del todo. Taparon los rotos y las grietas con argamasa y eliminaron los anteriores arreglos chapuceros.

Era importantísimo que estos esfuerzos no menoscabaran los colores originales. Así que, antes de que empezasen los trabajos de conservación, Michael Schilling, del Instituto Getty para la Conservación, hizo 1500 mediciones del color en 160 puntos de diversas partes de la tumba. Se sirvió de un cromómetro (un Minolta CR-121) para cerciorarse de los valores exactos de cada colorido. Tales registros no sólo ayudaron a dar el debido cumplimiento al proceso, demostrando que no se habían alterado los colores originales, sino que facilitan también el control de las pinturas.

### Mantener a raya la sal

Las preocupaciones por el futuro de estas pinturas giran en torno a la amenaza más palmaria: la sal. Desde un comienzo, se descubrieron por debajo del enlucido unas estructuras de sal de hasta 15 milímetros de espesor, que promovían el desprendimiento de la capa de soporte. Esta sal proviene de la roca caliza de Tebas, el sedimento marino en el que excavaron la tumba sus constructores. La sal no es ningún peligro para la mayoría de las tumbas, porque la extrema sequedad del clima egipcio sirve de poderoso preservativo que mantiene íntegros e incorruptos las momias y sus objetos acompañantes. Pero en la cámara funeraria de Nefertari hubo alguna fuente de agua que disolvió la sal y la movilizó.

No todos los que han trabajado allí están de acuerdo —tras años de estudios— sobre cuál fuese exactamente

**3. EL CONTROL DEL AMBIENTE es decisivo para el futuro de las pinturas. Shin Maekawa (izquierda) estudió el microclima de la tumba empleando para ello un sistema alimentado por energía solar; determinó que había que regular el número de visitantes para que la temperatura y la humedad no intensificaran otra vez la formación de cristales de sal en el interior de la tumba. Ahora sólo se permite que entren 150 turistas por día.**

