

Será el shock de los 90. En lo que falta para llegar al 2000, la investigación científica acelerará su capacidad transformadora de la vida humana. Nada será igual cuando los tests genéticos sean determinantes a la hora de pedir empleo o contratar un seguro de vida,

cuando la ingeniería de las proteínas permita controlar ad origine las enfermedades, entre ellas el sida, o la electrónica molecular de lugar a una nueva generación de ordenadores. Aparcadas las ideologías, la ciencia asegura la única revolución permanente.



La ciencia  
deparará  
una verdadera vida  
nueva en los años  
que vienen

## REVOLUCION EN LOS 90

ELISA PASCUAL

El futuro ya está aquí. Las investigaciones científicas en marcha prevén cambios profundos para la vida de las personas en los tiempos inmediatos. "En los 90 hará eclosión la gran revolución industrial que surge de la biología", asegura el presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Emilio Muñoz. "Desde la biología se diversificarán multitud de posibilidades y nuevos ámbitos dentro de la química, la agricultura y la salud". Será, a la vez, una época "de grandes síntesis; un período que está y estará determinado por el incremento de la transdisciplinariedad".

Las sorpresas científicas de los 90 provendrán, con toda probabilidad, de la investigación molecular de la vida y de la búsqueda de partículas electrónicas más pequeñas y, naturalmente, más veloces, según vaticina el director de la revista *Nature*, John Maddox, en un informe publicado por *The Economist*.

La ingeniería de las proteínas abre nuevas perspectivas de curación para enfermedades congénitas y degenerativas, y la obtención de vacunas para otras, como el sida, de origen viral; pero también asegura amplias aplicaciones industriales. La electrónica molecular, hoy incipiente, puede generar una nueva forma de tra-

tamiento de la información por medio de ordenadores químicos, más rápidos y complejos que los basados en semiconductores.

La ingeniería genética, un campo de aplicaciones diversas y nunca ajenas a planteamientos éticos, promete para los tiempos que vienen la posibilidad de intervenir en el reloj genético de la vida, y la puesta en práctica de tests genéticos.

A su vez, la nueva generación de ordenadores tal vez permita llevar a término una de las aventuras científicas más ambiciosas de estos últimos tiempos, el Proyecto Genoma, que choca hoy con la incapacidad de las bases de datos y de la informática al uso para el procesamiento

y la clasificación coherente de toda la información contenida en el material genético humano.

Otra esperanza cierta que deparan los 90 es la reconstrucción del esquema de organización de las neuronas,

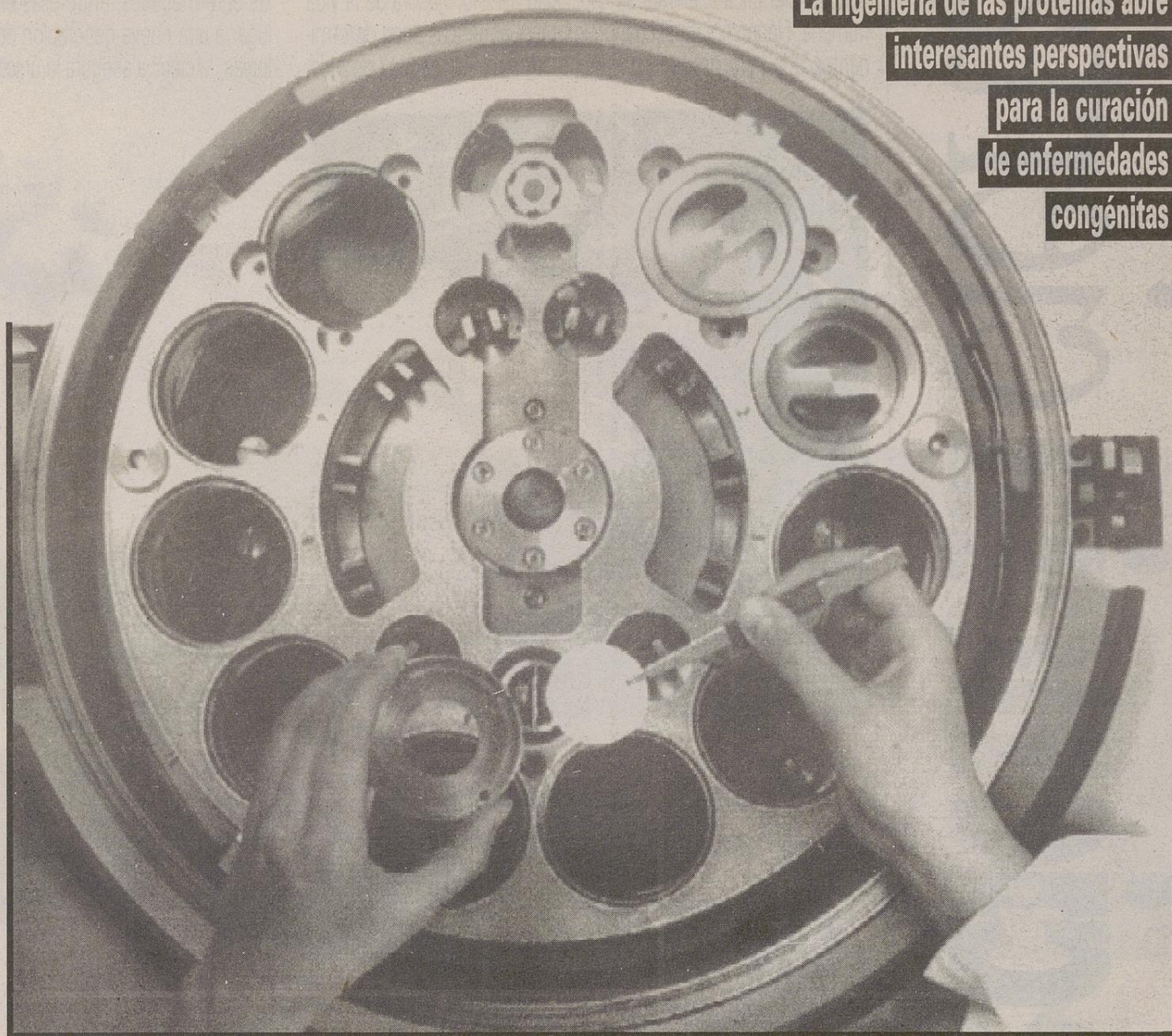
según un informe de la revista francesa *Sciences & Avenir*. Saber cómo se organizan estas células dará la clave para el tratamiento coherente de ciertas patologías del sistema nervioso, pero también para la comprensión de los movimientos, el lenguaje, la memoria, la percepción y el pensamiento.

La "creciente preocupación por el medio ambiente", en palabras de Emilio Muñoz, conducirá,

Sigue en página 2

REVOLUCION EN  
LOS 90

La ingeniería de las proteínas abre  
interesantes perspectivas  
para la curación  
de enfermedades  
congénitas



Los científicos vaticinan para los próximos años la única revolución posible. El potencial transformador de la ciencia parece inagotable y hay una promesa de cambio por cada línea de trabajo.

# LA TRANSFORMACION PERMANENTE

VIENE DE PRIMERA PAGINA

por otro lado, a "la utilización masiva del potencial biológico, resultado de millones de años de evolución, en lugar de las actuaciones precedentes con agentes ajenos a los procesos de la vida".

En el ámbito energético, lograr el control y la reproducción a gran escala de la fusión fría (fusión nuclear a temperatura ambiente), sobre la base del empleo del hidrógeno como combustible, proveerá de una fuente de energía ventajosa y permitirá sustituir, al menos parcialmente, a otros combustibles convencionales, en algunas aplicaciones. Según ha declarado Carlos Sánchez, catedrático de Física Aplicada de la Universidad Autónoma de Madrid y líder de las investigaciones sobre fusión fría en España, "el interés es doble: científico (la fusión nuclear no debería, en principio, tener lugar a temperatura ambiente) y energético (posibilidad de disponer de una fuente de energía ventajosa)". El camino es largo porque, a pesar de que se han realizado notables progre-

sos durante el año que acaba de finalizar, persiste el desacuerdo entre los científicos sobre la posibilidad de reproducir el fenómeno fuera del la-

boratorio. Cerca de cuatrocientos investigadores de todo el mundo persiguen frenéticamente el control del fenómeno y cada grupo de trabajo enfoca

el problema de manera diferente. El próximo mes de julio se celebrará en Italia un congreso internacional en el que se revelarán las aportaciones

de cada uno de ellos. La astronomía, por su parte, se reserva la sorpresa de la detección de planetas extrasolares, así como también nuevas revelacio-

"Inventar, modelar, conseguir proteínas más estables, más eficaces, incluso totalmente nuevas". Este es, según el informe *Diez descubrimientos que van a cambiar todo*, publicado recientemente por la revista *Sciences & Avenir*, el nuevo desafío de la biología molecular.

Las proteínas cumplen una serie de funciones fundamentales para la vida: forman parte de la estructura celular, actúan como anticuerpos, sirven de vehículo de comunicación entre los órganos. Todo depende de la forma que adoptan espontáneamente en el espacio. Los investigadores han identificado la estructura de las proteínas mediante las técnicas de la cristalografía; les falta saber cómo actuar sobre sus propiedades. El dominio de las funciones de las proteínas les permitirá controlar el conjunto de las reacciones de la vida.

"Cuando se hayan descrito las reglas naturales que relacionan una estructura molecular y una función biológica dada, se podrán modificar las proteínas a voluntad a fin de adaptarlas a la realización de tareas precisas", dice el informe de *Sciences & Avenir*. Y la era de la ingeniería de las proteínas habrá comenza-

## INGENIERIA DE LAS PROTEINAS

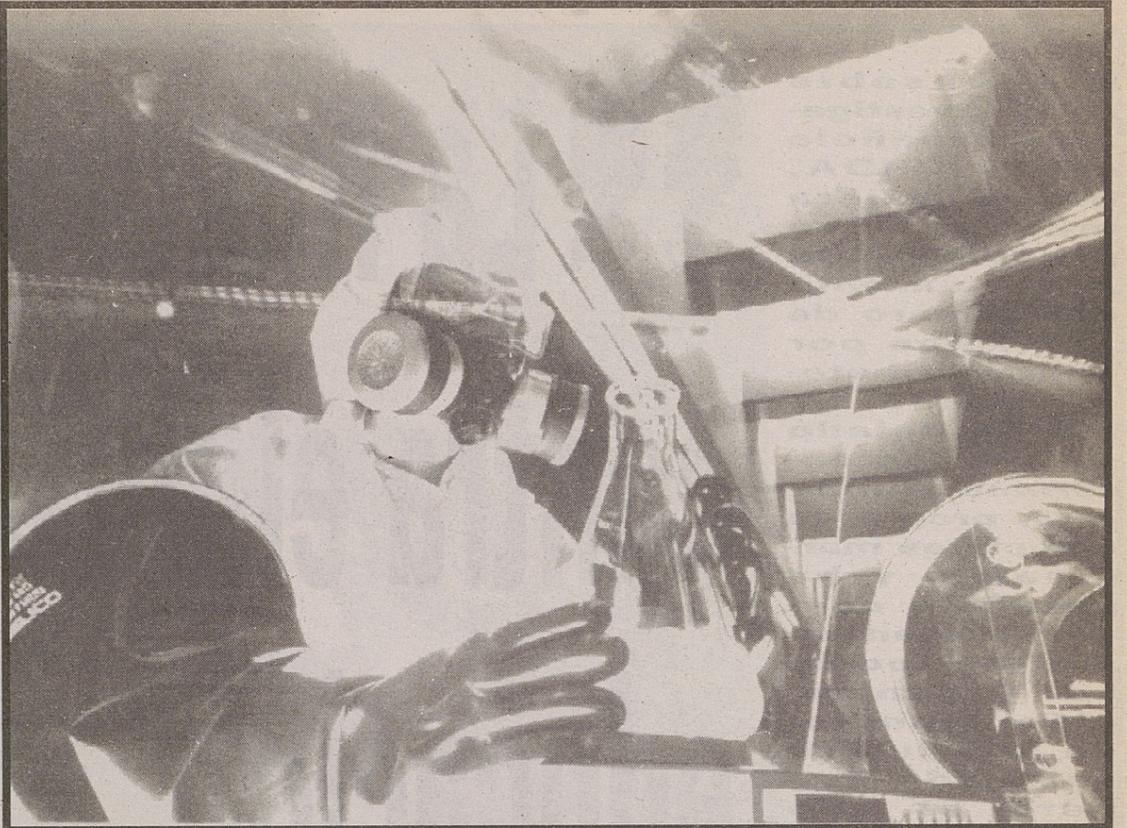
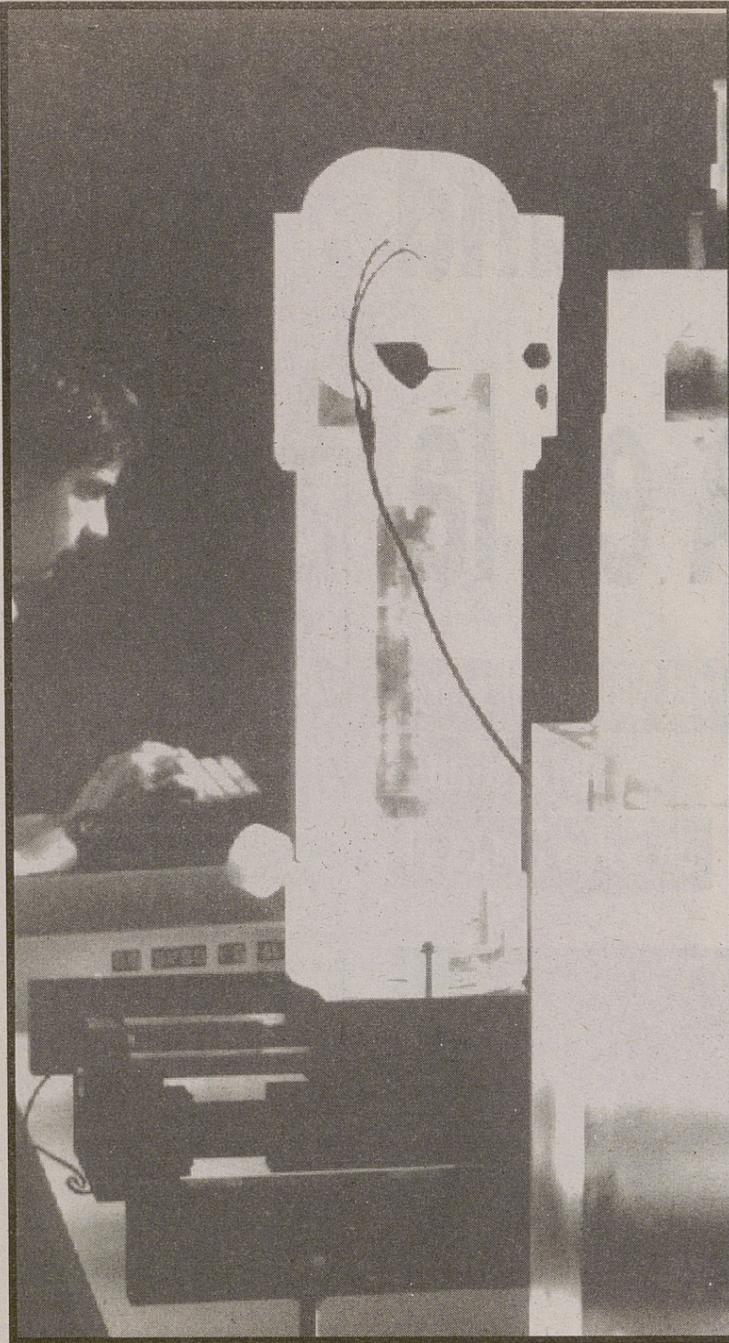
do. ¿Qué tareas le aguardan a esta nueva rama de la biotecnología? Por ejemplo, desarrollar vacunas y medicamentos y, de ese modo, *engañar*, por ejemplo, a un virus como el del sida. Una vía de investigación consiste, precisamente, en determinar la estructura de un pequeño fragmento de proteína viral implicada en la identificación del linfocito T, la célula-blanco del virus. Los científicos esperan modelar proteínas capaces de fijarse y *esconder* los puntos que sirven de blanco al virus del sida.

Inventar moléculas susceptibles de reemplazar los transistores en los ordenadores biológicos del futuro; o acrecentar la resistencia de enzimas industriales y, quizás, crear unas nuevas, totalmente inéditas en la Tierra, para la elaboración, por ejemplo, de nuevos materiales calçados sobre la arquitectura de lo vivo, son

otras tareas que le esperan a la ingeniería de las proteínas.

En Japón, EEUU y Europa existen numerosos equipos de investigación dedicados a esta nueva vía de la biotecnología. Hasta ahora, sólo se ha conseguido alterar las proteínas existentes mediante el reemplazo de uno o dos aminoácidos - las unidades químicas de base que conforman las proteínas- para observar los cambios que se producen, tanto en su conformación espacial, como en sus propiedades funcionales. Otros laboratorios se han dedicado a secuenciar las proteínas para determinar, así, el orden en que se encadenan los aminoácidos.

Los científicos ya han comenzado a entrever algunos de los grandes principios que gobiernan la *inteligencia* de las proteínas. La simulación informática ha ayudado mucho en la tarea: con la proteína representada en la pantalla, se introducen modificaciones en la estructura y el ordenador calcula la configuración tridimensional más estable. Falta saber si estas transformaciones implican también las nuevas propiedades que se querían conferirle. Las perspectivas son alentadoras.



**La astronomía se reserva una sorpresa: la detección de planetas extrasolares**

**Las sorpresas científicas de los 90 provendrán, con toda probabilidad, de la investigación molecular de la vida y de la búsqueda de partículas electrónicas más pequeñas y, naturalmente, más veloces.**

## ORDENADORES MOLECULARES

Desde hace una década los químicos están abocados a la construcción de edificios moleculares dotados de fascinantes propiedades electrónicas. "Estamos en la edad de piedra de la electrónica molecular", confiesa el director del grupo de científicos de esta nueva rama de la investigación, Jean-Pierre Launay. "Las sorpresas (buenas y malas) son totalmente imprevisibles. Pero estos balbuceos bien podrían conducir a una forma radicalmente nueva de tratar la información".

Tal vez la electrónica esté a punto de chocar con sus límites. La búsqueda de una mayor velocidad en el tratamiento de la información y de una mayor densidad de integración se persigue todavía a un ritmo desenfrenado. Sin embargo, los componentes electrónicos llevados a miniaturas tales como los de algunos cientos de átomos terminarán por ser más pequeñas que las uniones que las ensamblan.

La electrónica molecular, en lugar de utilizar estructuras simples -los cristales de silicio están constituidos por átomos idénticos- trata de emplear moléculas complejas, cuyas funciones son mucho más variadas. "La transferencia de electrones de una molécula a otra permite ya obtener verdaderos hilos conductores (de algunas millonésimas de milímetro) capaces de transportar la información", revela *Sciences & Avenir*. Ciertas moléculas bioestables pueden pasar de un estado electrónico a otro bajo el efecto de una señal exterior. Otras, llamadas *polarizables*, son susceptibles de registrar y almacenar una señal eléctrica. Si en la electrónica un diodo ordinario está compuesto de millones de átomos de silicio, entre los que circulan millones de electrones, un diodo molecular es una molécula única en el interior de la cual se desplaza un sólo electrón. "Nada impide imaginar arquitecturas tridimensionales de autómatas celulares que tratarán la información químicamente, con una velocidad y una miniaturización nunca vistas", asegura Lonay.

nes acerca de los cuántares, los agujeros negros y el Gran Atractor, que permitirán saber algo más sobre el origen y la estructura del Universo. En este campo, el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) ha promovido y puesto en "explotación científica" el cielo de Canarias, un recurso natural de excepción que ha con-

vertido a las Islas en la primera reserva mundial de la astrofísica. La evolución de las galaxias y las estrellas o el estudio del Sol y los sistemas planetarios son algunas de las líneas de investigación que seguirá este centro en los años venideros y que, sin duda, abrirán nuevos horizontes es el conocimiento del cosmos.

Todos estos ejemplos no agotan, sin embargo, el potencial transformador de la ciencia. Hay una promesa de cambio por cada línea de trabajo. A un ritmo de velocidad creciente, los científicos prometen para los próximos años la única revolución posible. Habrá que acelerar la capacidad de adaptación.

Los descubrimientos genéticos, quizás más que los de cualquier otro campo de la investigación científica, parecen estar sujetos a la amenaza de abusos y malinterpretaciones en un futuro cercano. Un abuso de las posibilidades de actuación que brinda la genética puede conducir a la aparición de niños de diseño de ojos azules y alto coeficiente de inteligencia. Pero no sólo eso: también puede dar lugar a un *geneísmo*, otra forma de discriminación, pero esta vez en base a los genes.

"Mientras más cadenas de ADN (ácido desoxirribonucleico, el material genético) sean decodificadas y proliferen los tests genéticos, más personas pueden encontrarse con que deniegan un empleo o un seguro de vida", advierte un artículo publicado recientemente en el informe *El mundo en 1991*, de *The Economist*.

Sin embargo, algunos notables éxitos médicos atestiguan el poder que el conocimiento de los genes puede deparar. En el caso de muchas enfermedades hereditarias, los padres pueden ser examinados y puestos sobre aviso de las posibilidades que tienen sus descendientes de verse afectados. Si deciden asumir el riesgo, el embrión puede ser investigado y los padres resolver qué hacer en caso de que presenten la enfermedad. Cientos de nacimientos de niños severamente disminuidos han sido evitados mediante el aborto eugenésico por decisión de sus progenitores.

Gracias a la genética, la decisión de no tener hijos o el

## TEST GENETICOS

aborto ya no son los únicos remedios para las enfermedades congénitas. No parece estar lejos el día en que la *terapia genética* procurará a los niños enfermos genes mejores después de su nacimiento: se les tomará una muestra de células, se introducirá en ellas nuevos genes y las células reconstituidas se devolverán a sus cuerpos.

No obstante, no hay que sobrestimar a los genes. El medio ambiente y la conducta seguirán desempeñando un papel fundamental en la aparición de enfermedades, desde el alcoholismo hasta ciertas formas de cáncer. En el libro *Genética*, de David Suzuki y Peter Knudtson, se afirma: "las vidas de los genes son deslumbrantes danzas complejas que involucran las interacciones simultáneas de incontables genes, enzimas, procesos metabólicos y factores medioambientales".

Sin embargo, el autor de un artículo referido a esta obra, Anthony Gottlieb, apunta que los test genéticos pueden revelar quién está expuesto a un alto riesgo de desarrollar ciertas enfermedades: "mientras más y más baratos test sean desarrollados y más correlaciones entre genes y enfermedades sean hallados, los empresarios y las compañías de seguros tendrán algunas armas poderosas a su disposición". No obstante, se pregunta cuán alta debe ser la probabilidad de enfermedad para que se justifique la discriminación. Aunque el examen genético pueda crear una serie de problemas prácticos, tanto como el avance sin fin de la medicina, no puede ser desechado como una fuente de conocimientos.

Sin embargo, el autor de un artículo referido a esta obra, Anthony Gottlieb, apunta que los test genéticos pueden revelar quién está expuesto a un alto riesgo de desarrollar ciertas enfermedades: "mientras más y más baratos test sean desarrollados y más correlaciones entre genes y enfermedades sean hallados, los empresarios y las compañías de seguros tendrán algunas armas poderosas a su disposición". No obstante, se pregunta cuán alta debe ser la probabilidad de enfermedad para que se justifique la discriminación. Aunque el examen genético pueda crear una serie de problemas prácticos, tanto como el avance sin fin de la medicina, no puede ser desechado como una fuente de conocimientos.

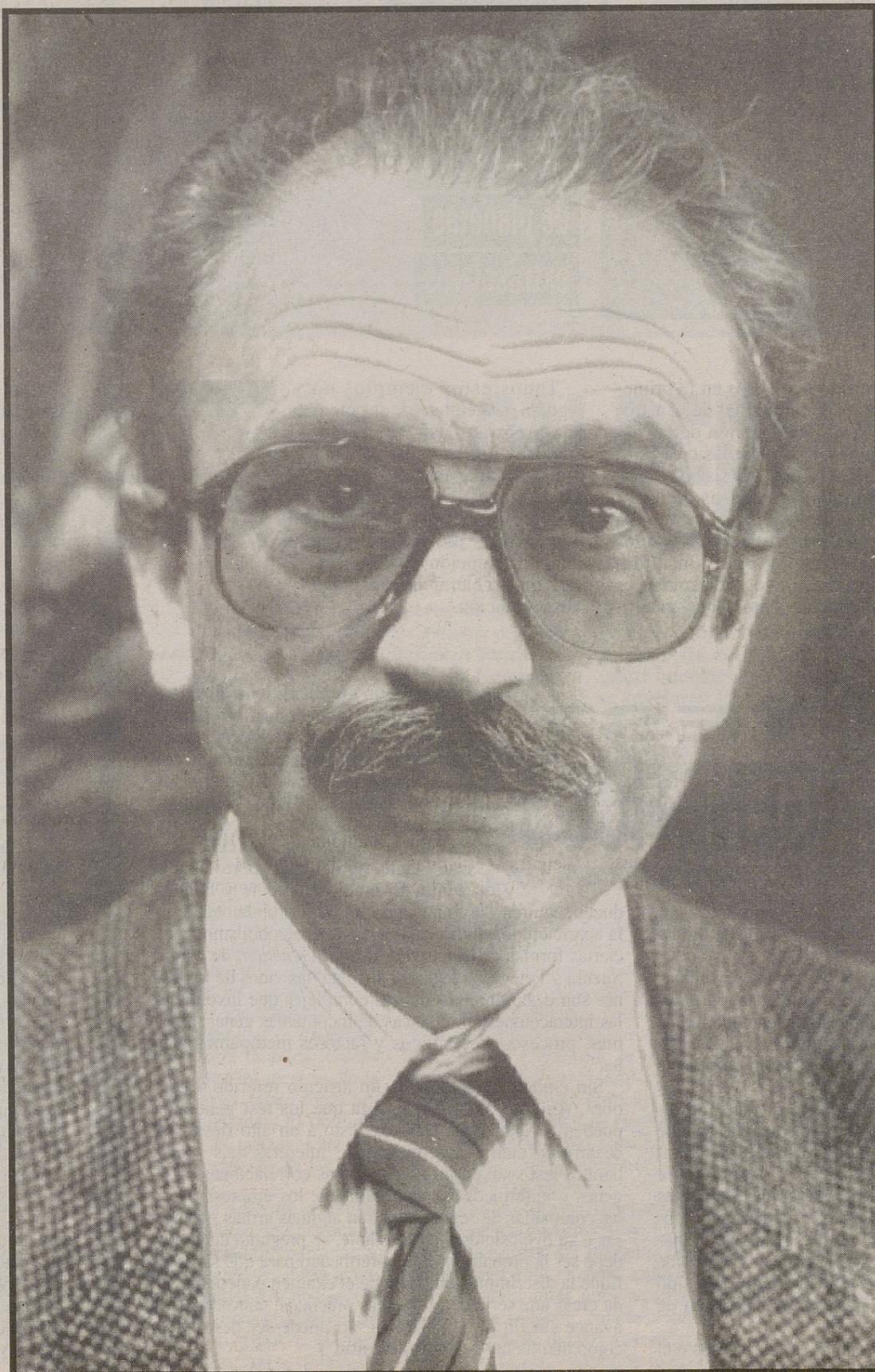
NURIA MARTINEZ

Responsable de la investigación española sobre SIDA, Rafael Nájera muestra su preocupación por el aumento del número de enfermos por contagio heterosexual. El SIDA ha dejado de ser una enfermedad maldita, propia de colectivos marginales, y ha pasado a convertirse en un mal de todos. La Organización Mundial de la Salud ha estimado que para el año 2000 serán más de veinte millones de personas las que en el mundo padecerán SIDA. Estas cifras obligan a adoptar medidas preventivas que van desde las campañas de información para evitar el contagio hasta la realización de pruebas médicas a presuntos seropositivos.

Como director, desde su creación en octubre de 1986, del Instituto de Salud Carlos III, el profesor Nájera, virólogo de profesión, es el testigo más fidedigno de la aparición, desarrollo y estado actual del SIDA en España. Los casi ocho mil casos diagnosticados en el país no son más que un pequeño porcentaje de los 150.000 que se suponen latentes. Mientras que la enfermedad avanza, en los laboratorios se experimentan nuevos fármacos, se elaboran posibles vacunas y se intenta descubrir, en un pulso contra el tiempo, la estructura y caracterización de los virus responsables.

# La mejor vacuna contra el SIDA es la educación"

Rafael Nájera, director del Instituto de Salud Carlos III



Pregunta- ¿Cual es la situación actual de España con respecto al SIDA?

Respuesta- El SIDA es un problema de gran importancia, no sólo en nuestro país sino en todo el mundo. En España, la distribución de los casos de SIDA es muy desigual y está fundamentalmente asociada a



"Con las vacunas se están consiguiendo resultados alentadores"

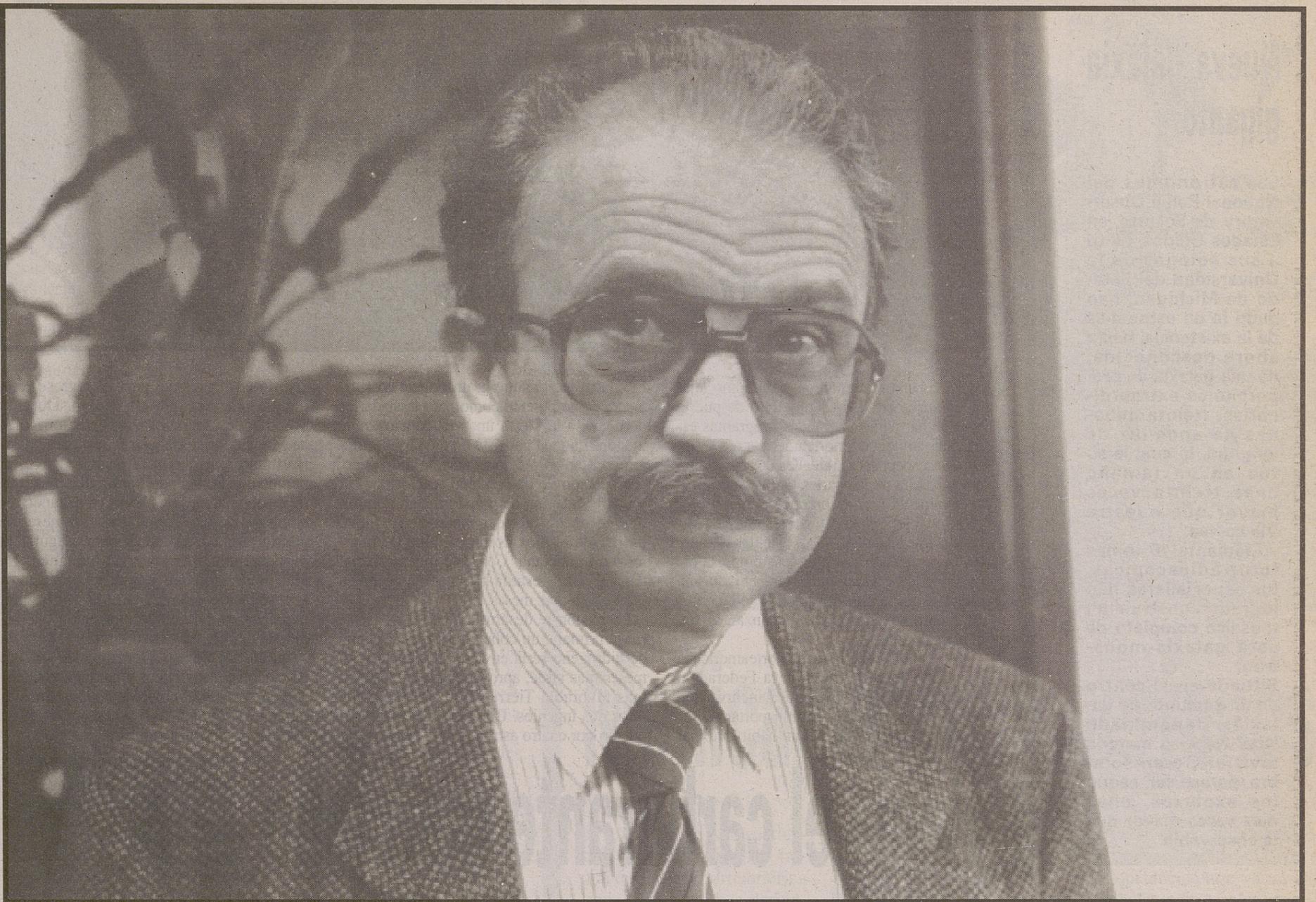
las grandes ciudades y a núcleos turísticos que propician un ambiente de promiscuidad sexual o de drogadicción. La tasa de Andalucía, por ejemplo, es media y, sin embargo, Málaga presenta uno de los índices más altos del país. En estos momentos podemos cifrar en unos ocho mil los enfermos diagnosticados, aunque el número de seropositivos puede ascender a 150.000. En el caso de la transmisión heterosexual, hemos subido, en muy pocos años, del 1% hasta el 4'3% actual. Sin embargo, el grupo más numeroso es el de los drogadictos, con un 62% de los casos. El toxicómano es el núcleo focal de contagio del SIDA puesto que participa en las tres vías de transmisión: por vía sanguínea, compartiendo agujas y jeringas; por vía sexual y por transmisión perinatal. Digamos que la drogadicción es el problema fundamental del sur de Europa, mientras que en el norte la tasa más alta corresponde a homosexuales masculinos.

P- ¿Cuál es el estado de las investigaciones médicas en materia de medicamentos?

R- Se ha avanzado mucho. En el caso de los fármacos, se están experimentando prototipos que en el plazo de dos años podrán ser administrados a pacientes. Por ahora tenemos el AZT y el DDI o dideoxina con los que hemos conseguido prolongar la supervivencia hasta tres años. Sin embargo, estos medicamentos presentan una alta toxicidad. Ahora que la Comunidad Europea ha aprobado el tratamiento con AZT a los enfermos iniciales, pensamos en las ventajas que supone retrasar el proceso de la enfermedad, pero también en los efectos secundarios. De momento, pretendemos alargar la vida hasta poder administrar estos nuevos fármacos de baja toxicidad y que puedan ser admitidos por el enfermo durante más tiempo.

P- Hasta ahora se han descubierto seis vacunas. ¿Son efectivas?

R- Aún queda por determinar cuál va a ser la apropiada. Se está tratando de profundizar



en la respuesta inmunitaria. Ya se han elaborado mapas genéticos de proteínas y se han localizado distintos determinantes antigénicos capaces de producir la respuesta inmunitaria en el organismo. Se conoce cuáles son las partes de la molécula que producen anticuerpos neutralizantes y qué parte induce la respuesta en linfocitos citotóxicos. También se han realizado experimentos siguiendo el método tradicional de inocular el virus completo (muerto) en el organismo humano. Este procedimiento ha tenido muchos detractores porque experiencias *in vitro* han demostrado que, incluso con el ácido nucleico roto, hay fenómenos que permiten una recombinación del virus, con lo que una persona sana podría ser infectada por la vacuna. No obstan-



**"Las vías de transmisión están claras y las medidas de prevención son sencillas y baratas"**

te, se están consiguiendo resultados alentadores. Es una cuestión de tiempo.

**P- Los últimos descubrimientos de Montaigner pare-**

**cen apuntar a una solución al problema del SIDA. ¿Qué opinión le merecen?**

**R-** Ante todo no hay que olvidar que Montaigner fue el descubridor del virus del SIDA. Sus últimos trabajos se



**"El toxicómano es el núcleo focal de contagio de SIDA"**

han centrado en la posible asociación del virus con micoplasmas para producir la muerte de la célula. El efecto citopático, al menos en modelos *in vitro*, ha sido capaz de inhibirse mediante el uso de antibióticos capaces de atacar estos micoplasmas. Esta teoría está siendo muy contestada y ha ido desarrollando una serie de cofactores que se han identificado y que podrían hacer que el virus se expresara. Cuando se produce la infección de la célula, el material genético del virus permanece latente durante años. Que el virus acelere su proceso de crecimiento o no, depende de mecanismos complejos de activación celular. En los últimos meses se ha comprobado que en virus que se transmiten

por las mismas vías, como los herpes, intervienen otros microorganismos que contribuyen a la activación celular. En este sentido, los micoplasmas podrían actuar como factor desencadenante del crecimiento incontrolado de la célula.

**P- ¿Cree que las campañas de concienciación y de uso de profilácticos son necesarias?**

**R-** Por supuesto; en estos momentos, la única vacuna que tenemos contra el SIDA es la educación. El SIDA es un problema de todos, pero sólo con nuestra propia prevención haremos que la sociedad esté protegida. Las vías de transmisión están muy claras y las medidas para que una persona no se infecte son extraordinariamente sencillas y baratas. Ya se han resuelto los problemas de control de la sangre y de los productos hemoderivados. En el tema de la drogadicción, hay que evitar el contacto con agujas y jeringas infectadas. Y en los casos de transmisión sexual, bien sea homosexual o heterosexual, hay dos soluciones: castidad absoluta, propuesta que no ha dado mucho resultado en los últimos dos mil años, pese a las reiteradas sugerencias de la Iglesia; o utilizar la única medida recomendada por la OMS y por todos los países del mundo, el uso de una barrera mecánica como es el preservativo. En cuanto a la transmisión perinatal, hay que poner al alcance de las mujeres



**" Los casos por transmisión heterosexual en España se han multiplicado por cuatrocientos"**

seropositivas todos los medios que le impidan quedarse embarazadas y, llegado el caso, garantizar la práctica de abortos con todas las medidas de seguridad sanitarias.

**P- Por último, ¿en qué proyectos relacionados con SIDA trabaja el Instituto Carlos III?**

**R-** Estamos desarrollando un centro especial de biología celular para estudiar estos temas. Pretendemos penetrar en lo que denominaríamos epidemiología molecular. El equipo del doctor Cecilio López Galíndez, mediante una técnica desarrollada para el estudio de oncogenes, está realizando estudios comparativos de las cepas para llevar a cabo una caracterización molecular y conocer las diferencias entre los distintos virus que circulan por Europa. Para ello hemos contactado con el doctor Goudsmit de Amsterdam, con el fin de realizar un estudio comunitario y reunir una colección representativa de las cepas existentes y establecer sus diferencias

tanto desde el punto de vista genético y biológico como en el aspecto antigénico.

Gracias a los trabajos de la doctora Herrera, jefe del servicio de microscopía electrónica, hemos desarrollado unas técnicas combinadas con *scanning* que nos permiten ver los linfocitos del enfermo en superficie y marcarlos con antígenos específicos del virus. Hemos desarrollado igualmente un procedimiento por el que podemos evaluar cuantitativamente el número de células infectadas en el organismo: una de cada mil está infectada y nos vamos acercando a la pro-



**"Con el AZT y el DDI se ha conseguido prolongar la supervivencia de los enfermos"**

porción uno de cada cien.

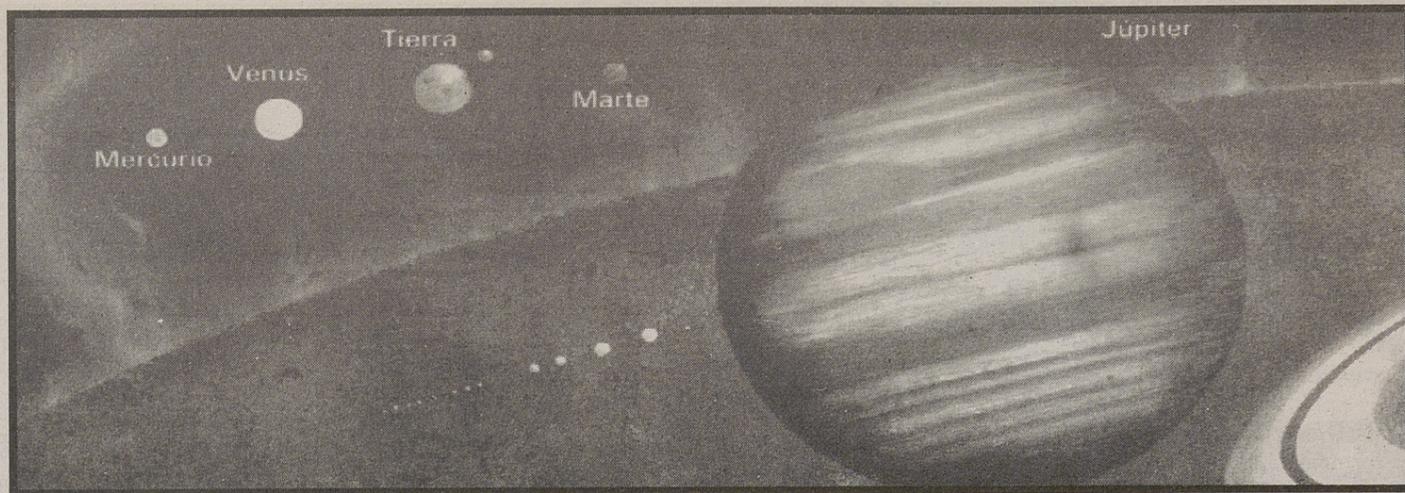
Por último, lideramos dos proyectos europeos de investigación: uno sobre las aproximaciones terapéuticas en la asociación tuberculosis-SIDA, que dirige el doctor González de la Hoz, y otro sobre accidentes en personal sanitario, dirigido por el doctor Rafael de Andrés y yo mismo.

## Nueva galaxia gigante

Los astrónomos del National Radio Observatory, de Socorro, en Estados Unidos, junto a sus colegas de la Universidad del Estado de Michigan, han dado fe en estos días de la existencia, hasta ahora desconocida, de una galaxia de proporciones extraordinarias: treinta millones de años-luz de longitud, lo cual la sitúa en un tamaño unas treinta veces mayor que nuestra Vía Láctea.

Mediante 16 tomas fotorradioscópicas, los especialistas han logrado construir un mosaico completo de esta galaxia-monstruo.

Situada en el centro de un conjunto de galaxias, denominado *Abel 2029*, su materia invisible, o en sombra, parece ser, según los expertos, unas diez veces mayor que la observable.



Marte es una meta, tan deseada como lejana en sus posibilidades objetivas de puesta en marcha, para los grandes programas espaciales soviético y norteamericano. De hecho, las expectativas iniciales de realización por una sola de las partes han decaído progresivamente y en la práctica el único proyecto viable apunta a una estrecha colaboración internacional. No obstante, durante los meses pasados la poderosa empresa espacial *Martín Marietta* ha presentado una oferta espectacular que incluye elementos altamente novedosos para alcanzar, al fin, el planeta rojo.

Los estudios que la firma norteamericana ha puesto sobre la mesa de la Federación Internacional de Astronáutica incluyen un nuevo lanzador capaz de transportar 47 toneladas de carga útil, con un habitáculo pa-

ra cuatro astronautas y un cohete lo suficientemente potente como para trasladarlos de nuevo a la Tierra una vez concluyan su misión. La idea consiste en enviar el artilugio con tan sólo 6 toneladas de hidrógeno, pero dotado de un pequeño reactor nuclear y una instalación de transformación química que pueda fabricar metano y oxígeno utilizando el dióxido de carbono de la atmósfera marciana. Con este ingenioso sistema el cohete estaría listo para la vuelta en el plazo de diez meses.

La misión se desarrollaría en dos etapas. En la primera, un cohete no tripulado lleno de hidrógeno sería enviado al planeta y 26 meses más tarde, aprovechando la posición más favorable Tierra-Marte, se lanzarían otros dos ingenios. Uno de ellos estaría tripulado por cuatro astronautas y el otro con-

sistiría en un cohete para el regreso, con idéntica factura que el pionero. Durante 500 días los primeros visitantes terrícolas de Marte podrían trabajar *in situ* para posteriormente partir con la primera nave, al tiempo que la segunda, sin tripulación, estaría en condiciones de recibir un segundo reemplazo. De esta forma, cada 26 meses se podría producir el relevo para asegurar la permanencia constante de humanos. La gran innovación que presenta el proyecto es la instalación química para la fabricación marciana de carburante; operación que reduciría de manera extraordinaria el peso de carga de las naves. La propuesta inicial, que incluye a soviéticos y norteamericanos, comenzaría por el envío de una instalación-piloto que validara las hipótesis iniciales de fabricación de carburante.

# Hacia el carburante marciano

La innovación del proyecto consiste en instalar una planta de transformación química en Marte

## Blanquear la piel

Mientras que la mitad del mundo se tiende durante horas en las playas para conseguir oscuros bronceados, la otra mitad se dedica a investigar, producir y comercializar sustancias capaces de blanquear la piel.

En Japón, el crecimiento más importante en la industria de perfumería y cosméticos corresponde precisamente a este tipo de productos, que han logrado una extraordinaria aceptación popular entre los habitantes del archipiélago.

La investigación en aclaradores de la piel se dirige, fundamentalmente, hacia los inhibidores de la tirosinasa, enzima que interviene en la síntesis de la melanina. El último hallazgo le ha correspondido a la empresa nipona *Naris Cosmetics*,

que ha encontrado uno de estos inhibidores en un hongo denominado *Ningyotake*.

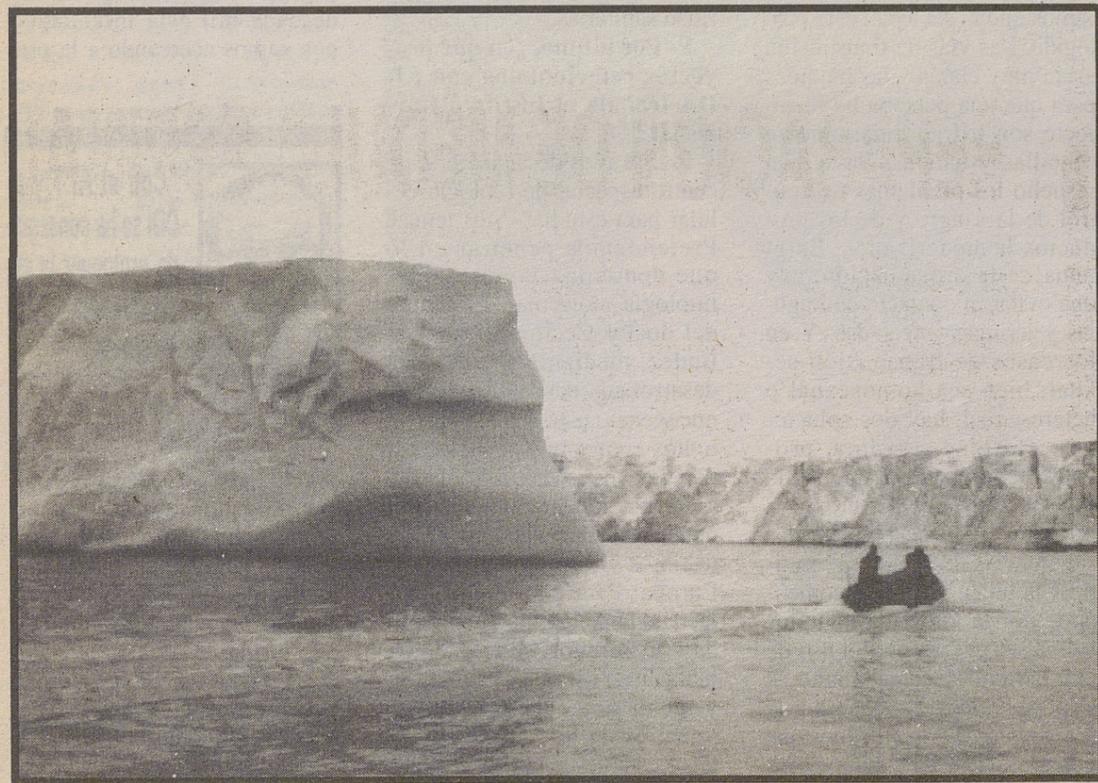
Paralelamente el laboratorio de nutrición *Chez Morinaga* ha obtenido otro péptido para uso similar mediante el tratamiento enzimático de proteínas de la leche; *in vitro* el péptido inhibe el 100% de la actividad de la tirosinasa. *Morinaga* intenta poner a punto una tecnología de producción en masa de este nuevo aclarador en colaboración con alguna firma de cosmética.

## Genoma porcino

El diseño del mapa genético de diferentes especies animales, incluida la humana, parecer ser una meta común a todas las instituciones científicas de países desarrollados.

Dentro de este ámbito le toca el turno

en estos días al cerdo, que se inscribirá en un proyecto coordinado por 16 laboratorios de Bélgica, Francia, Dinamarca, Noruega, Suecia y Reino Unido. Un mejor conocimiento de los marcadores genéticos permitirá en el futuro seleccionar a los porcinos de mejores prestaciones industriales.



# OZONO DE BAJA

Desde hace algún tiempo, científicos de todo el mundo han venido advirtiendo el deterioro progresivo que se registra en la capa de ozono de la estratosfera. El tristemente célebre *agujero de ozono* sobre el continente antártico se extiende como una peligrosa mancha sobre nuestras cabezas. Sin embargo, ahora comienza a tomar cuerpo otro peligro relacionado igualmente con el ozono, aunque de muy diferentes características.

Parece que, a diferencia de los clorofluorocarbonos, los desechos industriales gaseosos como el metano, el monóxido de carbono y el óxido de hidrógeno, propician la formación

de ozono a baja altitud atmosférica, en la troposfera. Esta situación acarrea efectos igualmente indeseables para la atmósfera terrestre que se concretan en calentamiento global, marchitamiento de bosques, disminución de radicales depuradores en el aire, etc.

Para estudiar en detalle este nuevo y alarmante fenómeno, cinco grandes laboratorios franco-alemanes pondrán en marcha la llamada operación *Tropoz*, que se desarrollará entre el 8 de enero y el 4 de febrero de este año. El programa incluye vuelos a Groenlandia y la Antártida para la toma de medidas en un periplo que superará los 45.000 Kilómetros.

## Industria cerámica más limpia

El crecimiento de la industria cerámica en España, uno de los sectores que más se ha desarrollado en los últimos años, ha traído consigo todo un conjunto de problemas medioambientales. Las aguas residuales procedentes de la fabricación cerámica están contaminadas por elementos potencialmente tóxicos para los suelos y los cultivos. A título de ejemplo, una concentración de un miligramo de boro (metal frecuentemente presente) por litro en aguas de riego produce determinados tipos de clorosis en los cítricos.

Estos problemas están siendo abordados tanto desde el punto de vista medioambiental como en sus aspectos de reutilización orientada a una reducción de costos. Un ejemplo reciente lo constituye la puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales cerámicas en la Comunidad Valenciana, fruto de un convenio de colaboración entre una empresa consumidora de esta tecnología (URALITA, S.A.), una constructora de equipamiento (IMOSA) y el Instituto de Tecnología Química (centro mixto de investigación Universidad Politécnica de Valencia-CSIC). La planta tiene una capacidad de depuración de siete

metros cúbicos a la hora, pudiendo llegar hasta los diez metros cúbicos. Las aguas se tratan en dos etapas, por un sistema mixto de decantación física y química.

El proyecto aporta interesantes novedades tecnológicas. Permite reutilizar los fangos de la industria, y el agua depurada vuelve al proceso hasta en un 70%. Por otra parte, se reducen los contaminantes hasta los niveles permitidos por la legislación comunitaria y se optimiza el proceso para cada empresa, con el consiguiente ahorro de reactivos.

## Biotecnología alemana

La nueva Alemania reunificada apuesta fuerte por la biotecnología; el programa *Biotecnología 2000*, previsto para el período 1990-1994, recibirá una inversión de más de 97.000 millones de pesetas, lo que significa casi una duplicación de los fondos destinados a este tipo de investigaciones. Como áreas prioritarias se definen la neurobiología, la biología molecular de plantas, la biocatálisis y los procesos. Paralelamente, las instituciones científicas alemanas están realizando un esfuerzo significativo para interpretar lo más rápido posible en sus programas las líneas de investigación que hasta ahora se desarrollaban en la República Democrática

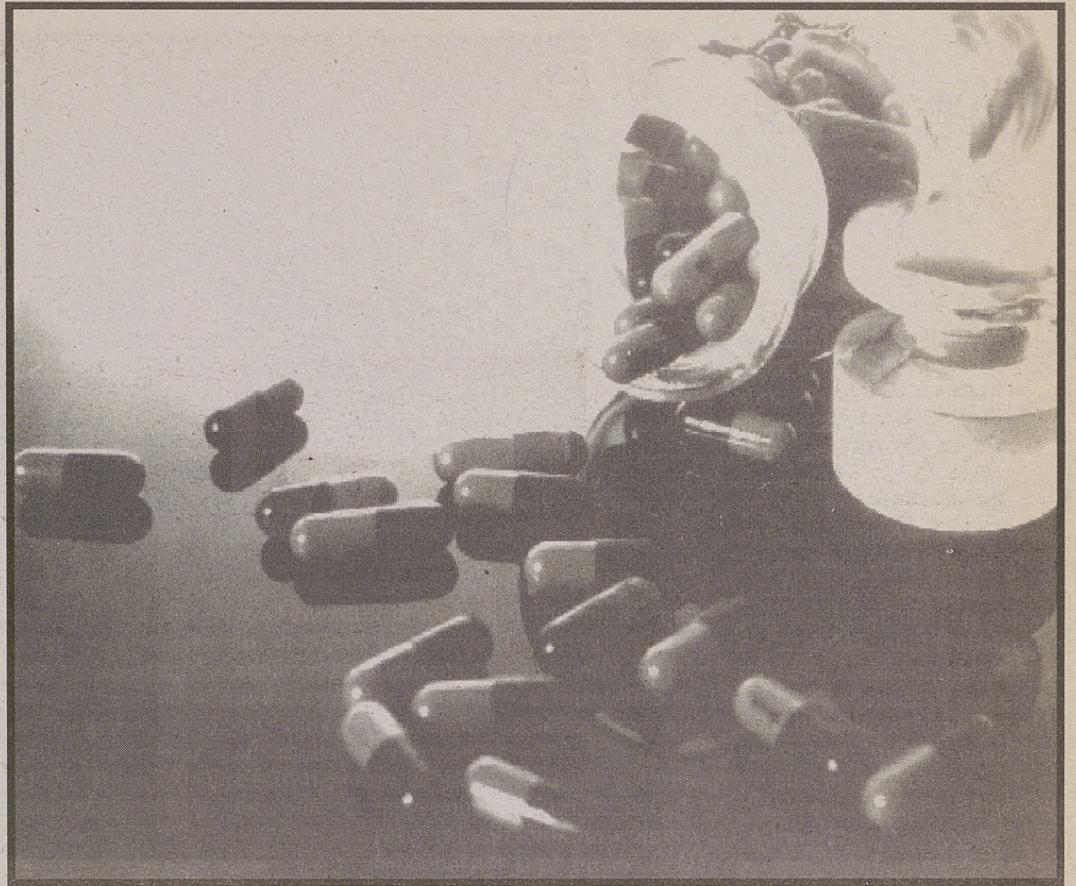


## A la cola del cometa

Los cometas constituyen un elemento de análisis valiosísimo para los astrofísicos, dado que se supone que sus núcleos son algo así como fósiles de nuestro Sistema Solar.

El efecto de sublimación -el paso de sólido a vapor-, provocado por las aproximaciones al Sol, hace que sus elementos constitutivos pasen a la cola del cometa; dentro de ella se habían podido identificar, hasta el momento, cuatro componentes:

agua, monóxido y dióxido de carbono y ácido cianhídrico. El último descubrimiento en este campo procede de las instalaciones francesas en el pico Veleto, en la sierra granadina. Los astrónomos galos han podido constatar la presencia de otros tres elementos: sulfuro de hidrógeno, formaldehído y metanol, con lo cual se eleva a siete el número de trazas constatadas en las colas de la mini-atmósfera cometaria.



BANCO DE LA IMAGEN

# Medicamentos huérfanos

El mercado de la investigación y comercialización farmacéutica en norteamérica tiene lógicas trabas derivadas de la regulación general de la FDA (Food and Drug Administration) y alguna tan particular como la ley denominada Orphan Drug Act, que concede el estatuto del medicamento *huérfano* a aquellos destinados a combatir una enfermedad rara.

Tal denominación incluye las enfermedades o problemas de desarrollo que afectan a poblaciones inferiores a 200.000 personas. No obstante, en estos días el senador Waxman ha visto pros-

En norteamérica

se concede

el estatuto

de medicamento

huérfano

al destinado

a combatir una

enfermedad rara

perar su enmienda que finalmente autorizará la libre competencia entre varias sociedades para la comercialización de estos productos farmacéuticos denominados raros.

A pesar del notable avance frente a criterios netamente proteccionistas, la modificación legal no tendrá carácter retroactivo y, por lo tanto, productos como la hormona del crecimiento de Lilly y de Genentech mantendrán su estatuto de orfandad en claro detrimento de productos similares e incluso más avanzados como los fabricados por Kabi o Sero-

## REPARACION DE MÉDULA ESPINAL

El dramático incremento de los accidentes automovilísticos ha supuesto una auténtica cascada de lesiones motrices que dejan imposibilitados a los pacientes por lesiones de médula espinal. La médula, cuyas células nerviosas relacionan el

cerebro con otras partes del cuerpo, no tiene apenas capacidad de regeneración cuando es seccionada. Durante un tiempo es capaz de crecer hasta un milímetro, pero después cesa en su prolongación.

Científicos suizos han conse-

guido, por vez primera, modificar este comportamiento en células de ratón al identificar las dos proteínas que actúan como inhibidores del proceso de crecimiento. Los anticuerpos, purificados, fueron injertados en ratas y el prolongamiento de las

fibras se produjo sin aparente dificultad. Aunque la aplicación en humanos se vislumbra aún lejana, el descubrimiento abre algunas expectativas en los casos de paraplejía humana en los que las piernas quedan definitivamente inmovilizadas.

¿Podemos imaginar cómo sería la vida cotidiana sin la informática? Si examinamos aplicaciones recientes, nos damos cuenta de que estamos entrando en otra era, tanto en el uso del ordenador para todo tipo de trabajos como en los progresos en inteligencia artificial, la comunicación entre ordenadores, la neuroinformática y otras líneas de desarrollo sugestivas y apasionantes.

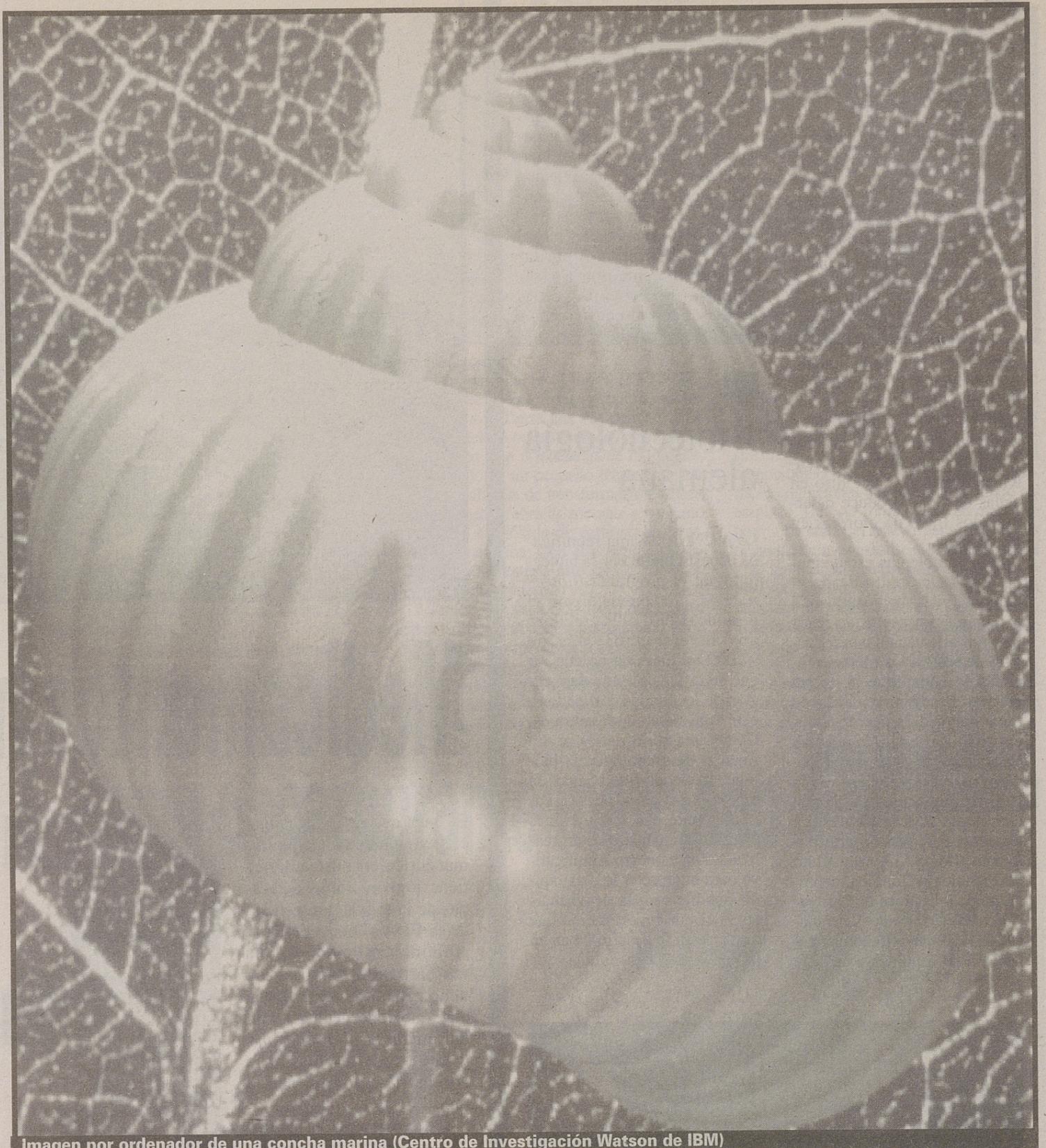


Imagen por ordenador de una concha marina (Centro de Investigación Watson de IBM)

MANUEL CALVO HERNANDO

Ya es posible diseñar prótesis a medida con ordenador. Arqueólogos franceses reconstruyen por computadora el templo egipcio de Amón-Ra. El ordenador revela rasgos inusitados de las galaxias. En España, estas máquinas empiezan a hablar y a escuchar mediante la tarjeta de la voz, que ha comenzado a comercializarse. Los robots controlan las fábricas en Japón y estamos a las puertas de la agricultura robotizada. Se han informatizado los primeros miles de documentos del Archivo de Indias y a finales de 1989 ya existían 86 millones de páginas almacenadas, ordenadas y clasificadas para su acceso universal. Los dos millones de libros del Vaticano podrán consultarse por ordenador desde cualquier lugar del mundo.

Y algo más. ¿Quién se hubiere atrevido a imaginarlo hace pocos años? La revista *Actualidad Agraria* publicó una información con este título: "La ve-

terinaria destacó en el SIMO-88".

En los dos años próximos se hablará más entre nosotros de estos temas, por celebrarse en la Universidad Complutense de Madrid la Conferencia Internacional sobre Autómatas, Lenguajes y Programación (ICALP), organizada por la Asociación Europea de Informática Teórica (8 al 12 de julio de 1991), y el XII Congreso Mundial de Informática, organizado por la IFIP, Federación Internacional de Procesamiento de la Información (7 al 11 de septiembre de 1992).

Otra línea de desarrollo es la conexión entre ordenadores, mediante redes locales o por sistemas operativos para muchos usuarios. Han pasado los tiempos en los que los ordena-

**La informática es  
ya una realidad  
cotidiana  
y el desarrollo  
de la Inteligencia  
Artificial vaticina  
numerosos  
cambios**

dores estaban solos y ya es posible, por un precio razonable, comunicar entre sí ordenadores personales sin que importe la distancia que los separa.

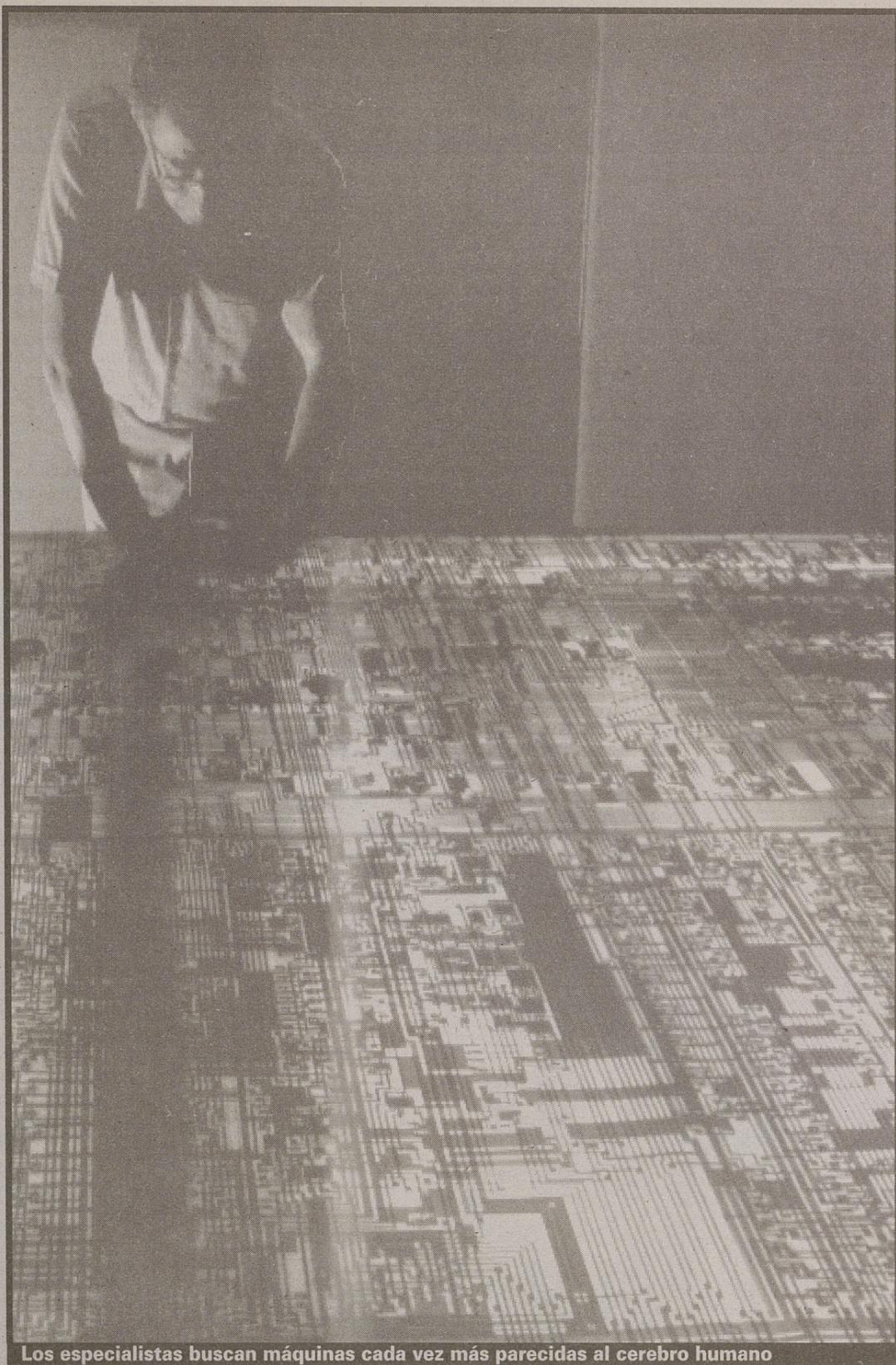
Es lo que algunos han llamado *comunicar con el futuro*, pero que, como viene siendo habitual, en Estados Unidos ya está presente, puesto que en este país la comunicación por ordenador empieza a imponerse y los ciudadanos *conversan* sobre cualquier tema a través de sus pantallas y reciben o intercambian conocimientos o informaciones.

En otro campo, seis proyectos de investigación de neuroinformática han recibido financiación de la Comunidad Europea por valor de algo más de un millón de dólares. Se trata, en pocas palabras, de desa-

rollar ordenadores capaces de reaccionar de modo parecido al de un cerebro humano.

En la nueva disciplina, que se inscribe dentro de las investigaciones sobre ese sector apasionante, misterioso y quizá terrible que es la Inteligencia Artificial (IA), se encuentran dos grupos de científicos de vanguardia: los fisiólogos que estudian el cerebro, el ordenador humano, y los físicos, matemáticos, electrónicos, etc., que buscan máquinas inteligentes, cercanas en lo posible al ser humano.

Los mecanismos de la memoria no son aún lo bastante conocidos como para orientar de manera precisa la investigación terapéutica. No obstante, la farmacología de la memoria alcanza actualmente cumbres



Los especialistas buscan máquinas cada vez más parecidas al cerebro humano

inusitadas. Fisiólogos y matemáticos, neurobiólogos y físicos tratan de penetrar en el córtex, la zona noble del cerebro, de donde surgen la abstracción y la invención, donde se elaboran la palabra, la lectura, la es-

critura y la matemática y donde probablemente se almacenan las informaciones, una vez marcadas y, por decirlo así, etiquetadas.

La memoria es como una gigantesca biblioteca, una inmen-

sa base de datos del pasado y del presente, en la cabeza de cada uno de nosotros. Pero ignoramos cómo se producen realmente la comunicación y las interacciones entre las neuronas y sus diálogos. Parece que

algunas de ellas intercambian información con decenas de millares de vecinas mientras que otras, más reservadas o quizá menos necesitadas de información, sólo *hablan* con algunos centenares de colegas. En todos los casos, reciben y dan informaciones químicas, como nosotros, en el exterior, empezamos ya a intercambiar información electrónica.

Hemos hablado de Inteligencia Artificial, que no ha avanzado tan espectacularmente como los especialistas preveían hace unos años, pero que ahora anuncia progresos. Los sistemas expertos, que constituyen una etapa en la investigación en este campo, se cree que van a experimentar un importante desarrollo en los países industrializados los próximos años, según un informe de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT).

Aunque la IA se basa en programas de ordenador, como la informática convencional, los procedimientos de resolución de problemas y las técnicas de programación tienen unas características distintas. La informática tradicional maneja datos, mientras que en la IA los objetos pueden ser ideas y conocimientos y se ajustan más a una descripción de tipo simbólico.

Sólo en Estados Unidos hay en curso más de un millar de proyectos importantes para el desarrollo de IA y han surgido más de medio centenar de empresas -algunas con un número superior a 100 personas en plantilla- para estudiar aplicaciones en este campo, especialmente en los llamados sistemas expertos o de aprendizaje automático. Un sistema experto es un sistema informático que incorpora, en forma operativa, el conocimiento de una persona experimentada de modo que sea capaz no sólo de responder como esta persona, sino de explicar y justificar sus respuestas. A partir de unos conocimientos sobre temas determinados, estos programas son capaces de establecer deducciones semejantes a las que haría un experto humano en cuestiones de su competencia.

Ante la importancia estratégica de los microchips, la Comunidad Europea ha iniciado un programa para proveer de chips inteligentes a las generaciones futuras, de aquí a 1996. En España, el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico desarrolla programas en relación con estos temas: microelectrónica, tecnologías de la información y de las comunicaciones y automatización avanzada y robótica. Por otra parte está en marcha el Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN II) y, por supuesto, la participación española en los programas europeos para incrementar la calidad de vida, las tecnologías de la información, la educación, la producción y el ahorro de energía, etc.

Sólo en el sector de la sociedad de la información, hay proyectos europeos sobre microelectrónica y tecnología de periféricos, sistemas de tratamiento de la información, tecnologías de aplicación, electrónica molecular, inteligencia artificial, física del estado sólido, diseño de sistemas avanzados, comunicaciones integradas de banda ancha, etc.

España participa también en otros programas internacionales no comunitarios que incluyen investigaciones en el campo de la microelectrónica. Figuran entre ellos el Eureka, CYTED-D (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, V Centenario), CERN (Centro Europeo de Investigación Nuclear), ESA (Agencia Espacial Europea), AIRBUS, colaboración internacional en astrofísica, LEST (Telescopio Solar de Base Terrestre), ESRF (Instalación Europea de Radiación del Síncrotrón), ILL (estructura y propiedades de la materia), EMBL (Laboratorio Europeo de Biología Molecular) y ODP (Proyecto de Perforación del Océano).

"El ordenador es un regalo del cielo", acaba de escribir Henri Atlan en su interesante estudio *Entre el cristal y el humo*. Alvin Toffler, en su último libro, dice que entramos en la era del cerebro gigantesco, el megacerebro electrónico con toda la información necesaria para gestionar una empresa. Sin llegar a tanto, Timothy Leary, uno de los *padres* de la psicodelia, ha dicho en España que los ordenadores son la mejor arma que tenemos para cambiar la realidad. En el ámbito de la salud, por ejemplo, la aparición de las computadoras y especialmente la *explosión* informática de los últimos años ha sido comparada por la revista de la Organización Mundial de la Salud con el advenimiento de la electricidad.

Efectivamente, la nueva tecnología pone al alcance de millones de usuarios un número creciente de aplicaciones, que se van convirtiendo en elementos indispensables de nuestra vida cotidiana. Ya ha ocurrido en el sector del comercio y de las finanzas, mientras que sólo es cuestión de tiempo -de muy poco tiempo- que suceda lo mismo en el campo de la salud.

Los cambios son muy rápidos; el usuario está obligado a adaptarse si no se quiere quedar atrás y las empresas no ayudan mucho a la hora de un cambio. La relación entre ordenadores y usuarios es uno de los problemas que se empiezan a plantear, junto con la adicción a las pantallas y su contrario, el miedo al ordenador. Quienes manejamos esta herramienta deberíamos tener claro este concepto de instrumento. El filósofo argentino Mario Bunge expresó esta idea con rotundidad y belleza: "El ordenador crea o conocimiento o basura intelectual".

En 1990 IBM anunció el lanzamiento de los ordenadores más potentes de su historia, para las grandes empresas. Japón ha hecho públicas las líneas básicas de la sexta generación de computadoras, centrada en la

## CARRERA POR LA VELOCIDAD

investigación de los ordenadores neuronales y ópticos, y en los grandes sistemas paralelos que procesen programas informáticos de *lógica confusa*.

La luz se introducirá poco a poco en esta tecnología y hay ya prototipos de computadoras ópticas.

Otras líneas de desarrollo son el diagnóstico médico informatizado con ayuda de imágenes; análisis automático de cromosomas; sistema de programación *fuzzy* (nebuloso o gris), destinado a reproducir la im-

precisión con que piensan y actúan los humanos; ordenador que utiliza superconductores; el chip de memoria dinámica más rápido del mundo, y el chip del año 2000 se ha anticipado que tendrá 100 millones de transistores.

En otro campo, los servicios secretos norteamericanos han iniciado el año último la caza del pirata informático.

El progreso continúa y paralelamente debe continuar la información sobre avances y problemas. Como ha dicho el director general de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), "el debate en este campo debe incrementarse, para que el público conozca a tiempo los múltiples aspectos de un fenómeno cuyas consecuencias revisten importancia para nuestras sociedades".

El pasado mes de diciembre se falló en Madrid el Premio CSIC de Periodismo Científico 1990 y A ciencia cierta ha querido recoger en estas páginas las firmas de los galardonados:

Santiago Graño, responsable del suplemento de ciencia y tecnología del diario Cinco Días,

**D**ESDE QUE LA idílica calma veraniega del privilegiado mundo occidental saltara por los aires, destrozada por la entrada de las tropas de Sadam Hussein en Kuwait, se suceden en cascada las malas noticias para el I+D. Por supuesto, antes de la invasión ya eran evidentes los peligros que acechaban al todavía joven sistema ciencia-tecnología español, pero el miedo a la recesión ha permitido que los discursos se radicalicen y las prioridades cambien abruptamente, incluso antes de que el enfriamiento económico se transforme en crisis abierta y cuando la guerra sigue aún sin estallar.

El 26 de junio de 1990 -es decir, sólo un mes antes de que se abriera la crisis del Golfo- publicábamos un número especial del suplemento I+D del diario económico *Cinco Días* dedicado al análisis de la situación de la tecnología. Allí, en un artículo titulado *Una década de avances y un futuro no exento de peligros*, yo aseguraba que "todo parece indicar que, en cuanto a I+D, España ha dejado de correr detrás del tren para saltar al furgón de cola. La gran incógnita es si conseguirá seguir avanzando hacia la locomotora o, por el contrario, volverá a caer a la vía".

Seis meses más tarde, la situación se ha deteriorado lo suficiente como para pensar que, al menos de momento, seguir avanzando hacia una homologación científico-tecnológica con los países de la CE es una meta rayana con lo utópico, y

será un éxito mantenerse en el tren.

España ha realizado en los últimos diez años un incuestionable avance en su sistema ciencia-tecnología. Gracias a una apuesta política y unas directrices de gestión claras, sumadas al acicate de la integración en Europa y a una situación económica muy favorable, se dio un salto espectacular, consiguiendo que el sistema ciencia-tecnología de nuestro país superara el tercermundismo, creciese y se estructurase a imagen y semejanza del de los países desarrollados. Sin embargo, nuestro I+D está lejos de haberse consolidado.

En el mencionado artículo de junio se citaban, entre otros, los siguientes problemas pendientes: el todavía escaso interés empresarial por el I+D; la persistencia en la compra de tecnología; el acaparamiento de multinacionales extranjeras de los sectores tecnológicamente estratégicos; la actitud reticente de la banca española, más dispuesta a financiar la compra de tecnología que su desarrollo en España mediante investigación; la falta de grandes empresas españolas que sustentaran la investigación y comercializaran sus resultados; el escaso uso de los grandes contratos de la Administración para apoyar las tecnologías nacionales y, por último, la a veces discutible subordinación de los programas de investigación españoles a los del Programa Marco de la CE. Por último, se recordaba que, aunque en 1990 el I+D aparecía como prioridad en los Presupuestos Generales del Estado, no se había dudado en 1989 en mutilar sus recursos con motivo del *giro social*, por lo que no parecía totalmente segura la continuidad de la inversión.

En el momento de escribir este texto, sólo seis meses después, es evidente un claro retroceso. Ninguno de los problemas enumerados en junio ha desaparecido o tiende hacia su solución; muchos se han agravado, o

amenazan con hacerlo, y, para colmo, dificultades que parecían lejanas -como la congelación presupuestaria- se han materializado. Como si todo esto fuera poco, surgen motivos de preocupación que entonces se desconocían o apenas se vislumbraban.

De esta manera, en seis meses se ha pasado de un escenario optimista -en el cual sólo parecía necesario corregir ciertas tendencias negativas para que el sistema ciencia-tecnología español alcanzara su madurez- a un cuadro de perspectivas francamente preocupantes. Si en junio el problema era mantener el ritmo de crecimiento del sistema de I+D y que éste fuese equilibrado y armónico, hoy se trata de conseguir que el resultado de diez años de política científica y tecnológica eficaz no sea saturninamente devorado por sus propios progenitores.

Lo peor de los Presupuestos Generales del

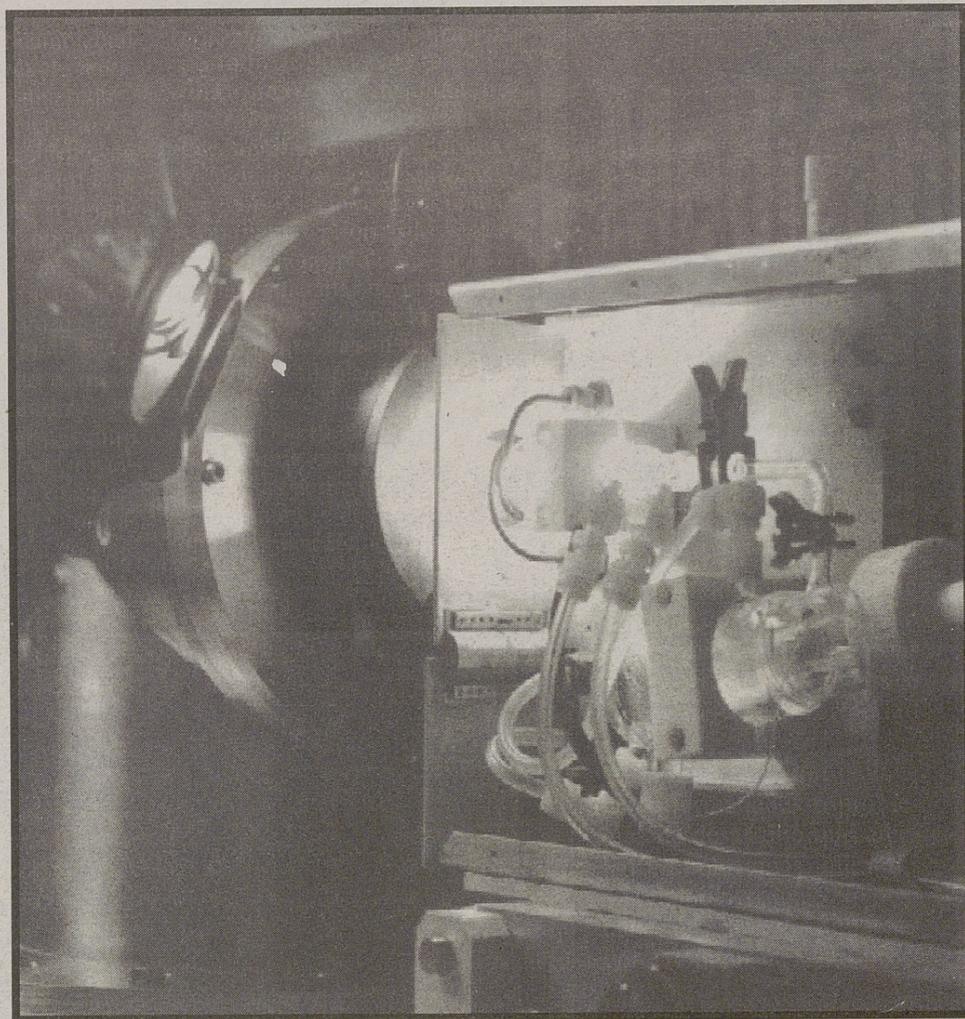
Cada vez va quedando más claro que una cosa es lo que piensan los responsables de la política científica y tecnológica y otra lo que opinan los sacrosantos gurús monetaristas del ministerio de Economía y Hacienda. Los Presupuestos para 1991 demuestran claramente que el I+D, lejos de considerarse una prioridad real, está siendo tratado como una de esas tantas actividades cosméticas por las cuales sólo se puede apostar cuando sobran los recursos.

Sería demagógico e injusto cargar todas las culpas sobre el Gobierno. La casi totalidad de los problemas enumerados en el traído artículo de hace seis meses se refieren al sector empresarial. Pero si se suma a la lamentable y bien conocida actitud de la empresa española ante el I+D el retraimiento estatal, estaremos al borde de la catástrofe. Gústenos o no, el motor del desarrollo cien-

## I+D: UN PANORAMA PREOCUPANTE

SANTIAGO GRAÑO

¿Van a pasar a la historia los años 1990 y 1991 como un bienio negro para la Investigación y el Desarrollo (I+D) en España? Todavía es difícil saberlo. Pero, lamentablemente, cada vez son más los datos que apuntan en ese sentido.



Estado para 1991 no es el durísimo golpe económico que han asestado al I+D -golpe que puede superarse-, sino que confirman las peores sospechas respecto a la actitud gubernamental. El PSOE, primer ejecutor de una política científica y tecnológica prolongada y coherente en nuestro país, va perdiendo a ojos vistas interés en el asunto. La ciencia y el I+D han ido desapareciendo, lenta pero inexorablemente, de sus programas y discursos, sustituido por temáticas más de moda, como el medio ambiente, la competitividad o la calidad industrial. La justificación es que, gracias a lo ya conseguido, el fomento del I+D ha dejado de ser prioritario. Sin embargo, ante el primer ensombrecimiento del panorama, los máximos representantes del equipo económico gubernamental han congelado los fondos del I+D español.

No se trata de la única política posible ante la crisis. Sin ir más lejos, el presupuesto de I+D francés para 1991 sigue siendo claramente expansivo; y no parece difícil adivinar cuál de los dos sistemas ciencia-tecnología -el nuestro o el gallo- está más necesitado de crecimiento.

tífico y tecnológico español ha sido el Estado, y no parece que esto vaya a cambiar en un cierto tiempo. En nuestro país podrá tener sentido la polémica sobre dónde debe hacerse más I+D, si en las empresas o en los organismos de la Administración, pero no cabe la discusión sobre con qué dinero se paga. Porque hasta las piadosas estadísticas oficiales dejan bien claro que -con alguna que otra honrosa excepción- aquí las empresas sólo investigan si papá Estado asume el riesgo.

En resumen: congelación presupuestaria, posible retraimiento de unas empresas que no se caracterizaban por su entusiasmo cuando todo era fácil, sustitución del I+D en el discurso político por conceptos más de moda, como el medio ambiente y la calidad... No se le presenta nada halagüeño el camino al todavía débil sistema ciencia-tecnología español. Esperemos que logre superar tantos obstáculos. Si no, bien difícil será que nuestras empresas incrementen su competitividad, meta insistentemente cacareada desde tantos sectores que, simultáneamente, no dudan en poner en serio peligro una de sus principales bases.

**y Ramón Núñez, director de la Casa de las Ciencias de La Coruña. En sus muy diferentes ámbitos, ambos profesionales contribuyen activamente a la difusión de la actividad científica en España.**

**Enhorabuena.**

**U**N MUSEO científico como la Casa de las Ciencias es ante todo un medio en el cual se pretende que tenga lugar un aprendizaje. Aceptado por todos el hecho de que la actual institución escolar es insuficiente para garantizar la educación científica de los ciudadanos, y reconociendo la importantísima labor que sin duda han de realizar los medios de comunicación en general, conviene también reflexionar sobre el papel que pueden desempeñar los museos de ciencias en esa tarea que podemos definir como de *alfabetización científica*.

Hay una cosa que diferencia específicamente a los museos de ciencias de los medios como las revistas de divulgación científica,

conceptos que se tratan de comunicar. En estos centros, la razón para exponer un objeto no reside en su valor histórico ni intrínseco, sino que es función de la idea que se quiere comunicar.

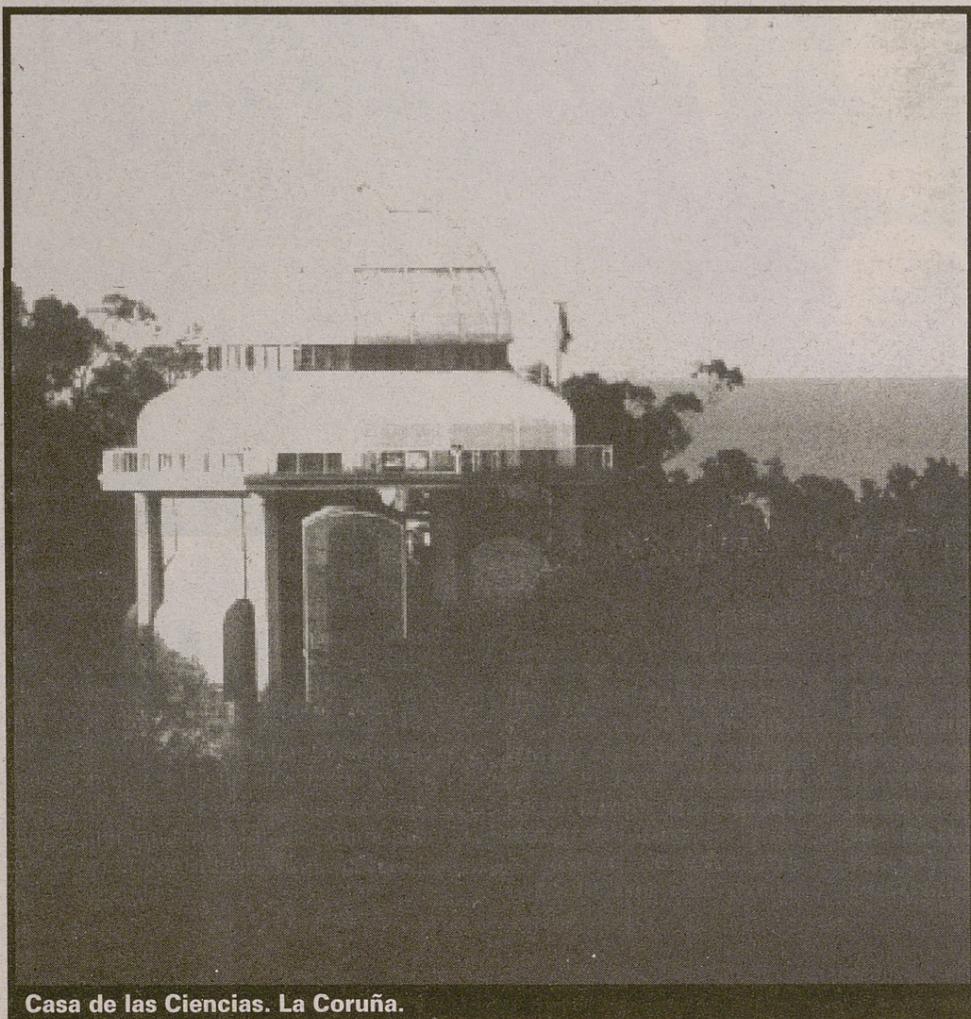
El hecho de que lo que allí se presenta no sean piezas únicas ni insustituibles hace que algunas de esas instituciones prefieran no llamarse museos, y así en el mundo anglosajón se designan genéricamente como *Science Centers*. De este tipo de centros en España son ejemplos la Casa de las Ciencias de La Coruña y el Museo de la Ciencia de Barcelona. Si es verdad que de esas características específicas existen en nuestro país solamente dos centros y ambos son de reciente creación, ha de tenerse en cuenta que el potencial educador de los museos científicos es también una de las claves para la reforma y renovación que está teniendo lugar en los

ción de cornamentas de animales que cautiva la atención de los adultos. En definitiva, a unos y otros se les ofrece la oportunidad de profundizar en el conocimiento y comprensión de la ciencia, la tecnología o la naturaleza.

Conviene subrayar que la Casa de las Ciencias, como los demás museos científicos e instituciones similares, son desde luego instituciones educativas, aunque no deben confundirse con los centros escolares. Los museos ofrecen oportunidades para el aprendizaje que son difíciles de reproducir en un entorno escolar tradicional. Tanto los educadores como los científicos o los diseñadores de exposiciones que trabajan en un museo tienen no solamente la intuición de que los visitantes aprenden cosas a través de las exposiciones o módulos que allí se presentan, sino multitud de pruebas de que durante la visita está teniendo lugar un auténtico aprendizaje, aunque todavía no se comprenda la forma exacta en que tiene lugar este proceso ni se haya medido completamente su alcance.

El hecho de que este aprendizaje no sea fácil de medir por los métodos tradicionalmente empleados en el medio escolar no debe llevarnos a considerarlo de menor importancia o trascendencia. Hay algunas características que, lejos de devaluar la calidad del aprendizaje en un museo, lo hacen más interesante. Entre estas citaría como más importantes el asociar el hecho de aprender a un acto de diversión (en realidad muchos visitantes tienen la impresión de que sólo han estado jugando); que el aprendizaje que surge de la interacción es a menudo divergente (personas distintas pueden aprender cosas diferentes manejando un mismo aparato) y que el aprendizaje responde a la curiosidad e iniciativa individual (cada persona presta atención a las cosas que desea y pasa por alto lo que no le apetece). Estamos, sin duda, ante características esenciales de un auténtico acto de aprender. Otras de las cuestiones que hacen interesante esta forma de aprendizaje son las que nacen de su contexto social: por una parte y en general los temas que surgen tienen una relación directa con el entorno y no están forzados por un programa académico; y, por otra, el aprendizaje tiene lugar en una visita en que la persona asiste acompañada por amigos o familiares, con los que es posible compartir la experiencia en grupo. Aunque las exposiciones sean los vehículos específicos de aprendizaje en los Museos de Ciencia, este tipo de centros desarrolla muchas otras actividades, siempre con el objetivo general de procurar un mayor conocimiento científico por parte de todos los ciudadanos. Normalmente se organizan ciclos de conferencias, proyecciones de cine, cursillos para grupos profesionales o para el gran público, se dispone de bibliotecas especializadas, de fondos de revistas, de videotecas y en general de recursos que se ponen a disposición no solamente de los interesados, estudiosos o profesores, sino del público en general.

La Casa de las Ciencias, como todos los museos científicos, está llamada a desempeñar un importante papel en la tarea de la educación científica de la población. Lo importante ahora es que para los niños que acuden a sus salas, para todos los visitantes, el motivo principal de la visita siga siendo divertirse y pasarlo bien. La ciencia es sin duda mucho más amena de lo que muchos adultos habían imaginado.



**Casa de las Ciencias. La Coruña.**

los periódicos o los programas de radio y televisión. Y esta diferencia específica reside en la existencia de unos objetos materiales y un entorno que sirven como estímulo y vehículo de una interacción con el visitante. De alguna manera ya era posible cierta forma de interacción en la exposición de piezas que tenía lugar en un museo tradicional. Por encima de la satisfacción del coleccionista, y más allá de la responsabilidad del conservador, estaba la tarea de comunicación que suponía compartir con el público en general la existencia de aquellos extraños animales, artefactos primitivos o instrumentos dignos de reverencia histórica. El museo tradicional basaba su potencial educativo en la capacidad de admiración que los objetos despertaban por sí mismos, y esto es la clave que motiva la curiosidad o el interés al visitante que contempla un esqueleto de *Carnotaurus*, una antigua máquina de vapor o el primitivo telescopio con el que Galileo observó por primera vez los satélites de Júpiter.

Los modernos museos de ciencias han ido más allá, desplazando la importancia desde el interés por el objeto específico hacia los

museos tradicionales, y de la que es buen ejemplo el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Quizás no parezca de momento mucho para España, pero ya es una referencia para un movimiento que está teniendo lugar en muchos países de manera casi explosiva. En Estados Unidos existen ya 200 museos de estas características, que han recibido 50 millones de visitantes en un año (datos de 1987).

Si los museos tradicionales eran elitistas y estaban dirigidos a un público enterado, los modernos museos se caracterizan por estar diseñados para servir a una audiencia heterogénea de público, de todas las edades y niveles de formación. Por ello han de presentar exposiciones con posibilidad de distintos niveles de lectura, y muchas veces con temas diversos, con capacidad de llegar a diferentes tipos de público. Es el lugar donde pueden coexistir una serie de ordenadores, dotados de programas que causan furor entre el público adolescente, con unos módulos interactivos en los que los niños se divierten mientras toman contacto con algunos fenómenos del mundo natural o una exposi-

**UNA OPORTUNIDAD  
PARA DIVERTIRSE  
Y APRENDER**

**RAMON NUÑEZ**

**La Casa de las Ciencias de La Coruña, como tantos otros museos de ciencia en todo el mundo, constituye un ejemplo de instituciones con unas características especiales que pretenden hacer posible un aprendizaje que quizás sea imposible reproducir en cualquier otro sistema.**

La reacción  
en cadena  
de la polimerasa  
simplifica  
la investigación  
biológica



# UNA CADENA DE APLICACIONES

Una reacción inventada por una mujer norteamericana, Kary Mullis, y desarrollada por un grupo de ocho científicos, ha puesto a disposición de la investigación un método rápido y sencillo de obtener cantidades suficientes de ADN a partir de muestras minúsculas. Las aplicaciones en determinación de parentesco, ancestros, enfermedades genéticas y diagnóstico prenatal se han puesto a punto en los cuatro últimos años. Desde que se describió la técnica por primera vez en 1985, su uso no ha dejado de extenderse. Más allá de los laboratorios de investigación ha llegado a hospitales y tribunales de justicia.

**MARIA JESUS SANTESMASES**

Hace tiempo que se sabe que las cosas no son lo que parecen. Aunque a veces sí, pero no basta con mirar por fuera. Se sabe que conviene conocer las cosas a fondo para saber cómo son. Así que el fondo del ser humano es algo más tangible que su propio sentimiento o los pensamientos que constantemente ocupan su cerebro.

El fondo del ser humano, como el de todos los seres vivos, es una hélice doble, dos moléculas larguísimas y complementarias responsables de casi todo lo que son las personas y los animales, desde la síntesis de las propias proteínas hasta la multiplicación de las células que forman los cuerpos, brazos, piernas, pelo, rodillas o corazón.

La manera en la que la información se transmite de esa doble hélice, el ADN, a todo lo demás es el objeto de estudio de la biología molecular, una forma nueva -tiene unos cuarenta años

de existencia- de investigar sobre los procesos vitales. Y en una de esas investigaciones se descubrió un enzima, la *polimerasa*, responsable, según pudo saberse entonces y ha continuado demostrándose después, de

catalizar la formación de esa doble hélice de ADN a partir de moléculas más pequeñas. Un famoso y ya sexagenario premio Nobel de Medicina, Arthur Kornberg, ha dedicado a las polimerasas toda su vida profesio-

nal y lo sigue haciendo en la Universidad de Stanford (California, EE.UU.).

El uso de la polimerasa para la obtención de gran volumen de ADN a partir de cantidades escasísimas ha revolucionado la

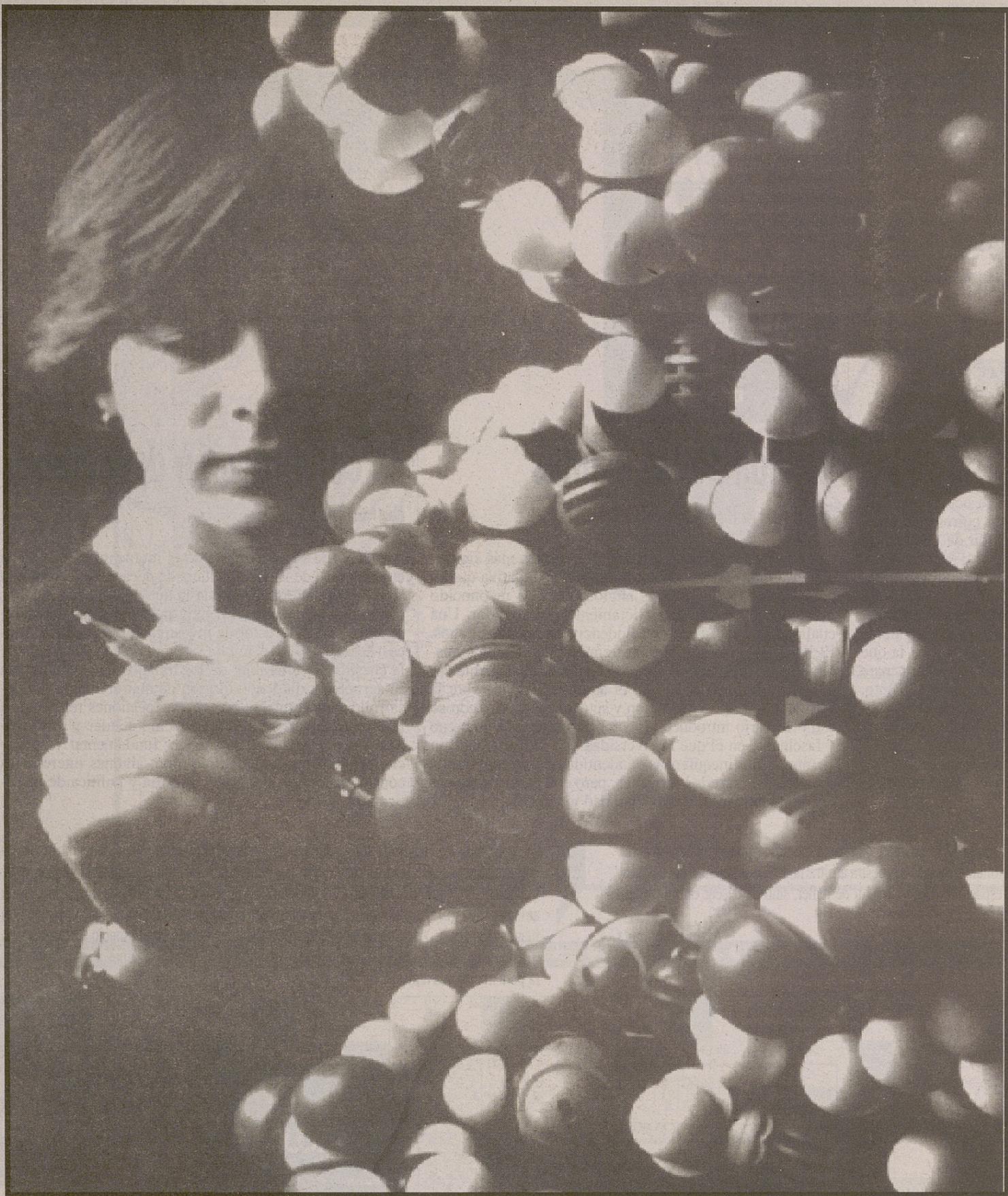
Cristian Orrego, profesor de la Universidad de Berkeley, miembro de la Asociación Americana para el Desarrollo de la Ciencia, fue uno de los científicos con los que contactaron las abuelas de Mayo y quien a su vez les puso en contacto con Claire King. Actualmente

es jefe del Laboratorio de DNA del Museo de Zoología de Vertebrados de la mundialmente famosa institución universitaria californiana y trabajó con King en el diseño del experimento que ha hecho posible la localización de relaciones familiares que han devuelto muchos niños argentinos a sus abuelas. Orrego visitará próximamente Madrid para trabajar en el Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, con el fin

## PCR EN EL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES

de poner en marcha un laboratorio de PCR aplicado a la evolución. "Con ese laboratorio, el MNCN se colocará al nivel de los más importantes del mundo, como el Smithsonian o el Museo de Ciencias de Londres", explica Pere Alberch, director del centro.

"Pielas de las colecciones del Museo, plumas de pájaros y muestras de animales recogidas hace más de cien años podrán ser utilizadas para determinar su ADN y estudiar la variación genética que ha tenido lugar desde el momento en que vivió ese animal", dice Alberch. "La reacción en cadena de la polimerasa puede aplicarse tanto a evolución como a conservación de especies en peligro de extinción".



**En la foto de la izquierda, Mary Claire King. En la imagen superior, modelo molecular de DNA.**

técnica biológica y muchas de las áreas científicas relacionadas con ella. Gracias a ella, las abuelas argentinas que se manifestaron durante años en la Plaza de Mayo de Buenos Aires reclamando a sus nietos, que habían sido raptados por los militares y policías de la dictadura después de que se ordenara matar a sus padres, han llegado a encontrar a cuarenta de esos niños. No ha sido sólo la labor detectivesca de familiares y amigos. Buscaron especialistas en genética y ahora las abuelas de Mayo disponen de una biblioteca de DNA que comparan con el de los niños que van encontrando hasta averiguar cuál es su nieto. Las personas se diferencian entre sí por su DNA. Comparable a las huellas digitales, no hay dos personas con idéntico DNA en sus células. A Kary Mullis se le ocurrió que una pequeña muestra de ADN en presencia de la enzima polimerasa sería capaz de multiplicarse de tal forma que se podría disponer de cantidad sufi-

ciente para su caracterización. Se inventaba así una técnica que sólo en cinco años ha simplificado tanto la biología molecular como la ingeniería genética.

Un grupo de investigadores desarrolló en 1985, a partir de la idea de Mullis, la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa. Randall Saiki, Stephen Scharf, Glen Horn, Fred Faloua, Norm Arnheim, Henry Ehrlich y la propia Mullis fueron perfeccionando esta técnica hasta convertirla en un aparato que fabrica la empresa CETUS con Perkin-Elmer en Estados Unidos. La primera referencia bibliográfica de esta técnica fue publicada en la revista *Science* en 1985. Firmada por Mullis y todos sus colaboradores -dicen que por ser tantos no les han dado aún el Nobel, que la Academia sueca no se ha acostumbrado todavía a los grupos de trabajo modernos y compuestos por tanta gente-, se ha convertido hoy en una forma sencilla de hacer diagnóstico prenatal y de co-

nocer mejor la evolución de las especies, de localizar padres y abuelas. Juzgados y hospitales conocen el sistema por el que se identifica inequívocamente a un violador o a un portador genético de fibrosis quística. Una vez descrita la técnica, esos ocho científicos se apresuraron a hacer pública la receta, que fue seguida por muchos otros laboratorios universitarios y de empresas de ingeniería genética de todo el mundo, y comenzaron a describirse aplicaciones.

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR la llaman los científicos por las iniciales de su nombre en inglés, *Polimerasa Chain Reaction*) divide la doble hélice, y de cada mitad nace otra doble nueva mediante cambios en la temperatura. El mayor afi-

namiento de esta técnica se debió a la introducción de una polimerasa especial, la Tac polimerasa, aislada de la bacteria *T. aquaticus*, que tenía la ventaja de ser estable a altas temperaturas, lo que aseguraba su sensibilidad y especificidad.

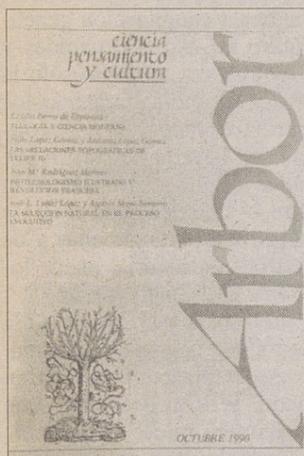
La doble hélice de DNA se forma de manera comparable al cierre de una cremallera -un mecanismo encaja perfectamente una parte de la cremallera con la otra- y se duplica previa apertura de esa cremallera, cuya mitad aislada parece pedir a gritos que frente a ella se forme su complementaria, esa que va a ajustarse perfectamente a ella, y le dejará volver a cerrarse en otro encaje perfecto.

Esta técnica ha permitido devolver a muchos niños argentinos a sus verdaderas familias y que los tribunales aceptaran su pertenencia a la familia que los reclamaba, ante la evidencia de una prueba científica inequívoca. Para ello, Mary Claire King usó el ADN de las mitocondrias

(orgánulos de las células), que, al estar situado fuera del núcleo, no sufre la combinación genética entre los espermatozoides y los óvulos, conservando sólo la de éstos últimos, al carecer los espermatozoides de mitocondrias. Al heredarse este ADN exclusivamente a partir del de la madre, es el mismo que el de las abuelas, y a partir de ellas y de su ADN mitocondrial puede localizarse a sus nietos y nietas.

Esta técnica está basada en la desarrollada por uno de los maestros de Claire King, Allan Wilson. Wilson descubrió con esta técnica que el *Homo sapiens*, cualquiera de sus razas, proviene de un ancestro común que vivió en Africa hace 180.000 años. El trabajo de Wilson consistió en aplicar a la evolución la reacción en cadena de la polimerasa. Por ella se sabe que el hombre y el chimpancé, su inmediato antecesor en la evolución, tienen un 99 por ciento de los genes iguales, a pesar de ser morfológicamente distintos. La evolución ha comenzado así a estudiarse a partir de la genética. La técnica PCR se aplica cuando se tiene una muestra, por minúscula que sea, de un pelo o de la piel. A partir de ella se puede averiguar el ADN y establecer su estructura. Los biólogos de la evolución utilizan ya herramientas de la biología molecular para caracterizar a los ancestros e identificar de forma completa especies de eras anteriores. La comparación entre los ADN de distintas especies permite conocer la relación evolutiva entre ellas. Las características morfológicas, descritas a partir de Darwin como una sucesión de especies, puede hacerse ahora con respecto a la composición del ADN de esas mismas especies. "En los hospitales, la reacción en cadena de la polimerasa es una herramienta de uso corriente cuando se quiere determinar la existencia de enfermedades genéticas y de malformaciones en el feto", explica Alfredo Villasante, investigador del Centro de Biología Molecular (CBM). Esta técnica se usa también para establecer la inocencia o culpabilidad de una persona acusada de un delito cuando en el lugar de los hechos se ha encontrado alguna muestra, un pelo, por ejemplo, o semen en el caso de las violaciones, que permite determinar la composición de su ADN.

Y mientras las aplicaciones de esta reacción en cadena se extienden y se desarrollan, la propia reacción se sigue perfeccionando y, al hacerlo, se multiplican sus posibilidades de aplicación otra vez. La propia reacción en cadena provoca entonces toda una cadena de reacciones en las que aplicación y desarrollo se confunden. "Fue una ocurrencia sencilla, podía haberla imaginado un estudiante porque ya se habían descubierto suficientes cosas como para que el surgimiento de esa idea fuera posible", explica Villasante. Las mejoras introducidas poco después por ese numeroso grupo de trabajo han lanzado al mercado un producto sin precedentes en la evolución de las técnicas que permite el desarrollo científico a la misma velocidad que la puesta a punto de sus aplicaciones.



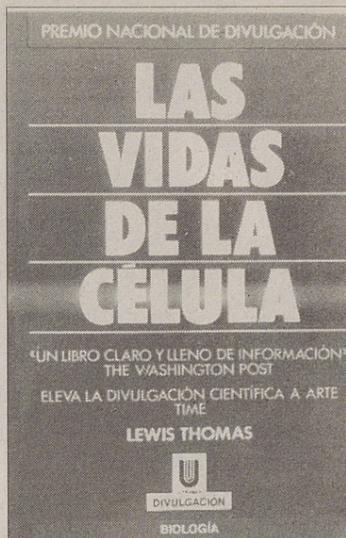
## Arbor

Ciencia, pensamiento y cultura. CSIC

En su último número, correspondiente a octubre pasado, *Arbor* presenta cuatro ensayos, con sus correspondientes títulos en portada, y su habitual sección de comentario bibliográfico.

Como apertura y en destacado, un interesante y profundo artículo de Emilio Lamo de Espinosa, uno de los sociólogos españoles de más apurada factura intelectual. Lamo parte de la concepción teológica y trascendente del mundo que informa a la ciencia moderna, en la que el conocimiento no depende del sujeto conocedor, para bucear en la esencia de la sociología del conocimiento, que nace y se constituye alrededor de un eje central: indagar la naturaleza del sujeto empírico del conocimiento y los efectos que ello tiene en el acto de conocer.

Resumen casi obligadamente farragoso de un análisis vigorosamente lúcido y actual que se aconseja leer en extenso.



## La vida de las células

Lewis Thomas. Ultramar Editores.

El ensayo de Thomas constituye uno de los más significativos ejemplos de la gran capacidad divulgativa que es común a tantos científicos anglosajones de reconocido prestigio en el ámbito estrictamente investigador. Una cualidad que raramente se evidencia en nuestros pagos. El libro, estructurado en una treintena de capítulos aparentemente inconexos, forma un conjunto plenamente coherente y original en el que el autor reflexiona sobre la vida, el hombre, su evolución y su entorno. Con vigoroso estilo literario introduce al lector en un mundo ambiguo y fascinante en el que la diversidad y la uniformidad son siempre señas inequívocas de identidad del animal humano; sociable entre los sociables, pero con escasa conciencia de su entidad de mancomunidad inteligente.



## La construcción del cerebro

Alain Prochiantz. Editorial Akal.

Aparece este volumen justo en el momento en que se da el banderazo de salida a la llamada década del cerebro; la *caja negra* del organismo, de la que aún quedan muchos misterios por desvelar. En muy pocas páginas, el profesor Prochiantz, director de investigación del CNRS francés, aporta una visión amplia y compendiada del estado de la cuestión en el ámbito de los trabajos que actualmnete se agrupan en la denominación de neurobiología del desarrollo. En el trabajo se recogen cuestiones referentes a la estructura cerebral, diferenciación celular y morfogénesis, investigaciones de carácter fundamental y aplicaciones terapéuticas. Como colofón, algunas interesantes consideraciones sobre ética, filosofía y política de investigación.

entre líneas

“...nadie puede limitar el campo de lo posible; una rama científica puede mañana resultar portadora de futuro y desarrollarse, incluso si nuestra arbitraria disección mental puede haber omitido el dejarle todo su espacio. No se trata aquí de temer, sino de desear este necesario surgimiento de lo imprevisible”.

Alain Prochiantz

“Supongamos que hay vida consciente en alguna parte del espacio y que tengamos éxito en comunicarnos. ¿Qué les vamos a decir? (...) Cualquier información que mandemos debe mantener su sentido doscientos años más tarde, o la conversación será desconcertante para ambas partes. (...) Quizá lo menos arriesgado para comenzar, si la tecnología lo permite, sea mandar música. (...) Yo votaría por Bach, todo Bach, inyectado en el espacio una y otra vez. Sin duda estaríamos fanfarroneando, pero es comprensible que pongamos nuestra mejor cara para iniciar una amistad”.

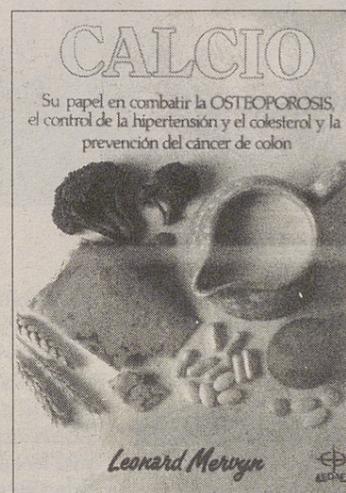
Lewis Thomas



## Fundamentos de teledetección espacial

Emilio Chuvieco Salinero. Ediciones Rialp

La teledetección permite, entre otras cosas, un mejor conocimiento y control de los recursos del planeta, facilitando una información vital sobre la calidad del agua, el estado de la cubierta vegetal o los recursos mineros. Este libro constituye la primera obra sistemática redactada en España sobre esta técnica de información medioambiental. Se centra en el estudio de las imágenes adquiridas a partir de plataformas espaciales, desde las primeras cámaras a bordo de proyectos tripulados hasta las cámaras digitales o los equipos radar. Ofrece un estudio amplio y actualizado de las operaciones de análisis de imagen más comunes, así como una revisión de los distintos procedimientos utilizados en teledetección. La obra se ha concebido con un estilo didáctico, evitando un desarrollo excesivo de notación científica e incluyendo numerosos gráficos y fotografías que ilustran el texto.



## Calcio

Leonard Mervyn. Ediciones EDAF

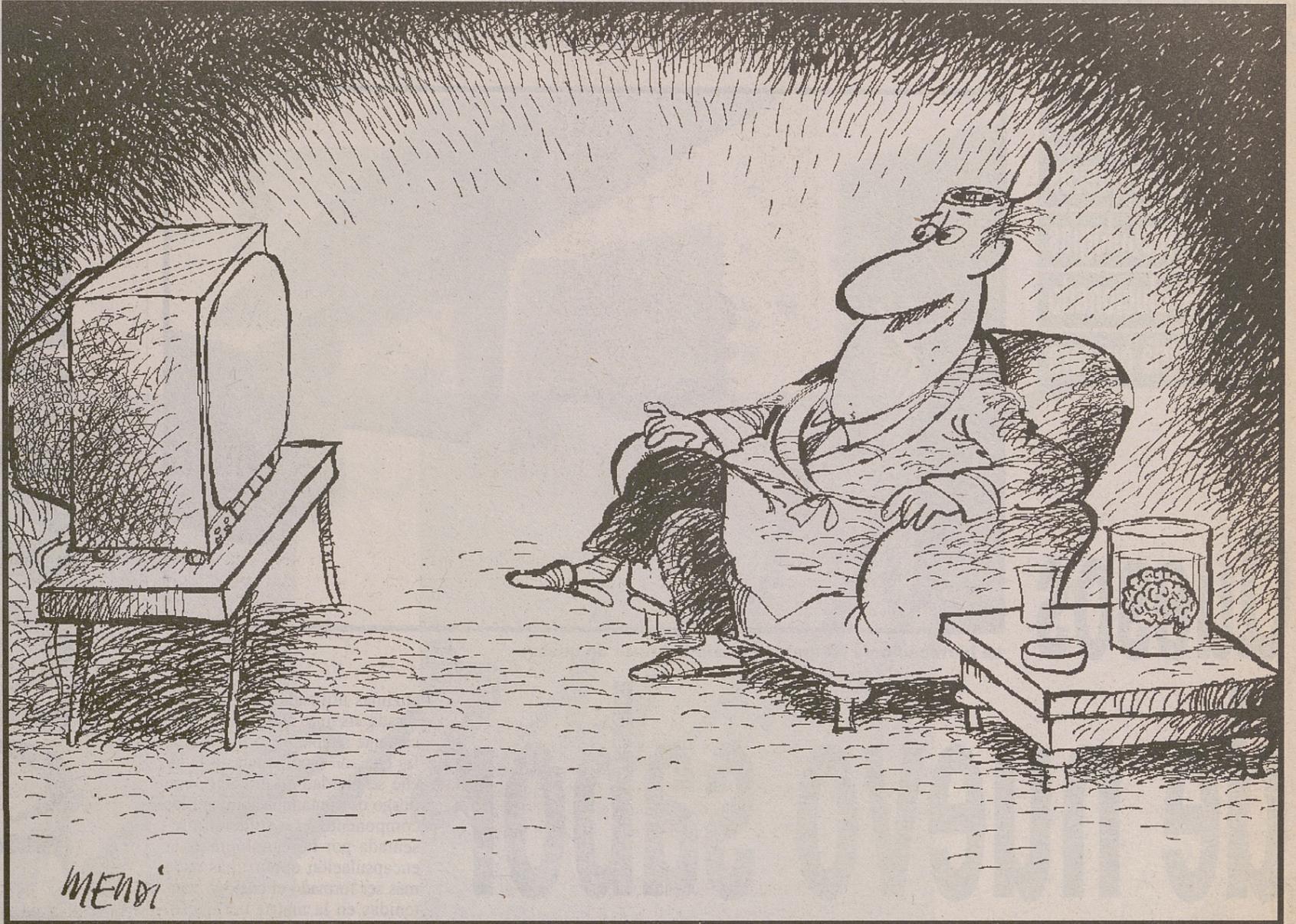
El profesor Mervyn, bioquímico clínico, miembro de la Royal Society of Chemistry y de la New York Academy of Sciences, expone en este libro sus últimos trabajos sobre el uso del calcio en la medicina preventiva y correctora. En sus apretadas páginas presenta una lista de las fuentes dietéticas de este mineral y explica cómo el calcio interacciona con otros elementos nutritivos para realizar sus múltiples funciones dentro del organismo. En un momento en el que las autoridades sanitarias consideran que la osteoporosis ha alcanzado ya proporciones epidémicas en países desarrollados, el calcio puede representar un papel importante en la prevención y tratamiento de dicha enfermedad, así como en otros problemas de salud como la hipertensión, los altos niveles de colesterol y diversos tipos de cáncer.



## Las vacunas. Protectoras de la infancia.

Evelyne Josse. Ediciones EDAF

En este libro, Evelyne Josse hace una exposición sobre el papel preventivo de las vacunas en la medicina infantil. Desde su nacimiento, el niño está expuesto a ciertas enfermedades infecciosas que, dada su menor resistencia, pueden ocasionarle graves consecuencias. Tras una recomendación a los padres que, en ocasiones, dudan de la eficacia de las vacunas, la autora hace un breve recorrido histórico para pasar finalmente a enumerar cada una de las vacunas obligatorias y aconsejables. En cada una de ellas, Evelyne Josse explica su objetivo, los niños que deben ser vacunados, la forma de vacunación, las posibles reacciones y efectos secundarios y la inmunidad contraída.



Damero histórico-científico



JOSÉ MARIA  
LOPEZ PIÑERO

1	G	2	I	3	J		4	I	5	N	6	L	7	N		8	O	9	X	10	U		11	A	12	K	13	F	14	C	15	E	16	K			
17	H	18	W		19	U	20	W		21	F	22	ZZ	23	T	24	U	25	J	26	R	27	G	28	C	29	X	30	S		31	U	32	ZZ	33	P	
34	A	35	B	36	P	37	K		38	I	39	U	40	E	41	R	42	N	43	A	44	O	45	B	46	A	47	W		48	H	49	J	50	K	51	E
52	LL	53	ZZ		54	S	55	R		56	E	57	ZZ		58	G	59	L	60	H	61	T	62	H	63	G	64	ZZ	65	N	66	W		67	W		
68	M	69	L	70	D	71	V		72	W	73	M	74	S	75	L	76	N	77	O		78	V	79	B		80	O	81	S		82	D	83	F		
84	D	85	Z	86	Y	87	N	88	H	89	P	90	Z		91	V	92	S	93	LL		94	I	95	V		96	X	97	B	98	B	99	E	100	G	
101	P		102	D	103	V	104	U		105	X	106	C	107	LL		108	U	109	R	110	K	111	O	112	I		113	A	114	D		115	N			
116	Z	117	R	118	C	119	J	120	R		121	J	122	V		123	O	124	R		125	Y	126	V	127	N	128	ZZ	129	Z		130	B	131	E		
132	J	133	I	134	Y	135	Q	136	B		137	A	138	W	139	S	140	M		141	ZZ	142	D	143	F	144	K	145	W		146	F					
147	Q	148	J	149	L	150	E	151	Q	152	U	153	T	154	N	155	C		156	Y	157	M		158	S	159	Y	160	M	161	I	162	F	163	K		

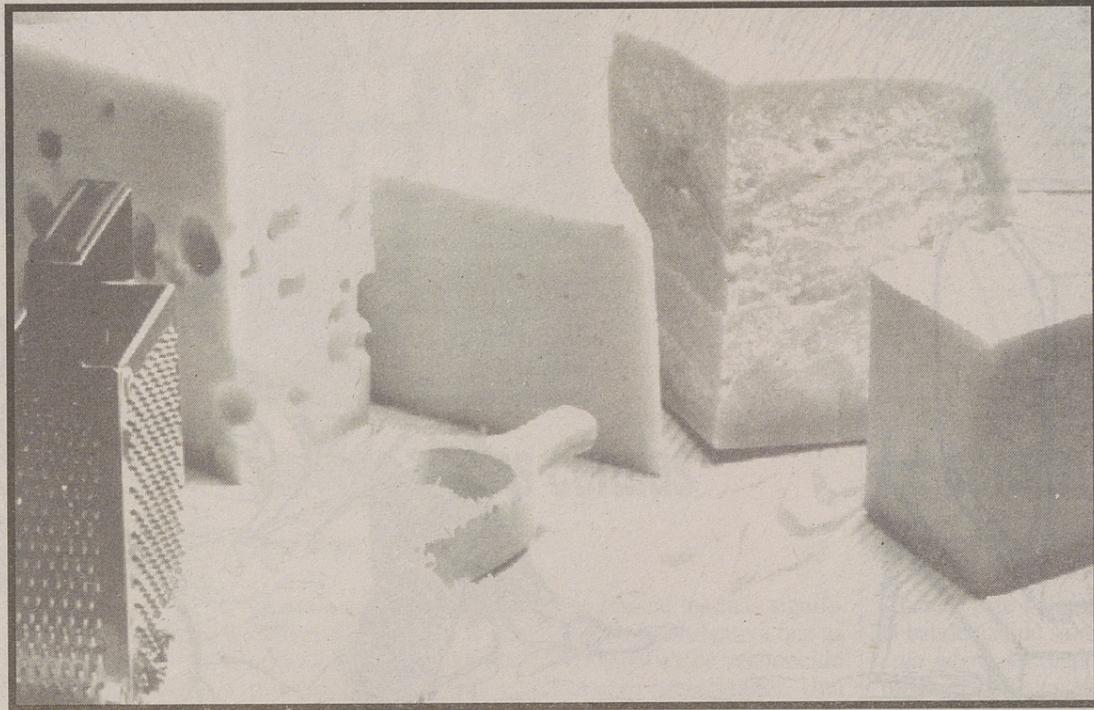
**SOLUCION**  
Así como los rumbos de la navegación señalan diferentes partes en el horizonte según el caso se ha declarado, así el camino que por ellos se navega no es igual en todos para subir o descender en altura. El andaluz Pedro de Medina (1493-1567) fue uno de los grandes traductores de nautica del siglo XVI. Además de las castilianas, su obra tuvo numerosas ediciones en francés, neerlandés, italiano e inglés.

- |   |                         |  |                          |   |                               |
|---|-------------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------|
| A. Alhaja, joya o cosa preciosa                     | 137 11 46 113 43 34     | K. Natural de una isla                             | 144 37 16 12 110 163 50  | S. Aves pasmipedas  | 81 30 92 158 139 54 74        |
| B. Azófares o latones                               | 98 130 45 97 35 79 136  | L. Planta biofita                                  | 6 75 149 69 59           | T. La vitácea más conocida e importante                       | 23 61 153                     |
| C. Embriagado                                       | 118 14 155 28 106       | LL. Caminaré de acá para allá                      | 93 107 52                | U. (Ant.) Eléves, entroncense                                 | 108 152 10 39 95 19 104 31 24 |
| D. Título nobiliario                                | 82 142 102 70 114       | M. (Fam.) Sujeto ridículo                          | 68 157 160 73            | V. (Fig.) Hombre humilde y abatido                            | 126 103 78 91 71 122          |
| E. Pestilente, corrompido                           | 99 131 40 56 150 51 15  | N. Principal dificultad o duda en algunas materias | 115 127 17 5             | W. Tranquilizarse, calmarse                                   | 20 67 66 72 138 145 47 18     |
| F. Fama, opinión, reputación o crédito              | 21 146 13 143 162 83    | N. Piezas del juego de ajedrez                     | 65 7 87 42 154 76        | X. Gajo o rama de árbol                                       | 96 156 105 29                 |
| G. Holgado, amplio en demasía                       | 1 100 27 58 63          | O. (Sev.) Cuarta parte de un cuartillo de vino     | 111 84 80 77             | Y. Heroína de una célebre leyenda medieval de origen irlandés | 125 2 9 159 134 86            |
| H. Muchacho de corta edad                           | 60 140 48 88 62         | P. Detrimento perjuicio o menoscabo                | 89 36 33 101             | Z. Remolino de las aguas de un río encierdos parajes          | 90 129 85 116                 |
| I. Moneda antigua de oro                            | 94 112 4 161 38 133     | Q. Umbelífera utilizada como carminativo           | 123 44 151 8 147 135     | ZZ. Pertencientes o relativos a la nariz                      | 64 128 53 22 57 32            |
| J. El que excede mucho en estatura a la generalidad | 119 3 25 49 121 132 148 | R. Pertencientes o relativos a los barcos          | 55 120 117 26 109 41 124 |   |                               |

El queso, uno de los alimentos más antiguos elaborado por el hombre, ha experimentado un aumento de consumo en los países con altas tasas de desarrollo. Sólo en Estados Unidos y la Comunidad Europea se consumen anualmente alre-

dedor de cinco millones de toneladas de queso. La biotecnología y las más modernas técnicas de la genética han dotado al queso de nuevos sabores, aromas y colores, con lo que se ha ampliado significativamente la oferta de productos.

**La aplicación  
de las nuevas  
tecnologías  
ha revolucionado  
la industria quesera**



La biotecnología ha incrementado la oferta de quesos

BANCO DE LA IMAGEN

# Quesos de nuevo sabor

PILAR RAMIREZ

La aplicación de la biotecnología a la industria quesera ha hecho posible que las técnicas tradicionales de fabricación del producto hayan variado sustancialmente. Ya no son suficientes las bacterias lácticas para *cortar* la leche y obtener el queso de una forma natural. La acidificación con fermentos lácticos y la cuajación mediante cuajos animales ha dado paso a la aplicación de la ingeniería genética por medio de la ultrafiltración. Con esta técnica se trata de concentrar la fracción proteica de la leche para que, al elaborar el queso, las proteínas del suero no se pierdan. Con ello se ha conseguido la aceleración de la maduración, el aumento de la productividad y la disminución de los costes.

Los logros más destacados se centran en los quesos frescos y de pasta blanda, donde ya se están consiguiendo productos con bajo contenido en sal y grasas. Con los quesos duros todavía hay problemas relativos al sabor y la textura, aunque la industria quesera está estimulando de tal manera la investigación que los tipos cheddar y gouda, de gran consumo en Estados Unidos, posiblemente puedan ser incluidos entre los de maduración acelerada en poco tiempo.

En la actualidad el productor puede comprar el cultivo concentrado e iniciar el proceso fermentador desde su propio estanque. Este es el resultado de la colaboración entre ingenieros y microbiólogos, quienes han conseguido impedir que los cultivos industriales se autoactiven por acumulación de ácido láctico. No

obstante, los cultivos iniciadores pueden producir enzimas degradadoras de la caseína, lo cual estropearía y demoraría el proceso. Esta tendencia de las bacterias, reflejada en la pérdida de DNA plasmidal, puede desencadenar otros problemas que han impulsado a los investigadores a buscar diferentes bacterias. Así se ha logrado avanzar hacia la posibilidad de introducir genes en los cultivos iniciadores y a la obtención de una variedad de organismos que permitan desarrollar sabores altamente sofisticados. A pesar de que las investigaciones en esta materia llevan realizándose desde hace diez años, el vacío

legal que rodea la situación constituye un problema para avanzar en los resultados. La ultrafiltración está permitida, ya que no se añade nada ajeno al queso, pero para incorporar enzimas cada país aplica unas leyes diferentes. En España, de momento, no existe legislación al respecto, mientras que Gran Bretaña se encuentra en las primeras etapas y depende de comités como el de Alimentos Nuevos y el Consultivo sobre Manipulación Genética. En el resto de Europa las restricciones legales son importantes, con unas leyes específicamente referidas al queso. En Estados Unidos y Australia basta con demostrar que las

enzimas utilizadas son inocuas. Añadir enzimas al queso es técnicamente simple, pero muchas de las que son incorporadas a la leche se pierden en el suero, con riesgo de contaminación para los componentes. La solución presentada por la tecnología es la encapsulación de enzimas nada más ser formado el cuajo y mantenidas en la matriz del queso. Ello está resultando de gran utilidad en la industria farmacéutica y en el desarrollo de liposomas para la actuación de drogas en determinados lugares del organismo. A pesar de que la principal limitación para la explotación comercial es el alto costo de la producción de enzimas maduradoras, la revolución que puede llegar a producirse en la industria quesera es realmente importante. La misma cantidad de producto podrá ser obtenido en menos tiempo y con menos dinero a medida que se consoliden las nuevas técnicas, y la oferta de las diferentes especialidades de queso se ampliará incluso más allá de las ya existentes.

En España, debido a la gran variedad de quesos existentes, la aplicación de las nuevas tecnologías y las líneas de investigación van dirigidas a la caracterización y conocimiento de los diferentes tipos de producto.

Este es uno de los objetivos del Programa Nacional de Tecnología de Alimentos, que se incluye en el Plan Nacional de Investigación. El Instituto de Productos Lácteos de Asturias (IPLA), pionero en esta actividad junto con el Instituto de Fermentaciones Industriales (ambos pertenecientes al CSIC), centra sus estudios en la tipificación de cultivos artesanales, con lo que se consigue la no repetición del sabor en las nuevas variedades. Según Juan Carlos Bada, director del IPLA, esto "supone una alternativa en el mercado". De hecho ya se ha conseguido la denominación de origen de quesos que antes sólo eran conocidos a escala regional y que hoy gozan de un reconocido prestigio. Es el caso de los quesos afuega'l pitu, be-yos y gamonedos, entre otros. "En el IPLA intentamos encontrar cultivos iniciadores para su aplicación a quesos que no son tan conocidos, pero que son de gran consumo en la región. También estudiamos los cultivos iniciadores

## ESPAÑA FOMENTA LOS QUESOS ARTESANALES

derivados de la flora láctica presente en los quesos artesanales de Asturias y fomentamos el interés de la iniciativa privada en los proyectos. Ya estamos en conversaciones con los artesanos, la Universidad de Oviedo y la industria privada". Las líneas de investigación en los institutos españoles persiguen de forma prioritaria aumentar la calidad de los quesos artesanales antes que la cantidad. De forma específica se intenta que los quesos tengan al final los peculiares sabor y el olor anteriores a la pasterización, proceso que, de producirse, dura tres meses. Todo ello está englobado en un proyecto de tres años que irá concentrándose en tipos de queso cada vez más específicos. A pesar de que algunos ya han sido muy bien estudiados, como el manchego, el cabrales, el majoreño o el mahón, los que quedan por analizar no sólo quedan enmarcados por el Plan Nacional de Investigación, sino que están sujetos a los planes de investigación de cada Comunidad Autónoma. Estas tienen sus propios proyectos, en los que se tiende a estandarizar los quesos artesanales ya establecidos y a mantener la garantía de una calidad constante en todos ellos.

# ciencia abierta

### COMITE ASESOR

Julio Abramczyk, Armando Albert, Michel André, James Cornell, Miguel Delibes, Pierre Fayard, Francisco García Cabrenzo, José María López Piñero, José María Maravall, Luis Oro, Regina Revilla, María Luisa Rodríguez Sala, Eugenio Triana, Hendrik Van der Loos

### COMITE DE REDACCION

Manuel Calvo Hernando, Miguel Angel Quintanilla, Manuel Toharia

### DIRECTOR EDITORIAL

Miguel Angel Almodóvar

### COORDINACION

Fátima Rojas

### DIRECTOR DE ARTE

Luis Felipe Santamaría

### SECRETARIA REDACCION

Pilar Arrieta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Serrano, 117  
28006 Madrid  
Tel: 585 51 17  
Fax: 564 55 60

Con la colaboración de la  
Dirección General de Política Tecnológica  
Ministerio de Industria y Energía

### EDITA

Imagen PQ  
Pasaje Las Delicias Tetuán, 15  
Tels: 95/576 33 71 - 421 07 90  
41004 Sevilla  
ADMINISTRACION  
Martina Martín