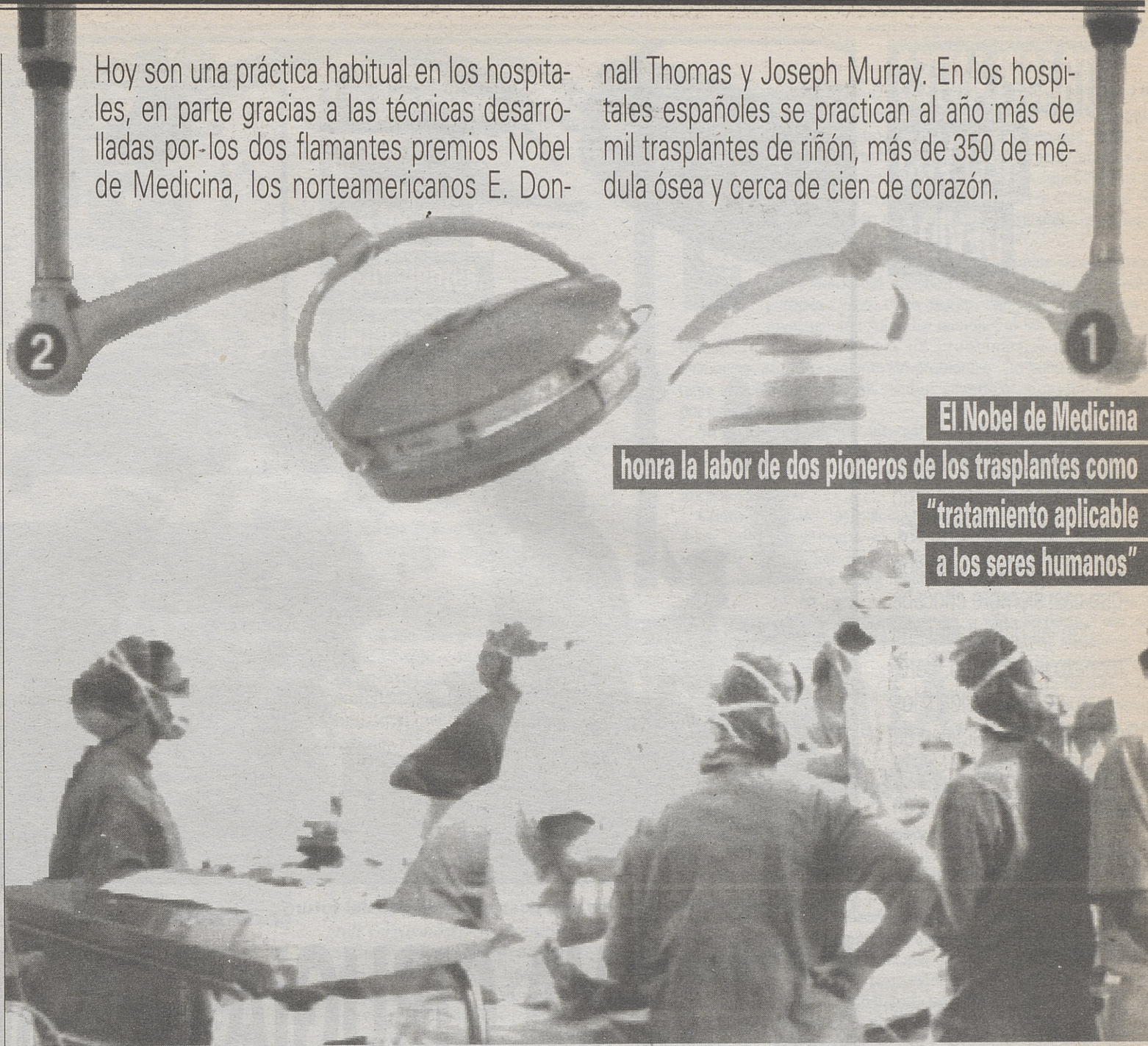


Hoy son una práctica habitual en los hospitales, en parte gracias a las técnicas desarrolladas por los dos flamantes premios Nobel de Medicina, los norteamericanos E. Don-

nall Thomas y Joseph Murray. En los hospitales españoles se practican al año más de mil trasplantes de riñón, más de 350 de médula ósea y cerca de cien de corazón.



El Nobel de Medicina honra la labor de dos pioneros de los trasplantes como "tratamiento aplicable a los seres humanos"

MARIANO FRANCO

TRASPLANTES RELEVOS DE VIDA

ELITA ACOSTA

La tecnología de los trasplantes dominará las prácticas hospitalarias del siglo que viene, según la opinión de numerosos expertos. La progresión actual de la actividad trasplantadora en los hospitales generales, al menos en el mundo desarrollado, y la experimentación constante en nuevas áreas y aplicaciones parecen confirmarlo.

El reemplazo de tejidos funcionales de un individuo por los de otro es ya un método habitual y rutinario para el tratamiento de enfermedades ocasionadas por la disfunción o deterioro irre-

versible de ciertos órganos y tejidos del cuerpo humano. El premio Nobel de Medicina de este año es, precisamente, un reconocimiento a la labor llevada a cabo por dos pioneros de los trasplantes, los médicos norteamericanos E. Donnall Thomas y Joseph Murray, dos nombres hasta ahora desconocidos por el público que han hecho posible una de las hazañas más milagrosas de la medicina.

Hasta hace no demasiado tiempo, los trasplantes se consideraban una imposibilidad biológica, una quimera que chocaba contra un gran adversario: el sistema inmunitario del cuerpo humano,

que rechaza los órganos ajenos tan cuidadosamente injertados.

Hoy en día, las partes del cuerpo que pueden ser sustituidas por las de otra persona son los riñones, el corazón, la córnea, el hígado, la laringe, el páncreas, los pulmones, la médula ósea, las glándulas lacrimales, los huesos y tendones, el sistema vascular y la piel. Y se está experimentando ya el trasplante de neuronas, sobre todo para el tratamiento del mal de Parkinson.

Ni Murray ni Thomas son los inventores de los trasplantes, pero sin sus investigaciones experimentales no hubieran sido practicables,

al menos con las garantías de seguridad y probabilidades de éxito con que se llevan a cabo hoy en día. Murray fue el primero en efectuar, en los años cincuenta, un trasplante de riñón con resultados satisfactorios, y Thomas es uno de los *padres* de los trasplantes de médula ósea. Tanto uno como otro se ocuparon, principalmente, de buscar el modo de dominar las reacciones de rechazo, y para ello se valieron de dos descubrimientos anteriores: el efecto de las radiaciones ionizantes y la capacidad de ciertas drogas para actuar sobre los antígenos de **Sigue en página 2**

TRASPLANTES

RELEVOS

DEVIDA

El recambio de un órgano defectuoso del organismo por el de un donante era, hasta hace poco, una ilusión que casi siempre chocaba con las dificultades del rechazo inmunitario. Pero, en la actualidad, los trasplantes se practican de manera habitual y, según los expertos, revolucionarán las prácticas hospitalarias del siglo que viene.



Los trasplantes dominarán las prácticas hospitalarias del futuro

VIENE DE PRIMERA PAGINA

leucocito humano (HLA) que provocan este fenómeno.

Es, justamente, este aspecto práctico de sus investigaciones lo que ha destacado el Instituto Carolino de Estocolmo al concederles el Nobel. En los últimos años, el galardón había laureado el trabajo científico de laboratorio, sobre todo en el campo de la genética, la biología molecular, la bioquímica y la inmunología.

En España, la actividad transplantadora se ha desarrollado significativamente en los últimos años y se lleva a cabo en los principales centros médicos del país, donde se aplican las técnicas desarrolladas en otros países.

En ocho hospitales de seis comunidades autónomas se practican trasplantes de corazón y pulmón. Según datos de la Subsecretaría de Coordinación Nacional de Trasplantes del Ministerio de Sanidad, en 1989 se efectuaron 97 intervenciones, cinco de ellas de corazón y pulmón. En 1984, sólo fueron ocho.

Los trasplantes de hígado llevados a cabo el año pasado suman 170. En 1985 sólo fueron cuatro y, en 1987, cincuenta. Este tipo de intervenciones se realizan actualmente en hospitales de Andalucía, Cataluña, Madrid y Murcia. En cambio, el trasplante de páncreas sólo se efectúa por ahora en dos hospitales españoles: el Clínico de Barcelona y el Reina Sofía de Córdoba. En 1989 se hicieron nueve intervenciones.

Sin embargo, el tipo de trasplante más habitual en España, junto con el de córnea, es el de riñón. Los trasplantes renales tienen un elevado índice de éxi-

to: la supervivencia al injerto en el primer año de la operación se aproxima al 90 por ciento.

En 1989 se practicaron 1.039 trasplantes renales en hospitales de 13 comunidades autónomas. Este número de intervenciones sólo es superado en la Comunidad Europea por Francia, Alemania y el Reino Unido. Actualmente se efectúan en el mundo más de 10.000 trasplantes renales cada año, con un porcentaje de supervivencia del 80 por ciento.

El trasplante de riñón confi-

gura una alternativa de recuperación total o mayor calidad de vida ante la insuficiencia renal terminal. La diálisis, el riñón artificial, no puede considerarse una solución, ya que no supe completamente las funciones del órgano. Depender de una máquina doce o más horas a la semana provoca un deterioro progresivo del organismo.

Los trasplantes renales, tal como se practican hoy en los hospitales generales, deben en gran parte su eficacia a la labor desarrollada a lo largo de varias

décadas por Joseph Murray. Este médico de 71 años, que trabaja en el hospital Brigham de Boston, fue el primero en llevar a cabo con éxito un trasplante en seres humanos: reemplazó el riñón enfermo de un paciente por el de su hermano gemelo, sorteando así el problema de las reacciones de rechazo, ya que los tejidos eran idénticos, y demostrando, al mismo tiempo, la viabilidad de la técnica.

Luego ensayaría Murray el trasplante entre mellizos (no gemelos) y, finalmente, entre per-

sonas con bagajes hereditarios totalmente distintos. Cada paso era posible gracias al apoyo de los nuevos tratamientos inmunosupresores que se iban descubriendo.

Murray fue el primero en emplear para un trasplante riñones provenientes de un donante con muerte cerebral. Los órganos procedentes de cadáveres eran imposibles de obtener en la década de los sesenta, antes de que se fijara el criterio de muerte cerebral. Pero aún cuando hubiera sido factible disponer de ellos, las reacciones de rechazo eran todavía inmanejables para las terapias inmunosupresoras con que se contaba entonces.

Con el descubrimiento de la *ciclosporina*, los resultados de los trasplantes con órganos procedentes de cadáveres comenzaron a ser competitivos con los de donantes vivos. Al mismo tiempo, la evolución de las técnicas de hemodiálisis permitió prolongar los tiempos de espera por un órgano.

Hay órganos, como el corazón y los pulmones, que sólo se pueden obtener de personas cerebralmente muertas. De modo que, aunque Joseph Murray sólo se haya dedicado en su vida al trasplante de riñón, fue quien enseñó el camino a seguir para otras intervenciones.

El segundo médico norteamericano laureado este año con el Nobel, el texano E. Donnall Thomas, es el director adjunto del Fred Hutchinson Cancer

Salvar una vida mediante el trasplante de órganos es, en España, una posibilidad que, a estas alturas, sólo debe sortear una barrera: disponer del órgano necesario en el momento preciso. Para ello hacen falta donantes. "Desgraciadamente, no hay todavía demasiada predisposición a la donación de órganos"; comenta María Sánchez, adjunta de la Organización Nacional de Trasplantes (ONT). "Hay muchas personas a la espera del órgano que les permitirá salvar la vida o les ayudará a mejorarla", apunta.

"En la actualidad las donaciones de órganos están muy por debajo de las necesidades, sobre todo en los trasplantes de riñón y córnea". La ONT brinda información y emite las tarjetas del donante, "que son un testimonio escrito de la voluntad de donar los órganos, aunque carezcan de valor legal", explica María Sánchez.

Puede ser donante cualquier persona si la muerte se produce en ciertas condiciones que permitan la extracción de órganos sanos. La

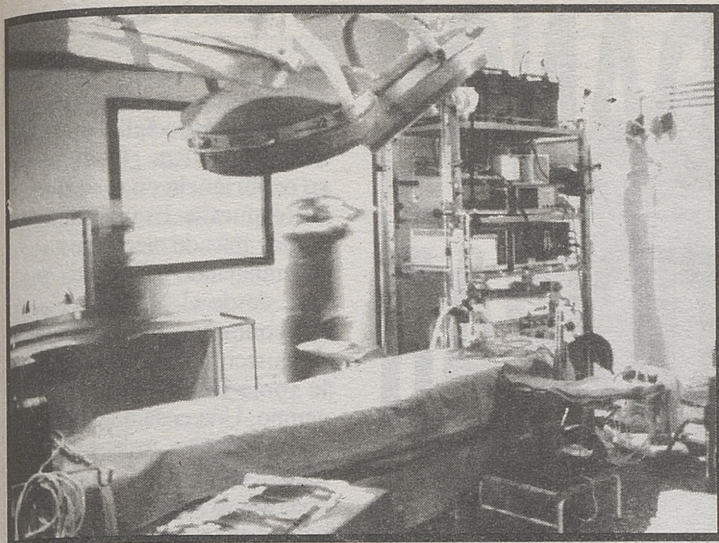
LA DONACION DE ORGANOS

extirpación sólo se lleva a cabo cuando se ha comprobado la muerte cerebral mediante un encefalograma plano y otras exploraciones complementarias que demuestran que el cerebro no registra ninguna actividad. A las seis horas se efectúan nuevas pruebas

para asegurar el estado de muerte. La certificación del fallecimiento debe ser firmada por tres médicos ajenos a la operación de trasplante. Sólo entonces se procede a la extracción de los órganos.

"Cualquier persona puede ser donante, salvo que haya manifestado expresamente lo contrario. En la práctica, este precepto de la Ley de Extracción y Trasplante de Órganos se completa solicitando autorización a los familiares.

La ONT ratifica el carácter altruista de la donación de órganos. "Se trata sencillamente de un gesto de solidaridad", señala María Sánchez. "La única recompensa es salvar una vida". La dirección de la ONT es: c/ Sinesio Delgado, 8, Madrid, 28029. Teléfono (91) 314 2406.



MARIANO FRANCO



En la fotografía superior, quirófano de trasplantes del Hospital Doce de Octubre de Madrid. En la imagen inferior, trasplante de corazón.

Research Center de Seattle, en la costa oeste de Estados Unidos, donde, en 1987, el tenor español José Carreras se sometió a un trasplante autólogo de médula ósea que le permitió curarse de una leucemia linfoblástica.

Donnall Thomas, un hematólogo especializado en oncología es el padre "de la metodología clínica del trasplante de médula ósea que con pocas variaciones sigue vigente en la actualidad", según José María Fernández-Rañada, jefe del servicio de Hematología del Hospital de la Princesa de Madrid.

Thomas demostró que se podían inyectar las células provenientes de la médula ósea (la sustancia que produce las células de la sangre) de un donante en las venas del receptor para que *recolonicen* su médula. Pero antes tenía que eliminar la médula enferma del receptor mediante una combinación de drogas e irradiaciones que él puso a punto. Y, aunque al principio sólo obtuvo porcentajes estadísticos de éxito muy bajos, Thomas demostró que este tratamiento podía verdaderamente curar.

Hoy, el trasplante de médula permite curar la leucemia, la talasemia, que incluye un grupo de anemias de origen congénito, y ciertos trastornos genéticos de la médula ósea. Fernández-Rañada estima los índices de curación en un 50 por ciento para ciertas variedades de leucemia cuando se aplica en las fases tempranas de la enfermedad, y del 60 al 80 por ciento en el caso de las anemias aplásicas graves (diminución de glóbulos rojos, blancos y plaquetas). Aunque menos frecuentemente, se indica también para ciertos casos de inmunode-

ficiencia severa combinada, un trastorno congénito de origen inmunológico, y otras neoplasias como los linfomas. Las indicaciones y la eficacia de esta práctica clínica aumentan día a día.

En 1980 el número de trasplantes de médula ósea que se practicaban en el mundo rondaban los 400, pero hoy superan los 5.000 al año. En España, sólo se efectuaron 22 en 1981, pero en 1989 el número ascendió a 364: 153 se llevaron a cabo en cuatro hospitales de Cataluña, 103 en seis hospitales de Madrid y los restantes en centros sanitarios de Andalucía, Las Palmas, Santander, San Sebastián, Salamanca y Valencia. "La aplicación clínica del trasplante de médula puede realizarse en España con plenas garantías y por varios equipos que disponen de entrenamiento y de los medios adecuados para hacerlo", puntualiza Fernández-Rañada.

La mayoría de los trasplantes de médula ósea que se llevan a cabo en los hospitales españoles son alogénicos: se emplea un donante compatible, es decir, con antígenos de leucocito humano idénticos. En general es un hermano del paciente, pero la probabilidad de conseguir un donante apropiado se sitúa en torno al 30 por ciento, según explica Rañada. La médula se extrae de las crestas posteriores de los huesos de la pelvis mediante una punción-aspiración repetida. La sustancia obtenida

Las donaciones de órganos son todavía insuficientes, especialmente en el caso del riñón y la córnea

se procesa por medio de filtros y se transfunde en vena al receptor.

"El riesgo de rechazo en el paciente se evita administrándole, en los días previos, un tratamiento que consiste en quimioterapia a dosis altas combinada con irradiación corporal total", señala Fernández-Rañada. Al mismo tiempo, se eliminan las células tumorales cuando se trata de un enfermo de leucemia o linfoma.

El trasplante de médula ósea también puede producir una variedad muy curiosa de rechazo a la inversa: la enfermedad *injerto contra huésped* (GVH, *greft versus host*). Si en un trasplante habitual, el problema surge del rechazo del trasplante por el organismo, aquí sucede al revés: esta reacción pasa por el sistema inmunitario, uno de cuyos eslabones fundamentales es la médula ósea. Donnall Thomas fue precisamente quien describió y ayudó a prevenir y dominar la GVH.

El centro de Seattle que dirige Thomas es también pionero en la técnica de autotrasplante o trasplante autólogo de médula ósea, en el que el enfermo actúa como su propio donante. Se indica como tratamiento en aquellos casos en que no es posible recibir la donación de otra persona por problemas de histocompatibilidad.

El tenor José Carreras fue sometido precisamente a un autotrasplante de médula ósea. El paciente recibe un tratamiento de quimioterapia e irradiaciones con el propósito de reducir el cáncer a su mínima expresión; se le extrae luego la médula ósea, se purifica y se somete a un tratamiento de choque para eliminar cualquier remanente de células cancerígenas. Luego se transfunde en el paciente para que genere sangre libre de cáncer.

El hospital Clínico de Barcelona trabaja en un programa conjunto de investigación con el Fred Hutchinson Cancer Research Center de Seattle. El doctor Albert Grañena, jefe de la unidad de trasplante de médula ósea del Clínico, cifra entre el 50 y el 60 por ciento el éxito de la práctica clínica del autotrasplante. El tratamiento, que comenzó a aplicarse en casos de leucemias linfoblásticas, se ha extendido también a otros tipos de leucemias, linfomas, e incluso al cáncer de mama o de pulmón, al sarcoma de Ewing (cáncer de huesos) y los tumores de riñón, testículos y ovarios.

LA NUEVA hazaña tecnológica de la NASA y la Agencia Europea del Espacio no sólo ha servido para lanzar puntualmente la nave *Ulises* sino que, sobre todo, le ha devuelto a los abatidos técnicos americanos la moral que habían perdido tras los repetidos fracasos en sus transbordadores *Atlantis* y *Columbia*. El *Discovery* voló el 19 de octubre sin problemas, tal y como estaba previsto.

Esta misión resultaba esencialmente delicada porque a bordo del transbordador se encontraba la nave europea *Ulises*, cuyo destino debe ser crucial para la investigación solar. En realidad, el lanzamiento de un transbordador más, con o sin problemas -en el caso del *Discovery*, afortunadamente sin problemas-, no hubiera levantado tanta expectación entre los medios científicos si no hubiera sido por esta nave.

Se trata de una sonda automática destinada a viajar hacia una zona del espacio interplanetario completamente desconocida: las regiones del Sistema Solar situadas por encima y por debajo de los polos solares.

Como es sabido, los planetas que giran alrededor del Sol forman, junto con el astro rey, lo que los astrónomos denominan *plano de la Eclíptica*. Ello quiere decir que los planetas, excepto Plutón, que tiene una órbita mucho más elíptica que los demás, y

además bastante inclinada respecto a ese plano giran alrededor del Sol en un mismo plano espacial, lo que hace que podamos conocer, desde la Tierra, las emisiones de radiación solar que provienen de sus zonas ecuatoriales, pero en cambio ignoremos

casi todo acerca de lo que emite por las zonas polares.

Claro que para que un vehículo terrestre se salga del plano de la Eclíptica es necesario que se le *empuje* hacia abajo o hacia arriba de ese plano, por así decirlo. Todo un problema tecnológico que ha sido resuelto satisfactoriamente mediante la intermediación, pasiva pero sumamente eficaz, del planeta Júpiter. Como es sabido, Júpiter es el planeta más grande del Sistema Solar; su atracción gravitatoria es, pues, enorme -recordemos que Newton probó que la tracción gravitatoria era proporcional a la masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia-; sobre todo cuando uno se acerca a él.

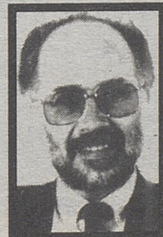
Enviar desde la Tierra una nave fuera del plano eclíptico requiere una energía de lanzamiento de la que hoy por hoy no dispone ningún cohete espacial. El truco que va a utilizar *Ulises* es sencillo. En primer lugar, viajará hasta las proximidades de Júpiter -algo que la tecnología espacial moderna sabe hacer muy bien, no hay más que recordar a los *Voyager*-. Luego, circulará al planeta, cuya atracción gravitatoria no sólo le hará girar casi 360 grados, volviendo de nuevo hacia el Sol, sino que se ejercerá según una trayectoria que le hará atravesar la Eclíptica. Al alejarse del planeta gigante, *Ulises* volverá pues hacia el Sol, pero por debajo del plano eclíptico, en dirección al polo sur solar. O, para ser más exactos, hacia un lugar situado por debajo del polo sur solar, pero muy lejos del astro -como es lógico, para preservar los instrumentos que el daño de una excesiva proximidad pudiera ocasionarles.

Luego, la curiosa trayectoria de *Ulises*, sometido esta vez a la gravitación solar, le hará girar alrededor del astro, pero de sur a norte, para acabar sobrevolando, a prudencial distancia también esta vez, el polo norte. En suma, un viaje al Sol y sus polos, pero dando un rodeo previo por Júpiter; la tecnología espacial utiliza así la mecánica celeste para compensar sus propias insuficiencias.

Lo malo de estos obligatorios paseos espaciales es que suponen una considerable pérdida de tiempo. La nave *Ulises* fue lanzada desde el *Discovery* y sus cohetes, en tres fases sucesivas, la aceleraron en dirección a Júpiter a una velocidad de casi 60.000 kilómetros por hora, la más elevada de todas las naves humanas diseñadas hasta ahora. Pues bien, aún así tardará en llegar a Júpiter año y medio -estará allí en febrero de 1992-, y luego no llegará hasta la *vertical* sur del Sol hasta junio de 1994. Entonces empezará a enviar datos acerca de las radiaciones, partículas y viento solar que se encuentran en esa zona meridional de Sol, y lo hará durante unos cinco meses, hasta octubre de 1994. A continuación seguirá su viaje hacia el norte, cruzará el plano de la Eclíptica en febrero de 1995 y comenzará de nuevo a enviar datos de sus observaciones en junio de 1995 y hasta el mes de septiembre de ese mismo año, esta vez sobrevolando el polo norte del Sol.

Un fascinante, aunque prolongado, periplo, que nos servirá, dentro de cinco años, para conocer mejor a la fuente de toda la energía que hace de nuestro planeta lo que es, un ente en perpetuo movimiento, y en el que un proceso de sucesivas casualidades y causalidades acabó, al cabo de unos cuantos miles de millones de años, por crear un ser pensante que ahora se interroga, una vez

más, acerca de lo que le rodea. Con la probablemente vana pretensión de saber -a ciencia cierta, si es que esto es posible alguna vez- no sólo el cómo estamos aquí, sino quizá también el porqué. Suponiendo que preguntarse por los porqués tenga algún sentido.



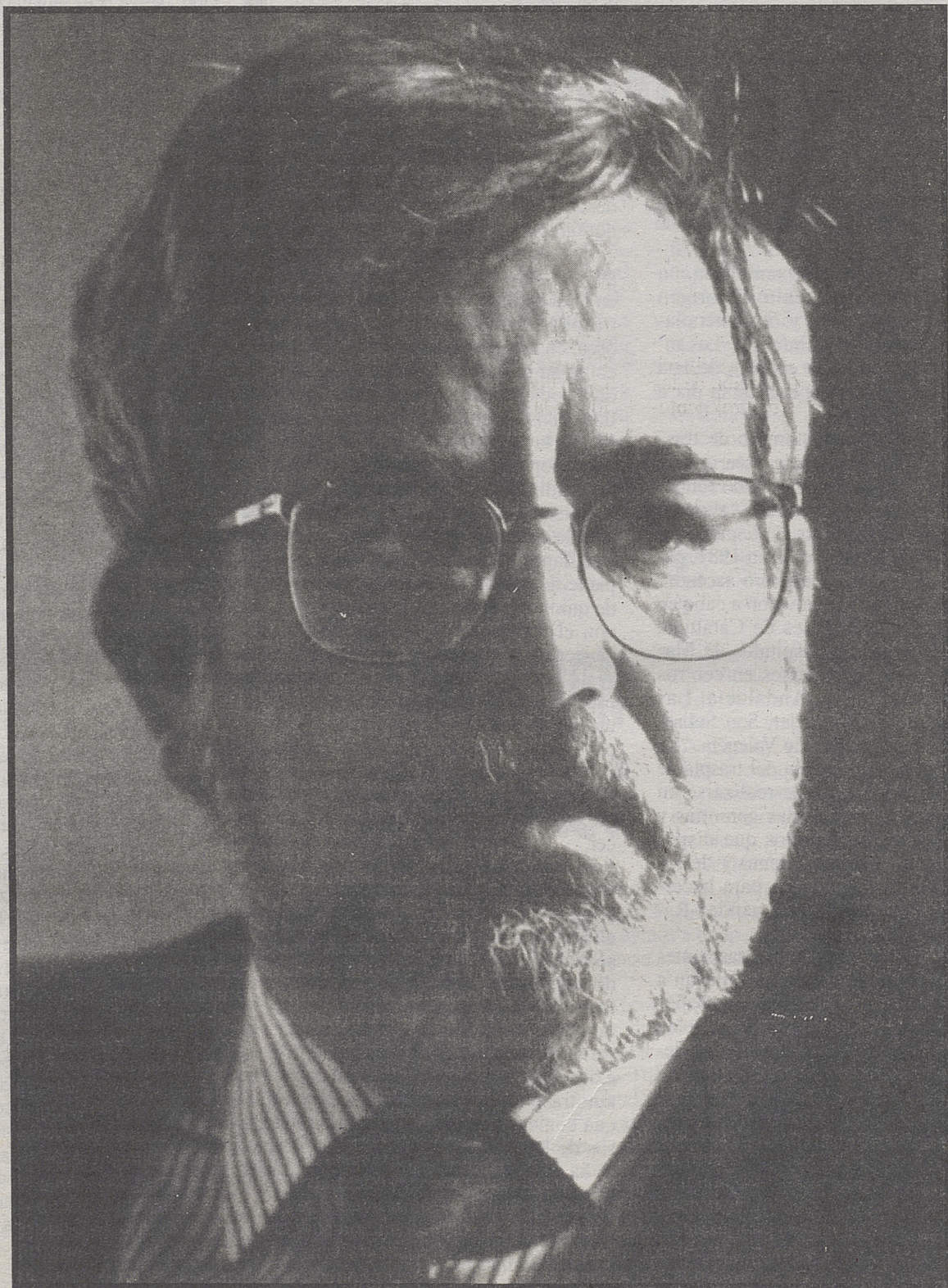
MANUEL TOHARIA

TUBO DE ENSAYO RESUCITA LA NASA

Mientras fuma, inasequible al desaliento y a la tos, Miguel Angel Quintanilla, filósofo y teórico de la política científica, desgana ideas que caen como en torrente por su discurso apasionado. Es un firme baluarte frente al tópico de las llamadas *dos culturas* y en ello ha empeñado generosas dosis de esfuerzo y tejido neuronal. Director de la revista *Arbor*, durante las dos primeras legislaturas socialistas presidió la Comisión mixta Congreso-Senado de Ciencia y Tecnología, pero hace unos meses decidió respirar otros aires de conocimiento y se marchó a una de las pocas mecas de la política científica internacional: el Science Policy Research Union de Sussex (SPRU), en el Reino Unido. Desde allí nos ha traído un cumplido serón de ideas nuevas que sin duda serán preciada mercancía en el mercado de la Europa sin fronteras.

LOS CIUDADANOS DEBEN PARTICIPAR EN EL CONTROL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO"

Miguel Angel Quintanilla, catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Salamanca



MIGUEL A. ALMODOVAR

Pregunta- Usted ha pasado los últimos meses en un instituto británico especializado en política científica. ¿Cuál ha sido su experiencia en ese centro?

Respuesta- Es un centro donde hay más de cien investigadores trabajando en política científica; desde el punto de vista de la economía, de la sociología, de la tecnología, del análisis de la toma de decisiones en ese campo. Una cosa que en España hemos hecho muy empíricamente, aprendiendo con la práctica, allí la organizan con decenas de investigadores elaborando teorías e informes sobre la política científica mundial.

El líder y la figura más relevante es Christopher Freeman, un economista especializado en desarrollo tecnológico que me ha parecido un contacto extraordinariamente fructífero desde el punto de vista intelectual.

Por otro lado, mi estancia en Gran Bretaña me ha ayudado a concebir la idea de que en España es preciso hacer un esfuerzo para el desarrollo de este tipo de estudios, puesto que tenemos una situación muy interesante desde nuestra experiencia en política científica. Creo que es el momento de que, además de la experiencia, se empiece a promover el estudio y la reflexión con instrumentos científicos.

P- Y desde esa óptica, ¿cuál es su valoración de la actual política científica española y hacia dónde debe dirigirse en el futuro?

R- La política científica española, que no existía en la década pasada, ha evolucionado extra-



"La política científica española es una de las más originales y prometedoras de la Europa Comunitaria"

ordinariamente. Se ha diseñado una política sectorial, específica de ciencia y tecnología, muy adaptada a los recursos y a la situación española, que es la de un país bastante avanzado industrialmente, pero que no tenía el potencial científico que se corresponde con su nivel industrial y económico. Este *gap*, este desfase entre las posibilidades económicas e industriales en nuestro país y sus posibilidades científicas, se empezó a superar en la década de los ochenta y han sido decisivas algunas de las medidas que se han tomado, como por ejemplo la reforma universitaria de la LRU, la Ley de la Ciencia y el Plan Nacional. Lo que ocurre es que en estos momentos estamos todavía en una fase en la que los efectos de estas medidas no se pueden notar. De manera que no se puede hacer todavía una evaluación de resultados, pero sí un análisis de la coherencia y la racionalidad de las medidas adoptadas. De este análisis lo que sí podemos destacar es que, por fin, se han aplicado decisiones

de una forma global. Además, me parece que la circunstancia de haber definido esta política científica en el contexto en el que España se abría a la Comunidad Europea ha sido decisiva para la modernización de nuestro sistema científico. En definitiva, yo creo que en estos momentos la política científica española es quizá la experiencia más original y más prometedora de las que yo conozco en el contexto de la Europa comunitaria. Se detecta un interés muy grande por el crecimiento espectacular de los recursos dedicados a I y D y por algunos de sus resultados como, por ejemplo, la presencia de investigadores españoles en los circuitos in-



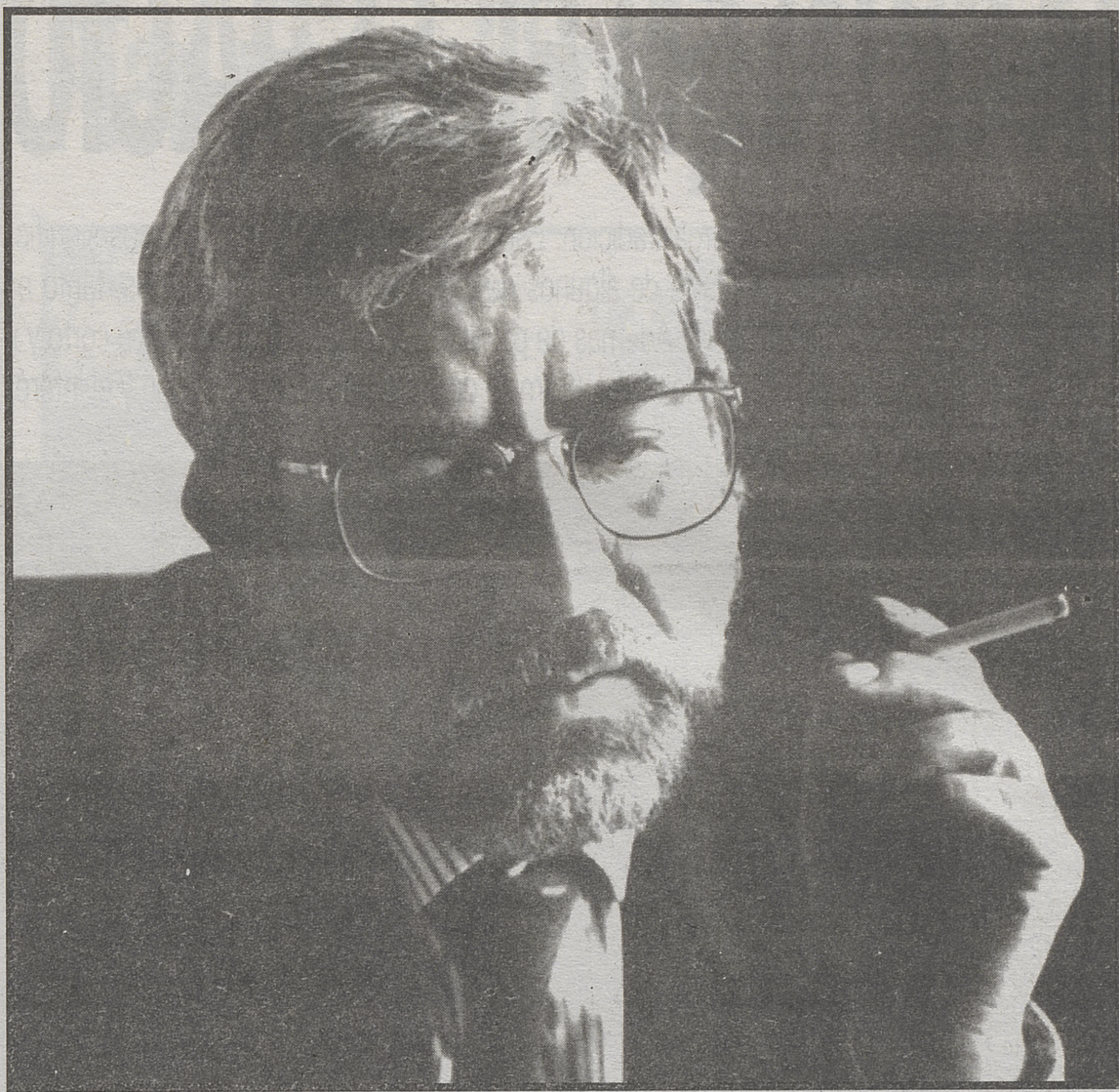
"La imagen pública de la ciencia está excesivamente tecnologizada"

ternacionales. Es pronto para constatar resultados, pero yo creo que el momento es muy interesante y la situación muy prometedora. Lo que hace falta es que continúe el impulso que ha habido durante estos años tanto a nivel financiero como de recursos humanos e iniciativas políticas; que se mantenga como mínimo durante otros diez o quince años para consolidar la situación.

P- Como presidente que fue de la Comisión Mixta Congreso-Senado en Ciencia y Tecnología, ¿cuál considera que es el papel de los poderes legislativos respecto al control de la política científica nacional?

R- Creo que uno de los graves escollos que hemos tenido que sortear en España, en relación con la política científica, es la falta de interés de la opinión pública, pero en realidad este es un problema que también está muy generalizado en otros países. La gente entiende muy bien aspectos de la política relacionada con la guerra, el orden público, la sanidad o la educación, e incluso ahora con el medio ambiente, pero la base de muchas de estas políticas sectoriales es la investigación y el desarrollo, que permite hacer innovaciones.

El Parlamento es una instancia entre la ciudadanía y la ejecución de las políticas y por ello es fundamental en los sistemas democráticos. Sin embargo, tampoco los parlamentos están acostumbrados a ocuparse de políticas sectoriales tan técnicas. Cuando creamos la Comisión de Ciencia y Tecnología en el Parlamento, uno de los objetivos era, al socaire del Plan Nacional, originar dentro de la cámara una institución especializada en el seguimiento de la política científica, en la doble dirección de trasladar los intereses de los ciudadanos a la toma de decisiones en este ámbito y al mismo tiempo llevar al terreno de la discusión política y parlamentaria planteamientos de las políticas sectoriales referidas a ciencia y tecnología. Fue



una experiencia interesante porque a mí me parece que, en el futuro, la participación democrática del control de desarrollos tecnológicos es uno de los retos, una vez superado el de la definición de la política científica y de la dotación de recursos suficientes para su cumplimiento. La segunda cuestión que hay que abordar, y que va a ser cada vez más importante -no sólo en España sino también en el resto de los países europeos- es la sensibilización de la opinión pública y la participación de los ciudadanos en el control democrático del desarrollo tecnológico. La única forma de hacer esto es a través de las instituciones parlamentarias. Estas deben hacer el esfuerzo de dotarse de los medios adecuados para poder ejercer esa función. El Parlamento español ha sido madrugador en este sentido. La parte parlamentaria de la política científica nacional se puso en marcha al mismo tiempo que el Plan Nacional. Aunque desde que abandoné el Parlamento no tengo una información muy di-



"Hoy las tecnologías sociales tienen también un valor económico y productivo"

recta de lo que se está haciendo, lo que dejamos diseñado era una oficina de asesoramiento técnico parlamentario que no se había puesto en marcha todavía, pero que iba a hacerlo en la legislatura siguiente. Una unidad de este tipo puede ayudar mucho a los parlamentarios a ejercer su función de control sobre la política científica y tecnoló-

gica y a contemplar el resto de las políticas desde el punto de vista de la ciencia y la tecnología.

Su papel sería no sólo impulsar la ciencia, sino también incrementar la implicación de los ciudadanos en la toma de decisiones respecto a la ciencia. Creo que la cuestión se centra en que las decisiones que se toman en ciencia y tecnología deben ser tan importantes y responsables como las que se toman en política ambiental, por citar un ejemplo. Llevar esta idea a la conciencia tanto de los políticos como de los ciudadanos me parece una de las misiones que tenemos que afrontar con más decisión para el futuro. No es sólo un problema de recursos, sino también de cambio de mentalidad. De cara al futuro, esta segunda dimensión es casi más importante que la presupuestaria. El hecho de que ahora proliferen las publicaciones de divulgación científica o los suplementos de periodismo científico me parece la otra base de la cuestión. Parlamento y opinión pública juntos son fundamentales para el futuro.

P- ¿Qué representa o debe representar *Arbor*, la revista de ciencia y pensamiento que usted dirige, en el debate sobre la ciencia?

R- *Arbor* es ante todo una revista de reflexión, no es una revista de divulgación. El lema, que es muy antiguo, *pensamiento, ciencia y cultura*, refleja muy bien lo que queremos que sea su contenido. Un órgano de la institución de investigación científica más importante del país, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, debe servir de vehículo al ejercicio del pensamiento reflexivo sobre la ciencia y su incidencia cultural. Me gustaría que *Arbor* fuera un foro para el debate so-

bre las grandes opciones de la política científica española. Vamos acercándonos a ese ideal y cada vez va suscitando más interés entre la comunidad científica utilizar sus páginas para



"La tradicional separación de las dos culturas, científica y humanística, ha de superarse"

plantear este tipo de cuestiones. Pero la verdad es que todavía nos queda bastante por hacer.

P- Como filósofo, ¿considera que la imagen pública de la ciencia está excesivamente tecnologizada? ¿Le hace falta quizá cierto toque humanístico?

R- No me gusta contraponer ciencia y humanismo; me parece que es un efecto de la división de las famosas *dos culturas* que hay que superar. En sus orígenes, la ciencia era una de las actividades característicamente humanísticas. De manera que esto a lo que nos hemos acostumbrado en el siglo XX, a mirar por un lado al humanismo y por otro a la ciencia y la tecnología, es una especie de aberración de nuestra cultura. Lo que ocurre es que sí es cierto que la imagen pública de la ciencia está excesivamente tecnologizada, rodeada de dos tipos de prejuicios; uno es el prejuicio de lo incomprensible, de lo misterioso, y otro el de lo peligroso, de la fuente de amenazas para la humanidad que pueden provenir de su desarrollo. Son ideas muy arraigadas en algunos sectores de nuestra sociedad, pero que tienen su origen en las corrientes románticas y racionalistas

del siglo XIX, que no tienen nada que ver con la realidad. La ciencia es la fuente más importante de creatividad, de valor humanístico, si es que seguimos considerando que tiene un valor



"Las ciencias sociales deben contribuir a la definición de una nueva cultura científico-técnica"

humanístico el descubrimiento de nuevas teorías acerca de la estructura de la materia, de la evolución del cosmos o de la composición de la dotación genética humana. También tiene valor humanístico la posibilidad de aplicar esos conocimientos para la mejora de la calidad de vida, en medicina, en conservación de la naturaleza o en todos aquellos aspectos que sin la tecnología y la ciencia actuales sería imposible desarrollar. Otra cosa es que después se puedan utilizar los recursos científicos y tecnológicos en contra de la humanidad, pero para eso está el control político. Una cultura científico-técnica sin su componente humanístico de participación y de control democrático sería incompleta.

P- Abundando en ello, ¿qué papel deben representar las ciencias sociales en el desarrollo científico-técnico?

R- Las ciencias sociales son, como cualquier otra ciencia, la única diferencia es que en vez de ocuparse de átomos y moléculas se ocupan de personas y de instituciones o de aspectos de sus actividades, como la cultura. Me gustaría que cada vez se tendiera más a considerar que las ciencias sociales no están separadas de las otras ciencias, ni en cuanto a rigor metodológico ni en cuanto a interés cultural, ni siquiera en cuanto a interés pragmático, tecnológico y económico.

Hoy las tecnologías sociales tienen un valor no solamente cultural, científico y tecnológico, sino también económico y productivo. A los investigadores sociales hay que conducirlos a la toma de conciencia de esta dimensión como parte de todo el sistema científico del país. Esto llevaría, al mismo tiempo, a esperar de esas ciencias sociales una mayor contribución al desarrollo de esa cultura científico-técnica y humanística. A veces se consideran ajenos a ese proyecto porque en el fondo responden a un planteamiento de reserva de la cultura humanística refugiada en sus ámbitos que no puede contaminarse con los componentes puramente tecnológicos.

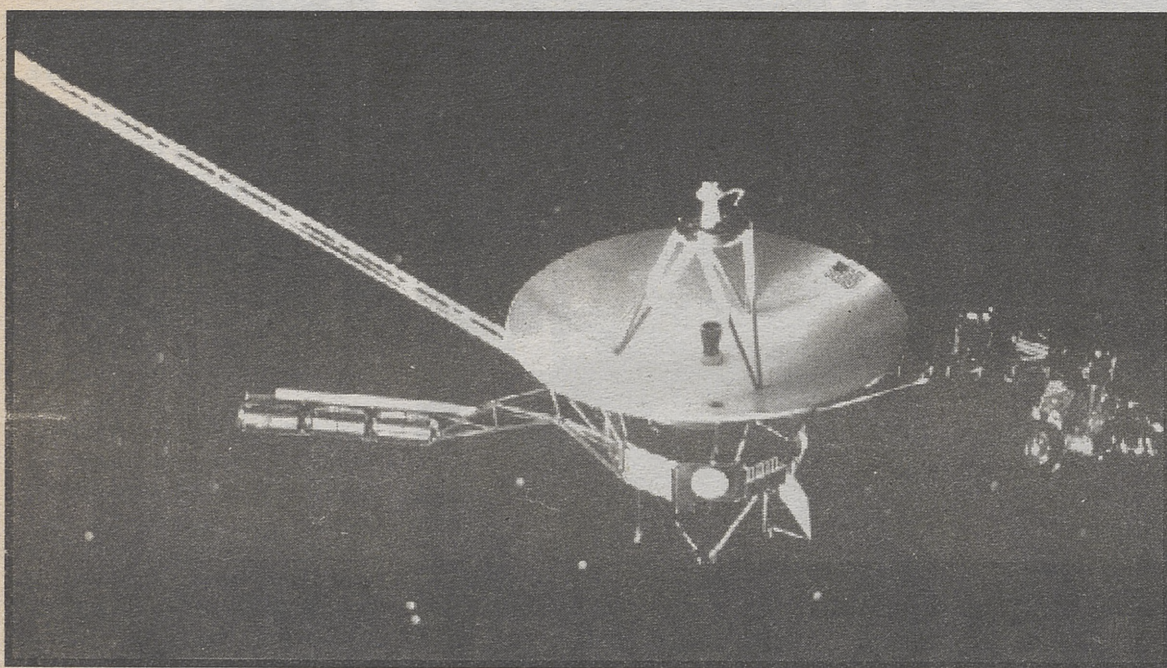
Esto no es más que una ilusión y conlleva un empobrecimiento de las posibilidades de contribución de los científicos sociales a definir una nueva cultura científico-técnica. Para resumir, las ciencias sociales tienen el gran reto de implicarse en el proceso científico tecnológico y contribuir de esa manera a definir una nueva cultura.

COOPERACION EN EL ESPACIO

España se convierte en la quinta potencia europea en cooperación espacial

La astronomía, una disciplina que requiere grandes desembolsos económicos y muchas horas de investigación, es una ciencia con

larga tradición. España empieza ahora a dar pasos significativos en este campo, formando parte de algunos de los proyectos internacionales, tanto en el plano científico como industrial. Además de participar en objetivos concretos a corto y medio plazo, nuestro país ha asumido el compromiso de incrementar la formación y el interés de las nuevas promociones.



PILAR RAMIREZ

El desarrollo de la astronomía espacial, desde sus inicios en la década de los sesenta, está originando una actividad importante en el sector y un interés que sobrepasa el mundo de la ciencia. La Agencia Espacial Norteamericana (NASA) y la Europea (ESA) han puesto en marcha más de veinte programas durante los últimos diez años, mientras que en España proliferan los observatorios astronómicos. Calar Alto, Izaña, Roque de los Muchachos y Veleta son muestra del auge que esta disciplina ha adquirido en nuestro país.

La responsabilidad española en los proyectos europeos aumentará en el futuro inmediato del 6% al 30%, lo que nos sitúa como la quinta potencia europea en materia de colaboración espacial.

Durante el reciente curso *Astronomía espacial en los 90*, organizado en Valencia por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, que reunió a más de veinte especialistas de todo el mundo, se fijaron las bases de lo que será el II Plan Nacional del Espacio.

La aparición de nuevos instrumentos, técnicas de tratamiento de datos y el aumento en la precisión de medidas, son sólo algunos de los factores que han contribuido a dar relevancia a esta disciplina. Durante la década de los setenta se inició una serie de actividades simultáneas con base en la tierra y en el espacio. De esta manera se consiguió la eliminación de perturbaciones atmosféricas y con ello se logró una mayor precisión de medidas y observación que permitieron un estudio más profundo. La década de los ochenta, tanto por el número de misiones como por el incremento

de la capacidad de los satélites, abrió las puertas a un futuro repleto de planes en los noventa. Los satélites astronómicos y las misiones de exploración planetaria aglutinan los diferentes proyectos que, en el caso de la ESA, se definen como *Horizonte 2.000*. Por su parte, la NASA, la Unión Soviética y Japón participan también en diferentes proyectos que cuentan con las más avanzadas tecnologías. El uso del rayo infrarrojo lejano, los rayos X y los gamma son sólo algunas de las nuevas técnicas que constituyen un singular avance. Su uso para nuevos descubrimientos se engloba en la puesta en práctica de numerosos programas que requieren ingentes presupuestos económicos y un largo espacio temporal para la evaluación de resultados.

Actualmente existen diez grandes proyectos en proceso de realización. El más inmediato ha sido la reciente puesta en órbita de la sonda *Ulyses* que, tras un retraso de cinco años, fue definitivamente lanzada por la NASA en colaboración con la ESA. El objetivo está centrado en el estudio, por vez primera, de los polos del Sol, escapando del plano elíptico en el que gravitan todos los planetas, excepto Plutón. Una vez realizado el despegue, se espera que *Ulyses* alcance su objetivo en 1994 o 1995. Las continuas demoras han obligado a duplicar los presupuestos previstos en un principio, por lo que la misión alcanzará los cien mil millones de pesetas, de los que cerca de un 20% serán aportados por la ESA.

El segundo de los pilares del programa científico de la Agencia Europea del Espacio para los próximos años lo constituye la Misión Espectroscópica de Rayos X (XMM), que está incluida

en el programa *Horizonte 2.000*. XMM es un observatorio de larga duración, que cuenta con instrumentos de alto rendimiento para espectroscopía en rayos X de fuentes cósmicas. El lanzamiento está previsto para el año 1998 y el tiempo de funcionamiento esperado supera los diez años de vida. Se confía en la consecución de avances fundamentales en la astronomía de rayos X y en la comprensión del Universo para el cambio de siglo.

La Agencia Espacial Norteamericana, que tiene un presupuesto de cuatro billones de pesetas, está desviando sus estudios hacia líneas de investigación más prácticas. Desde los éxitos de los años sesenta con los proyectos *Apolo*, hasta el estallido ante las cámaras del transbordador *Challenger* en 1986, la NASA ha pasado por diferentes etapas y vicisitudes, combinando éxitos y fracasos. Esta es la sensación predominante tras el error cometido con el espejo principal del telescopio espacial *Hubble*. Después de haber realizado un desembolso de 250.000 millones de pesetas, las primeras imágenes aparecidas desde el espacio, realizadas por dicho telescopio, aparecieron borrosas. El fallo, debido a un error de menos de un milímetro en la pulimentación de la superficie de una de las lentes, ha hecho tambalear uno de los proyectos más costosos de la historia de la ciencia. La solución exige la instalación de correctores ópticos que compensen el defecto, con lo que se conseguiría el cien por cien de las prestaciones que estaban previstas, o la modificación de los experimentos diseñados en un principio. En este último caso la eficacia del programa se vería perjudicada. De cualquier



España incrementará, en un futuro próximo, su participación del 6% al 30% en los proyectos espaciales europeos.

forma, ambas soluciones no serán posibles hasta 1993, con lo que la demora resultará inevitable en el cumplimiento de los planes establecidos y el presupuesto se verá incrementado.

Otros proyectos de colaboración entre la NASA y la ESA son la regata espacial *Santa María*, patrocinada por el Quinto Centenario y prevista para 1995 (la colaboración de España en este proyecto es de un treinta por ciento, al igual que la de Italia, que también participará en el evento); *Hyparcos* e *Integral*, consistentes en el estudio de medición de distancias interestelares, y de rayos X y gamma respectivamente; y, finalmente, *ISO*, que es un proyecto medio - en cuanto a presupuesto - de la ESA, y está basado en la investigación del infrarrojo. Este plan está enmarcado en las tareas del Instituto de Astrofísica

de Canarias, lo que confiere un papel protagonista a la actuación española. La participación soviética se centra en el proyecto *Mars 94*, que cuenta también con recursos españoles. Sus objetivos son el desarrollo técnico espacial y el estudio de la geología planetaria.

Los incrementos de los presupuestos de España en materia aeroespacial han sido considerables desde la aprobación del Plan Nacional del Espacio en 1986. Ello ha aumentado notablemente el desarrollo tecnológico industrial y las subvenciones económicas para investigación e infraestructura, que abarca dos mil millones de pesetas del presupuesto global. Esta inversión no se corresponde, sin embargo, con la participación final de los investigadores españoles en los programas europeos. Las causas apuntan a una carencia de tecnología industrial acorde con la existente en otros países y a la falta de preparación en los investigadores a la hora de entrar a formar parte de la élite científica europea.

Brasil antinuclear

El secretario para la Ciencia y la Tecnología de Brasil, el físico José Goldemberg, ha anunciado que su país ha mostrado claramente al mundo la intención de no convertirse en potencia nuclear. Tan solemne declaración ha sido precedida de una comparecencia del Presidente de la nación, F. Collor de Melo, en la que dió cuenta de la destrucción de una planta de pruebas nucleares que se había construido durante los gobiernos anteriores. La existencia de esta importante instalación, localizada en plena selva junto a la cordillera de Cachimbo, fue denunciada por la prensa en 1986, pero hasta ahora no se había podido comprobar la magnitud del proyecto. Mientras que las fuerzas navales tenían la excusa de una eventual flota de submarinos atómicos, la Fuerza Aérea no podía tener otro motivo para sus investigaciones que la consecución de la bomba nuclear. A pesar de ello, el férreo control informativo de las dictaduras militares en el poder impidió que el asunto trascendiera y sólo ahora, con la recientemente recuperada democracia, se ha podido conocer la existencia de esta planta de 320 metros de profundidad, perfectamente equipada para realizar un test a la bomba.

Plan para el bosque tropical



El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) está intentando conseguir que para el año 2000 se haya al menos duplicado el exiguo porcentaje mundial (alrededor de un 5%) de bosques tropicales protegidos dentro de parques nacionales o reservas naturales.

Aunque algo menos de un 7% de la superficie del planeta está compuesta de bosques húmedos tropicales, en ellos se alberga aproximadamente la mitad de las especies animales y vegetales de la Tierra. Sin embargo, el ritmo de destrucción de estos ecosistemas es pavoroso; un reciente estudio de la FAO (Organización mundial para la Agricultura y la Alimentación) lo evalúa en 22 millones de hectáreas anuales. Sólo en Brasil, durante el pasado año fueron esquilmas ocho millones de hectáreas. De persistir esta tendencia, dentro de ochenta años no quedarán bosques tropicales inalterados. La WWF ha propuesto una serie de iniciativas para la conservación de este precioso patrimonio ecológico: medidas de regulación de las importaciones, técnicas de manejo biológicamente sostenibles, reconocimiento de derechos territoriales a los pueblos indígenas y revisión periódica de los planes de acción.

Robot para minusválidos

Dice Carlo Fabretti que "mientras los filósofos discuten si es posible o no la inteligencia electrónica, los científicos la construyen, abriéndonos las puertas de un futuro posbiológico que supera con creces las más audaces fantasías hasta ahora concebidas por el

hombre". Podría ser un adecuado prólogo de presentación para el nuevo robot Master desarrollado por el Comisariado de la Energía Atómica de Francia. Master pertenece a una última generación de autómatas que permitirán a las personas privadas del uso de sus brazos telefonar, insertar una cassette en un magnetoscopio o servirse un café. El ingenio, especialmente concebido para tetraplégicos, está programado para acceder a los objetos que rodean al minusválido y obedece instrucciones sonoras o manuales. El

problema, por el momento, es el alto coste de las primeras unidades que se eleva a unos ocho millones de pesetas.

Conservación del oso pardo

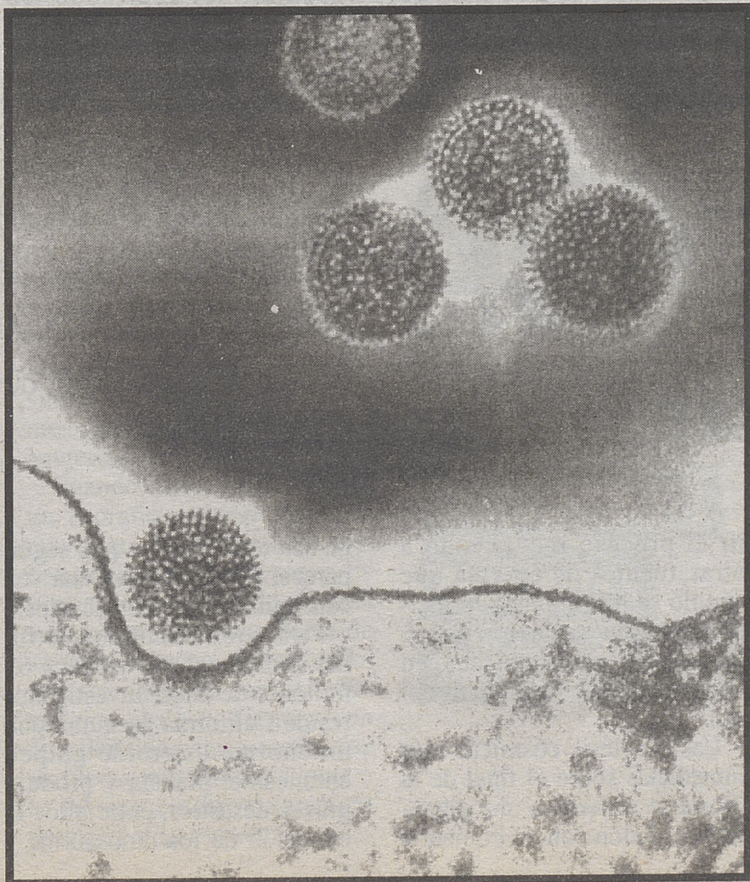
La convención de Berna, que en 1979 incluía entre las es-

pecies amenazadas de extinción al oso pardo, fue suscrita por Francia y España, pero en los años transcurridos la situación de estos hermosos plantígrados no ha mejorado, sino que, por el contrario, su desaparición total está a punto de producirse si no se toman las adecuadas medidas.

En 1940 Francia tenía censados unos 170 animales en su zona pirenaica y hoy el número ha descendido dramáticamente hasta 10 ó 20.

En España, la plaga del furtivismo no se consigue detener y la situación es muy similar. No obstante, el Gobierno de Cantabria ha puesto en marcha un plan que incluye un importante incremento de las sanciones a los entusistas del bloodsport, los furtivos, junto a otras medidas de compensación económica a los campesinos por los destrozos que los osos ocasionan en sus cosechas o cabañas ganaderas.

Polémica racial sobre el SIDA



El SIDA es siempre, de una manera u otra, motivo de polémica, que trasciende las evidentes connotaciones sociales que el mal posee para adentrarse en lo estrictamente científico.

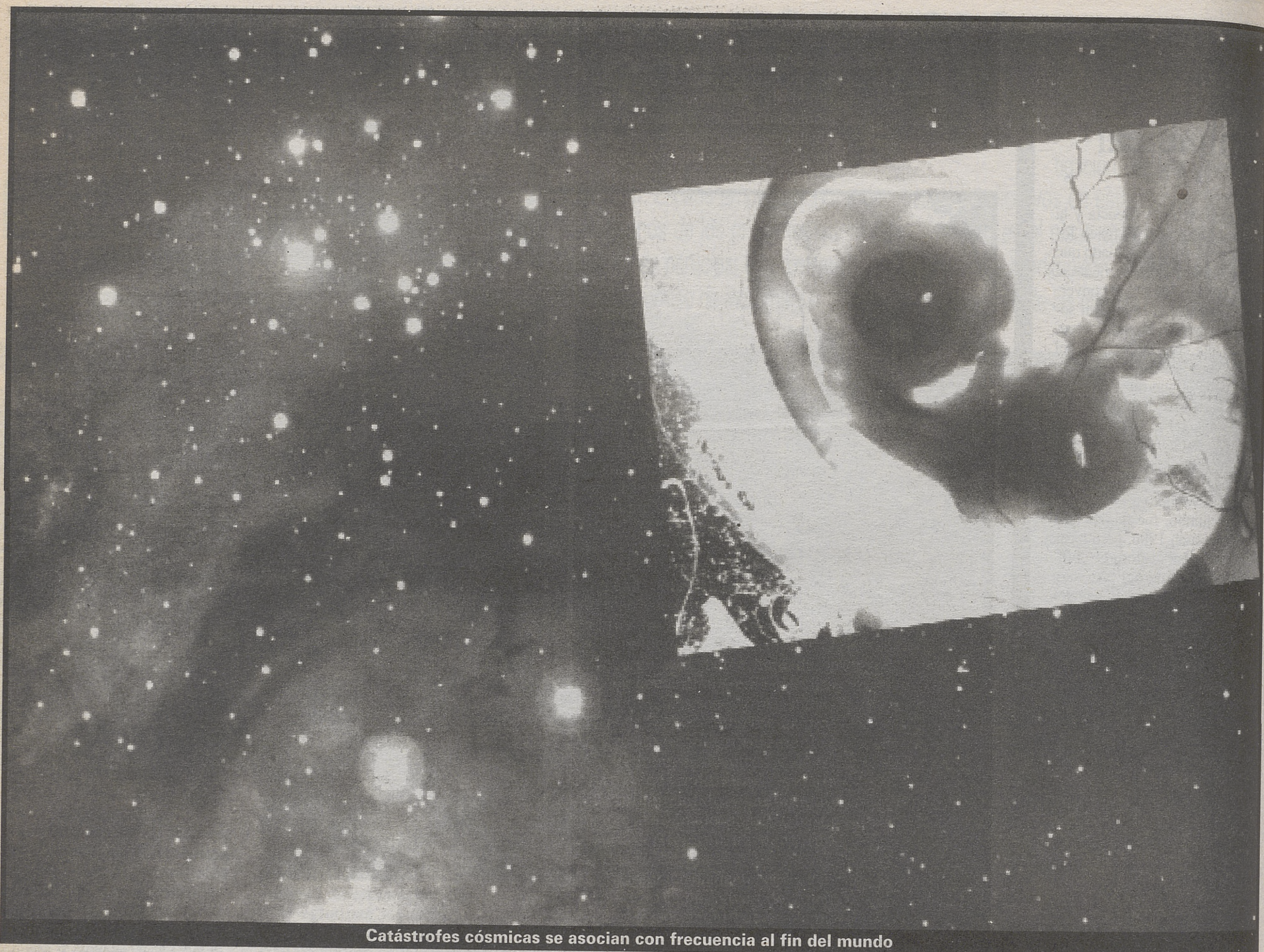
Aún presentes los ecos de la controversia Gallo-Montagnier, con indudables tintes nacionalistas, toma cuerpo un debate teñido de tensiones raciales.

La nueva droga Kemron, contra el síndrome de inmunodeficiencia, fue presentada a principios de este año, como resultado de las investigaciones de grupos científicos de Kenya. El nuevo producto, basado en la aplicación de pequeñas dosis de interferón alfa, ha sido probado con éxito aparente en más de mil pacientes africanos. Sin embargo, en Estados Unidos parece que el mismo tratamiento sólo proporcionó levísimas mejoras a

un pequeño número de enfermos, mientras que en el resto no se observaron progresos de ningún tipo.

Las autoridades sanitarias africanas argumentan que estos ensayos se han efectuado en centros del Oeste americano, dominados por blancos que manifiestan una radical desconfianza y prejuicios negativos previos respecto a la ciencia africana. Los médicos y científicos estadounidenses responsables del programa han contraatacado explicando que ellos están plenamente abiertos a cualquier iniciativa, pero que los datos que les han suministrado sus colegas africanos son imposibles de descifrar, tanto por las distintas formas de administración de la droga (en polvo y en tabletas) como por lo aleatorio de los controles de administración de placebos.

La polémica está servida.



Catástrofes cósmicas se asocian con frecuencia al fin del mundo

MANUEL CALVO HERNANDO

Asimov, en su libro *Las amenazas de nuestro mundo*, describe los riesgos y los distribuye así:

1. **Catástrofes de primera clase:** aumento de la entropía, expansión y contracción del Universo, hundimiento de las estrellas.

2. **Catástrofes de segunda clase:** colisiones con el Sol, antimateria y planetas libres, la muerte del Sol.

3. **Catástrofes de tercera clase:** bombardeo extraterrestre de cometas, asteroides y meteoritos, retrasos de la Tierra y la Luna, desplazamiento de la corteza terrestre, los cambios del tiempo, la eliminación del magnetismo.

4. **Catástrofes de cuarta clase:** la lucha por la vida, nuevas enfermedades, el conflicto por la inteligencia, la guerra.

5. **Catástrofes de quinta clase:** el agotamiento de los recursos, superpoblación, educación (regreso a una sociedad de Edad Media avanzada), problemas originados por la tecnología.

Otro gran escritor científico, el alemán Robert Jungk, concreta los riesgos, en lo que se refiere al ser humano, en la guerra, la inhumanidad y la violencia.

Parece lógico que el fin del mundo corresponda al cosmos, y no sólo al Sistema Solar, al

MARCHA FUNEBRE DEL UNIVERSO

Los científicos y escritores que se han enfrentado con el tema, complejo y grandioso, del fin del mundo, lo abordan básicamente desde tres grandes grupos de problemas: cósmicos (colisiones de astros, degeneración de la materia universal, muerte del Sol), terrestres (enfriamiento definitivo e irreversible del

planeta, catástrofes geológicas, nueva era glacial) y, en menor número de hipótesis, destrucción de la vida en la Tierra por acciones del hombre.

planeta Tierra y al hombre. Según las evidencias disponibles hoy, el Universo, y cada parte de él, se están gastando. En la Tierra (recuerda Asimov) ocultamos el hecho porque siempre podemos alterar las cosas. Cuando el agua corre cuesta abajo, podemos bombarlarla de nuevo cuesta arriba. Pero sólo nos es posible rever-

tir el proceso recurriendo a otras fuentes de energía que aún no se han agotado, principalmente la radiación solar. Pero un día se acabará también la provisión de hidrógeno del Sol.

Las hipótesis cósmicas más inmediatas sobre el final de la Tierra se refieren a una gigantesca colisión con un cometa o

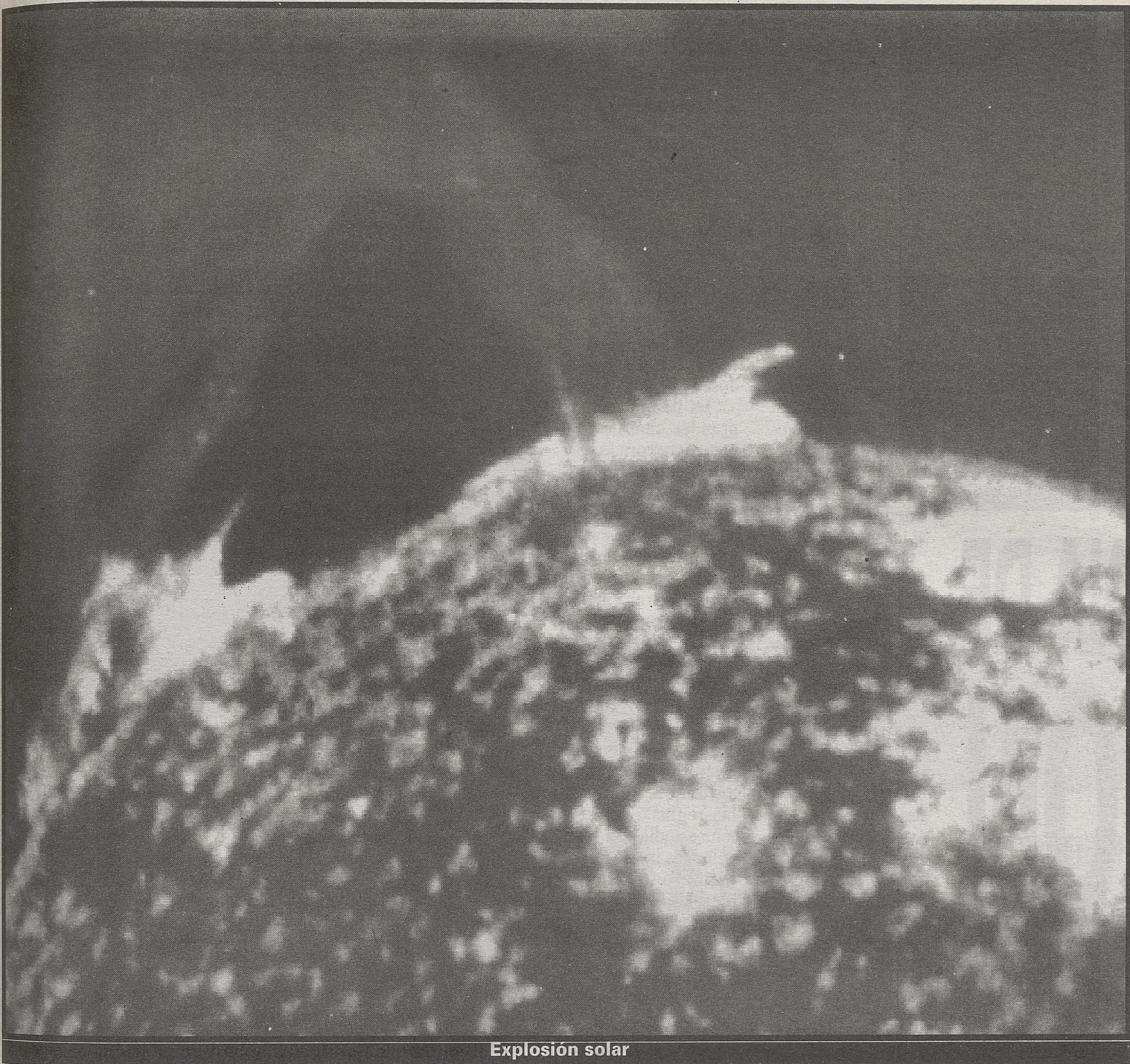
un asteroide, hecho que, según parece, puede suceder una vez cada quince millones de años.

Para otros científicos, el fin del mundo ocurrió ya hace 65 millones de años. Investigadores de California aseguran que un enorme asteroide golpeó entonces el planeta y produjo graves desastres, entre ellos la extinción de los dinosaurios y

de una parte de la vida en la Tierra, y este asteroide podría volver.

En el espléndido catálogo publicado por el Museo Nacional de Ciencias Naturales sobre la exposición *Dinosaurios*, que actualmente se exhibe en sus salas con éxito clamoroso y absolutamente inédito en nuestro medio, se estudian las hipótesis de la desaparición de estos animales, con las bases o evidencias en que se apoya cada una de ellas, y las objeciones que se plantean en cada caso. En lo que se refiere al impacto de un asteroide o meteorito contra la Tierra, existen constataciones geológicas, pero éstas no explican satisfactoriamente la extinción de todas las formas desaparecidas, ni la supervivencia de otros organismos.

Otras previsiones se basan en el hecho de que la mayor parte de la materia visible del Universo, las estrellas, las galaxias y las nubes de gas están compuestas de hidrógeno, y el núcleo de los átomos de hidrógeno está compuesto por un único protón. Si los protones degeneran, la sustancia misma del Universo empieza a pudrirse lentamente, como un cáncer que infectara a la materia. Si las ideas sobre la teoría unificada de campos son correctas -dice Pagels- están llamadas a tener implicaciones profundas en la cosmología y la decadencia del protón sería



Explosión solar

la marcha fúnebre del Universo.

Como es sabido, las estrellas brillan debido a la combustión de elementos ligeros y que producen otros más pesados. Los cálculos demuestran que todos los átomos más pesados que el litio fueron *cocidos* en los hornos nucleares de las estrellas, hace relativamente poco tiempo. Este es el caso del carbono de nuestros pulmones, del aire de nuestros cuerpos y de la tierra bajo nuestros pies.

Las estrellas -también lo sabemos- están agrupadas en galaxias y estas, a su vez, se agregan en racimos. Las observaciones de Hubble mostraron que estos grupos de galaxias se alejan unos de otros a una velocidad media de unos 30 kilómetros por segundo por cada millón de años luz de separación actual entre ellos.

¿Se expandirá el Universo eternamente -se preguntan los científicos- o existe materia suficiente en él para que, debido a la atracción gravitatoria por ella generada, al final se colapse bajo su propio peso?

Para Frank Close, la primera posibilidad nos brindaría un futuro deprimente: la materia acabará por desaparecer y el Universo terminará en forma de radiación fría en expansión. Pero hoy existe la creciente sospecha de que la segunda posibilidad, el colapso, sea una eventualidad más probable

y que los agentes responsables de ello puedan ser los neutrinos.

En la bola de fuego original, los neutrinos podrían haberse producido tan abundantemente como los fotones y pudiera ocurrir que el Universo tuviera por lo menos el doble de la masa que normalmente se le atribuye, lo que sería suficiente para generar un colapso gravitatorio final.

Más cerca de nosotros, lo que sí sabemos con seguridad es que las estrellas como el Sol nacen y mueren. El gran divulgador científico Martin Gardner ha estudiado este tema y afirma que un sol puede morir de tres maneras.

Cuando una estrella esté próxima al tamaño de nuestro sol agotará su combustible de hidrógeno, crecerá hasta alcanzar el tamaño de una *gigante roja* y después, poco a poco, se contraerá hasta las dimensiones de una *enana negra*, a menos que sea ingerido por un agujero negro.

Cuando una estrella alcanza un tamaño moderadamente mayor que nuestro sol, su destino resulta más interesante. Es probable que estalle en una *supernova*; después, parte de su masa disminuirá instantáneamente hasta un tamaño menor que el de la Tierra y con una densidad tan grande que su fuerza gravitatoria supera a la fuerza electromagnética oponente y su estructura se de-

**Las hipótesis
cósmicas más
inmediatas sobre
el fin de la Tierra,
se refieren a una
gigantesca
colisión con
un cometa
o un asteroide,
hecho que, según
parece, puede
suceder una vez
cada quince
millones de años**

sintegra, para convertirse en una estrella de neutrones de rotación rápida.

Finalmente, cuando una estrella es mucho más grande que nuestro sol, se cree que expira de una manera tan fantástica que su destino sigue para nosotros encerrado en el misterio. Una vez completa su implosión catastrófica, ni siquiera los neutrones pueden soportar la enorme compresión gravitatoria. Todas las partículas quedan completamente destruidas y las leyes de la física dejan de tener sentido.

Nuestro problema es el Sol que, al contrario que la Tierra, no es una estructura plácida y tranquila. La gravedad ha comprimido la Tierra todo lo posible y así permanecerá indefinidamente... si dependiera sólo de ella.

El Sol, por el contrario, es enorme y su gravitación es capaz de colapsarlo y reducirlo al tamaño de un pigmeo. Puede continuar generando calor durante más de diez mil millones de años, por lo que a la humanidad le queda bastante tiempo para prepararse e incluso para abandonar la Tierra y el Sistema Solar.

El final de la Tierra puede tener varios orígenes y entre ellos no debe excluirse la acción humana.

El más inmediato y de mayor actualidad es el cambio climático, que no sabemos todavía si es real, ni tampoco si

deseñará en una nueva era glacial o en un recalentamiento insufrible de la atmósfera.

Otro riesgo, del que en esta segunda mitad del siglo hemos empezado a tomar conciencia, es la propia fragilidad del planeta. Nuestra existencia depende de la conservación del equilibrio biológico natural. Una pequeña mutación en un microorganismo desconocido, una experiencia de laboratorio cuyos efectos no hubieran podido dominarse a tiempo, una manipulación genética perversa o inevitable, una pequeña alteración de la composición química del aire, una erupción en el Sol o cualquier otro trastorno de menor cuantía, ya no necesariamente de carácter cósmico, podría barrer la humanidad.

El eminente Isaac Asimov se ha preguntado cómo será el final de la Tierra. Supongamos, escribe, que no va a sobrevenir una catástrofe nuclear. Supongamos que somos capaces de resolver todos los problemas que hoy nos afligen y que aprendemos a perfeccionar el cuerpo y la mente humana, y nos convertimos en seres más fuertes, más sanos y más inteligentes. ¿Podremos seguir progresando indefinidamente? ¿Podremos, nosotros y nuestros descendientes, seguir evolucionando y mejorando nuestro amado planeta, hasta convertirlo en un perpetuo Edén?

Desgraciadamente, no.

Ya lo había advertido aquel científico genial que se llamó Norbert Wiener; al darnos cuenta del limitado margen de condiciones físicas en las cuales pueden ocurrir las reacciones necesarias para la vida, comprendemos que este feliz accidente debe tener un fin completo y desastroso y, en un sentido muy real, puede decirse que somos naufragos a la deriva en un planeta condenado.

Para Teilhard de Chardin, el fin del mundo es inimaginable, pero se resistía a creer que pueda ocurrir por un cataclismo sideral, ni por degradación de la energía, ni por disgregación biológica. Rupturas, enfermedades, decrepitud -decía-, tales como son la muerte del hombre, serán la muerte de la humanidad.

Por supuesto, quedan todavía muchas preguntas, las más decisivas. Pero aunque los científicos discuten sobre los detalles del comienzo del Universo, parece haberse alcanzado un cierto consenso sobre el fin. Y los físicos piensan que hay básicamente dos finales: el fuego o el hielo.

Por todas las maravillas del Universo que nuestra generación ha tenido el privilegio de contemplar, Frank Close, en su libro *La cebolla cósmica. Los quarks y la naturaleza del Universo*, recuerda esta hermosa frase de Avvaiyar:

**Lo que hemos aprendido
es como un puñado
de tierra;
lo que nos queda
por aprender
es como el mundo entero.**

LA COLUMNA escrita por Manuel Toharia en el segundo número de A ciencia cierta plantea un tema sobre el que siempre es necesario insistir. Los descubrimientos científicos no son actos mágicos ni resultado del puro azar, sino consecuencia de métodos racionales que pueden ser explicados y transmitidos.

Aunque hoy en día éste no es un tema de discusión para los científicos, sí lo es el de cómo mejorar las condiciones para que los investigadores de las distintas áreas del conocimiento efectúen hallazgos. Sin ir más lejos, el desaparecido premio Nobel de Química

argentino, Luis Federico Leloir, publicó un artículo titulado El descubrimiento científico, al alcance de todos. "Quizás alguien que lea este artículo", decía Leloir, "pueda agregar nuevas ideas y más tarde otros añadirán otras hasta que finalmente obtenemos una descripción de las acciones y circunstancias que llevan a un descubrimiento".

Pocos años después, Robert Root-Bernstein, profesor de ciencias naturales y fisiología, quien además de investigar en áreas de su especialidad estudia las estrategias del descubrimiento científico, agregó un enfoque

distinto sobre el proceso de la investigación en un número de la revista The Sciences: "El descubrimiento de la vacuna contra el cólera, hecho por Louis Pasteur y otras historias similares han llevado a los filósofos de la ciencia a establecer una imprudente distinción entre el progreso de descubrimiento y el de la verificación, y a insistir en que la lógica y la razón sólo se aplican al segundo".

Textos tradicionalmente citados, como La lógica del descubrimiento científico, de Karl Popper, postulan que el descubrimiento no es producto de métodos particulares de indagación lógica, sino el resultado de estar en el lugar y el momento adecuados, como Newton bajo el árbol cuando cayó la mítica manzana sobre su cabeza.

Por el contrario, explica Root-Bernstein, se dice que el proceso de verificación de una hipótesis es una operación lógica que sólo puede realizar un investigador racional, adecuadamente entrenado en los métodos de la ciencia. De acuerdo con esta filosofía, el objetivo científico es simplemente validar o invalidar puntos de vista inexplicables, planteamiento que deja fuera de discusión al proceso de descubrimiento y no explica cómo plantean sus problemas los científicos y qué hacen día a día. "No es suficiente estar en el lugar y el momento adecuado", enfatiza; "lo que un científico interpreta en lo que ve depende de lo que espera encontrar".

Para el investigador estadounidense, cualquier actividad que contribuya al conocimiento científico debe ser reconocida como parte del método científico, y éste debe redefinirse, por tanto, en forma tal que de cuenta del descubrimiento.

Las estrategias de descubrimiento no son tan fácilmente codificables como las reglas de validación científica. Tienden a buscar instancias donde las reglas codificadas de la ciencia no pueden dar cuenta de la experiencia: plantear las paradojas, las contradicciones, las anomalías, en síntesis, los problemas.

Leloir coincidía en lo difícil que es ver las

cosas de modo diferente a lo establecido. "El cerebro humano es una máquina de una capacidad bastante limitada para crear y adoptar nuevas ideas. La prueba de esto es que la mayoría de la gente persevera en sus ideas aunque exista abundante evidencia que les demuestre que están equivocadas".

Root-Bernstein afirma que es posible identificar hábitos de pensamiento ventajosos para evitar ver las cosas del modo habitual. Menciona en primer lugar el espíritu lúdico, un esfuerzo deliberado de apartarse de las formas convencionales de ver la realidad, combinando sus componentes o manipulándolos- física o mentalmente- de modo novedoso.

"Es llamativo", expresa, "cómo muchos grandes científicos han incorporado el juego a su vida y su trabajo, cómo han evitado conscientemente ser excesivamente cautos, ordenados o mezquinamente pragmáticos".

Konrad Lorenz y Alexander Fleming son un buen ejemplo de esta habilidad. Fleming decía: "Yo juego con los microbios. Es muy agradable romper las reglas". Y Lorenz estudiaba a sus animales individualmente para luego mezclarlos y observar las conductas inusuales que desarrollaban.

Root-Bernstein enumera y analiza otras características del trabajo creativo de los investigadores.

Otra estrategia, afirma el investigador estadounidense, consiste en pensar la realidad en forma totalizadora, buscando los principios universales que se ocultan detrás de fenómenos observables.

"Para elevar lo trivial a lo universal", señala, "el científico debe ser un pensador global, es decir, debe poder percibir cómo ciertos principios se pueden aplicar a fenómenos diversos".

Gracias a esta facultad, por ejemplo, el bioquímico Albert Szent Györgi descubrió los principios universales por los que el oxígeno reacciona con los tejidos vivos a partir de la simple observación de la distinta coloración que toman las bananas y los limones al reaccionar con ese elemento.

"En la búsqueda de verdades universales", continúa Root-Bernstein refiriéndose a una tercera estrategia, "los científicos son lo suficientemente atinados como para tratar de conocer íntimamente, y aún identificarse, con las cosas o criaturas que estudian".

También en este aspecto coincidía Leloir: "un requisito común para obtener una nueva idea parece ser un periodo previo de pensamiento obsesivo", escribió tomando como ejemplo a James Watson y sus muchas horas dedicadas a tratar de internarse en la estructura de la molécula portadora de la información genética, que finalmente describió.

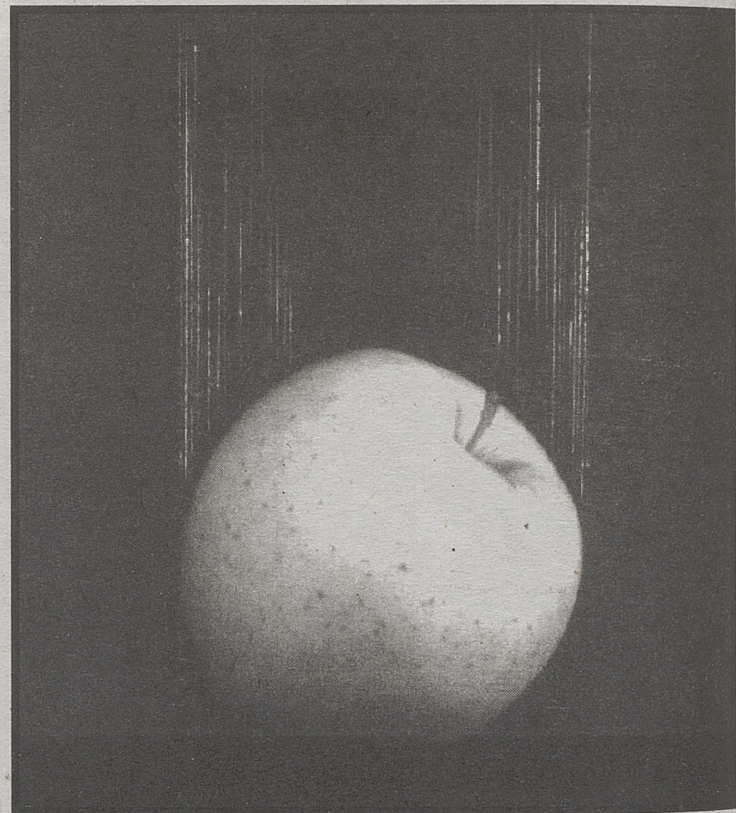
Root-Bernstein, por su parte, cita a la genetista Bárbara McClintock, ganadora del premio Nobel en 1983, quien se sentía parte del sistema de los cromosomas mientras estudiaba esos constituyentes celulares. Esta internalización de la materia de estudio conlleva la recompensa de una cuarta estrategia de pensamiento, la intuición, que es en esencia la habilidad para percibir un orden subyacente de las cosas.

Para Root-Bernstein, la intuición está ligada a otra herramienta indispensable para el trabajo de un científico, la percepción de patrones, tanto visuales como verbales. Por ejemplo, la tabla de elementos químicos es una muestra de cómo el ordenamiento de

ciertos hechos conduce a nuevos puntos de vista.

Hasta 1858, fecha en la que el ruso Mendeleev creó su famosa tabla periódica, los químicos tenían dificultad en percibir relaciones entre elementos. Mendeleev notó que al ordenarlos según sus pesos atómicos, los elementos relacionados entre sí aparecían dispuestos a intervalos regulares o periódicos. Pudo así ordenarlos e incluso predecir la existencia de elementos químicos faltantes que posteriormente fueron descubiertos.

Tanto Leloir como Root-Bernstein coinciden en que el descubrimiento científico no es fruto del azar. "Contiene un elemento de sorpresa que cambia la percepción de la naturaleza que tiene una persona. Pero los mejores



científicos saben qué hacer para sorprenderse", afirma el segundo. Leloir, por su parte, tampoco creía en la casualidad: "Uno debe mencionar uno de los factores menos divertidos y románticos, pero más importantes: el trabajo duro".

La diferencia fundamental entre ambos enfoques está en la clara diferenciación que hace Root-Bernstein entre el proceso de descubrimiento y el de verificación lógica. "Los descubrimientos más importantes no surgen de la verificación o invalidación de preconceptos, sino de los inesperados resultados que aparecen al examinarlos".

En la última etapa de su vida, Leloir seguía preocupado por los procesos de la investigación y en cómo transmitirlos a los jóvenes. "Entonces", decía refiriéndose a un futuro en el que esos procesos ya fueran conocidos, "estaremos preparados para enseñar a nuestros alumnos cómo investigar más racionalmente y quizás hasta podríamos programar algún tipo especial de computadora que hiciera descubrimientos para nosotros".

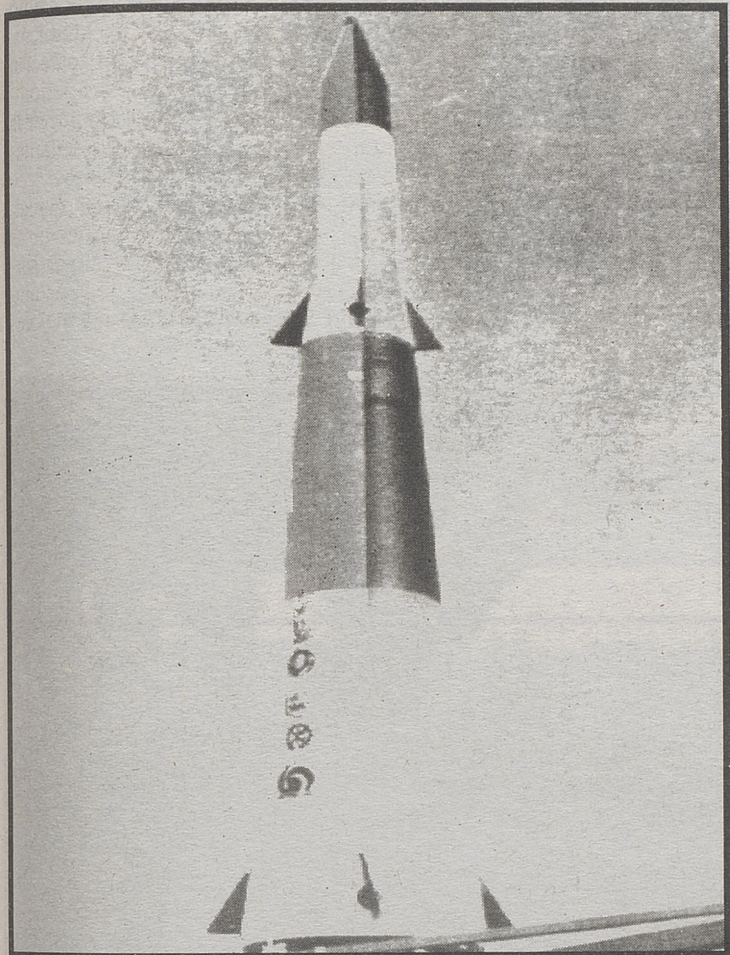
"Hoy en día", afirma por su parte Root-Bernstein, "planteamos experimentos con resultados previsible en lugar de aquellos que podrían sorprendernos. Entrenamos a los científicos casi exclusivamente en los métodos de la demostración y la prueba. Y los estudiantes son evaluados por su habilidad en llegar a conclusiones correctas y aceptadas. Esta clase de educación es necesaria, pero insuficiente, ya que sirve sólo para confirmar lo que ya conocemos sin sugerir cómo plantear problemas que lleven a hallazgos nuevos".

La ciencia, afortunadamente, siempre presenta nuevos territorios para explorar. En qué forma se efectúan los descubrimientos es uno de ellos, en el que, paradójicamente, aún resta mucho por descubrir. Como bien dice Manuel Toharia en el artículo que suscitó estas líneas, "el científico tiene que desmontarse a sí mismo y a todos los demás que se interesen por su trabajo cómo y por qué las cosas han de ser como él piensa que son".

RICARDO GOMEZ VECCHIO
CENTRO DE DIVULGACION CIENTIFICA. FACULTAD DE PSICOLOGIA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

LA MANZANA DE NEWTON ¿FRUTO DEL AZAR?

Antimisil israelí



La gran crisis del Golfo Pérsico ha desencadenado, además de la evidente tragedia humana, una enloquecida carrera tecnológica en la que cada una de las partes -y éstas son muchas- intenta poseer ventajas sobre las demás. En estos días, Israel ha dado a conocer la operabilidad de su nuevo misil-antimisil Chetz (flecha); un ingenio que empezó a desarrollarse en 1988 cuando, tras los bombardeos con armas químicas a los kurdos e iraníes, se descubrió el peligro potencial que encerraba la maquinaria bélica iraquí. El proyecto se ha llevado a cabo por Israel Aircraft Industries en colaboración con la norteamericana Lockheed y se ha incluido dentro del programa de defensa estratégica (conocido popularmente como guerra de las galaxias), de donde ha obtenido cerca del 80% de financiación para el presupuesto global que parece ha sobrepasado los 16.000 millones de pesetas. El misil-antimisil mide unos doce metros de altura y está dividido en dos partes con misiones diferentes; la primera tiene como objetivo proporcionarle una fortísima aceleración y la segunda se encarga de garantizar una guía extremadamente precisa hasta el objetivo en vuelo. El sistema de guiado está, a su vez, organizado en dos partes: un preguiado de sistema inercial y un mecanismo de guiado final con elementos de radar electromagnético e infrarrojos. Toda la unidad es accionada por un ordenador de gran velocidad de cálculo que maneja tanto los datos de los radares de vigilancia en tierra como los de su propia cabeza con radares o infrarrojos; con toda esa información Chetz puede ir calculando, en fracciones de segundo, su propia posición y la del blanco al que se dirige.

El radio de acción del nuevo ingenio balístico es de unos 90 kilómetros y el primer ensayo se ha realizado con éxito el pasado 9 de agosto, en aguas del Mediterráneo.

Estudio de la leucemia en ratones

Una vez más los ratones servirán de modelo experimental para la investigación en salud humana; esta vez, un grupo científico del hospital infantil de Los Angeles (Estados Unidos) ha logrado un ratón transgénico que se espera sirva de gran ayuda en el conocimiento de la leucemia humana. Las formas graves de leucemia están asociadas a

una trastocación genética entre los cromosomas 9 y 22, que da como resultado un cromosoma completamente nuevo, llamado cromosoma de Filadelfia, cuya implicación en la enfermedad no había sido demostrada hasta ahora. Un fragmento de este material genético se insertó en los ratones y 58 horas después de nacer, ocho de los diez tratados, habían muerto de leucemia.

El experimento parece confirmar, por un lado, la naturaleza genética de la afección, y por otro, abre expectativas de tratamiento en el futuro, aunque, como es habitual, la experimentación en humanos deberá aguardar algunos años.



BASURA ANTARTICA

La fundación norteamericana para la defensa del medio ambiente (EDF) ha denunciado a sus compatriotas de la National Science Foundation (NSF), acusándoles de producir anualmente la notable cantidad de 500 toneladas de basura sólida en la base Mc-

Murdo; la mayor instalación científica ubicada en el Polo Sur. B. Manheim, de la EDF, ha declarado que durante 15 años la NSF ha violado leyes nacionales e internacionales respecto a la protección medioambiental. Por su parte, esta organización, sin des-

mentir la acusación, se defiende diciendo que sus colegas son muy impacientes y argumenta que desde principios de este año han emprendido una vasta operación de limpieza con un coste de cercano a los 3.000 millones de pesetas.

Sabios en peligro

La pequeña ciudad siberiana de Akademgorodok, literalmente pueblo de los sabios en ruso, es un enclave soviético plenamente dedicado a la investigación pura y aplicada en el que se ubican 17 institutos superiores y una Universidad. Sin embargo, los científicos son vecinos de una planta de explotación de gas natural que, con el crecimiento progresivo del poblado, ha quedado situada prácticamente en el arrabal del complejo. Ahora, la Academia de Ciencias de la URSS ha dado la voz de alarma sobre el riesgo que corre la colonia de sabios ante una hipotética explosión, que tendría una potencia equivalente a cinco toneladas de TNT. Emplazar en otro lugar el campamento del conocimiento o cerrar la explotación industrial se ha convertido en una angustiosa prioridad para la ciencia soviética.

La matemática de la rosa

La llamada matemática de las rosas surgió en 1970 de la cabeza y las ecuaciones del profesor escocés L. Edwards, quien intuyó una extraña similitud entre el desarrollo de los pétalos de rosa y las curvas matemáticas de W. En el último congreso matemático celebrado en Canadá, otro científico, N. Lacroix, ha presentado nuevas pruebas que apoyan la hipótesis demostrando que el 80% de las rosas responden, en sus estructura de pétalos, a espirales logarítmicas o parábolas del tipo W. El matemático canadiense ha afirmado estar convencido de que existen leyes biológicas regidas por principios matemáticos naturales. Sin duda, el especialista ha hecho caso omiso del verso juanramoniano de "no le toqueis más que así es la rosa".

EL PODER DE LAS AGUAS

La escasez de los recursos hídricos convierte al agua en un instrumento de poder

Sólo se suele hablar del agua cuando hay problemas de sequía o de abundancia y, sin embargo, este preciado líquido se ha convertido en un instrumento de poder. La escasez de recursos hídricos en las distintas regiones ha obligado a una planificación con la que no todos están de acuerdo. Los problemas de las aguas, su distribución y conservación han sido estudiados por un grupo de expertos en el curso *Los conflictos territoriales por las aguas en los estados normediterráneos*, organizado por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Valencia.



Los malos usos de los recursos hídricos pueden generar la desaparición del líquido elemento

NURIA MARTINEZ

El agua siempre se ha considerado un bien abundante y al alcance de todos. Sin embargo, los abusos cometidos y la acción contaminante de la actividad humana han convertido a este elemento, esencial para la vida, en un bien escaso cuyo reparto ha de planificarse con atención. A los desmanes hidrológicos propiciados por el principio de que *el agua es para el que la toma primero*, se unen los distintos cambios climáticos que el planeta está sufriendo y que conllevan un descenso del índice de precipitaciones, especialmente en los países de la cuenca del Mediterráneo. El seminario *Los conflictos territoriales por las aguas en los estados normediterráneos* ha tratado los problemas que surgen en los países desarrollados del área y que ofrecen similares características: Italia, Grecia, Francia, Portugal y España.

Michel Drain, investigador del CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) de Francia y director de este seminario, considera que los distintos gobiernos han de tomar medidas urgentes que controlen los usos de sus reservas hidrológicas y han de acometer todas las

obras necesarias que permitan el transporte de agua desde las zonas excedentarias a las zonas con sequía. El agua se ha convertido, a su juicio, en un instrumento político y como tal ha de ser resuelto.

En el actual conflicto que enfrenta a Irak con el resto del mundo, el *oro blanco* es un arma que Sadam Hussein utiliza para presionar a Jordania ya que el reino hachemita carece de reservas, por lo que tiene que importar agua de Irak. El mismo Kuwait, antes de la invasión del pasado 2 de agosto, intentó vencer al presidente iraquí de que le suministrase agua previo pago de una considerable cantidad que Hussein no aceptó.

"No se trata de alarmar a la población", asegura Michael Drain, "simplemente de concienciarla de que el agua es un recurso limitado que puede malograrse". Y en esta tarea los científicos pueden desempeñar un importante papel al dar a conocer a la opinión pública el estado actual de las reservas hidrológicas y manifestar la necesidad de que éstas se conserven en el mejor estado posible.

El motivo de que se haya celebrado este encuentro internacional en Valencia es precisamente la larga tradición español-

la de legislación sobre aguas y la gran cultura hidrológica del país, fruto en gran parte del legado árabe.

De todos los países estudiados, España es el único con una normativa de aguas y proyectos de trasvase a regiones más ne-

cesitadas que se remontan al siglo XIV. El déficit hídrico del sureste peninsular provocó que ya en 1370, bajo el reinado de Enrique II, se realizara la primera solicitud de trasvase. Desde entonces se suceden los proyectos: la petición de Elche de reci-

bir del Júcar en 1420; el proyecto de los ríos Castrol y Guardal en 1574, etc. Ya entonces el agua era un instrumento en manos del patriciado urbano, que no estaba interesado en entregar su preciado bien a los propietarios de la tierra.

Al hablar de aguas hay que hacer una obligada referencia al *Tribunal de las Aguas*, una institución valenciana que desde el siglo X se ha encargado de solucionar todos los problemas surgidos entre los regantes de la huerta valenciana.

El Tribunal de las Aguas agrupa a ocho acequias con más de 12.000 hectáreas de regadío. Su misión es cuidar de que el agua llegue a todas las tierras. Formado por ocho síndicos que representan a cada una de las acequias y con un Presidente elegido entre los propios síndicos, el Tribunal se reúne todos los jueves en la Puerta de los Apóstoles de la Catedral de Valencia. Antes de que finalicen las campanadas que indican el mediodía, los ocho miembros de esta institución se sientan en sus puestos y se disponen a escuchar los casos del día. La tradición dice que si, por cualquier motivo, al finalizar las doce campanadas el Tribunal no se ha reunido, los casos de ese día prescriben por incomparecencia de los síndicos. El origen de esta institución, que ya ha sido ratificada por S.M. el

EL TRIBUNAL DE LAS AGUAS

Réy en cuatro ocasiones, es árabe.

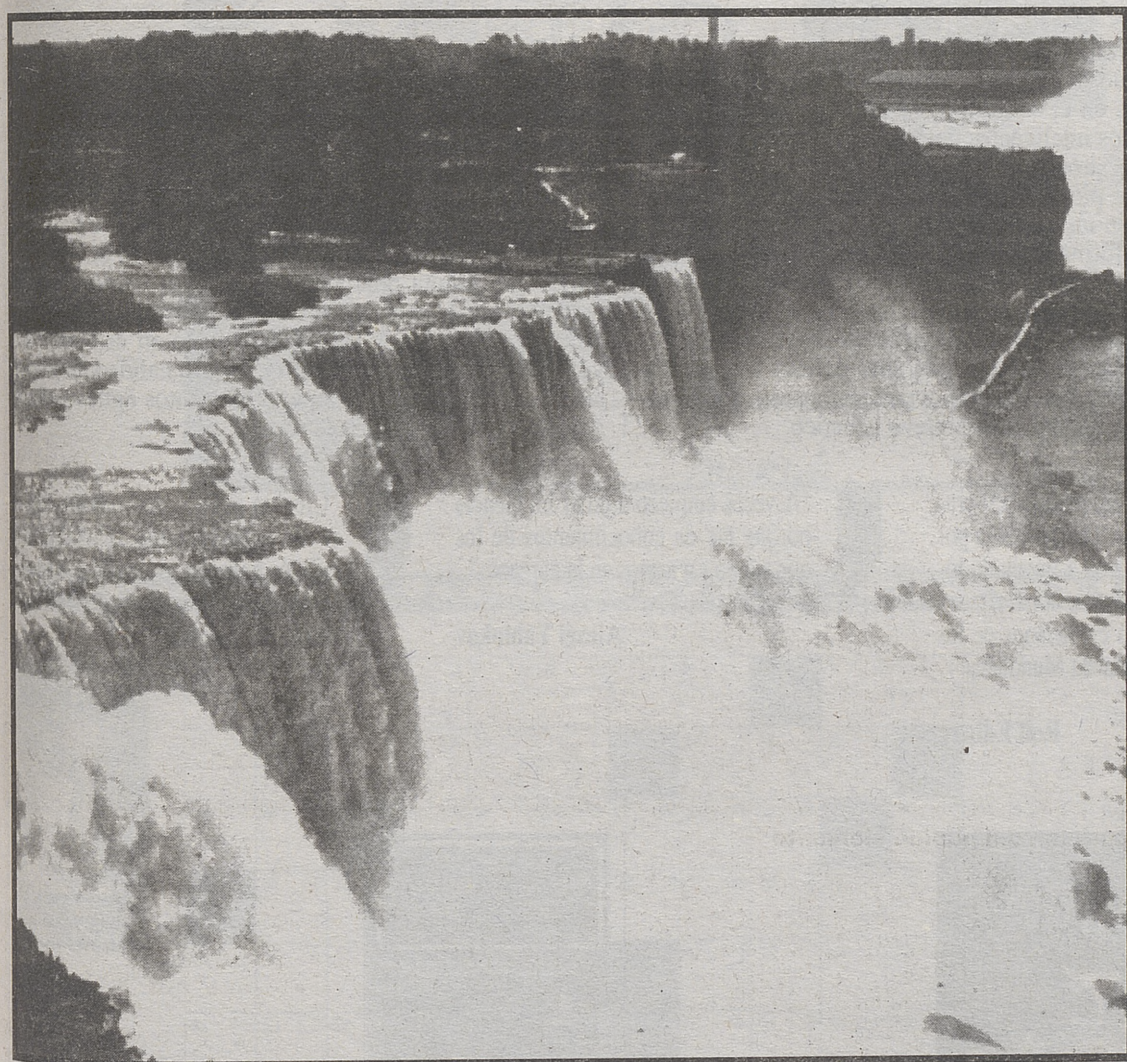
El rey valenciano Jaime III el Conquistador permitió que 200.000 moros agricultores procedentes de Sudán se quedasen a vivir en su reino, por lo que se conservaron todos los sistemas de regadío y

la institución que regulaba su funcionamiento, el Tribunal de las Aguas. De ahí que se reúna los jueves, el último día de la semana musulmana. En un principio el Tribunal se reunía en el Patio de las Abluciones y posteriormente pasó a hacerlo en la puerta de la catedral, ya que no se permitía el paso de los musulmanes a la iglesia.

Desde el año 960, el Tribunal de las Aguas ha sido la voz que ha solucionado todos los problemas de la huerta. Sus dictámenes se emiten siempre durante la sesión y son inapelables. Esta institución medieval sin paralelismo en el resto del mundo constituye, pues, un ejemplo de eficacia y rapidez en sus decisiones muy a tener en cuenta ahora que se hace necesaria una reglamentación de los usos del agua.



mariano franco



Sin embargo, fue a partir del siglo XVIII cuando se iniciaron los proyectos hidráulicos más importantes. Felipe V y su ministro, el Marqués de la Ensenada, vieron en los ríos un canal de comunicación con el cual organizar un gran mercado agrícola nacional. A esta idea le seguirían el desarrollo del Canal de Castilla, el Canal de Murcia y, más tarde, ya en 1785 y pese a los estrepitosos fracasos, el Canal del Guadarrama al Océano Atlántico.

El siglo XIX, con la Guerra de la Independencia y las sucesivas revueltas, no permitió la acometida de grandes proyectos, por lo que se produjo la vuelta a las obras más sencillas de abastecimiento de regadío.

La Ley de Aguas de 1879 fue la base de toda una normativa que culminó en el Plan Nacional Hidráulico de Obras de 1933, de Manuel Lorenzo Pardo, un per-

sonaje que sobrevivió a todas las revueltas políticas y que se centró en la necesidad de corregir el desequilibrio existente entre la vertiente atlántica y la mediterránea. A partir de esta idea se planteó la necesidad de favorecer el sureste de la península por tratarse de una región con unos índices de precipitaciones muy bajos, pero con una agricultura intensiva, favorecida por las condiciones climáticas.

Este Plan Hidráulico constituye la base a partir de la cual se acometen los proyectos de trasvase Tajo-Segura y se inician los estudios del Río Júcar que hoy continúan bajo una nueva Ley de Aguas, vigente desde el 2 de agosto de 1985. Esta Ley ha de solucionar los distintos conflictos planteados en las distintas cuencas de los ríos, entre las que destacan la del Ebro y la del Júcar. En este último caso son muchos los regantes demandantes de agua y dos las Comu-

España es el único país con una normativa de aguas y proyectos de trasvase a regiones más necesitadas que se remonta al siglo XIV

nidades Autónomas implicadas. Mientras que Valencia solicita agua, Castilla-La Mancha pretende, con los mismos recursos, poner en marcha superficies de regadío. Pero el conflicto también surge entre las mismas provincias. Alicante solicita un trasvase que Valencia se niega a conceder, alegando que debe tomarse el agua de donde sobra, de la desembocadura. Así las cosas, y a la espera de que se inicié la construcción de la presa de Tous, de donde se realizaría el trasvase, los regantes valencianos consideran que se está generando un coste de tiempo del cual se aprovechará Castilla-La Mancha para sus cultivos continentales, en detrimento de

la agricultura intensiva del sureste peninsular.

La libre disponibilidad del agua, tanto de los recursos superficiales como de los subterráneos, ha propiciado desde siempre un sistema de distribución que ahora resulta obsoleto para resolver los problemas de escasez a los que se enfrentan los distintos países. Se plantea el dilema de escoger entre el desarrollo del sector agrícola y el desarrollo de los sectores industrial y de servicios, incluyendo en este apartado el turismo. Los problemas a los que los gobernantes han de hacer frente son similares en todos los países: escasez de recursos, obstáculos geográficos, oposición a los trasvases y falta de concienciación por parte de la opinión pública de que el agua es un recurso limitado. Estas situaciones se repiten en todos los países, aunque las soluciones no siempre son válidas para todos los casos.

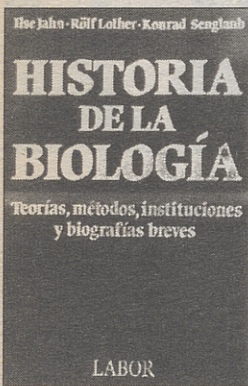
En Grecia se plantea un problema de desequilibrio entre sus dos vertientes: la jónica presenta un índice mayor de precipitaciones que la egea. Sin embargo, es en esta última donde se encuentran las extensiones más grandes de tierra y las más fértiles. Pero también se da la coincidencia de que la vertiente egea concentra el 45% de la población, así como la actividad industrial. El Gobierno griego inició en los años sesenta proyectos de trasvase gracias a los cuales se ha ampliado a 1.200.000 hectáreas la superficie de regadío y se han abandonado los cultivos tradicionales, de tabaco y resina, por los de maíz, algodón, remolacha azucarera y lucerna. El abastecimiento a las ciudades ha sido posible gracias a los trasvases, al drenado de ríos y a su canalización, en parte subterránea y en parte aérea. En Italia, donde se han construido embalses, se han utilizado aguas subterráneas y se ha trasvasado desde los caudales de unos ríos a otros, se da la circunstancia de que hay regiones subdesarrolladas con excedentes de agua que se niegan a trasvasar su única riqueza a otras zonas industrializadas, alegando que ello contribuye a su propio empobrecimiento. Tal es el caso de la Basilicata y la Pullia. Lo mismo ocurre en Por-

tugal, donde los agricultores protestan ante el desvío del agua hacia el sector turístico, y en la cuenca del Ebro español, donde la Comunidad Autónoma de Aragón argumenta que no se puede hablar de excedentes cuando hay personas dispuestas a utilizar ese agua. El gobierno autónomo aragonés ha hablado incluso de extender el regadío a los Monegros, en detrimento de Cataluña, que solicita el agua para el abastecimiento del área metropolitana de Barcelona.

Hay casos, sin embargo, en los que el problema no es la opinión pública sino los pequeños recursos hídricos de los que una región o país dispone y la imposibilidad de conseguirlos de otros lugares. La isla de Chipre cuenta con reservas de agua hasta el año 2013. El bajo índice de precipitaciones- en 1983 se registraron 182 milímetros cúbicos por metro cuadrado, insuficientes para la germinación de los cereales- se pierde por la propia evaporación y por su uso para la agricultura. Ello obliga al gobierno chipriota a tomar medidas que trascienden al ámbito internacional ya que Turquía controla parte de la isla.

Los problemas de agua se dan incluso en países que siempre han registrado índices de precipitación muy elevados; tal es el caso de Francia, donde la resistencia al ahorro de recursos aboca, a juicio de los científicos, al fin de la *Francia verde*.

Pese a que los científicos que participaron en el seminario presentaron las consecuencias que podrían derivarse de no considerar el agua como un instrumento de planificación, ninguno de los asistentes se mostró catastrofista. Urge crear una sensibilización en la población para que no se malgaste el agua y esté dispuesta para cederla a otras zonas que la necesitan; es preciso acometer obras hidráulicas que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos existentes y urge elaborar una normativa capaz de resolver todos los problemas que se planteen al respecto y que ahora, por unas circunstancias u otras, se ignoran, con el considerable perjuicio que ello conlleva. El agua se ha convertido en un poder al que conviene tener bajo control.



Historia de la biología. Teorías, métodos, instituciones y biografías breves

I. Jahn, R. Lothar y K. Senglaub. Editorial Labor

El prodigioso desarrollo experimentado por la biología en los últimos cincuenta años hace siempre insuficientes los textos que puedan ofrecer un panorama completo de la situación actual de esta disciplina científica. De ahí la oportunidad de este libro, un manual de la historia de la biología escrito por un importante grupo de investigadores alemanes que viene a suplir un significativo vacío de esta clase de documentos en lengua castellana. Como filosofía principal del volumen puede destacarse la intención de poner de relieve la influencia entre la aportación de los datos científicos y la elaboración de teorías que resultaron muy influyentes en el pensamiento, la política, el arte o la economía. En el capítulo de biografías se incluyen las de cien científicos españoles destacados por su contribución a esta disciplina.

entre líneas

“Lo que nos espera no es el olvido, sino un futuro que, desde nuestra ventajosa situación actual, se puede describir con las palabras posbiológico o, mejor aún, sobrenatural. En ese mundo, la marea del cambio cultural ha barrido al género humano y lo ha sustituido por su prole artificial”

Hans Moravec



El hombre mecánico. El futuro de la robótica y la inteligencia humana

Hans Moravec. Ediciones Temas de hoy

Es este un canto entusiasta y militante a la máquina, dotada ya de fabulosas capacidades, aunque, según el autor de este volumen, en el espacio de un siglo podremos contar ya con aparatos inteligentes que reconoceremos con orgullo como a nuestros propios descendientes. Parece que los pioneros de la vida fueron cristales microscópicos que en un momento evolutivo empezaron a codificar cierta información genética de largas cadenas de carbono, para producir el llamado “primer relevo genético”. A través de un erudito repaso a la historia del avance acelerado en computación y robótica, Moravec concibe un mundo futuro en el que las máquinas podrán dedicarse a la conservación, reproducción y perfeccionamiento; habrá llegado el instante del nuevo relevo genético.

“Los vientos que sin pasaportes, cruzando las aduanas, transportan la polución y los venenos a través de todas las fronteras, nos convierten a todos nosotros en ciudadanos de los Estados Contaminados Mundiales”.

Rolf Edberg

“A veces empiezo a odiar mi ciencia porque me da conocimientos de los que siento espasmos en la garganta”.

Alexéi Yáblokov

“Creo en el Dios de Spinoza, que se revela en la armonía de todo lo que existe, pero no en un Dios que se preocupa del destino y de las acciones de los hombres”.

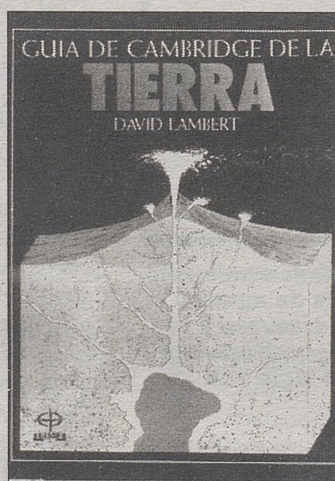
Albert Einstein



Un difícil camino hacia el domingo

R. Edberg y A. Yáblokov. Editorial Progreso

Texto de tono netamente conservacionista en el que se reflejan las preocupaciones de dos eminentes científicos ante un mundo amenazado: el sueco Rolf Edberg y el soviético Alexéi Yáblokov. El contenido de siete días de diálogo mantenido por estos dos investigadores, al calor de los primeros tibios vientos de perestroika, revela enormes coincidencias de criterio en el análisis de estos estudiosos, que hasta hace muy poco estaban distanciados por sistemas político-económicos radicalmente opuestos. En el centro del debate se sitúa la amenaza de conflicto nuclear, la ecología entendida desde su compleja perspectiva global planetaria y los recursos ligados a fluctuaciones demográficas. Una interesante experiencia de debate reflexivo a la que acompaña un sinfín de útiles datos con los que elaborar los parámetros de riesgo y conflicto.



Guía de Cambridge de la Tierra

David Lambert. Editorial Edaf

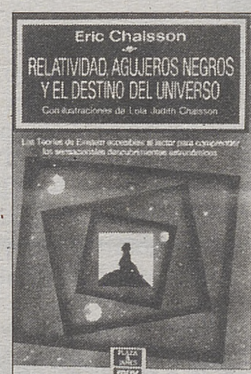
Libro a medio camino entre la divulgación y el texto universitario que trata de explicar, de modo genérico, todos aquellos mecanismos geológicos que condicionan los fenómenos físicos, como los volcanes o los terremotos. El primer capítulo abarca el origen de nuestro planeta y cómo se formaron sus materiales, que son estudiados a continuación en los sucesivos apartados. Mapas, esquemas y dibujos ilustrativos ayudan en cada caso a la mejor comprensión de los procesos físicos y ofrecen un visión histórica de la formación y evolución de la Tierra asequible y rigurosa gracias a la colaboración de un completo equipo de expertos. Otros títulos de esta colección se dedican al hombre y la vida prehistórica y a los dinosaurios.



ABeCeDario Cósmico

V. Gorkov y Y. Avdiéev. Editorial Mir Moscú

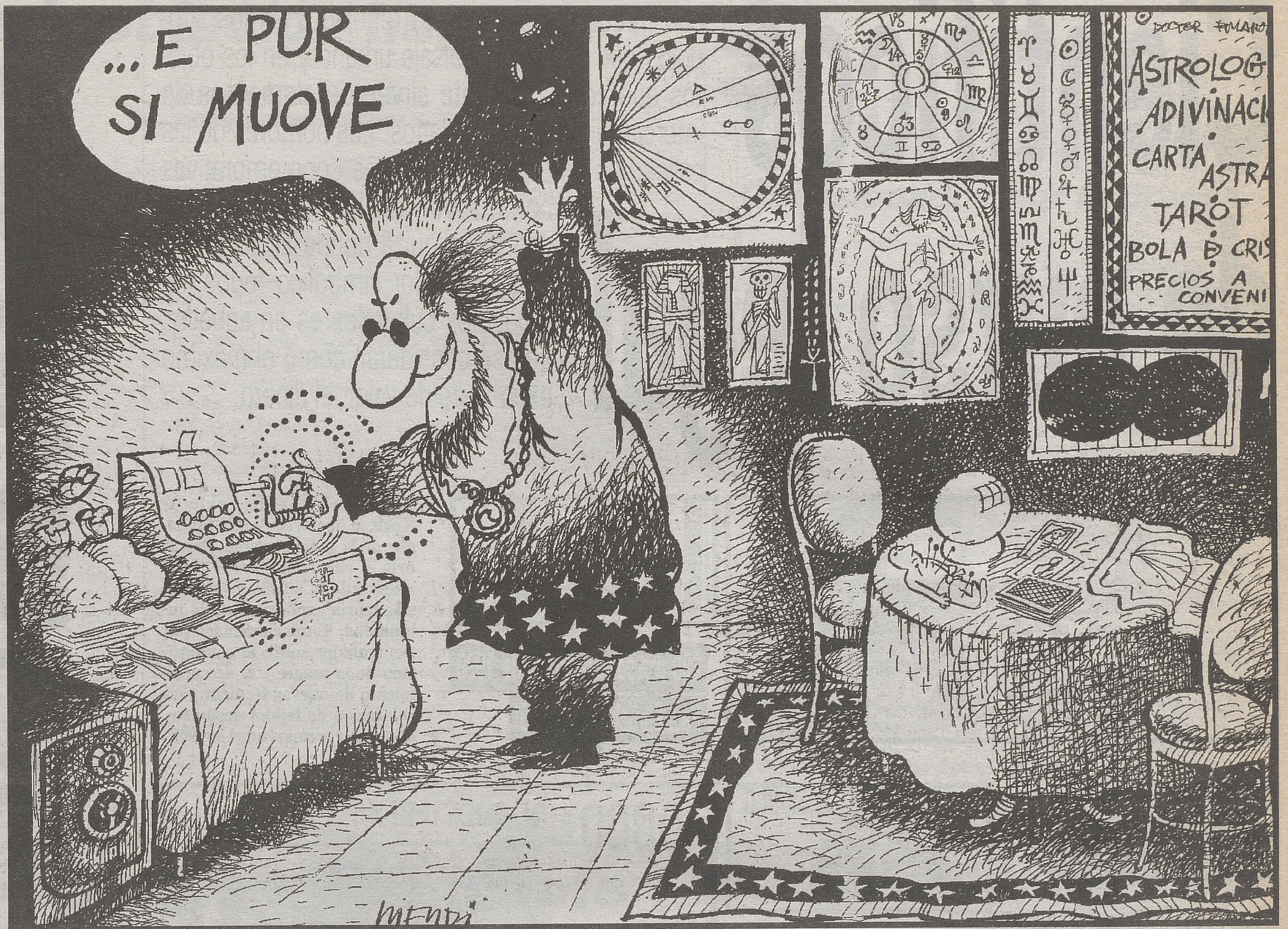
Libro eminentemente didáctico y destinado a escolares que surgió de un curso dirigido por G. Titov, cosmonauta soviético, a niños de diferentes países que participaron activamente en el mismo sugiriendo experimentos; alguno de ellos tan originales como enviar al cosmos hormigas y abejas, insectos caracterizados por su extraordinaria capacidad de orientación, para comprobar si ésta se mantenía en condiciones de ingravidez. La conclusión de los autores es que resulta relativamente sencillo introducir a los pequeños en el mundo de la investigación espacial. Un objetivo que se ha logrado plenamente en este atractivo volumen, que a pesar de la no excesiva calidad de impresión de sus ilustraciones, aporta elementos ágiles y claros para la consulta o el simple recreo.



Relatividad, agujeros negros y el destino del Universo

E. Chaisson. Editorial Plaza y Janés-Muy Interesante

Todo lo que conocemos o podemos imaginar de los míticos agujeros negros del Universo se lo debemos a la teoría de la relatividad de Einstein. Según sus leyes, se supone que la masa de un agujero negro curva de un modo especial el espacio-tiempo en sus proximidades; cerca del agujero, la fuerza gravitatoria se vuelve arrolladora y esa curva del espacio-tiempo es extrema. En este libro, Chaisson, un conocido astrónomo norteamericano, resume y ordena una serie de conferencias impartidas por él en la Universidad de Harvard para un público no especializado. El conjunto ofrece un exhaustivo y divulgador panorama de las aportaciones que han ido contribuyendo a explicar el Universo que nos rodea y que culminan en toda la rica dimensión investigadora y humana de Albert Einstein.



Damero histórico-científico



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

- A. Lesión con melanocitos 87 43 60 42 4
- B. Ciudad natal del inventor del autogiro 47 75 100 71 38 82
- C. Gametos femeninos 14 44 91 32 61 125
- D. Cogote 41 58 79 45
- E. Físico francés fundador de la electrodinámica 94 90 11 64 81 31

- F. Columna vertebral 63 54 74 80 35 85
- G. Feches 28 104 24 16 34
- H. Unidad monetaria europea 106 51 2
- I. Poetisa clásica griega 55 22 98 69
- J. Músico alemán, compositor de 125 sinfonías 93 26 56 105 57
- K. Impresos del siglo XV 50 73 140 133 83 114 144 128 48 117
- L. Notas o distintivos 107 9 13 33 46
- M. Intensidad de la fuerza expansiva de los gases 5 102 1 20 138 124 36
- N. Físico alemán, formulador de la teoría matemática de las corrientes eléctricas 72 21 101
- O. Conjunto con miembros acotados por elementos de un conjunto dirigido 6 78 49
- P. Figuradamente, ímpetus 68 67 86 70
- Q. Abreviatura del polímero lineal más importante en biología molecular 12 30 89
- R. Nombre latinizado del Farmacólogo árabe más importante de la Edad Media 65 59 95 109 120
- S. Silicatos de alúmina y glucina, teñidos de verde por óxido de cromo 76 147 123 99 115 143 129 126 130 77
- T. Bajadas 103 110 40 113 116 139 10 19 131
- U. Procesos de llegar a conclusiones relativas a una población sobre la base de muestreos aleatorios 52 137 132 96 25 127 23 118 112 88 111
- V. Isla natal de Hipócrates 92 7 62
- W. Electrón, positrón o átomo o molécula aislados con carga eléctrica por pérdida o ganancia de electrones 27 29 97
- X. Elemento químico, número atómico 28 18 119 108 141 66 145
- Y. En ingeniería de minas, cortar un bloque de piedra en dos partes 39 8 146 135 142 136 121
- Z. Títulos o explicaciones de gráficos o diagramas 15 3 84 134 53 37 122 17

SOLUCION

Nuestros españoles nos han traído de las Indias nuevas medicinas y nuevos remedios con que se curan y sanan mucha enfermedad que al carótamos dellas fueran incurables.

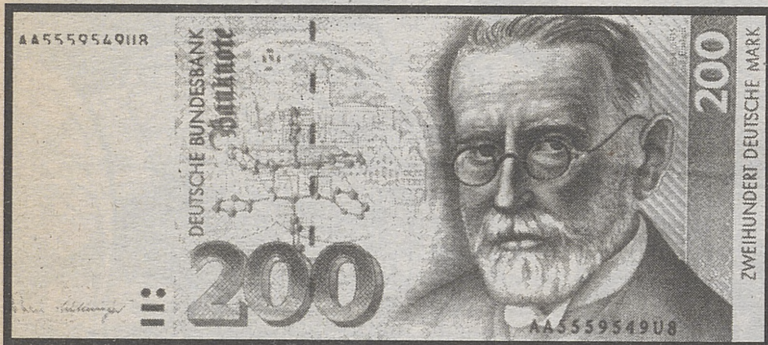
N. MONARDES, *Historia medicinal*

La historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales (1565-1574), del sevillano Nicolás Monardes, el primer tratado sobre la materia médica americana, influyó decisivamente en el desarrollo de la Farmacología europea, a través de treinta y dos ediciones en seis idiomas.

Científicos de curso legal

La cultura y los valores de una sociedad aparecen con frecuencia claramente reflejados en los símbolos que habitan el paisaje urbano y en los objetos que cotidianamente sirven de elementos de intercambio a los ciudadanos. Los nombres de las calles, las estatuas o las placas conmemorativas constituyen un buen ejemplo de ello, pero quizá donde alcanzan un más alto valor simbólico todos los productos culturales es en aquellos que se consideran como el máximo exponente de valor: el dinero.

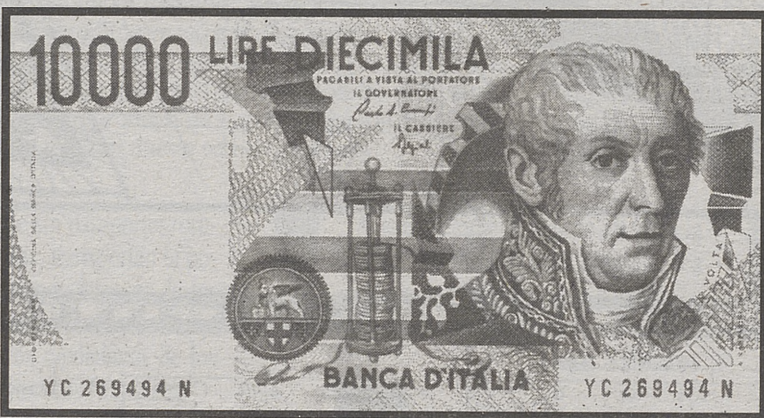
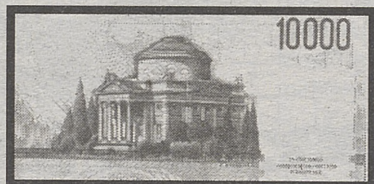
Ciencia abierta



200 marcos alemanes de 1990
Paul Ehrlich (1854-1915)

Biólogo alemán discípulo de Koch, al que se considera fundador de la quimioterapia. Descubrió el salvarsán, para el tratamiento de la sífilis, y formuló una teoría explicativa de la inmunidad. También destacó por sus trabajos sobre la composición de la sangre y el descubrimiento de nuevas técnicas para coloración de tejidos orgánicos. Obtuvo el premio Nobel en 1908.

10.000 liras italianas
Alessandro Volta (1745-1827)



Físico italiano, inventor del enómetro, el electróforo y el generador de tensión por inducción electrostática. Descubrió el metano y refutó la teoría hasta entonces vigente, basada en la noción de electricidad animal de Galvani, señalando que el paso de la

corriente se debía al contacto entre dos metales que se constituían en circuito. Desde entonces, a esta teoría se la conoce como efecto Volta. En 1799 inventó el primer generador no electrostático: la pila que lleva su nombre.

MIGUEL A. ALMODOVAR

Mientras que las monedas metálicas, por su variedad limitada, suelen reproducir iconografías de monarcas o presidentes de gobierno, en el papel-moneda, en el billete, aparecen efigies de más diverso signo: músicos, literatos o jefes militares. Esas caras cuidadosamente impresas y atravesadas por delicadas líneas antifalsificación, raramente corresponden a científicos y ello es sin duda un reflejo de la escasa valoración social de su tarea. No obstante, algunos ejemplos abren puertas a la esperanza en cuanto a una más positiva consideración; quizá los más significativos, por su reciente emisión, son los que adornan en este momento el billete italiano y alemán en los valores faciales de 200 marcos y 10.000 liras.

Aunque quedan recogidos en la reciente historia algunos otros ejemplos como los de Newton en Gran Bretaña, Pasteur y Pascal en Francia, Liebig en la Alemania de preguerra o Cajal en la España de la Segunda República, hoy representa un motivo de satisfacción encon-



50 pesetas de 1935
Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)

Histólogo español, premio Nobel en 1906. Sus descubrimientos sobre los centros nerviosos de vertebrados e invertebrados le permitieron formular la teoría de la neurona, que afirma la independencia de las células nerviosas relacionadas entre sí por contacto y no por fusión, como sostenía la teoría reticular. Sus hallazgos fueron de enorme importancia en histología, y también en fisiología y patología.

100 marcos alemanes de 1924
Justus, barón de Liebig (1803-1873)

Químico alemán descubridor del ácido hipúrico, el cloral y el cloroformo. Perfeccionó un método de análisis orgánico por combustión con óxido de cobre, desarrolló la teoría de los ácidos y formuló la teoría de los ciclos del carbono y el hidrógeno en la naturaleza. También creó un método para la obtención de leche artificial y preparación de extractos cárnicos.



trar la imagen de dos científicos como Ehrlich y Volta en el billete de curso legal de la Europa Comunitaria; un ámbito socio-económico

y cultural que no se resigna a ser la simple Europa de los mercaderes y que empieza a demostrar con hechos, aunque en este caso sólo sean

simbólicos y modestos, que también desea identificarse con un continente de investigación y progreso científico.

COMITE ASESOR

Julio Abramczyk, Armando Albert, Michel André, James Cornell, Miguel Delibes, Pierre Fayard, Francisco García Cabrerizo, 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 Tohária

DIRECTOR EDITORIAL

Miguel Angel Almodóvar

COORDINACION

Fátima Rojas

DIRECTOR DE ARTE

Luis Felipe Santamaría

SECRETARIA REDACCION

Pilar Arrieta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Serrano, 113
28006 Madrid
Tel: 2 61 50 02
Fax: 564 55 60

EDITA

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