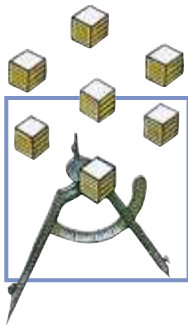


INVESTIGACION CIENCIA

Edición española de
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

TECNICAS DEL FUTURO

6



Las incertidumbres de la innovación técnica

John Rennie

Hasta los inventos e ideas geniales pueden tener tropiezos. A veces, sin embargo, pequeños avances cambian el mundo.

10



TECNICAS DE LA INFORMACION

12 Microprocesadores del año 2020 *David A. Patterson*

16 Redes inalámbricas *George I. Zysman*

20 Redes ópticas *Vincent W. S. Chan*

24 Inteligencia artificial *Douglas B. Lenat*

28 Programas inteligentes *Pattie Maes*

32 Comentario: Realidad virtual *Brenda Laurel*

33 Comentario: Satélites para el Tercer Mundo *Russell Daggatt*

34



TRANSPORTE

36 Tren de alta velocidad *Tony R. Eastham*

42 El automóvil: limpio y a medida *Dieter Zetsche*

48 Evolución del avión de línea *Eugene E. Covert*

52 Vehículos espaciales del siglo XXI *Freeman J. Dyson*

56 Comentario: ¿Por qué trasladarse? *Robert Cervero*

58



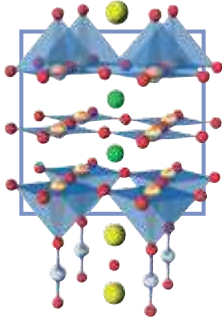
MEDICINA

60 Terapia génica *W. French Anderson*

64 Organos artificiales *Robert Langer y Joseph P. Vacanti*

68 Los anticonceptivos del futuro *Nancy J. Alexander*

72 Comentario: ¿Un futuro mejor? *Arthur Caplan*

74**MAQUINAS, MATERIALES Y MANUFACTURAS**

- 76 Materiales autoensamblantes *George M. Whitesides*
 80 Máquinas microscópicas *Kaigham J. Gabriel*
 84 Materiales inteligentes *Craig A. Rogers*
 90 Superconductores de alta temperatura *Paul C. W. Chu*
 94 Comentario: La robótica del siglo XXI *Joseph F. Engelberger*

96**ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE**

- 98 Energía solar *William Hoagland*
 102 Fusión *Harold P. Furth*
 106 La ecología industrial del siglo XXI *Robert A. Frosch*
 110 Técnica al servicio de la agricultura
Donald L. Plucknett y Donald L. Winkelmann
 115 Comentario: Hacia una ecología económica
Heinrich von Lersner

116**COMENTARIOS
CONVIVIR CON LAS NUEVAS TECNICAS**

- 118 Infraestructuras para la técnica *Arati Prabhakar*
 119 Proyectar el futuro *Donald A. Norman*
 120 Alfabetización digital *Richard A. Lanham*
 121 El negocio de la información *Hal R. Varian*
 122 El nuevo puesto de trabajo *Shoshana Zuboff*
 123 Limitaciones de la técnica *Robert W. Lucky*

SECCIONES**4** Hace...**126** Juegos matemáticos**128** Apuntes

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Portada: Tom Draper

Página	Fuente
10-11	David Scharf
12-14	Charles O'rear
15	Henryk Temkin AT&T Bell Laboratories
16	Richard Pasley
17	P. J. Griffiths, <i>Magnum</i>
18	Richard Pasley
19	P. J. Griffiths, <i>Magnum</i>
20-22	Michael Goodman
24	Jason Goltz
25	Laurie Race (<i>dibujos</i>), Steven E. Sutton, <i>Duomo (fotografía)</i>
28-29	Michael Goodman
30	Pattie Maes
34-34	Murray & Associates/Tony Stone Images
36-37	Tony Stone Images
40	Thyssen Henschel (<i>arriba</i>), Alsin Nogue, <i>Sygm (abajo)</i>
41	Georges Retseck
42-43	Dominik Obertreis, <i>Bilderberg</i>
44	Mercedes-Benz
45	Dominik Obertreis (<i>arriba</i>), Michael Rosenfeld (<i>abajo</i>)
46	Roger Tully, <i>Tony Stone Images</i>
48-49	Remi Benal, Gamma Liaison; Alan H. Epstein, Pratt & Whitney y David Scharf (<i>fotos de izda. a dcha.</i>); Jared Schneidman (<i>dibujos</i>)
50	Textron Specialty Materials
51	The Boeing Company
53	Slim Films
53	Z. Aronovsky, <i>Zuma</i>
54	NASA
55	Alex S. MacLean, <i>Landslides</i>
57	Foto de Jerome B. Ratther, Universidad de Calgary, coloreada por Andrew P. Leonard y Laurie Grace
60-61	George V. Kelvin
62	Jessica Boyatt
64-65	Roberto Osti
66	David J. Mooney
67	Jared Schneidman/JSD (<i>dibujo</i>) y Cygnus Therapeutic Systems
68	Tomo Narashima
69	Nancy J. Alexander
70	Ralph L. Brinster, Escuela de Medicina Veterinaria de la Univ. de Pennsylvania
74-75	David Scharf
76-77	George V. Kelvin (<i>dibujo</i>), George M. Whitesides (<i>fotografía</i>)
78	George M. Whitesides (<i>arriba</i>), Christoph Burki, <i>Tony Stone Images (centro)</i> y Neil Harding, <i>Tony Stone Images (abajo)</i>
79	Yuan Lu, Universidad de Harvard
80-81	David Scharf (<i>fotografía en color</i>), Universidad de Cornell (<i>en negro</i>)
82	Maria Sutton
83	Michael Goodman (<i>dibujo</i>), Analog Devices (<i>fotografía</i>)
84-85	Dimitry Schidlovsky
86	Etrema Products, Inc.
88	Bob Sacha
89	AP/Wide World Photos
90	Texas Center for Superconductivity, Universidad de Houston
91	Boris Starosta
92	David Scharf
93	American Superconductor
96-97	Barrie Rokeach
98-99	B. Rokeach, Alex S. MacLean, <i>Landslides (recuadros)</i>
100	Carey Ballard
102	Laboratorio de física del plasma, Princeton
103	Lab. de física del plasma, Princeton (<i>fotografía</i>); Laurie Grace (<i>dibujo</i>)
104	Roger Ressmeyer, <i>Starlight (arriba)</i> , Carey Ballard (<i>abajo</i>)
105	Roger Ressmeyer, <i>Starlight</i>
107	Rudi Christensen, <i>Gamma Liaison</i>
108	Louis J. Circeo, Instituto de Tecnología de Georgia
109	Karl Gude
110	Bruce Hands, <i>Tony Stone Images</i>
111	Miguel L. Fairbanks
112	Roberto Osti
113	Patrick Aventurier, <i>Gamma Liaison</i>
114	Maria Sutton
116-117	Composición digital de Tom Draper
126	Susan Bouners
127	Johnny Johnson

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Luis Bou: *Las incertidumbres de la innovación técnica, Microprocesadores del año 2020, Redes inalámbricas, Redes ópticas, Inteligencia artificial, Programas inteligentes, Realidad virtual y Juegos matemáticos*; J. Vilardell: *Satélites para el Tercer Mundo, Materiales autoensamblantes, Máquinas microscópicas y Hace...*; María Birulés: *Tren de alta velocidad, El automóvil: limpio y a medida y ¿Por qué trasladarse?*; M. A. Gómez Tierno: *Evolución del avión de línea y Vehículos espaciales del siglo XXI*; Santiago Torres: *Terapia génica*; Esteban Santiago: *Organos artificiales*; Ana M.ª Rubio: *Los anticonceptivos del futuro*; J. M. García de la Mora: *¿Un futuro mejor?*, *El negocio de la información, El nuevo puesto de trabajo y Limitaciones de la técnica*; J. P. Campos: *Energía solar y Fusión*; Joandomènec Ros: *La ecología industrial del siglo XXI, Técnica al servicio de la agricultura y Hacia una ecología económica*; A. Garcimartín: *Materiales inteligentes, Superconductores de alta temperatura y La robótica del siglo XXI*; Manuel Puigcerver: *Infraestructuras para la técnica, Proyectar el futuro y Alfabetización digital*

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, *Associate Editor*; Timothy M. Beardsley; W. Wayt Gibbs;

John Horgan, *Senior Writer*; Kristin Leutwyler; Madhusree Mukerjee;

Sasha Nemecek; Corey S. Powell; David A. Schneider; Gary Stix; Paul Wallich;

Philip M. Yam; Glenn Zorpette

PRODUCTION Richard Sasso

CHAIRMAN AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER John J. Hanley

CO-CHAIRMAN Dr. Pierre Gerckens

DIRECTOR, ELECTRONIC PUBLISHING Martin Paul

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 © 1995 Scientific American Inc., 415 Madison Av., New York N. Y. 10017.

Copyright © 1995 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

Los espacios en gris
corresponden a publicidad
en la edición impresa

Hace...

...cincuenta años

SCIENTIFIC AMERICAN: «Ya se están fabricando tiendas de oxígeno hechas de tela de etol para prematuros. Todavía en fase experimental, estas tiendas de plástico transparente facilitan una visión completa del bebé.»

«El lanzamiento del DDT para usos civiles generales ha desencadenado una riada de preparados que dicen contener ese insecticida, cuando lo portan excesivamente disuelto para que resulte efectivo. Los productores legítimos del insecticida expresan su temor a que experiencias desafortunadas con primeros preparados incorrectos de DDT, realizados por personas sin escrúpulos, puedan impedir su posterior aplicación para fines más valiosos.»

«Las tendencias de la guerra, avanza el general H. H. Arnold, se reducen a tres. Primera, aviones supersónicos; a esas velocidades, serán imposibles los combates aéreos que conocemos. Segunda, desarrollo de los misiles guiados; el perfeccionamiento de sus controles permitiría batir con precisión blancos de dos kilómetros cuadrados, o menos, en cualquier lugar del mundo y desde cualquier lugar del mundo. Tercera, grandes avances en la defensa antiaérea y misiles guiados; cada arma ofensiva nueva genera un arma defensiva y esto sigue siendo cierto aun en el caso de la bomba atómica.»

...cien años

SCIENTIFIC AMERICAN: «Afirmaba Charles Darwin que la lombriz común,

que el hombre desprecia y despreocupadamente pisotea, ha desempeñado en la historia del mundo un papel más importante de lo que la mayoría de las personas se imaginan. A través de los cuerpos de las lombrices pasan y se evacúan a la superficie, en forma de deyecciones, enormes cantidades de tierra. Se ha calculado que en muchos lugares se vierte cada año una capa de excrementos de cinco milímetros de grueso, equivalente a cuatro toneladas por hectárea.»

«Bajo los rifles de los cazadores el búfalo del Oeste no ha tardado en desaparecer. Los cazadores recibían entre 2,50 a 3,50 dólares por cada piel, que se exportaba a industrias peleteras, para fabricar correas de transmisión o arneses y fines similares. Las partidas de caza de más éxito se componían de un cazador y seis desholladores; en la empresa se embarcaron millares de hombres. Sólo en una de las estaciones del ferrocarril de Topeka y Santa Fe se despacharon en un año más de 750.000 pieles.»

«El gobierno federal ha estado experimentando en sus puestos militares con las así llamadas raciones condensadas. Las raciones distribuidas en Fort Logan se componían de café y sopa, solidificados en pequeñas tabletas; el pan era unas tortas aplastadas del peso y la dureza de las piedras. El tocino se presentaba enlatado. Los soldados salieron de marcha y consumieron los alimentos, pero tanto la marcha como la alimentación sufrieron un final repentino cuando más de la mitad de los hombres enfermaron antes de que transcurriera la mitad del tiempo asignado.»

«Escribe E. W. Scripture, de la Universidad de Yale: “He descubierto un método para proyectar imágenes con una linterna de modo que sobre la pantalla se muestren efectos de relieve. Hay que preparar unos lentes con el vidrio de un rojo especial para el ojo izquierdo y un verde especial para el ojo derecho, que se hacen con el vidrio verde que emplean los ferrocarriles. El relieve aparece tan real como en un objeto real. Cuando las imágenes son de tamaño natural, al observador le cuesta creer que no puede avanzar por la sombreada calzada que ve ante sí ni saltar a la embarcación que espera en la orilla”».

...ciento cincuenta años

SCIENTIFIC AMERICAN: «El vapor *Britannia* arribó a Boston el jueves pasado, habiendo realizado la travesía desde Europa en quince días. Los relatos acerca del fracaso general de las cosechas de patatas a causa de la úlcera, especialmente en Irlanda, son de naturaleza muy grave y alarmante.»

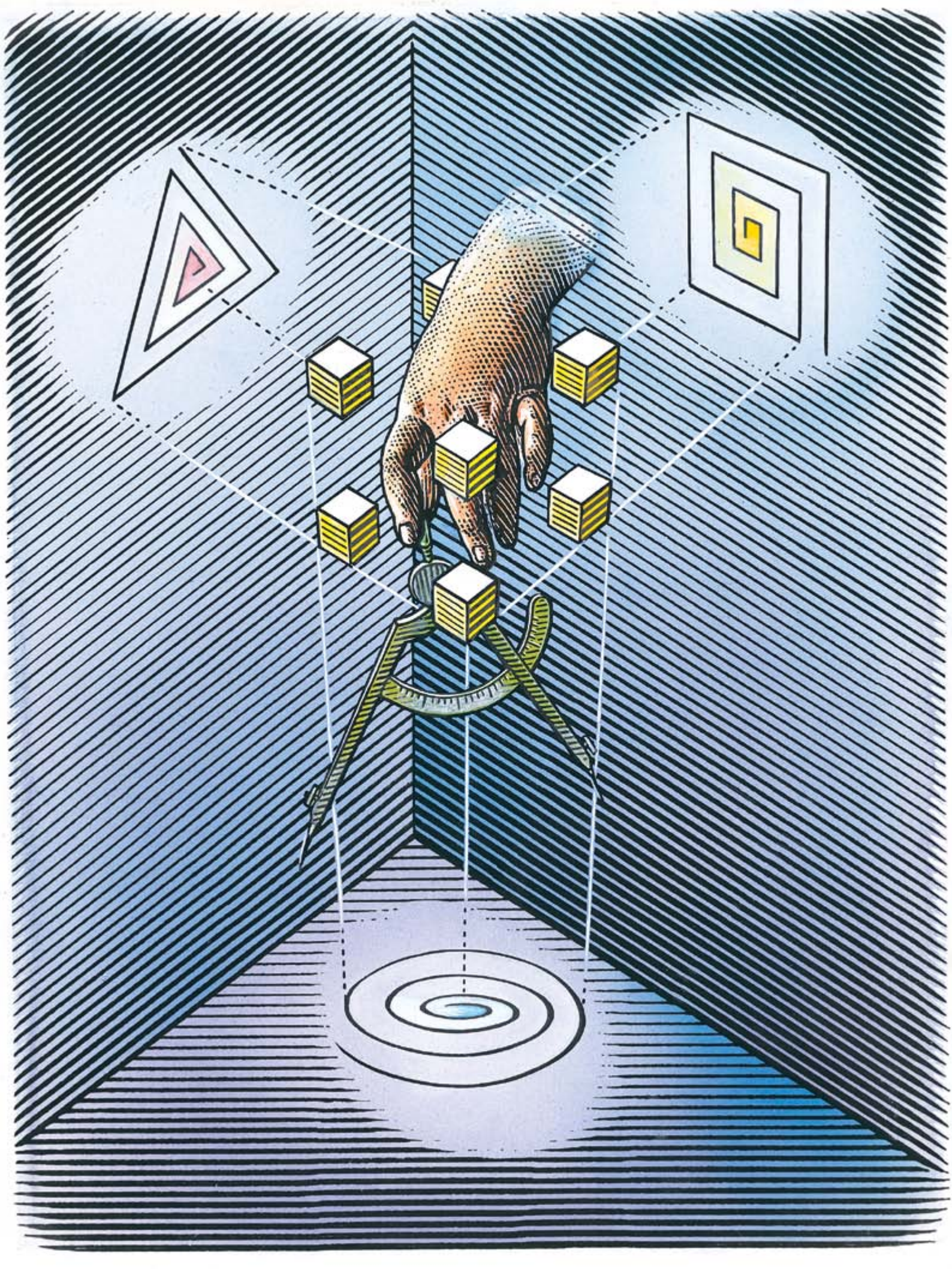
«Los directores y editores de varios diarios han rechazado los anuncios de tenderos y posaderos que comercien con licores alcohólicos. Así debería ser siempre; y hay que confiar en que todos los directores, especialmente aquellos que abogan por la causa de la templanza, se abstengan de ayudar al comercio de ron admitiendo anuncios de ese jaez.»

«Los periódicos del Oeste se quejan de los estragos de los ladrones procedentes de Nueva York. Será un error, aquí no parece faltar ninguno.»

«Se ha propuesto un nuevo procedimiento para tender las líneas del telégrafo magnético de un lado a otro de ríos y bahías: suspender en alto los cables mediante globos elípticos. Estos, de unos dieciocho metros de longitud cada uno, soportarían unos dieciocho kilogramos cada uno además de su propio peso. Se construirían de tela fina barnizada y se rellenarían de gas. Hasta cada globo se extendería un conducto de tres centímetros y medio de diámetro, mediante el cual podría reponerse ocasionalmente el gas del globo.»



El telégrafo magnético salvando un río



Las incertidumbres de la innovación técnica

Hasta los inventos e ideas geniales pueden tener tropiezos, y por contra, a veces, pequeños avances cambian el mundo

John Rennie

“El futuro ya no es lo que solía,” escribió Paul Valéry. No nos cuesta compartir su desencanto. A muchos de nosotros se nos aseguró, de niños, que un día viviríamos en un mundo de maravillas técnicas. El cine, la televisión, los libros y las exposiciones mundiales prometieron que el ocaso del siglo xx y los albores del XXI serían una edad de robots serviciales, coches voladores, colonias lunares, tráfico espacial, ciudades submarinas, videófonos de pulsera, ropas de papel y semana laboral de veinte horas.

Suele aducirse que incluso los pronosticadores mejor informados caen a veces en un desmesurado optimismo acerca de las perspectivas de éxito a corto plazo. Hace veinte años, por ejemplo, la construcción de un corazón artificial autónomo parecía ser meta razonable y factible a corto plazo; no empresa baladí, desde luego, pero sí al alcance. Después de todo, el corazón no es más que una bomba tetracameral; nuestros mejores ingenieros biomédicos habrían de saber construir una bomba. Pero la construcción de una bomba compatible con la delicadeza de los tejidos corporales y la sutileza de sus procesos químicos ha resultado inaccesible. Por muchos conceptos, mejor fortuna han tenido los cirujanos en el trasplante de órganos y a la hora de sojuzgar (por la fuerza bruta de los fármacos) las complejas reacciones de rechazo.

Desde los años cincuenta hasta los setenta, los investigadores en inteligencia artificial confiaban en su capacidad de simulación de otro órgano, el cerebro. Más humildes son en nuestros días: aunque su trabajo ha cosechado algún éxito, como los sistemas expertos en diagnóstico clínico y los grandes maestros de ajedrez electrónicos, se reconoce hoy que la reproducción de algo similar a la auténtica inteligencia humana es mucho más ardua.

Sin embargo, el problema fundamental del que adolecen muchas predicciones sobre la técnica es su simplismo, lo que las hace poco realistas. Una buena técnica tiene, por definición, que ser útil. Ha de poder sobrevivir a las dentelladas del mercado, de las condiciones sociales y económicas, de las políticas gubernamentales, de una deficiente temporización, de los caprichos de la moda y de todas las inconsistencias de la naturaleza y conducta humana. ¿Qué hipotéticos Nostradamus están dispuestos a tener en cuenta tal sinfín de contingencias?

Inventos que resultan inmensamente atractivos en sus propuestas, no son tan felices en la práctica. Uno de ellos

es la “mochila reactiva” de las historietas de Buck Rogers. En los años sesenta, incentivados por los militares, los ingenieros diseñaron y construyeron diversos prototipos. Gancho de películas como *Operación Trueno*, las mochilas voladoras representaban la encarnación de la libertad que la técnica más osada prometía para el mañana: ir volando al trabajo, a la escuela, al mercado... Pero consideraciones de índole práctica dejaron ancladas en tierra a las mochilas voladoras. Fue el peso del combustible lo que literalmente provocó que la idea se viniera abajo: el necesario para volar una distancia apreciable resultó enseguida excesivo para cargarlo a las espaldas.

Para que una técnica comercial pueda sobrevivir, no sólo ha de funcionar bien: tiene que ser competitiva en el mercado. En los ochenta fueron muchos los analistas convencidos de que la robótica industrial iba a alzar el vuelo. Los directores de las fábricas descubrieron, sin embargo, que la robotización de una línea de montaje implicaba mucho más que sacar las máquinas viejas e instalar en su sitio los nuevos robots. El cambio a robots entrañaba replantearse por completo las operaciones de la planta de manufactura. Fueron muchas las fábricas donde se instalaron robots con buenos resultados, especialmente en la industria del automóvil, pero los directores comprobaron que resultaba más económica la actualización con máquinas no tan versátiles ni inteligentes, aunque con mejor relación rendimiento-precio. (Los expertos discrepan todavía sobre si ulteriores avances en robótica acabarán por inclinar del otro lado la balanza.)

Muchos pronósticos coincidieron en la sustitución de los semiconductores de silicio por dispositivos más veloces contruidos con nuevos materiales (arseniuro de galio, por ejemplo) o por nuevas arquitecturas, como los conmutadores superconductores basados en uniones Josephson. Sin embargo, la enorme base de investigación y desarrollo asociada al silicio ha continuado refinando y perfeccionando la técnica existente. Resultado: es casi seguro que el silicio siga siendo el semiconductor preferido, al menos, durante el tiempo que sobreviva la técnica con que actualmente se fabrican los microcircuitos. También sus rivales encuentran ocupación, pero en “nichos” de aplicaciones especializadas.

Entre las presuntas aplicaciones comerciales de los vuelos espaciales se contaba el desarrollo de instalaciones de manufactura en órbita. Teóricamente, la ingravidez permi-

tiría que la fabricación de bolas para rodamientos, la acreencia de cristales de semiconductores y la purificación de fármacos fuesen mucho más perfectas. Pero el costo de los vuelos espaciales sigue siendo elevado, lo que entraña que la construcción de tales factorías y el acarreo hasta ellas de materias primas no sería ni sencilla ni barata. Y por otra parte, las mejoras en las técnicas utilizadas en tierra continúan devorando las ventajas de la construcción de instalaciones en ingravidez.

También las políticas y las decisiones gubernamentales pueden pesar mucho en el desarrollo de nuevas técnicas. La parsimoniosa lentitud de los gobiernos en lo concerniente a la normalización de equipos electrónicos y a la adjudicación de espectro electromagnético dicta, indirectamente, el ritmo y los resultados en el desarrollo de dispositivos electrónicos. Los contenciosos internacionales sobre la titularidad de los derechos mineros del subsuelo marino han mermado el incentivo para dedicar inversiones a la técnica de minería submarina.

Y en ocasiones, el valor de una técnica no salta a la vista hasta que otros inventos y descubrimientos menores, pero cruciales, lo sitúan en perspectiva. Los ordenadores personales aparentaban ser, durante muchos años, meras curiosidades para aficionados; hasta que Dan Bricklin y Mitchell Kapor inventaron las primeras hojas de cálculo, los ordenadores personales no pudieron demostrar su utilidad en la oficina y en la empresa. Los CD-ROM no han empezado a ser accesorios corrientes en los ordenadores personales hasta que el enorme tamaño de algunos programas, en particular, de las obras de consulta y los juegos interactivos, hicieron de los discos ópticos cómodos sustitutos de los discos flexibles.

En breve: la calidad abstracta de una innovación carece por completo de importancia. Haga mejor lo de siempre, construya una ratonera mejor y quizá todo el mundo venga corriendo hasta su puerta... si tiene la fortuna de que no se fabrique un ratón más astuto ni de que su artefacto quede atascado en las normativas sobre impacto ambiental o de crueldad para con los animales.

Evidentemente, son muchas las técnicas cuyo éxito ha desbordado todas las predicciones. Los transistores, por ejemplo, se tuvieron al principio por meros dispositivos de amplificación de señales de radio y, después, por robustos sustitutos de las válvulas termoiónicas. Sin embargo, siendo por naturaleza dispositivos de estado sólido, resultaba posible fabricarlos en masa y miniaturizarlos hasta límites impensables para las válvulas. Su fiabilidad tornaba factible la construcción de equipos más grandes provistos de un número de componentes mucho mayor. (Resultaría imposible construir un ordenador moderno cuyos conmutadores funcionasen con válvulas en lugar de transistores. No sólo sería demasiado lento a causa de su tamaño, sino que sus docenas de millones de válvulas fallarían con tanta frecuencia que la máquina estaría permanentemente averiada.)

La revolución microelectrónica ha sido fruto de estas ventajas. Podemos referir historias similares para los láseres, las fibras ópticas, los plásticos, los cristales piezoeléctricos y otros elementos indispensables en el mundo moderno. Muy tentador resulta el pensamiento de que la mayoría de las grandes innovaciones resultan imprevistas, por no decir imprevisibles. Así se lo recordaban Whitfield Diffie y John McCarthy en un debate público sobre el futuro patrocinado por SCIENTIFIC AMERICAN: "De haberse celebrado en 1895 un simposio sobre la técnica del siglo XX no se hubieran

mencionado ni los aviones, ni la radio, ni los antibióticos, ni la energía nuclear, ni tampoco la electrónica, los ordenadores o la exploración del espacio."

Si tantos peligros y ocultos escollos entraña el vaticinio del futuro, ¿por qué habría INVESTIGACIÓN Y CIENCIA de arriesgar un número a las técnicas clave del siglo XXI? En primer lugar, porque la técnica y el futuro han sido siempre la provincia de esta revista. Hace 150 años, cuando se fundó SCIENTIFIC AMERICAN, la revolución industrial estaba todavía, y en sentido literal, acumulando vapor. Por aquellos días aún no había nacido Edison ni Darwin había publicado *El origen de las especies*; aún no había llegado la teoría microbiana de las enfermedades, ni se había inventado el alto horno y el acero barato, ni se habían descubierto los rayos X; faltaba mucho para las leyes mendelianas de la herencia o para las leyes del electromagnetismo de Maxwell. Esta revista ha tenido el privilegio de informar sobre todos los principales avances técnicos acontecidos desde entonces.

En segundo lugar, parafraseando a Valéry, ahora el futuro no es ni cuando solía ser. El nuevo siglo —por no decir que el nuevo milenio— comienza dentro de menos cinco años (seis, para puristas en calendas). Será dentro de unos pocos decenios cuando las técnicas que ahora existen y que más prometedoras parecen, o bien maduren, o bien se pudran en la vida.

Al seleccionar las técnicas que habrían de figurar en este número optamos por prescindir de las puramente fabulosas y concentrarnos en las que más verosímelmente parecerían tener efectos vigorosos y duraderos sobre la vida cotidiana. "¿Cómo?", podrían exclamar ciertos lectores, "¿nada sobre astronaves más veloces que la luz? ¿Qué pasa con las píldoras de inmortalidad? ¿No dicen nada sobre equipos de clonación de uso personal?" Lo sentimos, aquí no tenemos.

La verdad es que al irse acumulando las técnicas unas sobre otras con paso desigual, resulta imposible predecir exactamente cuáles serán las regularidades que afloran. ¿Puede hoy alguien auténticamente prever cómo va a ser el mundo si, por ejemplo, la ingeniería genética madura en toda su medida? Si llega a ser posible la confección de organismos a la medida, capaces de cumplir cualquier función, ¿habrá alguien capaz de conjeturar el aspecto que ofrecerá una fábrica del siglo XXI?

Las nuevas técnicas plantean asimismo dilemas morales, difíciles problemas económicos, crisis de índole personal y social. Por ejemplo, dentro de unos diez años, cuando el Proyecto Genoma Humano haya quedado concluido, le resultarán transparentes a la investigación los fundamentos genéticos de cualquier problema. Los controvertidos aspectos genéticos de la inteligencia, la violencia y de otros rasgos complejos serán entonces susceptibles de escrutinio directo, y, a buen seguro, de manipulación. ¿En qué medida no resultarán transformados el fundamento y el ejercicio de la medicina, el derecho y el gobierno? Por este motivo, además de las piezas mecánicas del desarrollo tecnológico, los lectores encontrarán aquí comentarios de carácter más ensayístico que reflexionan sobre las consecuencias (lo mismo buenas que malas) del trabajo que se está desarrollando.

JOHN RENNIE dirige el equipo de redacción de SCIENTIFIC AMERICAN.

TECNICAS DE LA INFORMACION

