

Gran Crónica Océano del Siglo XX

1998 - 2000



OCEANO

¿El fin del trabajo?

La estructura económica y productiva de la sociedad ha marcado la forma de vida de las personas a lo largo de distintas épocas. A una sociedad de cazadores y recolectores sucedió en muchos lugares del mundo una sociedad agrícola y ganadera. Aunque se podrían establecer divisiones más detalladas, nadie pone en duda que el advenimiento de la sociedad industrial a lo largo del siglo XVIII representó un cambio sin precedentes en Europa. Hay quien habla todavía de otro cambio, que debió suceder a mediados del siglo XX: la llegada de la economía postindustrial o de la información.

En la sociedad de la información, los adelantos técnicos han permitido un salto adelante en la integración económica y la comunicación entre las distintas partes del planeta, al tiempo que han reducido considerablemente la necesidad de mano de obra en los sectores industriales, gracias a la mecanización. En una sociedad cada vez más saturada de bienes industriales, la economía se ha centrado de forma creciente en los sectores de los servicios, la información y el entretenimiento. La movilidad laboral, tanto geográfica como funcional,

ha sustituido al empleo fijo, y los trabajos intelectuales y de gestión (los de «cuello blanco», según una expresión común en inglés) se han impuesto sobre los manuales (los de «cuello azul»).

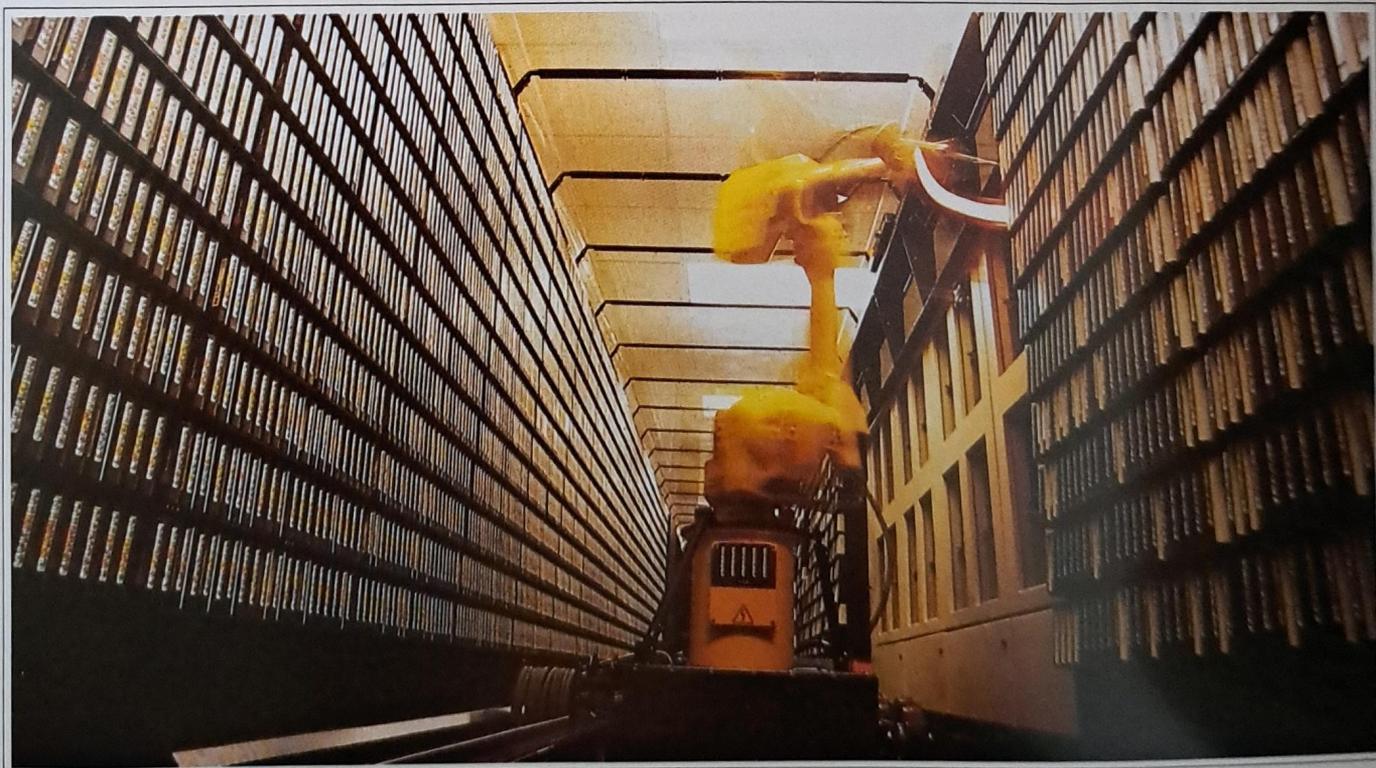
En la actualidad, un buen número de analistas prevén en un futuro próximo una nueva revolución en la estructura económica de la sociedad, y por lo tanto un cambio sustancial en la vida cotidiana de la mayoría de las personas. Tal revolución estaría vinculada a los avances de la tecnología en dos grandes áreas: la informática y la genética. Los ordenadores, y muy destacadamente Internet, han sido ya un elemento fundamental en los más recientes cambios en las relaciones económicas a nivel mundial. Sin embargo, la influencia de Internet y la computación en la sociedad no habría hecho más que empezar, pues el

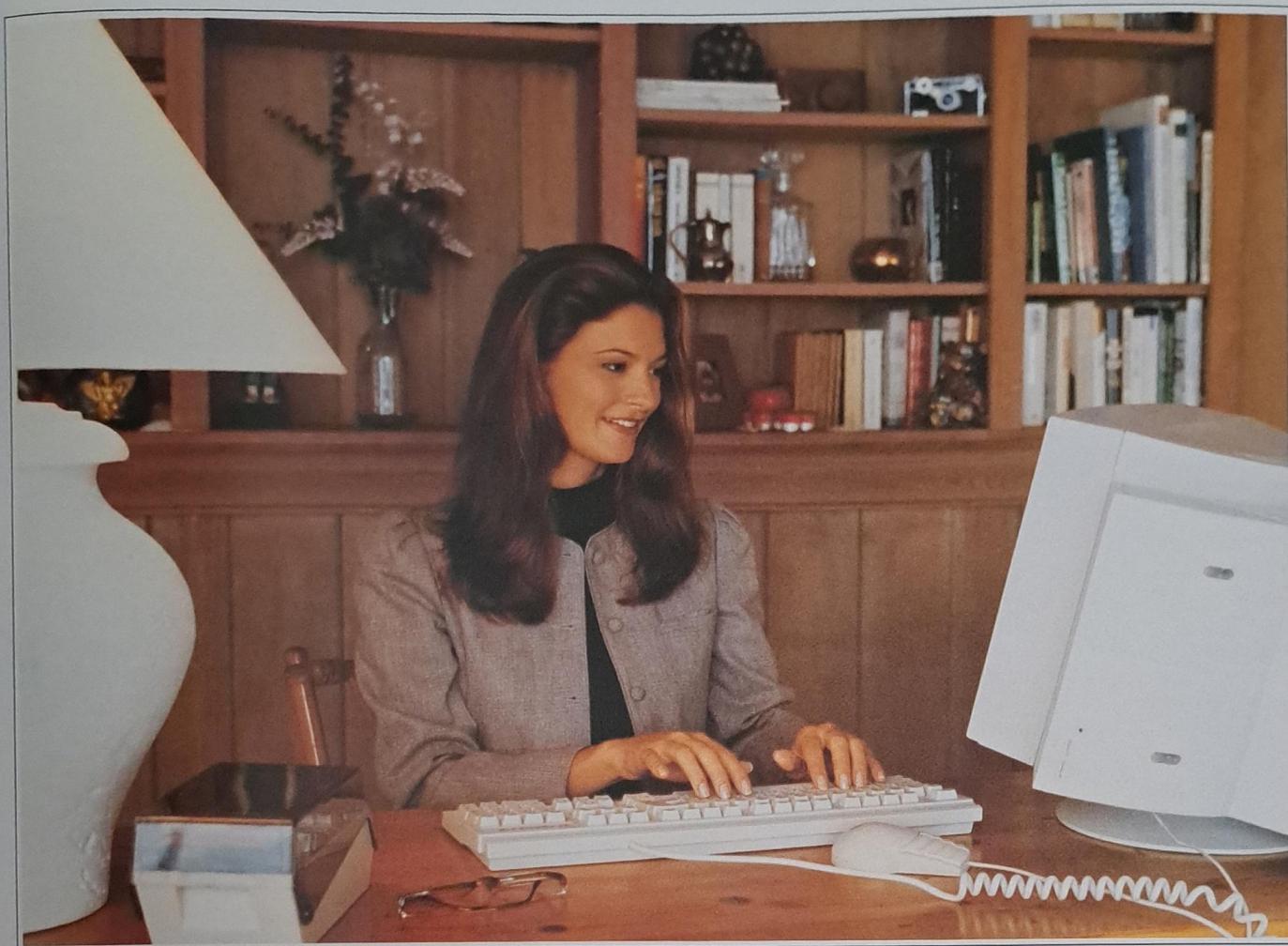
Los avances de la robótica auguran un proceso cada vez más rápido y extendido de sustitución del hombre por la máquina en numerosas tareas llamadas de «cuello azul». En la imagen puede verse un robot empleado para trabajar en tareas de archivo.

futuro parece anunciar el desarrollo de programas de gestión «inteligentes» y robots autónomos (a diferencia de los robots que dominan en la actualidad las cadenas de montaje industriales, que cumplen tan sólo tareas rutinarias). Por otro lado, el desarrollo de la genética ha dado lugar a multitud de especulaciones sobre el futuro, y han florecido etiquetas como la «biotecnología» o la «bioeconomía».

LA ECONOMÍA DEL FUTURO

En la nueva sociedad, un buen número (quizás la mayoría) de los trabajos de «cuello blanco» podrían desaparecer, o requerir una profunda remodelación, tal como ya sucedió hace algunas décadas con los trabajos de «cuello azul». Los nuevos programas de gestión podrían sustituir gran cantidad de puestos de trabajo administrativo, desde secretarios hasta gestores o contables. Por otro lado, la extraordinaria agilización en la difusión de la información que permite Internet, así como otras redes que se puedan crear entre empresas, podría terminar progresivamente con el privilegio de gran cantidad de intermedia-





rios, minoristas y distribuidores. Así, las empresas podrían entrar en contacto con sus proveedores de forma directa, y lo mismo se puede decir de los clientes con las empresas productoras: se suprimiría de un plumazo la inacabable lista de intermediarios en toda clase de transacciones.

La integración del proceso económico a nivel internacional puede promover a su vez una mayor especialización de la producción por áreas, con lo que aumentaría la interdependencia entre países y regiones, de la mano de las empresas transnacionales nacientes.

Por último, si hasta ahora la producción iba destinada al público masivo, la nueva economía tenderá a la creación de productos diferenciados para grupos específicos de consumidores, o incluso para cada cliente en concreto.

El clásico concepto de la oficina podría convertirse en obsoleto. En la actualidad, millones de personas en todo el mundo trabajan ya desde sus casas gracias a la posibilidad de comunicarse instantáneamente con su empresa a través de Internet. El lla-

mado «teletrabajo», en caso de imponerse, podría significar una revolución en las relaciones laborales y sociales entre las personas. La propia concepción urbanística de las ciudades cambiaría: desaparecería la separación entre zonas residenciales y de oficinas, los flujos de personas seguirían una lógica distinta (habría, por ejemplo, mucho menos tráfico, y el ocio se distribuiría de otro modo). Para los más entusiastas, el teletrabajo terminaría con la experiencia corriente de las jerarquías laborales, e incluso llevaría a una reformulación de las relaciones sociales y familiares.

Sin embargo, muchos defienden que en último término el aspecto social de la empresa (las reuniones, el trabajo en equipo) no puede cambiar. Lo que sí podría desaparecer serían las grandes salas de trabajo «de oficina», ruidosas y distribuidas en cubículos según la fórmula que cosechó tanto éxito en décadas anteriores. Las nuevas oficinas serían más pequeñas, con una mayor diversidad de entornos y una división menos rígida entre los espacios priva-

El «teletrabajo» es uno de los resultados de los avances de la informática y las telecomunicaciones. Permite una gran flexibilidad a la hora de definir los modelos de inserción laboral, lo cual puede tener importantes consecuencias en las relaciones familiares, laborales y sociales.

dos y los públicos. La tecnología llegaría a ser inseparable del mobiliario: pequeños chips identificativos en la ropa de los empleados permitirían que la música ambiental, la luz y la decoración se adaptaran a sus preferencias, así como un control centralizado del acceso a determinadas áreas de la oficina o a ciertas bases de datos al personal autorizado.

Dentro de esta misma lógica, y si se amplía la perspectiva a unas cuantas centurias, se puede llegar a especulaciones aún más aventuradas. En el caso de que algún día se convirtieran en realidad los sistemas expertos de gestión y toma de decisiones en los más diversos ámbitos de actividad, o, lo que es lo mismo, si finalmente se alcanzara la inteligencia artificial, se podría llegar



La clásica estructura de la oficina, ordenada según espacios individuales, como la que se ve en la imagen, podría dejar paso en un futuro ya próximo a un modelo más flexible donde el trabajo se realizara en parte desde casa y en parte de forma presencial, en espacios diseñados sobre todo para el trabajo en equipo.

a un proceso continuo de sustitución del hombre por la máquina en ámbitos de una creciente exigencia intelectual. Al final, hay quien habla incluso de una auténtica «sociedad de jubilados», en la que las personas se dedicarían a diversas actividades de ocio y entretenimiento. Sin embargo, nadie negará que parece demasiado bonito para ser cierto.

LA BIOECONOMÍA

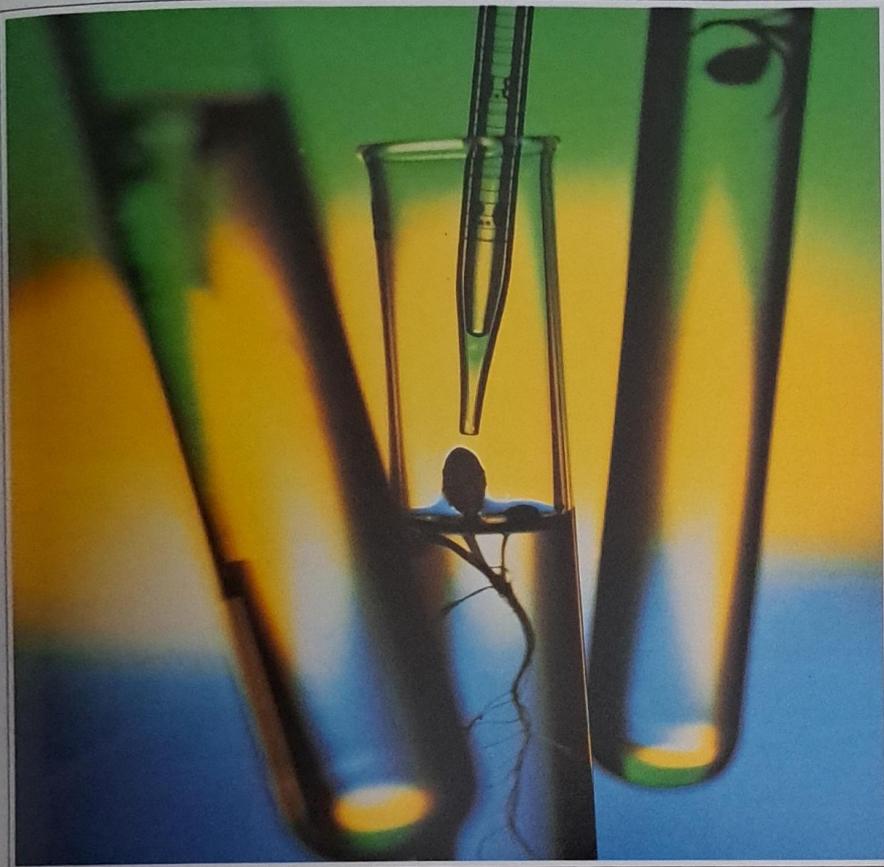
Los recientes y espectaculares avances de la genética anuncian también cambios

sustanciales en la sociedad. A partir del descubrimiento de la estructura del ADN en 1953, realizado por James Watson y Francis Crick, y de la creciente experimentación en campos como la clonación (cuyo hito más espectacular fue la clonación de la oveja Dolly, en 1997) o la manipulación genética, se abre un campo lleno de posibilidades para la explotación industrial. A medida que se vayan alcanzando los objetivos del Proyecto Genoma Humano en los primeros años del siglo XXI, y se perfeccionen las técnicas de secuenciación y el conocimiento de la estructura del ADN, dichas posibilidades se irán convirtiendo en realidad.

Los primeros sectores de la economía que recibirán el influjo de los nuevos avances en genética serán la medicina, la farmacología, la agricultura y la industria alimentaria. En primer lugar, la medicina se irá convirtiendo de forma progresiva en un servicio preventivo, más que un servicio de

trato al enfermo. Los grandes hospitales dejarán paso a las consultas personalizadas, la mayoría de ellas realizadas a distancia, a través de las cuales el médico instruirá al cliente (que no será todavía un paciente) sobre el mejor estilo de vida de acuerdo con su predisposición genética a las distintas enfermedades. Por otro lado, aparecerán nuevas técnicas de tratamiento, como la terapia génica, y se habla incluso del cultivo artificial de órganos para los trasplantes. De forma parecida, numerosos productos farmacológicos serán cultivados en granjas especiales.

La explotación agrícola y en general la producción alimentaria cederá a los nuevos avances en la manipulación genética, lo cual permitirá una mayor eficacia en la producción (se evitarán las plagas y se aumentará la productividad de las plantas), así como la elaboración de alimentos «de diseño». Con todo, esta evolución se verá contestada por la resistencia social ante el



Los avances en la genética influirán también en la agricultura. La «micropropagación» permite cultivar en laboratorio plantas genéticamente idénticas a partir de pequeños tejidos o incluso de la célula de una planta «madre».

puede facilitar a terceras personas (por no hablar de entidades públicas o la propia empresa) el acceso a una información antes oculta. La creciente preocupación que genera la seguridad en Internet es una buena muestra de este riesgo.

Por otro lado, la biotecnología toca cuestiones muy problemáticas desde el punto de vista ético. No es sólo que exista el riesgo de alteraciones inesperadas y perniciosas en el entorno natural o en la salud de las personas. La propia realización de manipulaciones genéticas en los seres humanos trae consigo graves implicaciones de tipo ético. Piénsese tan sólo en la eugenesia, un programa de «saneamiento» social que gozó de un importante reconocimiento a principios del siglo xx, y que derivó en prácticas que todo el mundo considera hoy inmorales. ¿Hasta dónde se puede llegar? Ésta es la principal pregunta que deberá responder la sociedad en las próximas décadas.

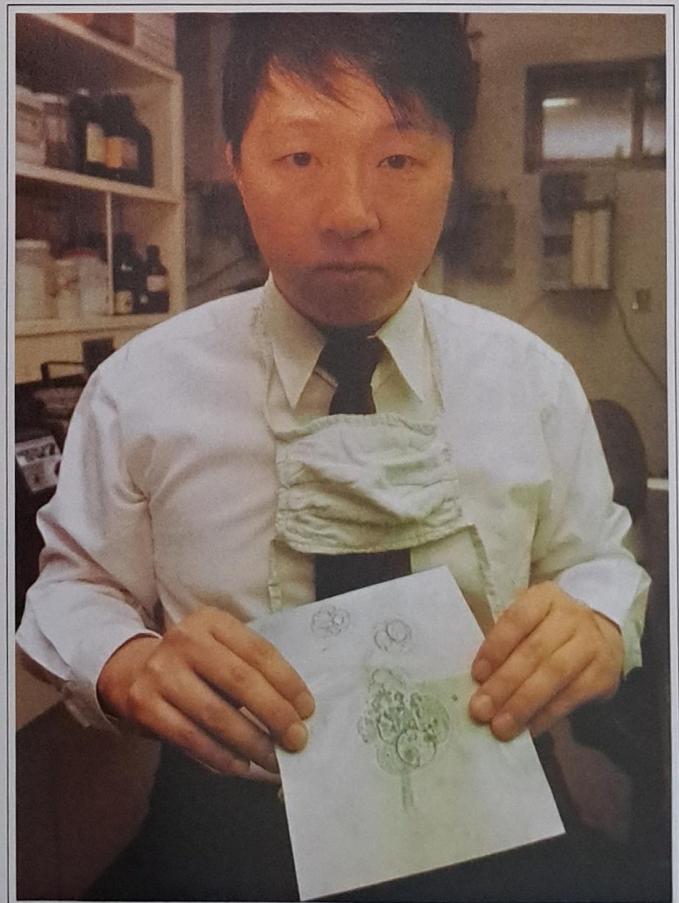
peligro de provocar efectos laterales no deseados en los diversos ecosistemas naturales o sobre la salud pública, de un modo parecido a como la implantación de la energía nuclear se ha visto frenada y equilibrada en las últimas décadas por la presión de la opinión pública, a la vista de sus riesgos.

En estadios posteriores de este proceso, la biotecnología podría comenzar a infiltrarse en otros ámbitos de la economía. Las industrias químicas tendrían que ceder buena parte de su privilegio a la hora de producir los diversos materiales empleados en nuestra economía a la naciente industria bioquímica. Por otro lado, la computación podría llegar a integrar también, algún día, componentes orgánicos.

¿UN MUNDO FELIZ?

Ante estas perspectivas sobre el futuro que abre la tecnología, parece claro que la mayor parte del debate público girará en torno a dos grandes cuestiones. Por un lado, el auge de la informática y la ubicuidad de los ordenadores ponen seriamente en riesgo la intimidad de las personas. La introducción de redes informáticas en los más diversos entornos de la vida cotidiana, desde la oficina hasta la propia vivienda,

El doctor Lee Bo-yeon ha dedicado sus investigaciones al desarrollo de técnicas de clonación que permitan obtener órganos humanos aptos para el transplante, en la Universidad Kyung-hee de Corea del Sur. Los avances de la biotecnología han provocado también preocupación por las implicaciones éticas que conllevan.



El futuro está en la red

A lo largo de las últimas décadas, Internet se ha ido introduciendo en la vida corriente de un buen número de personas y se ha convertido en una herramienta indispensable no sólo para el entretenimiento o la comunicación, sino para la información y los servicios en el sentido más amplio: se prevé que en los próximos años pase a ser una pieza imprescindible en la actividad económica. En el año 2000 existían alrededor de 1 000 millones de páginas *web* en la red, según el estudio realizado por el NEC Research Institute, mientras que sólo un año antes había unos 800 millones. Este ritmo frenético de crecimiento se refleja también en el número de usuarios de Internet: si en 1996 eran 40 millones de personas en todo el mundo, en el año 2000 la cifra ha ascendido hasta los 300 millones y se calcula que en 2005 se podrían alcanzar los 1 000 millones de internautas. El ritmo de crecimiento parece que podría incluso aumentar en las próximas décadas, pues por sus propias características Internet gana en atractivo y potencial cuanto más gente participa.

La distribución de las cifras sobre acceso a Internet presenta sin embargo algunos desequilibrios: más del 40 % de los usuarios se hallan en Estados Unidos, seguido en número de internautas por Ja-

pón, Gran Bretaña, Canadá, Alemania, Australia, Brasil, China, Francia y Corea del Sur, por citar sólo los primeros países de la lista. Ello basta para demostrar el acceso privilegiado de los países desarrollados a Internet, aunque se pueden ofrecer otros indicativos: según el mismo estudio del NEC Research Institute, más del 80 % de las páginas están escritas en inglés. Estas diferencias pueden contribuir a aumentar todavía más la brecha entre países desarrollados y países en vías de desarrollo, donde las familias no se pueden permitir un ordenador personal. En este sentido, hay quien aboga por un desarrollo de Internet a través de la tecnología inalámbrica de los teléfonos móviles, y sobre todo por la extensión de los llamados *cibercafés*, donde el acceso a la red es público. El abaratamiento de los costes y la adaptación de los contenidos a personas en situaciones socioeconómicas bien diferentes representa uno de los principales caballos de batalla en el desarrollo de Internet.

¿DEMOCRACIA O CAOS?

Si a finales de los años sesenta ARPANET (origen de la actual «red de redes») era un programa militar pensado para mantener la comunicación entre organis-

mos clave como universidades y diversas instancias del gobierno de Estados Unidos en caso de holocausto nuclear, en los años siguientes el protagonismo pasó a los científicos; finalmente, gracias a la introducción de contenidos multimedia y el sistema de hipertexto con la World Wide Web, desarrollada en 1989 en el CERN, Internet se generalizó entre el público. En la actualidad, el 20 % de los hogares en los países desarrollados están conectados a la red. Sin embargo, el acelerado crecimiento de Internet no está exento de problemas. En un principio, ARPANET se diseñó para situaciones de crisis, en las cuales lo importante era que la comunicación se mantuviera a pesar de los daños que hubiera sufrido una parte u otra del sistema. Por este motivo, no se impusieron controles ni sistemas de vigilancia y censura: cualquiera de ellos podría bloquear la red en el momento de la crisis. El problema es que en la actualidad Internet debe servir a otra clase de fines, en especial fines comerciales, de servicios y de acceso a la información. Aunque muchos lo consideran un éxito de la democracia real, lo cierto es que Internet constituye hoy en día un verdadero caos. Encontrar la información que uno busca exige la mayoría de las veces una buena cantidad de tiempo y paciencia para

El uso de Internet está muy extendido en Estados Unidos, donde la compra por ordenador se ha convertido en habitual en muchos lugares. En la imagen se ve a una persona mayor frente a su ordenador personal, en el pueblo de Blacksburg.





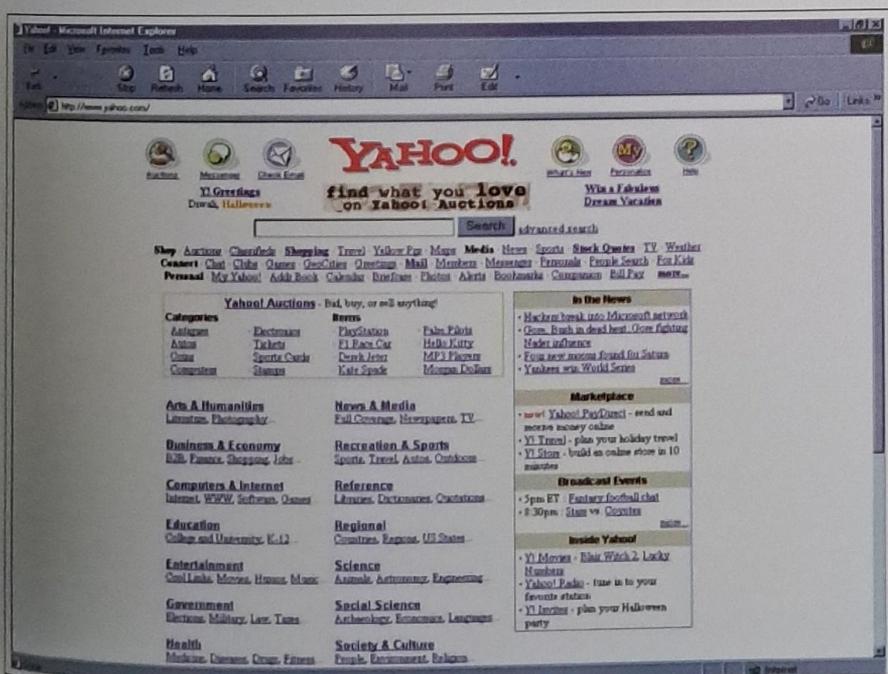
Pub Cyberia, en Londres, donde se ofrece a los clientes el acceso a Internet. Este tipo de «cibercafés» para conectarse a la red han tenido un gran éxito tanto en Europa como en otros lugares del mundo.

descubrir el camino correcto entre la ingente cantidad (por lo común, unos miles de páginas web) de resultados indeseados y de información «basura».

La urgencia de estos mecanismos de clasificación y control viene avalada por el

éxito espectacular que obtuvieron los primeros directorios que se crearon para Internet, que convirtieron de la noche a la mañana en millonarios a los fundadores de compañías como Netscape o Yahoo. En un entorno cambiante de 1 000 millones de páginas web, tales directorios deben ser actualizados constantemente: se estima que en todo momento una quinta parte de los hiperenlaces existentes en la red no llevan a ninguna parte, por lo general porque la página ha cambiado de dirección. Tales problemas podrían resolverse con la introducción de «agentes inteligentes» en la red, es decir, gracias al desarrollo de programas informáticos «inteligentes», capaces de filtrar y clasificar toda la información presente en cada momento y responder de forma adecuada a las demandas específicas de los usuarios. Por el momento, sin embargo, los seres humanos siguen siendo irremplazables en esta tarea.

Los diversos portales ofrecen las herramientas básicas para el acceso a las informaciones y servicios de Internet: buscador, chat, e-mail, etc. El portal de Yahoo! es uno de los más visitados. Los creadores de compañías como ésta se han hecho millonarios de la noche a la mañana.



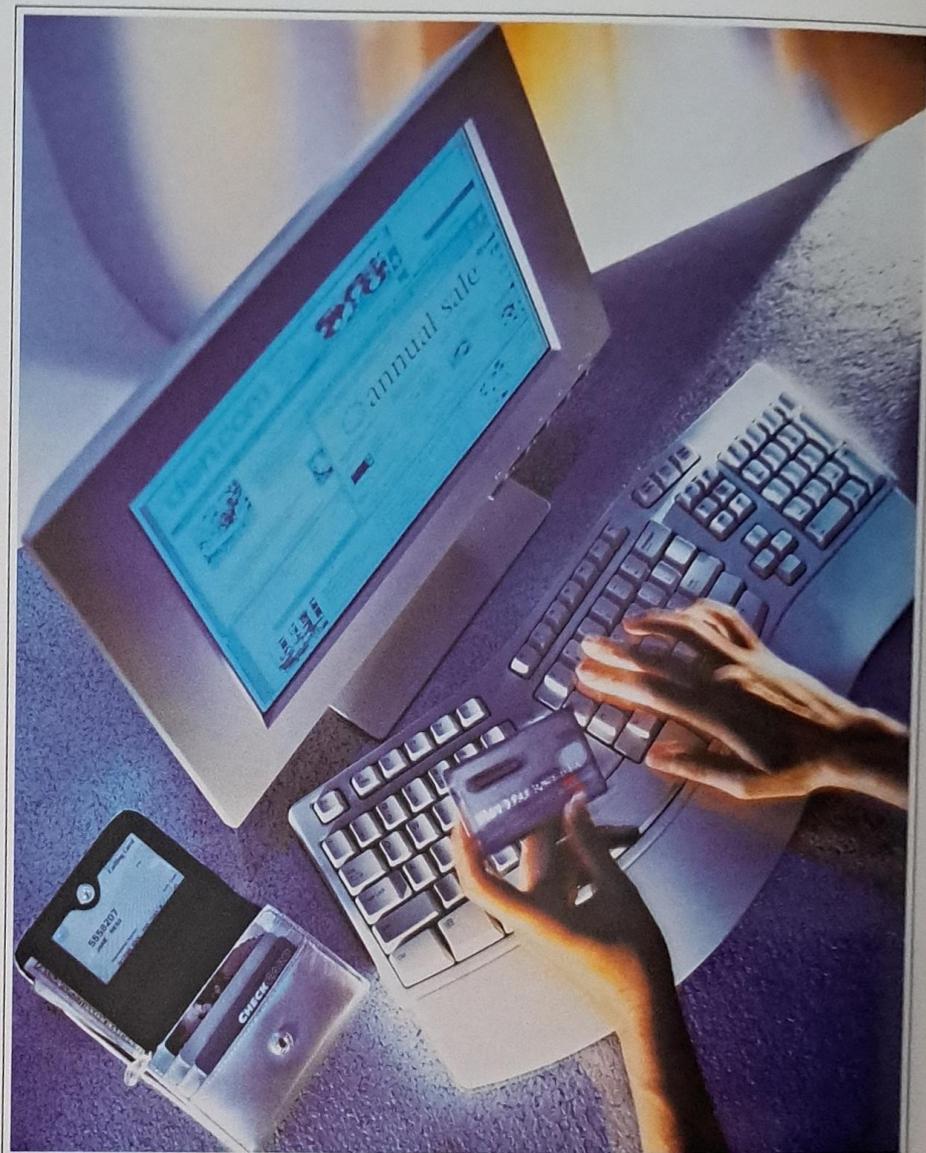
La compra por Internet ofrece grandes ventajas al consumidor, y podría representar una seria competencia para los actuales modelos de distribución comercial basados en las grandes superficies.

Los buscadores automáticos que ofrecen los diversos portales de Internet se basan en la localización de palabras clave seleccionadas por el usuario, y son todavía escasamente selectivos. Para complementar estas carencias, los principales portales disponen de importantes plantillas de personal encargado de localizar y clasificar diariamente la información en la red.

EL PROBLEMA DE LA SEGURIDAD

Otra cuestión que preocupa de forma creciente a usuarios y compañías es la seguridad en Internet. En los últimos años ha adquirido relevancia pública una figura antes desconocida: el *hacker*. Capaz de provocar pérdidas millonarias a las grandes empresas y de paralizar la actividad de oficinas y entes públicos de toda clase, el *hacker*, que a menudo no llega a la mayoría de edad, lleva a cabo sus destructivas razzias en la red por motivos meramente lúdicos o bien por una difusa ideología antisistema. Todo ello es bien común y prácticamente inocuo en la mayoría de adolescentes, aunque Internet pone a su alcance un poder antes inimaginable. En los últimos años, virus informáticos como el *Melissa* o el *I love you*, que se difundían por la red empleando las propias direcciones de correo electrónico almacenadas en el ordenador infectado, han causado graves daños a particulares y empresas y paralizado la actividad en las oficinas e incluso en los despachos ministeriales de un buen número de países: el *I love you* causó unas pérdidas estimadas en 10 000 millones de dólares en tiempo de trabajo, y llegó a bloquear el 70 % de los ordenadores en países como Alemania.

En un mundo cada vez más dependiente de Internet, no es extraño que la seguridad en la red se haya convertido en una cuestión de gran importancia. Con todo, los creadores de antivirus (las firmas más importantes, conocidas como *Big Three*, son McAfee, Symantec y Computer Associates) poco más pueden hacer que reparar en parte los daños ya provocados, en gran medida a causa de la velocidad a la que se difunden los virus a través de la red: dos horas tardó el *I love you* para extenderse por todo el mundo, frente a las seis del an-



terior *Melissa*. Mientras algunos abogan por un endurecimiento de la legislación a nivel internacional, otros ponen en duda la eficacia de tales medidas, y aconsejan un aumento en los sistemas de control y vigilancia por parte de entidades públicas. Tras el «ataque» dirigido en agosto de 1999 por parte de un grupo de *hackers* contra la Universidad de Minnesota, cuyo sistema informático permaneció bloqueado durante días, la agencia estatal estadounidense NIPC (Centro Nacional de Protección de Infraestructura), con la colaboración de diversas universidades y compañías especializadas en seguridad de la red, se puso a trabajar para evitar situaciones parecidas. A pesar de ello, en febrero del año 2000 varios de los sitios comerciales más importantes, entre ellos Yahoo, fueron bloqueados por un ataque de similares características. Y la «cibercriminalidad» no cesa de aumentar: en una encuesta realizada por el FBI en el año 2000 sobre más de 600 em-

presas, el 90 % reconocieron haber sufrido invasiones informáticas en los últimos doce meses, mientras el 74 % admitieron haber perdido dinero por esta causa. Por todo ello existen cada vez más voces en todo el mundo que abogan por introducir una mayor vigilancia y control en la red, lo cual probablemente exigirá un cierto grado de intervención pública a nivel internacional.

No menos importante resulta el riesgo que representa Internet para los derechos de propiedad intelectual. Las compañías discográficas han sufrido durante años la sangría económica que representaba Napster, una página desde la que se podía obtener música gratis. Aunque finalmente las grandes firmas han logrado protección en los tribunales frente a esta compañía, en la siguiente ocasión (MP3.com) han optado por llegar a un acuerdo. Sin embargo, las amenazas en este sentido no cesan de aumentar: recientemente se ha puesto en

circulación un programa revolucionario, *Freenet*, el cual permite un completo anonimato en la transferencia de información. No sólo los derechos de *copyright* se ven amenazados por la extraordinaria libertad que permite Internet: el comercio ilegal de pornografía infantil o incluso grupos terroristas pueden sacar provecho de ella, tal como se ha denunciado ya en varias ocasiones.

LA FIEBRE DEL ORO: EL E-COMMERCE

Poca gente hoy está dispuesta a poner en duda que el comercio electrónico, llamado en inglés de forma coloquial *e-commerce*, será el siguiente paso en la revolución de Internet, y que traerá consigo grandes cambios en la actividad económica. El comercio entre empresas (el B2B) se verá agilizado y permitirá la relación directa en-

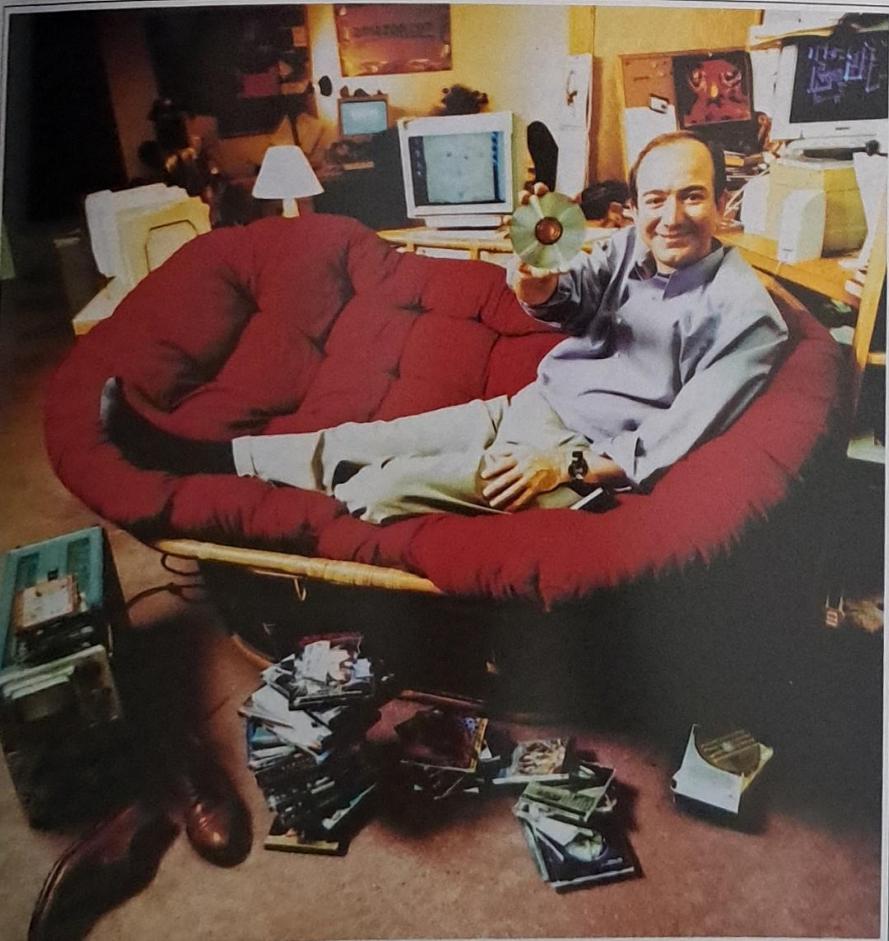
tre empresa y proveedores, sin necesidad de intermediarios. La empresa estadounidense General Motors ha sido pionera a la hora de establecer un portal para sus proveedores donde éstos pujan por el mejor precio en una subasta a tiempo real, lo cual permitirá, sin duda, un abaratamiento en los costes. A este portal se han sumado ya Ford y DaimlerChrysler, y otras empresas automovilísticas planean hacerlo en breve, en lo que puede considerarse una tendencia imparable.

Por lo que respecta a las relaciones entre la empresa y los consumidores finales (el B2C), Internet permite dos innovaciones revolucionarias: la publicidad personalizada y la elaboración del producto a la carta. Si el mercado se caracterizaba hasta hace muy poco por los productos estándar dirigidos a un consumidor-masa, a partir de ahora éste podrá definir el producto de acuerdo con sus preferencias, tras lo cual la

empresa transmitirá al proveedor sus indicaciones y remitirá el producto terminado a su destinatario en un brevísimo lapso de tiempo, todo ello sin necesidad de acumular los temidos *stocks*. La empresa Nike, por ejemplo, ha comenzado ya a producir zapatillas bajo pedido. Del mismo modo, la publicidad se podrá dirigir a cada cliente en concreto, adaptarse a sus gustos y evolucionar con él a lo largo de su vida. Pionera en este sentido ha sido Amazon, la librería electrónica más importante de Internet, que realiza propuestas al cliente en función de sus compras previas o de las preferencias manifestadas por otros consumidores con intereses parecidos al suyo. El comercio electrónico abre la posibilidad de un cambio radical en la forma de entender las relaciones entre empresas y entre empresa y cliente, por no hablar de la relación de la empresa con sus trabajadores, si se tiene en cuenta el éxito que ha tenido en todo el mundo el llamado «teletrabajo».

A lo largo de 1999, los ingresos de las empresas ligadas a Internet en Estados Unidos aumentaron un 62 % y crearon 650 000 puestos de trabajo. En el año 2000 dan trabajo a 2,5 millones de personas, y su ritmo de crecimiento no parece que haya de disminuir, a pesar de la caída experimentada en abril por el Nasdaq, el principal mercado financiero donde se negocian los valores de las empresas vinculadas con las nuevas tecnologías, que ha terminado con una efervescencia inicial quizás desmedida de inversiones y proyectos. Estados Unidos es sin duda el país pionero en la implantación de Internet y del *e-commerce*, y no falta quien relaciona su crecimiento económico y sin inflación de los últimos cinco años con el aumento de productividad que han permitido Internet y las nuevas tecnologías. Una tendencia que no tardará en imponerse a los demás países: en un país como España, un 16 % de las empresas tenían presencia en Internet en el año 2000, y un 9 % vendían directamente a través de la red.

Jeff Bezos, fundador de Amazon.com, considerada la mayor distribuidora de libros y música por Internet. En la actualidad esta empresa busca consolidar su posición en el mercado mediante la diversificación de su oferta.



El arte y la tecnología

A lo largo del siglo xx, las principales tendencias artísticas han avanzado en una dirección común: la eliminación de las barreras tradicionales entre géneros y formas artísticas, así como entre el artista y el espectador, y entre el arte y la vida real. Ya en las primeras vanguardias, experimentos como los caligramas de Guillaume Apollinaire mezclaban la imagen y el texto de forma innovadora. El cubismo sintético y los primeros *collages* constituyeron las más tempranas transgresiones de la distancia clásica entre el mundo real y su representación artística, una distancia que será cada vez más tenue a partir de la aparición del *happening* y de la *performance*. Ya en los años setenta, el movimiento situacionista convirtió la fractura entre arte y vida en el objeto principal de su crítica. En esta misma línea, se desdibuja la separación entre la obra y los espectadores, no sólo en el caso del *happening* sino en otros géneros artísticos de nueva aparición, como las instalaciones. La disolución progresiva del concepto de autor y de intencionalidad de la obra puede remitirse al automatismo creativo que propugnaba el primer manifiesto surrealista, o, años más tarde, al movimiento del *action painting*, que privilegiaba el momento de la creación sobre las intenciones previas del autor o incluso sobre el resultado final.

En el marco de estas tendencias, las nuevas tecnologías ofrecen posibilidades antes insospechadas para la interactividad o para la combinación de diferentes medios expresivos en la misma obra. Sin lugar a dudas, Internet es el proyecto que más puertas abre a la futura evolución artística, no sólo por las nuevas herramientas que pone en manos del creador, sino también, y de forma muy especial, porque permite un nuevo acceso del público al arte, distinto de los canales habituales como el museo o la galería. A través de Internet, la obra puede rebasar el restringido círculo de los entendidos y acceder a un público amplísimo, repartido por todo el

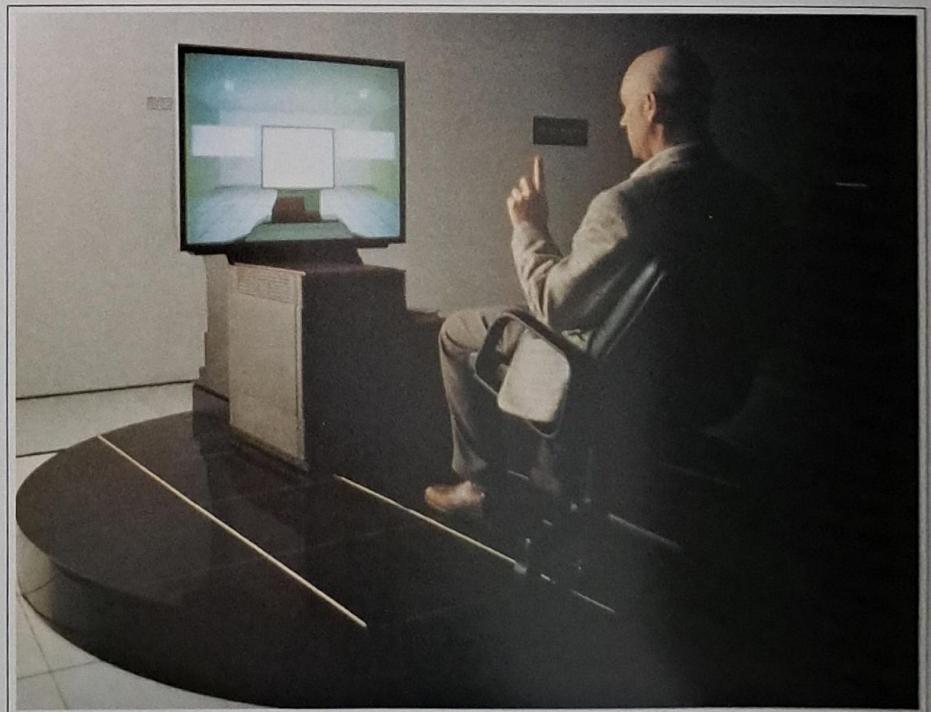
mundo. Si uno de los más penetrantes teóricos del siglo xx, Walter Benjamin, saludó la llegada de una nueva etapa para el arte gracias a la reproductibilidad que permitían nuevas tecnologías como la fotografía o el cine, Internet representa sin duda un paso más en este proceso de recreación del concepto de obra de arte.

EL NET.ART

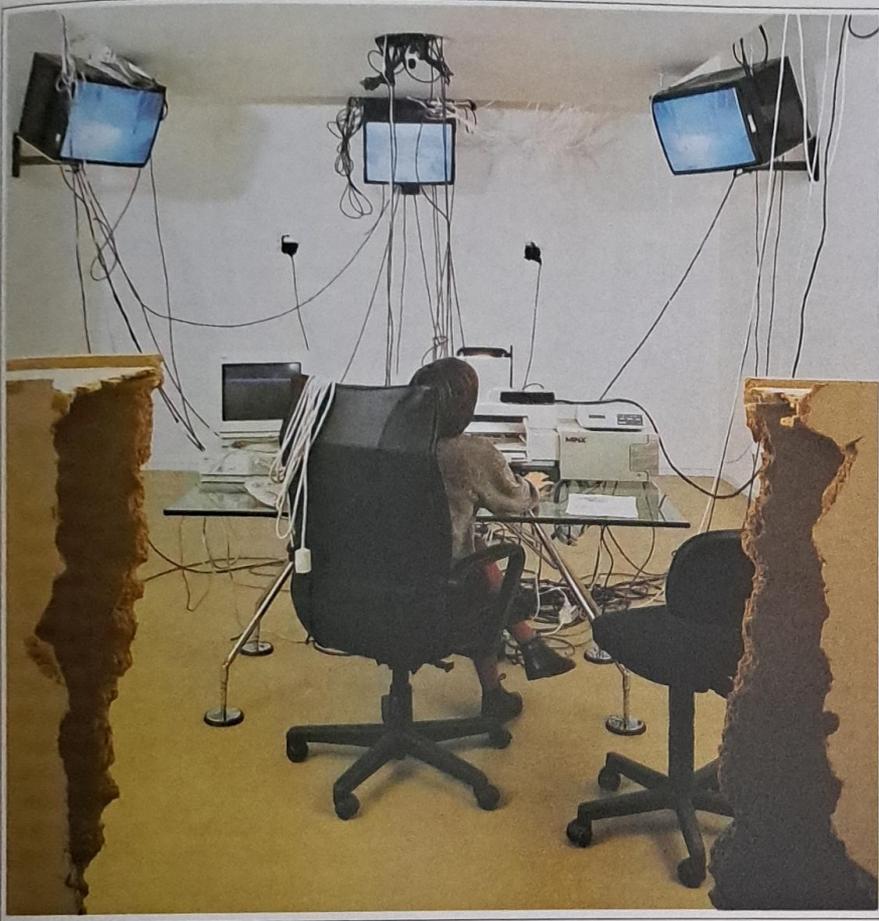
A partir de 1994, se asiste a una auténtica explosión de proyectos artísticos diseñados especialmente para Internet, y a un creciente interés por parte de las plataformas convencionales. Ya en estos primeros años, la exposición anual Arco de Madrid dedica un espacio al *net.art*, llamado Arco Electrónico, y en 1997 la prestigiosa Documenta X de Kassel incluye varios proyectos. A partir de esto, el *net.art* comienza a llamar la atención de los museos y se organizan las primeras exposiciones *online*. Si en sus inicios el arte en Internet se distingue por su carácter efímero y por la completa independencia respecto de criterios comerciales, en 1998 tiene lugar la exposición virtual *Obras del Período Heroico*, en la primera galería de *net.art* en Internet, Art. Teleportacia, donde figuras

como Olia Lialina, Shulgin, Jodi, Vuk Cosic y Heath Bunting ponen sus obras a la venta. Ante esta reintroducción de la lógica comercial, reacciona, sin embargo, el influyente grupo de Luther Blisset, que reivindica el espíritu de los primeros años en la página 0100101110101101.org (1999).

Las obras de *net.art* tienen como objeto principal la propia red de Internet y las posibilidades que abre, según la definición de Benjamin Weil, *curator de media art* en el Museo de Arte Moderno de San Francisco. El cuerpo humano, convertido en un cuerpo virtual que puede ser manipulado y rediseñado por el usuario, es el protagonista de *Bodies INCorporated* (1996), de Victoria Vesna. Otro tema recurrente en las obras de *net.art* es la preocupación por el caos de la información y su pérdida de sentido: en *Remedy for Information Disease* (1996), Alexei Shulgin presenta un menú de imágenes preseleccionadas que permiten una interacción perfectamente banal, mientras que Mark Napier pone a disposición del visitante un vertedero virtual de información, *Digital Landfill* (1998), donde van a parar *e-mails* anticuados y toda clase de archivos y textos inútiles, que deberán servir como abono para una todavía mayor proliferación de texto. Finalmente,



El museo virtual es una obra realizada por Jeffrey Shaw en 1992 que explora las posibilidades de la realidad virtual generada por ordenador. Se halla actualmente en el Centro de Arte y Nuevos Medios de Karlsruhe (Alemania).



En la instalación titulada *El estado institucional*, realizada por Julia Scher en 1995, su creadora emplea la técnica de la videoconferencia para acercar dos espacios tan distintos como son la prisión y el museo.

NUEVAS FORMAS NARRATIVAS

Si existe algún campo en el que Internet permite una revolución radical es la literatura. El carácter lineal de la narración y la pasividad del lector resultan evitables por primera vez gracias a la publicidad y la interactividad de la red. Así, ya en 1994 Douglas Davis pone en marcha el proyecto *The World's First Collaborative Sentence*, un texto que ha venido creciendo desde entonces a partir de las aportaciones de los visitantes. Thomas Blazer, por su parte, propuso en 1996 un *thriller* interactivo basado en referentes cinematográficos y que permite la reconstrucción personal de la intriga (*Nose of the night*), mientras que Olia Lialina impulsó el mismo año una conversación interactiva a partir de experiencias personales en *My boy friend came back from the war*, en su página net.story teller.

Referencias a la literatura convencional aparecen en el proyecto colectivo *Cut-up machine* (1998), basado en el sistema de *collage* textual que propuso William Burroughs, y en *The Intruder* (1999), donde Natalie Bookchin elabora todo un entorno interactivo a partir de un cuento de Jorge Luis Borges.



Land (1995), Julia Sher somete el usuario a un interrogatorio virtual, mientras que Heath Bunting trabaja a partir de cámaras de vigilancia en *CCTV (Close Circuit Television) A World Wide Watch* (1995). La interactividad en sí misma, sin ningún mensaje o contenido explícitos, es el motivo de proyectos como: *Superbad*, de Ben Benjamin; *Absurd.org*, obra colectiva; *Mediaboy.net*, de Taz; y *el3*, de Eric Rosevare, todos ellos de 1997. Este mismo año, Beth Carey propone en *The Key Bored Lounge* una interacción abstracta entre los visitantes a partir de música y colores. La informática en sí misma es el tema de *OSS* (1999), de Jodi, un programa que emula el funcionamiento de un sistema operativo defectuoso. Por su parte, Thomas Ray instala en la red dos reservas ecológicas, una de seres biológicos y otra de seres digitales que evolucionan por sí mismos en el ordenador del usuario (1995).

La instalación de Antonio Abad titulada *Últimos deseos* (1995) consiste esencialmente en una proyección de la imagen de un funambulista desnudo sobre la parte superior de la sala donde se realiza la exposición.

en *Please change belief* (1995), Jenny Holzer permite al usuario jugar de forma interactiva con una serie de prejuicios y lugares comunes.

Siguiendo una línea muy cercana al situacionismo, Heath Bunting crea en 1995 una atípica guía de Londres que propone un paseo psicogeográfico por una serie de lugares de valor antihistórico (*Visitor's Guide to London*). La combinación de publicidad e intimidad que permite Internet lo convierte en un espacio ideal para la confesión, pues los internautas están dispuestos a comportarse de modo bien distinto de como lo harían en el trato directo con otras personas. Numerosos proyectos aprovechan esta oportunidad: en 1996, *I confess*, del Grupo Z; en 1997, *Persistent Data Confidante*, donde Paul Vanouse propone un intercambio de secretos, que luego serán puntuados por los participantes; este mismo año, Guillermo Gómez-Peña aprovecha los prejuicios y tópicos aportados por sus visitantes para crear los *etnocyborgs* que presenta luego en sus *performances*.

Un tema relacionado que ha preocupado a los nuevos artistas ha sido el control tecnológico sobre las personas: en *Security*

Presente y futuro de la educación en el mundo

La educación se presenta, a comienzos del siglo XXI, como uno de los principales caballos de batalla para las organizaciones internacionales y los gobiernos de todo el mundo. En una sociedad crecientemente informatizada, donde los procesos económicos dependen cada vez más de conocimientos y capacidades altamente especializados, el problema de la educación se relaciona necesariamente con el desarrollo económico. Si en numerosos países se trata de alcanzar una plena escolarización, allí donde ya existe ésta la preocupación de profesores y pedagogos se dirige sobre todo hacia el desarrollo de modelos educativos innovadores, capaces de combatir los elevados índices de fracaso escolar.

NUEVAS PROPUESTAS PEDAGÓGICAS

En la actualidad, existe un gran interés entre los pedagogos por el constructivismo, una propuesta teórica que tiene su origen en Jean Piaget y que reivindica el papel activo del sujeto en el proceso de aprendizaje. Las aplicaciones pedagógicas

de esta teoría se centran hoy en el estudio de los contextos en que los conocimientos son adquiridos y aplicados, con el objetivo de evitar la falta de motivación de los alumnos ante contenidos del todo ajenos a su actividad social habitual. Cuando dicha motivación existe, a menudo es «exógena», es decir, consiste en la aprobación de los padres o los profesores, y se diferencia del interés espontáneo que muestran los jóvenes ante conocimientos que aparecen en contextos más próximos, como la informática. Se presta también una gran atención al papel del educador como persona que debe dirigir la socialización del alumno, así como a la adquisición de los conocimientos en un contexto dinámico y cercano a sus intereses y aspiraciones.

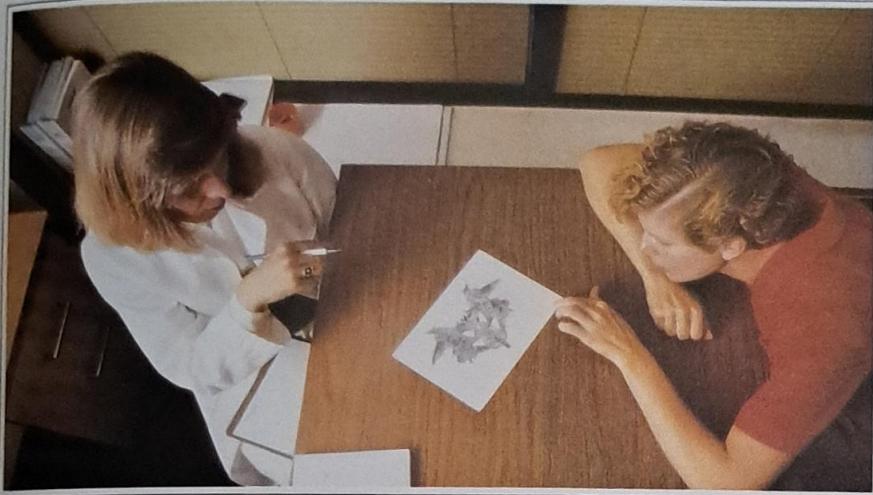
Otra propuesta pedagógica que ha adquirido gran relevancia en los últimos años es la teoría de las «inteligencias múltiples», según la cual los programas educativos tradicionales han privilegiado de forma excesiva un determinado tipo de inteligencia, la lógico-lingüística, cuando en realidad las capacidades intelectuales del

individuo presentan más facetas. Basándose en evidencias procedentes de la neurología y de la psicología, Howard Gardner ha distinguido recientemente siete clases distintas de inteligencia, que presenta como relativamente autónomas entre ellas: musical, cinético-corporal, lógico-matemática, lingüística, espacial, interpersonal e intrapersonal. Numerosos centros educativos emplean en la actualidad técnicas pedagógicas basadas en este modelo, y tratan de ofrecer los contenidos curriculares de un modo abierto y múltiple, de modo que no resulten excluyentes para los alumnos que presentan una mayor capacidad en uno u otro de estos aspectos.

La propuesta de Daniel Goleman en su ensayo titulado *La inteligencia emocional* ha tenido también un impacto importante en las escuelas, al poner en entredicho el valor exclusivo de las aptitudes reflejadas por los tests de inteligencia a la hora de desenvolverse más adelante en el mundo profesional, y ha animado a los pedagogos a dirigir su atención hacia una formación integral de los alumnos, que les ayude a canalizar de forma adecuada sus propias

El acceso a la informática y a Internet es uno de los nuevos capítulos que deberán abordar las escuelas, aunque todavía son pocas las que cuentan con el equipamiento necesario. La falta de familiaridad con los ordenadores será un obstáculo cada vez más grave en las posibilidades de proyección profesional.





emociones e integrarlas de forma constructiva en su actividad personal y social.

LA EDUCACIÓN EN EL MUNDO

En la Declaración de Dakar, emitida en abril del año 2000 en el marco del Foro Mundial de la Educación, organizado por Naciones Unidas, los representantes de los distintos países se comprometieron a alcanzar la plena escolarización de niños y niñas para el año 2015, así como a aportar financiación para los países con mayores déficits educativos, sobre todo en educación básica, antes de 2002.

Entre los desafíos principales que señalan los participantes se hallan la discriminación de la mujer en la educación y el trabajo infantil. Según datos aportados por UNICEF, un 47 % de los niños del Tercer Mundo abandonan las clases como consecuencia de presiones de la familia, que ve en su trabajo una aportación necesaria para su economía doméstica. Unos 250 millones de niños entre 5 y 14 años trabajan en los países pobres; la mitad de ellos lo hacen a tiempo completo y sin poderlo combinar con las clases. África es el continente con una mayor tasa de trabajo infantil, con un 41 % de los menores, frente

El clásico test de inteligencia tantas veces aplicado en la educación no es adecuado para dar respuesta a los crecientes problemas de fracaso escolar, ya que habitualmente los problemas tienen una raíz psicológica.

al 21 % de Asia y el 17 % de Latinoamérica. El caso de las niñas es todavía más grave, ya que en numerosas sociedades su preparación se orienta de forma casi exclusiva hacia el matrimonio. De los 900 millones de analfabetos que hay en el mundo, 600 son mujeres. En África, el 50 % de las niñas no asisten nunca a clase. La Declaración de Dakar prevé eliminar las discriminaciones de género en primaria y secundaria para el año 2005, y se plantea para diez años más tarde la igualdad en todos los niveles educativos.

Con todo, se han logrado ya algunos éxitos gracias a los programas de educación que han puesto en marcha los gobiernos en diversos países en vías de desarrollo: en Uganda, la escolarización ha aumentado de 2,3 millones a 6,3, un 53 % de los cuales son niñas, y la educación primaria universal está prevista para el año 2003.

Según el Informe sobre Desarrollo Humano 2000 presentado por la ONU, la matriculación escolar ha aumentado en todo el mundo del 50 % al 72 % desde el año 1970.



El trabajo infantil es un grave obstáculo para la escolarización en numerosos países del Tercer Mundo, sobre todo en África, y contribuye a la perpetuación de la situación de analfabetismo y subdesarrollo que lo había causado en primer lugar.

¿Ha terminado la era de los grandes descubrimientos?

La ciencia, tal como la entendemos hoy, tiene apenas quinientos años de historia. A lo largo de este período la humanidad ha vivido cambios revolucionarios en sus ideas sobre el cosmos, sobre la naturaleza e incluso sobre sí misma. Se puede ofrecer una larga lista de descubrimientos que han contribuido a levantar esta nueva imagen del mundo, desde el modelo heliocéntrico de Copérnico hasta la teoría de la evolución de Darwin, o la física cuántica. Sin embargo, acaso lo más característico de la actitud científica sea el rechazo de las concepciones cerradas del mundo, los dogmas y los misterios incorruptibles. Estamos convencidos de vivir en un mundo abierto, cuyos límites pueden llevarse siempre un poco más lejos, cuyo rostro puede resultar completamente distinto a la luz de nuevos avances científicos. Sobre todo, se trata de un mundo que el hombre puede alterar de acuerdo con sus propósitos, manipular y transformar aprovechando

sus conocimientos. El descubrimiento es, en este sentido, la piedra de toque de la mentalidad moderna.

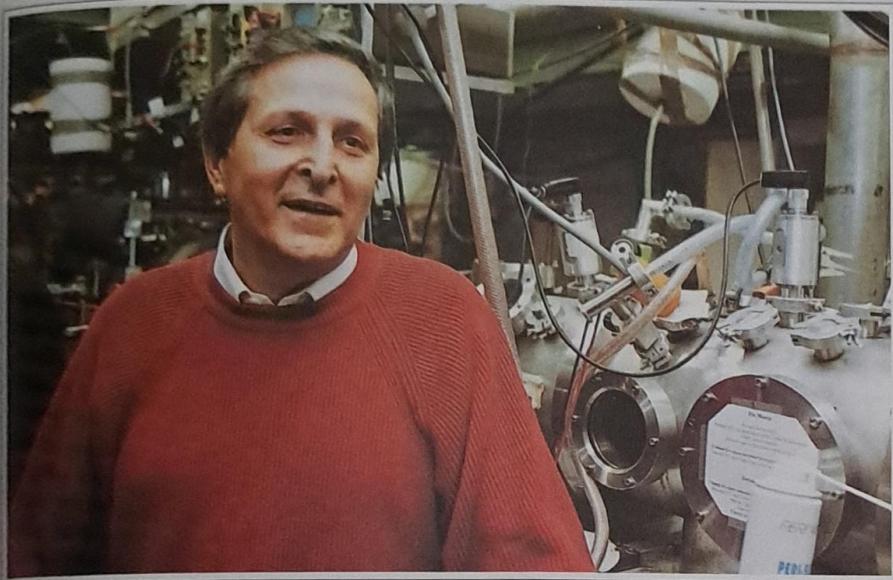
LA CRISIS DE LA FÍSICA NEWTONIANA

A finales del siglo XIX, la solidez aparente del edificio de la física newtoniana animó el sentimiento colectivo, no sólo entre la comunidad científica sino en el conjunto de la sociedad, de que buena parte de los misterios del universo se habían resuelto de una vez por todas. El cuadro general de la realidad estaba listo en lo fun-

El desarrollo tecnológico es un poderoso aliado de la ciencia. En la imagen se ve innovación informática presentada por la compañía IBM. Se trata de un pequeño ordenador cuya pantalla se puede ver a través de unas gafas y que obedece a instrucciones de voz del usuario.

damental, y restaba aplicar tan sólo los últimos retoques. Sin embargo, la primera mitad del siglo XX se encargó de demostrar la fatuidad de tal sentimiento. A partir de 1915, la teoría de la relatividad de Einstein puso de relieve las limitaciones del modelo de gravitación ofrecido por Newton y rompió uno de los principios más fundamentales del sentido común, a saber, el carácter fijo o inalterable del tiempo, al tratar con velocidades y fuerzas muy superiores a las que conoce el hombre en sus condiciones normales de experiencia. El descubrimiento realizado por Edwin T. Hubble en 1929 de que el universo se halla en un continuo proceso de expansión significó también una visión radicalmente nueva sobre su historia y estructura. A lo largo de estos mismos años, el desarrollo de la mecánica cuántica, de la mano de científicos de la talla de Max Planck, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger o Paul Dirac, contribuyó, a su vez, a poner en en-





Las concepciones sobre la física han experimentado una auténtica revolución. Claude Cohen-Tannoudji recibió el premio Nobel de Física en 1997 por el desarrollo de un método para «atrapar» átomos mediante un láser.

CONCEPCIONES REVOLUCIONARIAS

La comunidad científica actual, a diferencia de la de principios del siglo XX, no cree estar en posesión del cuadro completo de la realidad. Los grandes descubrimientos científicos que separan a ambas comunidades no se parecen en nada a retos de última hora, que vinieran a confirmar o complementar lo que ya se sabía. Antes bien, se trata de auténticas revoluciones en nuestra forma de concebir la estructura física de la realidad, la historia del universo o incluso nuestra propia naturaleza como seres humanos. La posibilidad de que exista un límite para la experiencia y el entendimiento humanos resulta más extraña que nunca a las ideas y actitudes más profundamente compartidas en nuestra sociedad. Las grandes expectativas que alimenta la ciencia de nuestros días se ven confirmadas también por el avance trepidante en el terreno de la informática y la computación, cuya importancia no se limita a los cambios que pueda introducir en nuestro entorno cotidiano, sino que amplía enormemente la capacidad tecnológica de experimentación y análisis. En último término, existe más que nunca una clara conciencia de que las respuestas verdaderamente revolucionarias vendrán gracias a preguntas que están todavía por formular. La investigación científica depende tanto más de las intuiciones novedosas a la hora de elaborar las hipótesis y formular las cuestiones, que de la muda presencia de los datos empíricos.

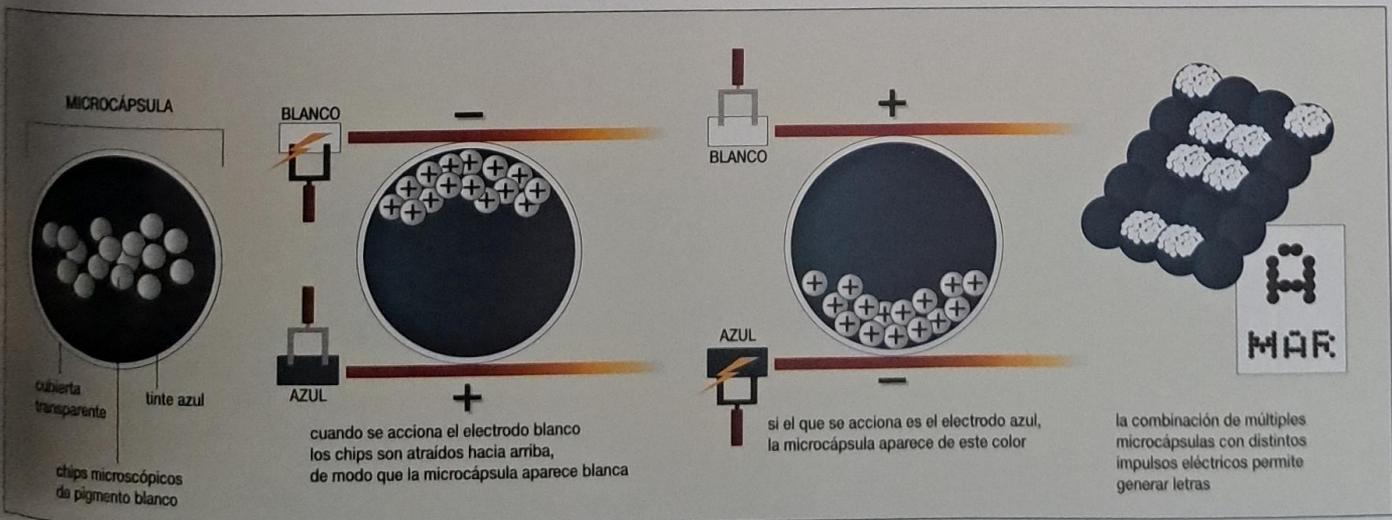
tedicho casi la totalidad de nuestras concepciones corrientes, o de sentido común, basadas en nuestra experiencia con objetos próximos a nuestra escala y dimensiones, y que pronto se revelaron inservibles al nivel de las partículas atómicas y subatómicas.

A causa de estos y otros descubrimientos, la ciencia del siglo XX parece haberse adentrado en un terreno impredecible y extraño, donde la experiencia común y diaria del hombre tiene poco que decir y en la que cada nueva observación experimental puede deparar toda clase de sorpresas. Así, algunos científicos sostienen la existencia de múltiples universos paralelos, de cuya existencia poseeríamos pruebas indirectas, como la existencia de interferencias en experimentos realizados con una única partícula, un fotón. Otro ejemplo quizá más conocido es el célebre principio de la teoría de la relatividad de Albert Einstein según el cual a velocidades cercanas a la

de la luz el tiempo transcurre con mayor lentitud que a velocidades más reducidas. De acuerdo con esto, un hipotético astronauta podría «viajar» al futuro, en caso de que dispusiera de un medio adecuado de propulsión.

La misma teoría permite incluso especular con viajes hacia el pasado, haciendo realidad una aspiración clásica de la literatura de ciencia ficción, a partir de ciertas propiedades de los agujeros negros u otras anomalías gravitacionales extremas.

Los avances de la tecnología cambian la vida cotidiana y abren nuevas puertas a la investigación, ya que permiten realizar experimentos antes impensables y desplegar una enorme capacidad de análisis y procesamiento de la información. En la ilustración se ofrece un esquema del funcionamiento de la llamada «tinta electrónica», que se emplea en libros electrónicos que se pueden imprimir muchas veces.



Cuando los objetos piensan por nosotros

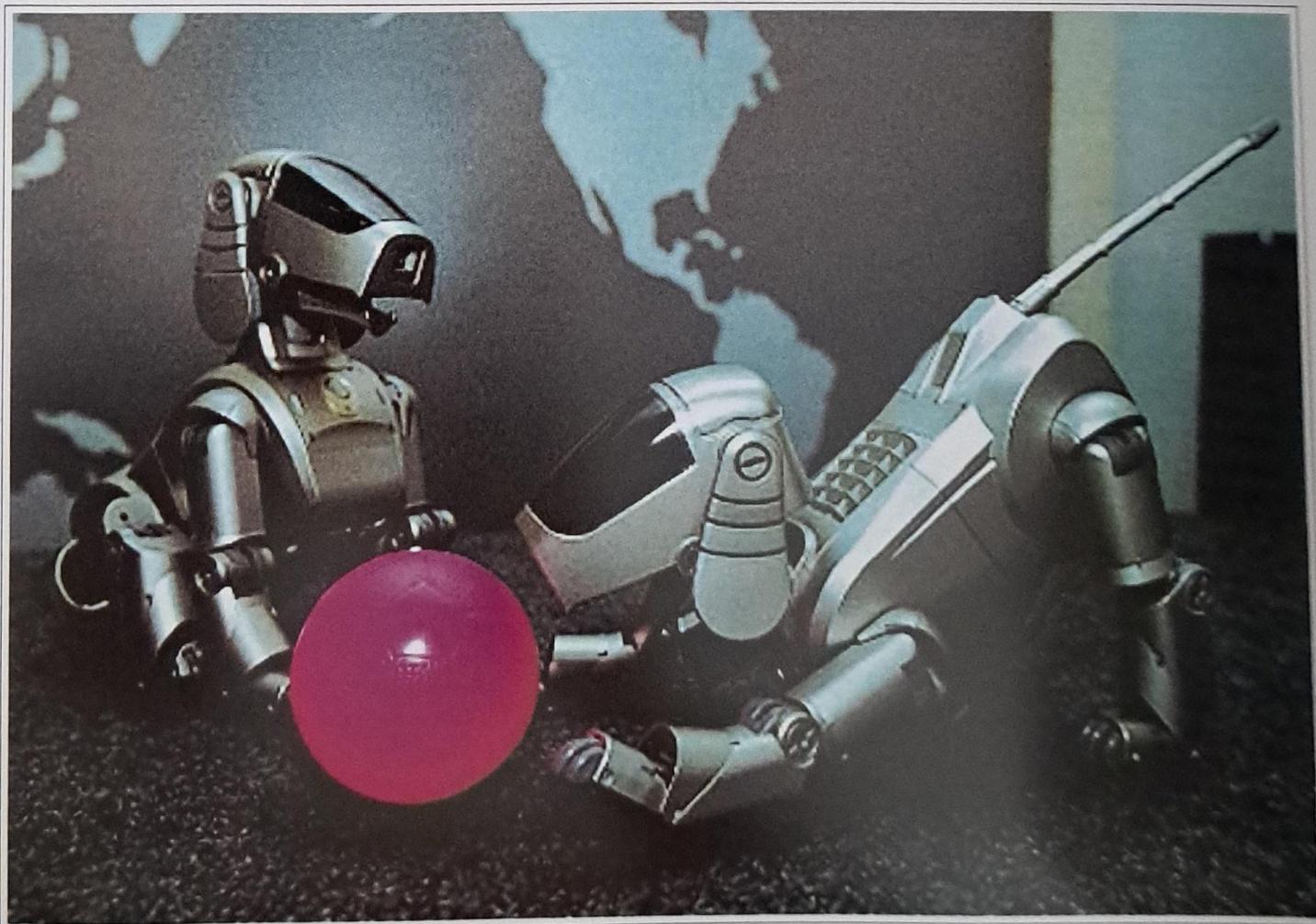
Las novelas de ciencia ficción imaginaron siempre un mundo donde los robots acompañarían al hombre a todas partes. Servidores abnegados, se lanzarían a cumplir cualquier indicación suya, a satisfacer sus menores deseos, o bien simplemente le harían compañía; en el caso de algunos famosos robots de la gran pantalla, como C3PO, su utilidad se reducía prácticamente a esto último. Sin embargo, unas décadas más adelante, en la llamada «revolución informática», estos amables y serviciales compañeros brillan por su ausencia. En cambio, la mayoría de las personas disponen de un ordenador en su casa y, quizás sin darse cuenta de ello, se hallan rodeadas de chips informáticos escondidos en una amplia variedad de objetos cotidianos: el reloj, el mando del televisor, la lavadora o el despertador. Al menos durante las próximas décadas, la alta tecnología se-

guirá introduciéndose en la vida del hombre, sobre todo a través de los «objetos inteligentes».

La causa de este desarrollo imprevisto de la sociedad tecnológica es doble. Por un lado, el sistema nervioso animal es un sistema de procesamiento de datos altamente especializado en una función crucial para la supervivencia: el reconocimiento y la navegación a través del entorno físico inmediato. En este sentido, la velocidad a la

En 1999 la empresa japonesa Sony presentó en Tokio el primer robot diseñado específicamente como juguete doméstico. El Aibo es capaz de moverse de forma autónoma e incluso de desarrollar secuencias de movimientos originales en su relación con los usuarios. La compañía anunció ya aquel año su próxima salida al mercado, a un precio de 2 100 dólares

que procesan la información la mayoría de los organismos vivos, no sólo el hombre, resulta muy superior a la que alcanzan los mejores ordenadores en la actualidad. Esto podría parecer sorprendente a la luz de la extraordinaria capacidad de cálculo que exhiben los ordenadores. Sucede que el ordenador es una «máquina universal», cuya capacidad de procesamiento se puede aplicar a cualquier función, mientras que los animales son «máquinas» especializadas en funciones muy concretas. La humanidad deberá esperar al menos cincuenta años, según las especulaciones más optimistas, antes de disponer de ordenadores que puedan emular su capacidad para circular autónomamente por su entorno, realizar de forma eficiente tareas variadas y superar obstáculos imprevistos. Por otro lado, la mayoría de funciones que en las novelas se asignaban a





A pesar de sus muchas aplicaciones, los robots actuales carecen de la autonomía necesaria para que su presencia se generalice en ámbitos como el doméstico. En la imagen puede verse un prototipo de robot desarrollado para la extracción de objetos en circunstancias de riesgo, en el Centro de Investigación y Desarrollo de Robots de Shenyang (China).

los robots pueden ser realizadas de forma mucho más sencilla y eficiente por medio de un sistema integrado de dispositivos electrónicos, gestionados desde un procesador central. Resulta poco práctico construir un robot capaz de cocinar, hacer la compra o abrirnos la puerta, si un conjunto de chips pueden lograr lo mismo a un coste muy inferior.

LOS «OBJETOS INTELIGENTES»

Los grandes avances en el campo de la miniaturización de los chips permitirán en un futuro muy próximo su inserción en los objetos del entorno cotidiano, con el objetivo de facilitar una gran cantidad de tareas básicas. En lugares como el Media Lab del Massachusetts Institute of Technology (MIT), los especialistas prevén un mundo en el que las puertas se abrirán o permanecerán cerradas en función de la persona que intente pasar, la máquina de café se adaptará automáticamente a los gustos de cada usuario y el horno se ajustará por sí mismo a la temperatura y al tiempo aconsejados por la propia carne del asado, convenientemente «etiquetada» con un minúsculo chip. La idea es insertar estos chips en lugares como la ropa, la comida y multitud de otros objetos para que emitan cierta información, que será captada y procesada por los diversos dispositivos de

nuestro entorno. Así, el aire acondicionado podrá ajustarse a las preferencias del usuario, o incluso responder automáticamente a señales como su sudor. El reloj, el teléfono móvil o unas gafas especiales facilitarán el acceso al ordenador personal, a Internet o a bases de datos específicas. La energía necesaria para mantener en funcionamiento esta multitud de dispositivos personales podría venir de la propia energía que se genera al andar, o incluso del campo eléctrico que rodea el cuerpo.

En el domicilio, un ordenador gestionará de forma integral información como la comida que queda en la nevera o el grado de suciedad de las habitaciones, y será capaz de elaborar la lista de la compra y enviarla al supermercado, de dirigir pequeños robots de limpieza o bien de regular la calefacción, los sistemas antirrobo o el riego del jardín. El sistema podría reaccionar incluso de forma adecuada a los distintos estados de ánimo, en función de señales como nuestra forma de hablar (pues, como es natural, el teclado es uno de los objetos que se aspira a eliminar). Incluso aquellos que sigan prefiriendo el papel a la pantalla tendrán alguna sorpresa: se está trabajando en una «tinta digital» que permitiría escribir una y otra vez sobre el mismo «papel» electrónicamente reciclable. El mismo periódico y el mismo libro podrían contener cada día un texto distinto,

en función de las preferencias del lector, con el consiguiente beneficio para la riqueza forestal del planeta.

Existen sin embargo algunos objetivos que parecen más lejanos. Una de las funciones más esperadas de los ordenadores, la traducción simultánea, presenta muchos más problemas de los esperados inicialmente. De forma parecida a lo que sucedía con los robots, algunas de las operaciones más habituales entre las personas resultan extremadamente difíciles de reproducir en un ordenador, aunque éste supere al hombre de forma espectacular en el cálculo o en juegos como el ajedrez. Si ya es difícil lograr que un ordenador reconozca las palabras en el habla de las personas (en la actualidad, lo máximo que se ha logrado es que identifiquen palabras sueltas o dictados lentos), la complejidad aumenta enormemente cuando se trata de identificar el sentido de una palabra en el conjunto de una frase o de un texto, requisito indispensable para que la traducción computerizada no caiga en la clase de errores de bulto que comete en la actualidad. La firma japonesa NEC había previsto una máquina de traducción instantánea del japonés al inglés para el año 2000, pero se ha pospuesto hasta 2015.

¿ES POSIBLE UNA AUTÉNTICA «INTELIGENCIA ARTIFICIAL»?

Si la computación encuentra graves problemas a la hora de emular operaciones tan «simples» como moverse entre los obstáculos del entorno físico, o traducir un texto de un idioma a otro, ¿qué decir de la simulación de la capacidad humana para el razonamiento? Tal como se ha dicho, la dificultad proviene en gran medida de la superioridad de la capacidad de procesamiento de información que presentan los animales y las personas frente a los orde-



Este modelo de casa para el futuro fue presentado a la exposición que tuvo lugar en Vilvoorde (Bélgica) en el verano de 1996. Como se puede observar, el ordenador, encargado de gestionar las informaciones para el correcto funcionamiento del hogar se ha convertido en la pieza central de la vivienda, con objeto de mejorar la calidad de vida y la comodidad de sus ocupantes.

nadores actuales. Ciertamente las velocidades alcanzadas en la actualidad por los ordenadores son superiores a las de un buen número de insectos, pero éstos evolucionan en su entorno de forma mucho más competente que aquéllos. Parece evidente, pues, que no se trata sólo de una cuestión de «fuerza bruta» informática, sino del tipo de programas que se aplican.

En último término, una computadora no es más que una «máquina de sumar», con una extraordinaria capacidad de cálculo lógico-matemático que le permite alcanzar una gran competencia en campos como el ajedrez, en los que se pueden definir una serie limitada de reglas que gobiernan todos los resultados posibles. Del mismo modo, se han logrado grandes avances en la elaboración de programas «expertos» en la realización de ciertos diagnósticos médicos o en cuestiones parecidas. Sin embargo, es importante mantener el sistema dentro de su campo, pues fuera de él sus conclusiones son, naturalmente, absurdas.

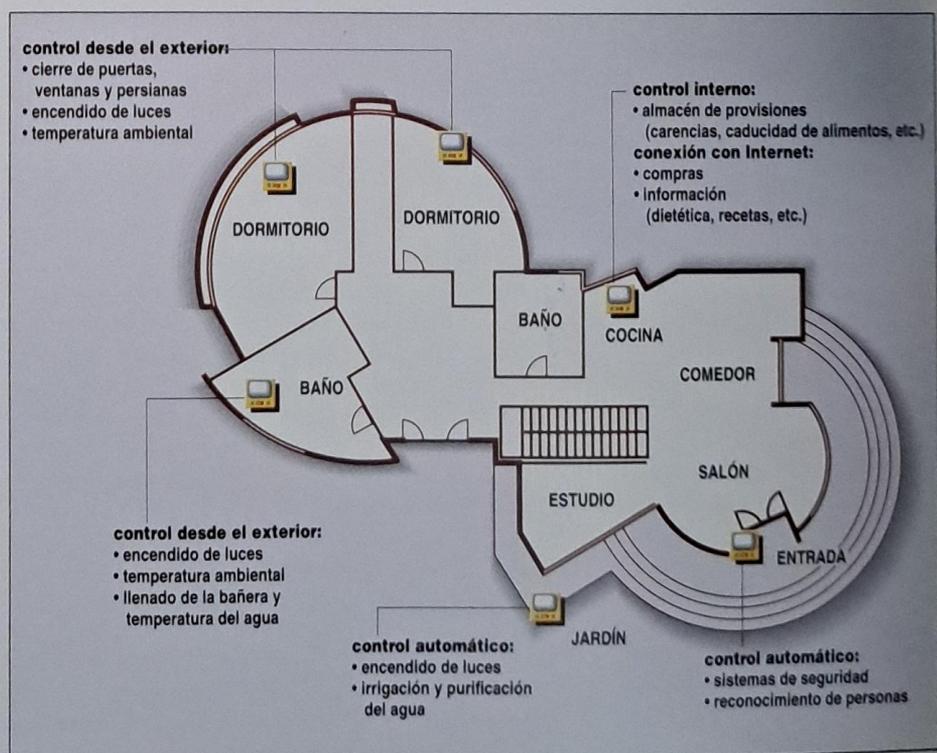
En la llamada «casa inteligente», el ordenador podrá controlar, en primer lugar, elementos ambientales como la temperatura, la luz y la música; por otro lado, asegurará las funciones de vigilancia y seguridad; y finalmente realizará de forma automática tareas tan diversas como el cuidado del jardín, la supervisión, el control del almacén de provisiones o incluso la adquisición de los alimentos y otros productos de uso habitual a través de Internet.

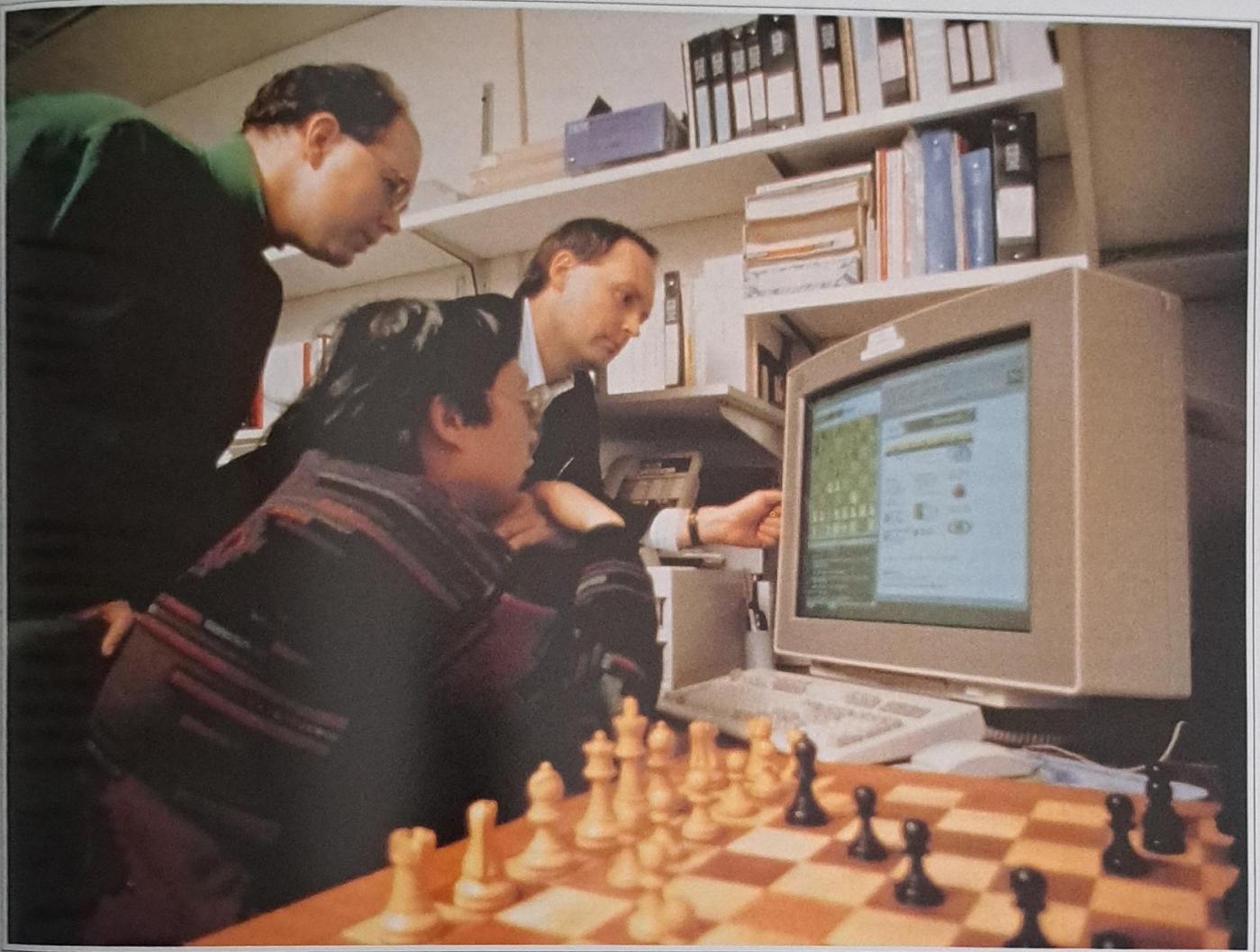
Se ha dicho, en este sentido, que es más fácil simular informáticamente a un experto en geología que a un niño de cinco años. El problema es introducir en la memoria del ordenador toda la información requerida, en forma de reglas concretas, de modo que pueda extraer conclusiones con sentido a propósito de problemas variados. A partir de esta idea, Douglas Lenat trabaja desde 1984 en el proyecto Cyc, que pre-

tende codificar el «sentido común» en una serie de reglas del estilo: «Los hombres mueren» o «El agua moja». Se ha hecho célebre su sentencia según la cual «la inteligencia son diez millones de reglas».

RAZONAR COMO LOS HUMANOS

Cuando todavía no está claro hasta dónde puede llevar el proyecto Cyc, Rodney Brooks y otros colegas suyos en el laboratorio de Inteligencia Artificial del Massachusetts Institute of Technology han escogido un camino distinto: en lugar de elaborar extensos programas que «digan» a la máquina lo que debe hacer, se trata de crear programas capaces de emular el aprendizaje que llevan a cabo los seres vi-





El ajedrez es el campo de pruebas habitual para los ordenadores «inteligentes». Así, el ordenador Deep Blue se mostró capaz de organizar y sintetizar multitud de datos que le proporcionaron ajedrecistas, como los que aparecen en la imagen. Gracias a su capacidad de cálculo y a su mayor rapidez Deep Blue pudo derrotar al campeón del mundo Gari Kasparov.

claro, sin embargo, que el acercamiento por «prueba y error» debe ir acompañado por una serie de reglas fijas de razonamiento, tal como probablemente sucede en el hombre. Establecer cuál es la combinación correcta de ambos factores es lo que debe determinarse en el futuro, si realmente los ordenadores han de ser capaces al-

gún día de enfrentarse a una realidad abierta y ofrecer soluciones creativas a problemas cambiantes, tal como hacen los hombres. Una cuestión ulterior, materia de debate a un nivel más filosófico, es la de si a partir de este estadio los ordenadores serían capaces de alcanzar autoconsciencia, es decir, de entender subjetivamente quiénes son y el sentido de lo que están diciendo y haciendo. Mientras algunos consideran que se trata sólo de una cuestión de tiempo y progreso técnico, otros responden que ello es imposible por principio. En último término, el problema aquí es cómo demostrar que algo (o alguien) es consciente de sí mismo y del sentido de lo que dice, por más que, objetivamente, se comporte como si así fuera.

vos en el mundo real. «Los elefantes no juegan al ajedrez» es uno de los eslóganes de este investigador, cuya idea fundamental es que la capacidad para solucionar problemas no proviene en primer lugar del razonamiento lógico, sino de la capacidad de aprender del entorno. Por el momento, los robots elaborados por Brooks y su equipo han conseguido una competencia muy superior a la de los anteriores robots preprogramados.

El éxito de esta investigación depende en gran medida de que los ordenadores sean capaces algún día de razonar como los humanos, y por lo tanto de solucionar problemas de forma creativa, en lugar de extraer mecánicamente las consecuencias de un número dado de premisas. Parece

La madurez de la mecánica cuántica

Alrededor de 1900, los experimentos que estudiaban diferentes aspectos del mundo microscópico empezaron a revelar resultados sorprendentes imposibles de describir mediante las leyes de la física clásica. Un grupo de grandes científicos (M. Planck, N. Bohr, E. Schrödinger y W. Heisenberg, como figuras más significativas) construyeron la revolución cuántica que alteró nuestra concepción del mundo.

La mecánica cuántica ha generado nuevas ramas de la ciencia y la tecnología. Cada tesis doctoral dirigida por Niels Bohr entre los años 1920 y 1930 dio lugar a una disciplina independiente de la física, como la física molecular, la física atómica, la física nuclear, las partículas elementales o el estado sólido. Más tarde, las ramificaciones de la mecánica cuántica dieron lugar a la óptica cuántica, a la mecánica estadística cuántica e incluso forman la base de la especulación teórica que intenta comprender el origen del universo, la gravitación cuántica. Otras disciplinas como la química, la medicina (escáner, resonancia magnética nuclear, láser), la biología molecular (determinación de estructuras espaciales como la del ADN) o las comunicaciones (láseres, fibras ópticas) han alcanzado un desarrollo muy elevado gracias a la aplicación de avances cuánticos.

Desde un punto de vista tecnológico el impacto de la revolución cuántica es impresionante. Se calcula que alrededor del 50 % del producto nacional bruto de EE. UU. está asociado en forma directa o indirecta a la mecánica cuántica, con especial énfasis en el campo de los ordenadores (basados en semiconductores cuánticos de silicio). Otras disciplinas han ideado técnicas derivadas de los conocimientos sobre la estructura cuántica de los átomos. Por ejemplo,

Esquema de protocolo de teleportación cuántica entre los puntos A y B. Un generador de estados cuánticos «enlazados» envía una parte de un estado a A y la otra a B. De esta forma los puntos A y B comparten el estado «enlazado». En A se realiza una medición sobre el estado compartido más el estado a enviar. Luego se envía el resultado de la medición por un canal de comunicación clásico. En el punto B se recibe esta información, que permite actuar sobre la segunda parte del estado «enlazado» y reconstruir el estado inicial.

se utilizan los rayos X para estudiar subcapas de pinturas, el carbono 14 para datar restos arqueológicos. Sin embargo, será en el siglo XXI cuando la mecánica cuántica llegará a su madurez.

CRIPTOGRAFÍA CUÁNTICA

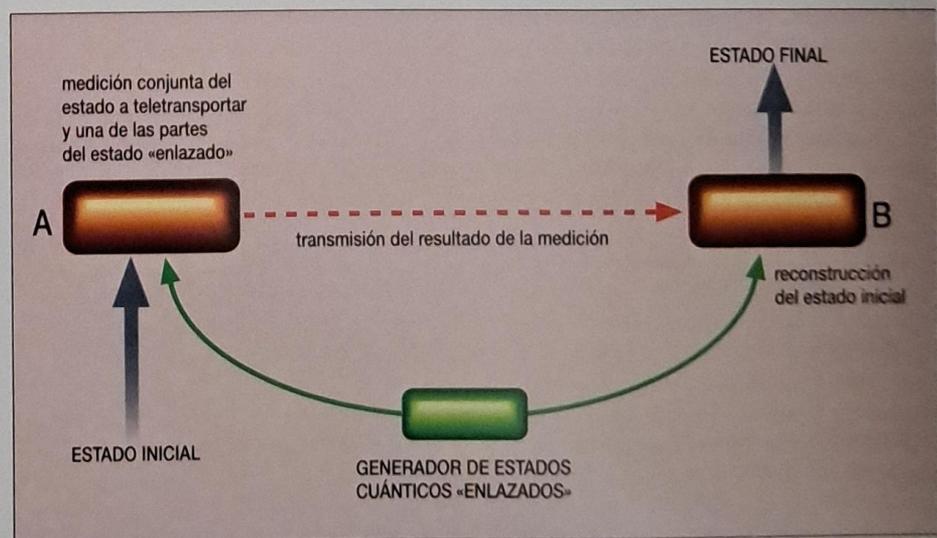
Una aplicación de la mecánica cuántica se está desarrollando en el campo de la criptografía. La comunicación secreta de datos es una necesidad en el mundo de las finanzas y de la empresa. El método que hoy en día se considera más seguro a la hora de codificar en forma secreta cualquier tipo de información es el llamado protocolo RSA, que se basa en una original aplicación de la teoría de números. La idea consiste en utilizar la descomposición de números primos muy grandes (con centenares de dígitos) como base para establecer una clave. Cualquier espía puede en principio descodificarla, pero el tiempo necesario para hacerlo con los ordenadores actuales es elevadísimo (mayor que la edad del universo) porque la factorización de un número en sus factores primos requiere un tiempo que crece exponencialmente con el tamaño del número.

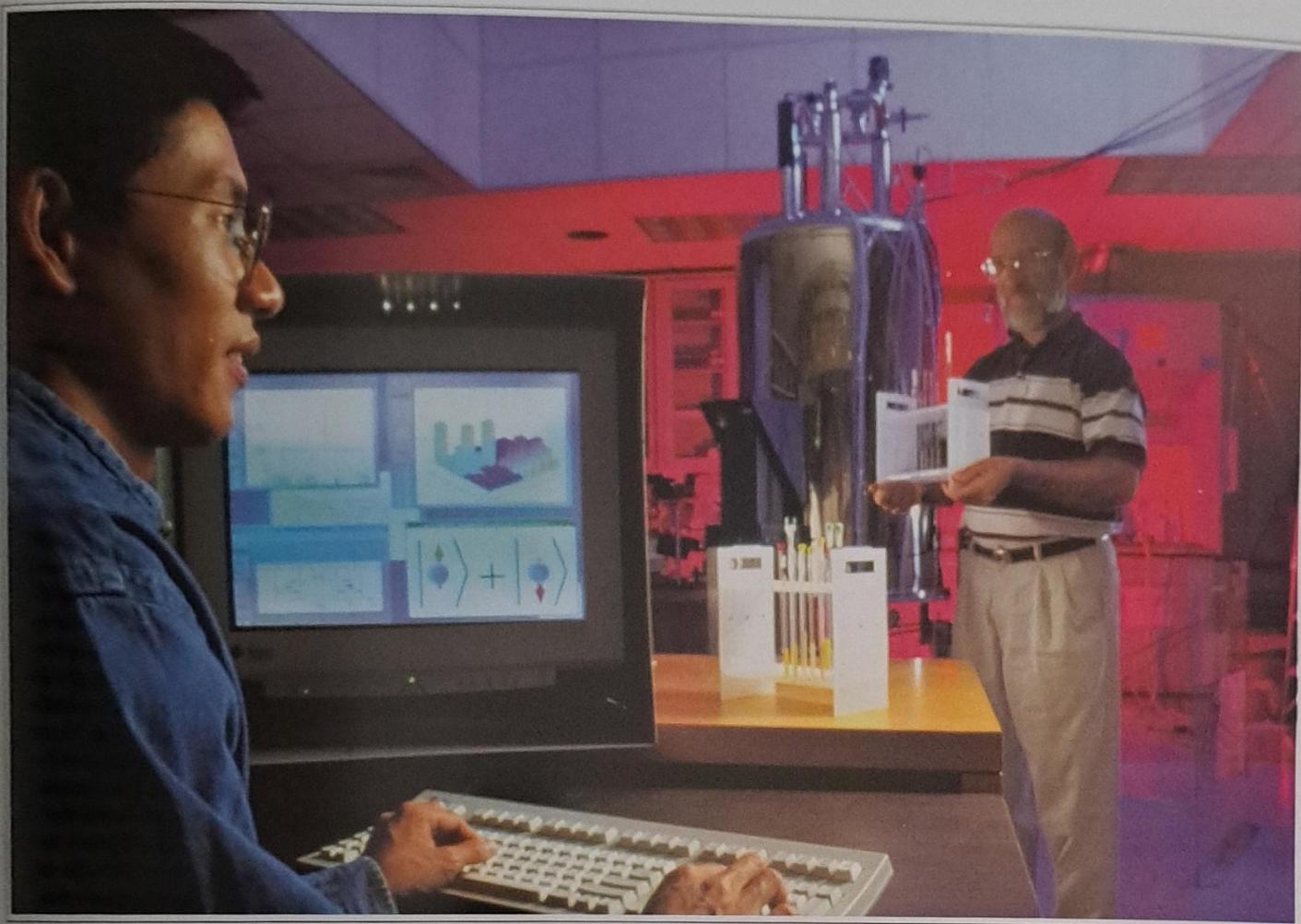
El protocolo RSA es, pues, muy seguro. No existen hoy ordenadores tan rápidos que hagan peligrar el secreto de las transacciones que se están realizando. Pero *a priori* es posible hallar un algoritmo potentísimo que factorice números primos o considerar la construcción de un nuevo

tipo de ordenadores (¡cuánticos!) mucho más rápidos que los actuales. La solución definitiva a estas objeciones viene de la mano de la criptografía cuántica.

La idea básica que sustenta la criptografía cuántica consiste en el hecho aparentemente remoto de que toda observación de un estado cuántico afecta al estado medido. Imaginemos que contemplamos nuestro coche en la calle. En el fondo lo que ha sucedido es que fotones procedentes, por ejemplo, del sol han rebotado en la chapa del coche y han llegado a nuestros ojos. La retina ha procesado el cambio energético producido por la absorción de los fotones y envía una señal al cerebro. La información obtenida se debe a una colisión de fotones con el coche. En el mundo subatómico las cosas no son tan idílicas. Si en lugar de un coche hay un electrón y un fotón muy energético incide sobre él se produce una catástrofe: el fotón lanza el electrón a un lugar desconocido. Podemos saber dónde estaba el electrón, pero éste ha dejado de estar quieto. En el mundo macroscópico este hecho no es relevante porque la influencia del proceso de medida es menoscupable. En el mundo cuántico, en cambio, el proceso de medida es esencial.

La mecánica cuántica permite una aplicación sorprendente. Se puede codificar información en estados cuánticos. Si un espía interfiere el mensaje e intenta leerlo, el mensaje quedará modificado. Un prototipo de criptografía cuántica se está desarrollando entre Ginebra y Nyon. Los mensa-





es se codifican en polarizaciones de fotones que se transmiten por fibras ópticas. Una parte de los fotones se reservan para verificar la ausencia de espías. Los demás codifican la señal. La criptografía cuántica es inviolable en tanto que las leyes de mecánica cuántica sigan siendo ciertas.

TELEPORTACIÓN

Un inminente desarrollo de la mecánica cuántica cuya base teórica se ha descubierto recientemente es la teleportación cuántica. Una famosa película de ciencia ficción presentaba una máquina capaz de destruir cualquier objeto o persona en un lugar y hacerlo reaparecer en otro lugar. Lo insólito es que la mecánica cuántica ofrece la posibilidad real de teletransportar estados cuánticos. La forma de proceder consiste en obtener estados cuánticos llamados «enlazados» o «entrelazados», que pueden estar compuestos por varias partículas que mantienen sus correlaciones cuánticas incluso estando muy separados. El protocolo de teletransportación se inicia haciendo una medida conjunta del estado que se desea tele-

Se esperan aplicaciones revolucionarias de los ordenadores cuánticos. Isaak L. Chuang (en primer término), investigador en el Almaden Research Center, ha conseguido diseñar un tipo de software que podría permitir en el futuro el desarrollo de los primeros ordenadores cuánticos realmente operativos.

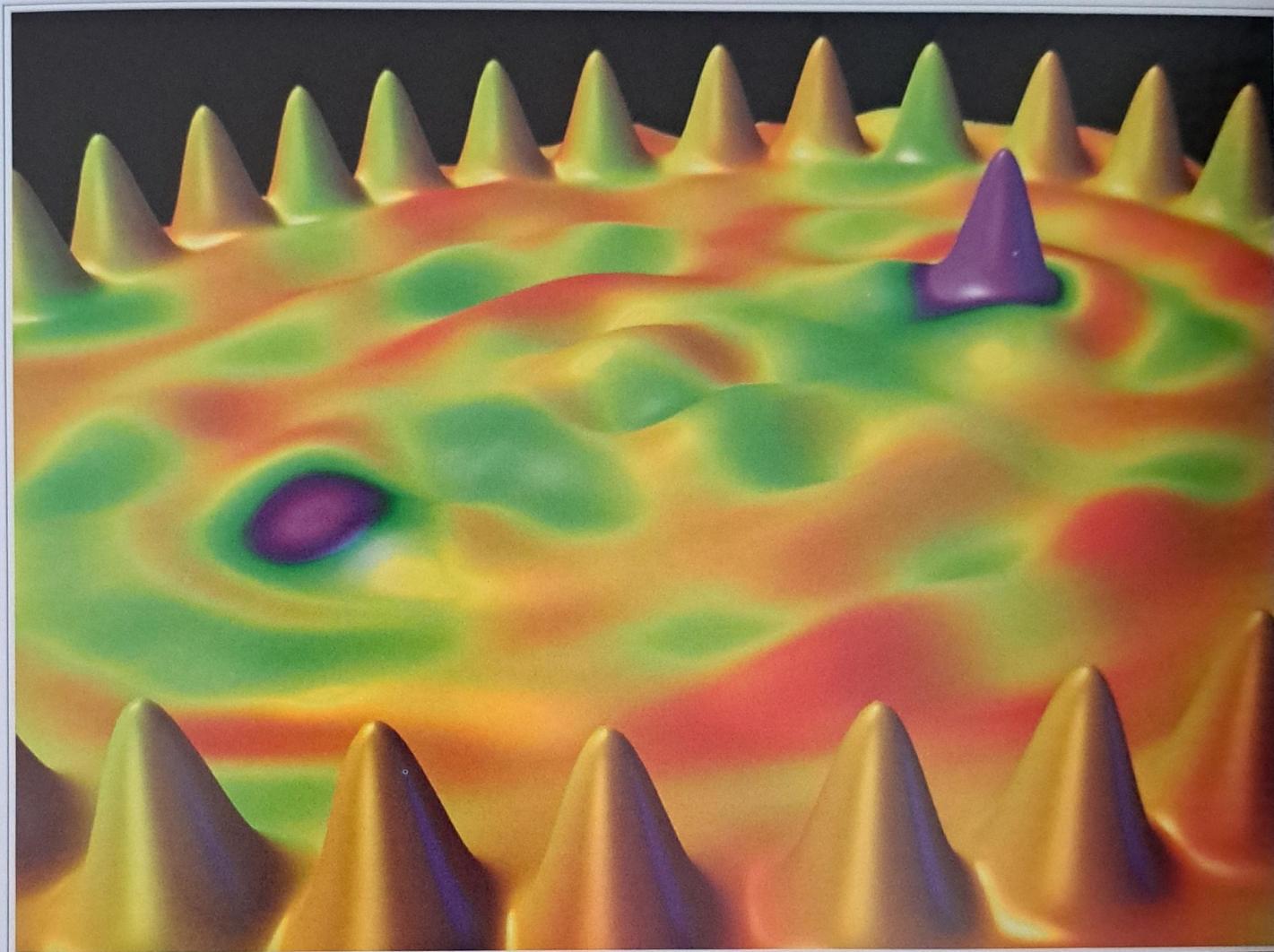
transportar y una de las partes del estado embrollado. Esta medida destruye el estado inicial. A continuación, se envía el resultado de la medida a otro lugar donde se halla la segunda parte del estado «enlazado». La información recibida permite actuar sobre esta segunda parte del estado «enlazado» y reconstruir el estado inicial.

Los primeros intentos de llevar a la práctica estas ideas han resultado muy esperanzadores. Hoy en día se han teletransportado ciertos estados de fotones. Será necesaria mucha más investigación para lograr teletransportar electrones o estructuras más complejas. Si algún día se consigue, se podrá transportar objetos a la velocidad de la luz, ya que tanto los estados «enlazados» como la señal clásica pueden ser construidos con fotones.

ORDENADORES CUÁNTICOS

Pero será, sin duda, la investigación en los futuros ordenadores cuánticos la que recibirá más financiación y de la que se esperan aplicaciones más revolucionarias. Los ordenadores actuales, basados en chips de silicio, han logrado una miniaturización impresionante de sus circuitos. Sin embargo, esta reducción de tamaño está llegando a su límite. Hoy en día la conducción de electrones en un chip se hace por hilos de unos pocos miles de átomos. Si el tamaño de estos hilos se reduce empezarán a aparecer fenómenos cuánticos. El ordenador dejará de comportarse en forma determinista.

Un ordenador cuántico se basa en una filosofía totalmente diferente. Los estados cuánticos de un sistema físico se utilizan como bits cuánticos, o qubits. A diferencia de los bits clásicos, que corresponden a una unidad de información que puede tomar valores 0 o 1, un estado cuántico puede corresponder a una superposición de los estados base 0 y 1. La lógica cuántica es, pues, necesariamente diferente de la clásica. Las operaciones lógicas que se realizan



sobre *qubits* deben ser realizadas mediante puertas lógicas cuánticas. Puesto que un conjunto de *qubits* pueden estar en una suma coherente de estados cuánticos base, las operaciones que se realicen sobre estas superposiciones actúan en forma paralela sobre cada estado base. Un ordenador cuántico sería un ordenador que actuaría sobre estructuras microscópicas que aceptarían superposiciones de estados. El resultado global sería una inmensa ganancia de potencia. Tanto es así que ya ha sido demostrado que un ordenador cuántico permitiría descomponer un número en sus factores primos en un tiempo exponencialmente menor que un ordenador clásico. La criptografía RSA se volvería obsoleta.

Experimentalmente se ha logrado construir estados cuánticos controlados de unos

pocos *qubits*. También se han obtenido puertas lógicas cuánticas en diferentes sistemas físicos. El colosal problema experimental que afronta la comunidad cuántica es el de mantener las propiedades cuánticas que relacionan a los *qubits*. Los estados cuánticos son, de hecho, muy frágiles y cualquier influencia externa destruye lo que se denomina coherencia. Esta pérdida de coherencia es muy sensible al tipo de implementación de ordenador cuántico que se intente.

A pesar de que los logros más recientes en computación cuántica se han realizado en botellas magnéticas donde se atrapan iones, es previsible que el verdadero avance tecnológico venga de las implementaciones de estas ideas en el campo del estado sólido.

La imagen corresponde a una recreación del efecto de «espejismo cuántico» que han desarrollado tres investigadores de la compañía IBM, Hari C. Manoharan, Christopher P. Lutz y Donald M. Eigler, que podría permitir el intercambio de información a nivel cuántico, sin necesidad de utilizar cables.

Independientemente de la viabilidad de los ordenadores cuánticos, es indudable el efecto creciente que tendrá la mecánica cuántica sobre el manejo de información. De hecho, ya se ha forjado el término teoría de la información y comunicación cuántica para designar este campo de estudio emergente. No obstante, las mejores aplicaciones de la mecánica cuántica se todavía desconocidas.