

## Comentario al Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003)



El nuevo Plan Nacional confirma dos impresiones que venían siendo crecientemente conspicuas, pero que resultaban difíciles de creer porque comportaban demasiada satisfacción.

La primera es la certidumbre de que este Gobierno, y especialmente su Presidente, ha dado un **SÍ** decidido y trascendental a la

Investigación Científica y Tecnológica. Hace demasiado tiempo que, en la esfera política, una estima verbal y hueca de la Ciencia y la Tecnología pertenecía al lenguaje de lo "políticamente correcto". Pero el Gobierno actual ha pasado de este tipo de lenguaje al de los números presupuestarios, que es el único idioma en el que se expresan los gobernantes cuando quieren que se sepa que hablan en serio. No sólo aumenta sensiblemente el presupuesto público en I+D, no sólo anuncia su voluntad de equipararlo en un futuro próximo con el de la media europea, sino que se adoptan simultáneamente interesantes medidas fiscales para incentivar la investigación y la innovación en la esfera privada. El Gobierno cree en la I+D+I. Y la satisfacción de los científicos y tecnólogos consiste en que necesitábamos creer que el Gobierno cree.

La segunda es la trascendental redefinición conceptual de la I+D, en cuya virtud el hecho científico extiende su ámbito o su contenido semántico hasta un nuevo escenario: el mundo de la empresa o del sistema productivo. Sin llegar a la concepción japonesa, que considera terminada una investigación cuando el producto derivado de ella está en el mercado, el nuevo Plan Nacional de I+D+I entiende que una investigación concreta llega a término cuando sus resultados suponen en el sistema productivo una innovación de la que se presume un correlativo aumento de la competitividad comercial. Y todo ello sin despreciar la investigación básica cuya vigencia queda garantizada en el nuevo Plan.

Esto, en España, es una revolución copernicana, o si se quiere, simplemente una revolución, ya que abre las puertas de forma decidida, y trata por igual, tanto a la investigación no orientada como a la que pretende un fin concreto directamente aplicable en el sector productivo. Ello necesariamente implica una **redefinición de la política de evaluación de la labor de los investigadores y tecnólogos del sector público**, que, hasta ahora, ha estado fuertemente desequilibrada en favor de las publicaciones reflejadas en el "Science Citation Index", como único indicador

de su valía, **si se desea que colaboren decididamente en los objetivos orientados que se definen en el Plan**. Naturalmente no se trata de impedir o dificultar el que un científico publique siempre que tenga algo interesante que comunicar a la comunidad, sino que se debe estar en contra de la necesidad de publicar, impuesta por el poder político, como única manera de poder promocionarse, produciendo *papers* al peso.

Si este nuevo Plan Nacional, de alto grado de elaboración y concreción, se lleva a efecto, la I+D española habrá dado dos pasos de gigante. **Pero falta un tercero**. No sólo hay que investigar teniendo en cuenta al sector productivo, sino que hay que lograr que el propio sistema de I+D+I se organice y funcione con los **esquemas modernos de gestión empresarial**. No podemos seguir en un sistema cerrado de cooptaciones y trasvases entre la plantilla científica y la política para actuar como gestores del sistema.

Existe otra clase de personas que son los líderes empresariales, cuya ausencia en el gobierno de la ciencia ha tenido consecuencias gravísimas para ella. Ya en 1621, en pleno arbitristismo, advertía Sancho de Moncada en su "Restauración política de España" que «**la verdad es que hay una ciencia de gobernar**». Que es una forma de decir que las cosas son como son, y que no hay que dedicarse a discurrir, intuir, analizar, o probar aquello que ya es sabido y contrastado, y que lo que hay que hacer es poner en práctica aquello que ya se sabe que funciona y ha demostrado su utilidad. Muchas discusiones, vacilaciones, brujuleos y cambios bruscos de timón en la historia de la política científica española habrían carecido de sentido si se hubiera contado con la presencia de unos cuantos hombres de empresa al frente de la gestión pública de la I+D.

Hacen falta unos gestores empresariales que, en el sector público de la Ciencia, examinen y definan, en función de los **objetivos que se les marquen**, su política de recursos humanos, de recursos materiales, de recursos financieros, de estructuras de gestión, de marketing, de imagen, de rentabilidad, de análisis de recursos invertidos y de su optimización... Tales políticas pueden ser buenas, malas, o regulares, pero **¿y si el problema consiste en que no existe ninguna?** Eso es lo que no debe pasar, si se cuenta con gestores como los que hay en no pocas empresas privadas españolas de alta tecnología, cuya ejecutoria les permite ser rentables, y que por ello irán siendo objeto de atención en nuestra publicación.

**Director:** Armando González-Posada

**Subdirector:** Jesús Martínez Frías

**Jefe de Redacción:** Enrique Ruiz-Ayúcar

**Consejo de Redacción:** Jesús Rincón, Fernando García Carcedo, Antonio Bello Pérez,  
Sebastián Medina, Juan León García, Jesús Martín Tejedor,  
José Luis Díez Martín, Rosario Lunar Hernández, Luis Guasch.

**Junta de Gobierno de la Asociación Española de Científicos (AEC).**



**Presidente:** Armando González-Posada

**Vicepresidente:** Manuel Morcillo Linares

**Secretario de Organización:** Enrique Ruiz-Ayúcar

**Secretario de Actas:** Fernando García Carcedo

**Tesorero:** Jesús Martín Tejedor

**Vocales:** José Luis Enriquez Berciano, Jesús Martínez Frías, Jesús Rincón,  
José Luis Díez Martín, Jaime Sánchez-Moreno Fillol, Rosario Lunar Hernández, Juan León García,  
Daniel González Martín, Estela Navarro Reviejo, Sebastián Medina Martín.

**Edita:** Asociación Española de Científicos. Apartado de correos 36500. 28080 Madrid.

ISSN: 1575-7951. Depósito legal: M-42493-1999. Fotomecánica: J.P.G., S. L. L. Imprime: Gráficas Mafra

Esta revista no se hace responsable de las opiniones emitidas por nuestros colaboradores.

## INDICE

Una visita a la empresa INDRA	3	Materiales alternativos de las superaleaciones: compuestos intermetálicos	21
SENER: Trayectoria y futuro.		Placas de honor de la Asociación	26
La microgravedad como ejemplo.	6	In Memoriam	29
El observatorio de prospectiva tecnológica industrial (opti)	11	Noticias	29
1. Humanidades y V Programa Marco	13	Libros	31
2. Dentro y fuera del V Programa Marco	17		
Trasplantes de precursores hemopoyéticos: enfermedad mínima residual y quimerismo	18		



# Una visita a la empresa INDRA

**AUTORES:** JESÚS MARTÍN TEJEDOR  
ARMANDO GONZÁLEZ-POSADA SÁNCHEZ

Si fuera posible hacerlo, que no es posible, y si yo fuera Ministro de Educación y Ciencia, que no es ni pensable, introduciría preceptivamente en los planes de estudio del bachillerato español una visita a la empresa INDRA. Hasta un crecido número de catedráticos de Universidad y de investigadores científicos podrían visitar INDRA y experimentar una sorpresa. Una sorpresa fecunda, porque traería consigo una revisión de la idea que tienen de España y de nuestras posibilidades en el campo de la investigación tecnológica. Veamos por qué.

Hoy en día, nadie encuentra el menor sentido a la famosa frase de Unamuno "que inventen ellos", y muy raros serán quienes no afirmen, hasta con cierto énfasis, que el futuro de España depende de nuestra investigación científica. Como esta afirmación la hacen hoy en día hasta los políticos, se corre el peligro de que se entienda como una expresión "políticamente correcta", lo que equivale a decir que no se despejan las dudas sobre si realmente se cree en lo que se afirma.

Sucede, además, que cuantos nos preocupamos por promocionar la idea de la Investigación y Desarrollo tecnológico insistimos angustiosamente en nuestro subdesarrollo científico relativo, es decir, en relación al potencial humano y de re-

ursos económicos de España y en relación, también, con los países europeos con los que nos hemos integrado. Tales alabanzas son, y serán, necesarios, pero tienen el inconveniente de sugerir una impresión jeremiaca que puede llegar a ser incluso plañidera, es decir, de lamento por lo que es ya un hecho inevitable. Con la mejor voluntad, podemos sumarnos a la acción deletérea de aquellos humoristas que hacen el clásico chiste del "va un inglés... va un alemán... y llega un español..." quien, por supuesto, da salida a la situación con alguna esplendorosa exhibición de dotación endocrina. A la gente le siguen haciendo gracia esos chistes, lo que infunde más que la sospecha de que siguen siendo una válvula de escape, por vía de humor, de un penoso complejo de inferioridad, perfectamente compatible, por otra parte, con nuestra complacencia por sabernos tomar la vida y por nuestro casticismo cañí. Pero el asunto va perdiendo su gracia a medida que se va comprendiendo el significado de una palabra terrible: la balanza de pagos. Y entonces la idea de que no tenemos nada que hacer en Investigación científica y tecnológica puede ser una negra y paralizante perspectiva de nuestra conciencia nacional.

Pues bien, una visita a la empresa Indra sería un remedio ideal para esta clase de achaques. Después de ver INDRA no puede uno preguntarse si España es capaz de investigar, porque resulta evidente que en España se está investigando a un altísimo nivel tecnológico.



Sistema Trayking. Rotización del servicio de *catering*.





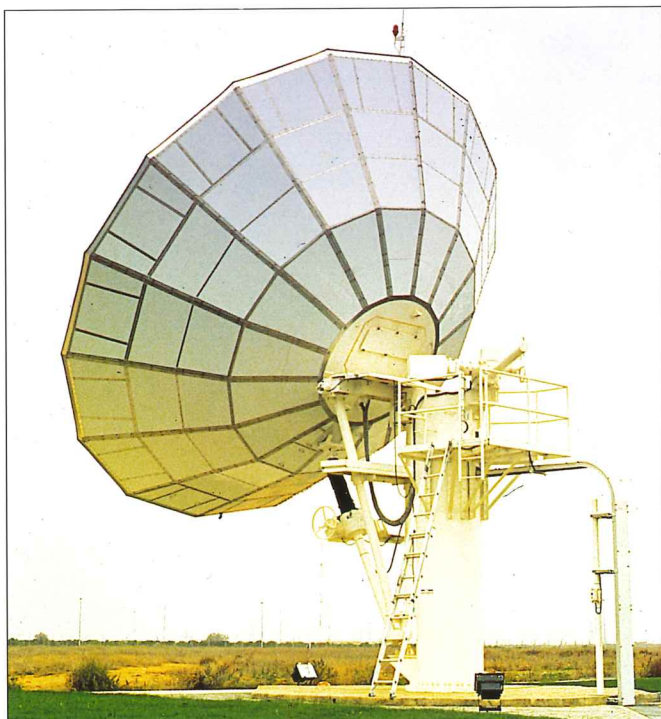
Pantalla del visual del Simulador del AV-8B (Harrier) para la Armada Española.

En efecto, veamos algunos ejemplos. El último y más perfecto modelo de radar del mundo entero, es el tridimensional "Lanza" desarrollado por INDRA. La marina norteamericana tiene a INDRA como uno de sus principales proveedores de simuladores de vuelo y tácticos del AV-8B (Harrier) y de sistemas automáticos de mantenimiento del AV8B Plus de los que

dependen la vida y seguridad de vuelo de estos aviones. La marina italiana también los utiliza. Los F-18, los F-1, los Superpuma, los C-101 utilizan comúnmente estos sistemas de INDRA acomodados a sus propias especificaciones. Los simuladores de vuelo del EF-2000 o Eurofighter van a ser desarrollados por un consorcio europeo liderado por INDRA en el que entran Alemania, Reino Unido, Italia y otros. Y para no salirnos del Eurofighter, digamos que INDRA ha sido encargada de desarrollar aproximadamente un tercio de los componentes electrónicos del ya cercano avión de combate europeo.

El viajero español que va a aterrizar en Oslo, Amsterdam, Frankfurt, Moscú, Rostov, Bombay, Delhi, Hong-kong, Pekín, Amán, Beirut, Santiago de Chile, La Paz, y en muchos más aeropuertos del mundo, debe saber que está siendo conducido por sistemas de control de vuelo ideados y construidos por INDRA. Hay en curso de negociación proyectos de penetración mucho más amplia en el control de tráfico aéreo alemán. Y si va rodando por las autopistas de Nankin-Sanghai y Chonching, también debe saber que está siendo controlado por sistemas de Indra.

INDRA tiene también importantes logros en el campo de la protección civil y de la ecología, como consecuencia de su participación en el programa PARSAR (dentro del ESPRIT de la Unión Europea), o su sistema de comunicaciones vía satélite para la gestión medioambiental de las Naciones Unidas (MERCURE). En varios Estados, contribuye a la paz pública, a la democracia y a la transparencia del hecho político, mediante sus sistemas de recuento de resultados electorales, en tiempo real, vía Internet o Infovía. Asimismo, contribuye activamente en el



Antena del satélite Hispasat.  
El centro de control está a cargo de Indra.



campo de la economía financiera, dando soporte informático al 80 % de todas las compensaciones bancarias de España.

El catálogo de realizaciones de INDRA es inmensamente más abultado que lo aquí señalado, y no faltarán ocasiones de que volvamos sobre él, pero parece particularmente interesante mencionar estos logros, por tratarse no sólo de un instrumental altamente sofisticado, sino por referirse a funciones y aplicaciones de gravísima responsabilidad y trascendencia, especialmente por lo que respecta a seguridad. Naciones como Alemania, Gran Bretaña, USA, Italia, Francia, etc., etc., no dudan en depositar su confianza en esta empresa española, es decir, en España, y no precisamente para comprarnos artefactos inocuos o intrascendentes, como aquellos "forgendros" de Antonio Fraguas, que, dicho sea de paso, no carecían de cierta genialidad.

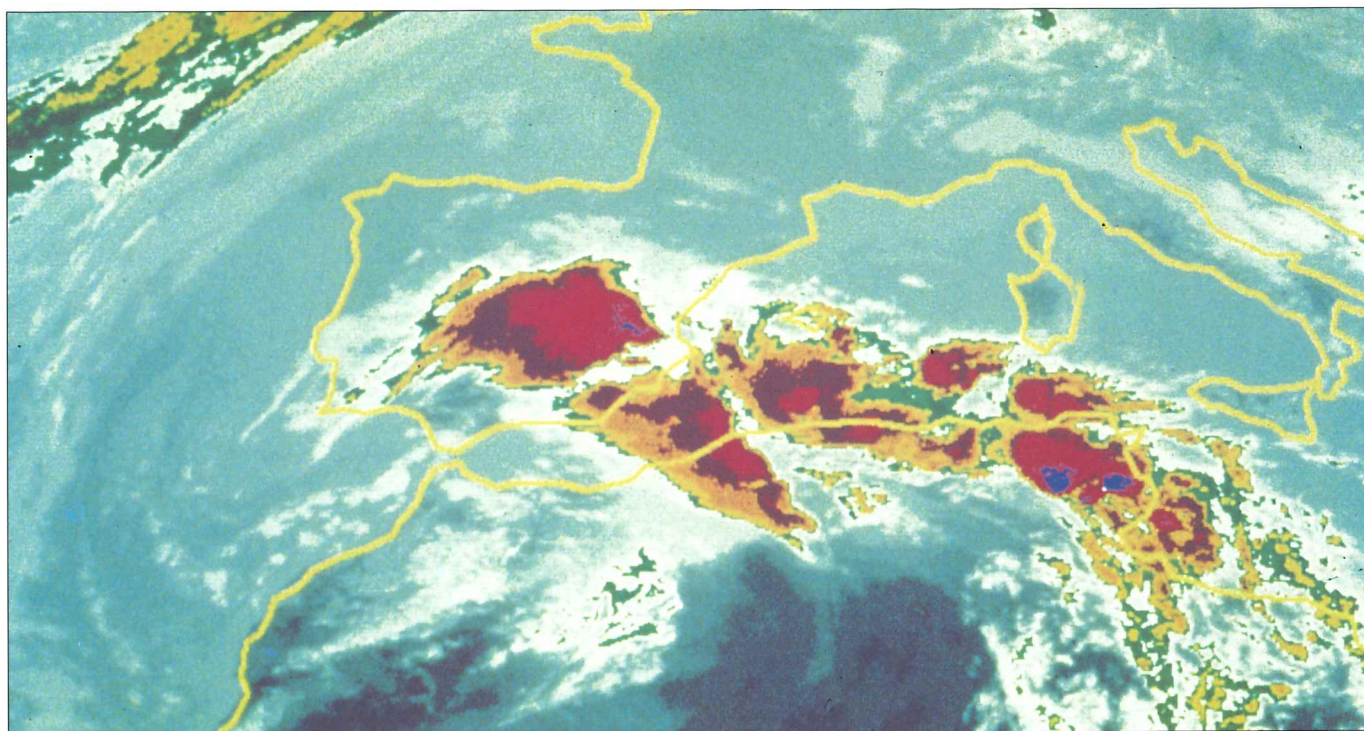
Indra presenta aspectos de gerencia empresarial, como la asociación con la importantísima multinacional norteamericana RAYTHEON, a través de INDRA ATM, o los Acuerdos con la francesa THOMSON-CSF, que han tenido muy valiosas consecuencias en la vida y pujanza de la empresa, pero que no afectan tanto a los intereses directos de nuestra revista: la I+D.

A nosotros nos interesa señalar que de los casi 3.700 trabajadores de INDRA, un 75 % son técnicos titulados y de alta especialización: unos 2.755 científicos o tecnólogos. Aunque no hay una paridad de funciones ni de tipología del personal, podríamos decir que los recursos humanos en lo científico-tecnológico de INDRA son superiores a los del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En cuanto a recursos económicos, INDRA invierte en innovación y desarrollo el 9,5 por ciento de su volumen total de ingresos. Lo que signifi-

ca que en los últimos cinco años ha invertido en Investigación, Desarrollo e Innovación 25.000 millones de pesetas.

La mención de los gastos en I+D puede servirnos para dimensionar las conclusiones de este artículo. Hemos pretendido mostrar que España es capaz de hacer algo importante en I+D, porque de hecho lo está haciendo en el caso concreto de INDRA. Ello es estimulante y esperanzador, pero no debe llevarnos al otro extremo: el de un prematuro triunfalismo. La THOMSON-CSF invierte anualmente en I+D 195.000 millones de pesetas, lo que viene a ser el 20 por ciento de sus ventas. Y ocupa a 44.800 personas. Esto sucede muy cerca de nosotros, al otro lado de los Pirineos, aunque estemos hablando quizá del más rico florón del sistema Ciencia-Tecnología francés.

Pero, dada la de cal y la de arena, volvamos a la esperanza. Más importante que lo ya hecho por INDRA es la velocidad de crucero que ha conseguido en pocos años. Todavía radicada en el ámbito público, la empresa había pasado de un resultado neto de 106 millones de pesetas en 1995 a 3.000 millones en 1998. En sólo tres años ha multiplicado por 30 su índice de resultados. Hoy está ya en la esfera privada y los augurios son obviamente más esperanzadores todavía. Porque tanto los dirigentes de INDRA como sus trabajadores pertenecen ya al mundo de la innovación y de la competitividad tecnológica. Y este aspecto antropológico es el fundamental y decisivo. Ya se puede esperar todo de ellos. El visitante de sus naves ve a unos hombres pegados a la pantalla de trabajo no sólo hasta consumir su horario, sino hasta el momento en que a muchos de ellos hay que decirles que se van a apagar las luces porque hay que cerrar. Esto sucede en España y con españoles.



Sistema de Teledetección vía satélite para el control de los recursos naturales.



# SENER: Trayectoria y futuro. La microgravedad como ejemplo

**AUTOR:** MANUEL RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ

*Doctor Ingeniero Aeronáutico de la División Aeroespacial de SENER.*

*Catedrático de Mecánica de Fluidos en la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid.*

Se podían haber elegido varios temas de interés científico para publicar en estas páginas. Pero las investigaciones de SENER alrededor de la microgravedad aportan, además de ese interés, ciertas claves para conocer mejor su trayectoria.

Hay otros proyectos en marcha de mayor envergadura económica y de gran interés tecnológico, pero los estudios y los desarrollos de microgravedad que ha realizado esta empresa se han logrado gracias a una fórmula que históricamente ha sido muy eficaz en SENER: Una estrecha colaboración con la Universidad, las brillantes ideas de veteranos como Carlos Sánchez Tarifa (premio Juan de la Cierva), un equipo de jóvenes ingenieros con excelente preparación, nuevas formas de trabajar, toda la estructura de la empresa sirviendo de apoyo y gran capacidad de riesgo.

No podemos dejar de señalar la curiosa coincidencia de que hace 45 años, el artífice de que SENER sea lo que es hoy, Manu Sendagorta, estuviera ya trabajando en temas relacionados con la combustión. También es coincidencia a mencionar que las cámaras de combustión desarrolladas por SENER se hayan lanzado desde la base de cohetes de Kiruna (Suecia), el primer proyecto de SENER en ingeniería aeroespacial.

## POR QUÉ INVESTIGAR

### EN MICROGRAVEDAD

Muchos fenómenos físicos que se producen en la tierra están afectados por la gravedad y su comportamiento en ausencia de la misma es muy diferente. La simple comparación de un mismo proceso con y sin efectos gravitatorios permite avanzar mucho con respecto a su naturaleza.

La combustión es un ejemplo típico de estudio en condiciones de microgravedad ( $\mu g$ ). Cuando se quema un combustible en aire bajo la acción de la gravedad, el aire alrededor de la llama se calienta, disminuyendo su densidad con respecto al aire frío lejos de ella. Esta diferencia de densidades bajo la acción del campo gravitatorio genera un movimiento, denominado convección natural, en el que el aire caliente (menos pesado) asciende, siendo reemplazado por aire más frío que vuelve a calentarse. La convección natural afecta a la propia combustión en sí, ya que continuamente está renovando el oxígeno en las proximidades de la llama, facilitando la combustión. En ausencia de gravedad la convección natural no existe, de modo que el aporte de combustible al mantenimiento de la llama por este medio desaparece y si la llama se mantiene, debe ser por otros mecanismos físicos que en presencia de la gravedad podrían ser, incluso, irrelevantes. Si el conocimiento profundo de los procesos de combustión (con y sin efectos de la gravedad) permitiera mejorar el rendimiento en tan sólo un 1%, el ahorro energético sería inmenso.

No sólo el estudio de la combustión en condiciones de  $\mu g$  es importante. Hay una gran variedad de procesos físicos relacionados con las ciencias de los materiales, propulsión, física de los fluidos, física del plasma, etc.; cuyo conocimiento en condiciones de  $\mu g$  es importante.

El conocimiento de unos procesos en condiciones de  $\mu g$  puede llevar a la investigación de otros que deben conocerse previamente. Tal es el caso, por ejemplo, de la convección de Marangoni, originada por gradientes de tensión superficial, y que aparece (entre otros procesos) en la producción, en condiciones de  $\mu g$ , de materiales de composición homogénea. La convección de Marangoni en condiciones 1g no tiene un papel tan relevante como en  $\mu g$  debido a que los efectos de la gravedad atenúan a los de tensión superficial en cuanto la longitud característica es lo suficientemente grande.

### Las cámaras de combustión para experimentos en $\mu g$ desarrolladas por SENER

Puede decirse que SENER se introdujo en el campo de la microgravedad en los años sesenta con un proyecto que no era precisamente de microgravedad, pero estaba relacionado con ella puesto que todavía hoy día se utiliza como "herramienta" para obtener condiciones de  $\mu g$ . Este proyecto fue el de la torre de lanzamiento de cohetes de sondeo de Kiruna (Suecia), realizado por C. Sánchez Tarifa y J. Rivacoba.

Aparte de la contribución de SENER en el área aeroespacial mediante el desarrollo de mecanismos y estructuras es-





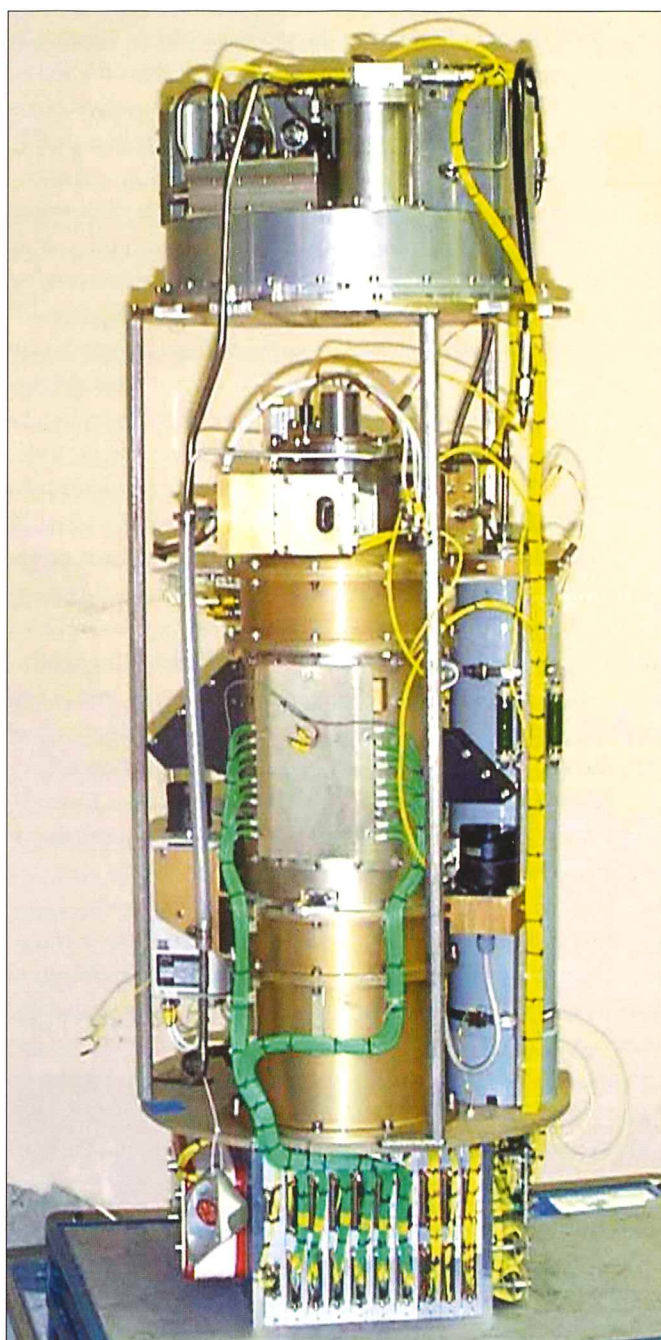
paciales, también ha desarrollado cargas útiles de microgravedad para cohetes de sondeo.

Los experimentos en condiciones de  $\mu g$  en Europa son financiados a través de la ESA, basados en un proyecto de investigación presentado por un grupo, generalmente de una universidad, que define el tipo de experimento a realizar. Una vez aprobado el proyecto de investigación, la ESA selecciona una empresa para materializar el experimento, que posteriormente será puesto en condiciones de microgravedad mediante un cohete de sondeo o una estación orbital. Los experimentos de  $\mu g$  en torres de caída libre y vuelos parabólicos los realizan directamente los grupos de investigación.

En 1993 SENER fue seleccionada para diseñar y construir una cámara de combustión para volar en el cohete alemán MiniTexus 3 con un periodo de  $\mu g$  de tres minutos, y que fue lanzado desde Kiruna el 2 de mayo de 1995. El investigador principal de este proyecto fue el Prof. C. Sánchez Tarifa de la E.T.S. de Ing. Aeronáuticos. El objetivo del experimento fue determinar la velocidad de propagación de llamas en combustible sólido en forma de varillas cilíndricas, cuando sobre las varillas incide una corriente uniforme de convección forzada, de magnitud mucho más baja que la correspondiente a la convección natural. Fue necesario diseñar un sistema de control del flujo de la cámara que permitiese variar su velocidad desde cero (convección nula) a 5, 10 y 20 cm/s. Las

disciplinas que han intervenido en el proyecto han sido: diseño mecánico, electrónica, óptica y fluidodinámica. Durante el lanzamiento y el periodo de  $\mu g$  los sistemas de la cámara funcionaron correctamente y se descubrió la existencia de llamas en el rango no visible, lo que dio lugar a una campaña de vuelos parabólicos realizada por el Prof. Sánchez Tarifa, en los cuales, mediante una cámara de infrarrojos se confirmó la existencia de estas llamas. En esta campaña de vuelos parabólicos SENER colaboró con personal experto en el manejo de la cámara de infrarrojos.

Debido a la experiencia adquirida en el diseño de la cámara de combustión anterior, SENER fue seleccionada para el diseño de una nueva cámara para el cohete MiniTexus 6 en



Vista de la cámara de combustión volada en el MiniTexus 6 el 6/12/98.



## CONDICIONES DE MICROGRAVEDAD

La fuerza de atracción de la tierra sobre los objetos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el cuerpo considerado y el centro de la tierra. Cuando el objeto está situado sobre la superficie de la tierra, la fuerza por unidad de masa se denomina gravedad normal ó  $1g$  ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ).

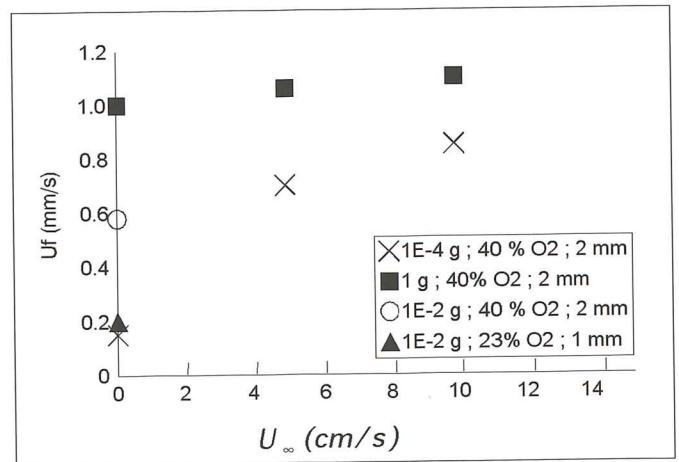
Las condiciones de microgravedad,  $mg$  ó  $10^{-6}g$ , se pueden conseguir por medios muy diferentes. Uno de ellos sería, obviamente, aumentar la distancia entre el centro de la tierra y el cuerpo. Este procedimiento no parece ser muy práctico, ya que un cuerpo situado a una distancia del centro de la tierra equivalente a la que hay entre la Tierra y la Luna, está sometido a una gravedad  $g/4000$ , tres órdenes de magnitud superior a la correspondiente a  $mg$ . Los otros procedimientos están basados en compensar de alguna forma la aceleración de la gravedad.

Los métodos para compensar la gravedad terrestre son muy variados van desde sumergir el cuerpo en un líquido de su misma densidad (lo que restringe mucho los experimentos que se pueden realizar por este medio), hasta compensar la gravedad terrestre con la aceleración centrífuga en un vuelo orbital con velocidad angular constante. Procedimientos intermedios son: la caída libre en el vacío, el vuelo parabólico de aeronaves y el vuelo parabólico de cohetes de sondeo.

Las torres de caída libre proporcionan unos pocos segundos de microgravedad (una caída libre de 125 m proporciona unos 5 segundos de  $mg$ ). Tiempos de  $mg$  un poco mayores se consiguen en los vuelos parabólicos de aeronaves, y se puede incrementar a tiempos del orden de varios minutos con los cohetes de sondeo. Por supuesto, el vuelo orbital proporciona tiempos de microgravedad tan largos como dure la misión.

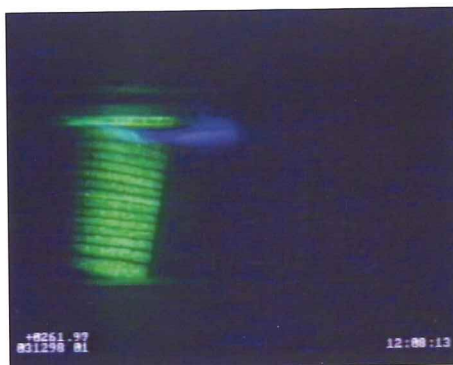
1997. El investigador principal de este nuevo experimento fue el Prof. Joulen de la Universidad de Poitiers. El experimento consistió en el estudio de la combustión en la capa límite de una placa de combustible sólido. Las velocidades del flujo convectivo fueron más bajas que en la primera de las cámaras, lo que complicó el sistema de regulación de flujo. Además llevó incorporado un sistema óptico mucho más complejo: cámara de vídeo, cámara de infrarrojos y láser. El diseño fluido dinámico incluyó un sistema de inyección de partículas para la visualización del flujo durante el experimento, iluminando las partículas con el láser y grabando las imágenes con el vídeo. Esta técnica de visualización del flujo se denomina PIV (Particule Image Velocimeter). Fue la primera vez que un sistema de este tipo se utilizó para medir el flujo de gases, con combustión y en condiciones de microgravedad. El lanzamiento se realizó con éxito el 6 de diciembre de 1998 y todos los sistemas de la cámara funcionaron correctamente.

En la actualidad se está desarrollando una nueva cámara de combustión. Esta vez para el cohete Texus 38, en el que el tiempo de  $\mu g$  es de seis minutos (el doble que el del



Velocidad de propagación de una llama,  $U_f$  en varillas de PM-MA en función de la velocidad de convección  $U_{\infty}$  para diferentes valores del espesor de la pared de la varilla, la concentración de oxígeno y el nivel de gravedad. Los resultados correspondientes al nivel más bajo de gravedad se obtuvieron en el MiniTexus 3. (De C.Sánchez Tarifa).

Visualización del flujo durante el vuelo del MiniTexus 6 el 6/12/98. El color verde son las partículas inyectadas en el flujo y el color azul es la llama.



MiniTexus). El investigador principal vuelve a ser el Prof. Sánchez Tarifa y el objetivo fundamental del experimento consiste en determinar los límites de extinción de la llama en las varillas de combustible sólido. Para ello es necesario diseñar un sistema de mezclado que permita variar en vuelo la concentración de oxígeno. Además, las velocidades de convección son más bajas que las de los experimentos anteriores, de modo que el sistema de control de flujo será de nuevo diseño. El lanzamiento está previsto para noviembre de 1999.

En el diseño fluido dinámico de las tres cámaras de combustión citadas anteriormente, SENER ha contado con la colaboración del Laboratorio de Mecánica de Fluidos de



la E.T.S. de Ing. Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Las perspectivas para el futuro parecen ser prometedoras. Se está desarrollando una caja funcional para el crecimiento de cristales de proteínas, de aplicación en la industria farmacéutica. El investigador principal es el Prof. J. M. García Ruiz del C.S.I.C. en la Universidad de Granada. Esta caja será embarcada en la próxima misión del transbordador espacial en diciembre de 1999 y servirá como demostración de una nueva técnica para obtener cristales de proteínas.

A partir del año 2000 es muy posible la colaboración de SENER en la fabricación de una caja modular para el crecimiento de proteínas. Esta caja será mucho más compleja que la funcional, que se está desarrollando actualmente, ya que dispondrá de sistemas para mantener las muestras a temperatura constante, sistemas ópticos de diagnóstico y sistemas para el llenado automático de las sales. También es posible, aunque a más largo plazo, el diseño de una cámara de combustión, similar a las diseñadas para los cohetes Texus y MiniTexus, pero con otras características a definir, y que se instalará en la Estación Internacional (ISS). El investigador principal de este último proyecto es el Prof. Sánchez Tarifa. En la actualidad estos dos proyectos se han presentado a la ESA como proyectos de investigación por los respectivos investigadores principales. En el mes de julio de 1999 se conocerá si son aprobados o no (las probabilidades de éxito son muy altas) y a partir de esta fecha se entablarán negociaciones con las industrias que deben materializarlos

## MANUEL SENDAGORTA

### Y EL SENER DE HOY

Para contar la trayectoria empresarial de SENER - la primera empresa de ingeniería y consultoría española, fundada en 1956 - habría que empezar por enunciar una serie de nombres; los de aquellos pioneros que irrumpieron con un concepto completamente nuevo de cómo hacer ingeniería. La lista de ingenieros y científicos que han construido el SENER del presente -algunos de ellos autoridades académicas, reconocidas nacional e internacionalmente- sería larga y, casi con total seguridad, injusta porque alguien quedaría en la trastienda de los puntos suspensivos.

En quien hay que detenerse, si de verdad se quiere comprender el espíritu y el estilo de esta empresa, es en Manuel Sendagorta, que dirigió SENER desde 1959. Manu era ingeniero aeronáutico y había iniciado su vida profesional en el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica), donde trabajó en los departamentos de Propulsión y Aeronáutica. Fue también profesor de Mecánica de Fluidos en la Escuela Superior de Ingenieros Aeronáuticos, y formó parte del equi-

po de Theodore Von Karman - Millán en los estudios sobre la combustión que concluyeron con un nuevo modelo físico-químico de la llama.

Dedicado a la investigación y labor docente hasta entonces, hubiera desarrollado su trayectoria profesional de muy distinta manera si no lo hubiera convencido su hermano Enrique, actual presidente de la compañía, para que tomara el timón de la todavía pequeña pero ya innovadora empresa que él había fundado tres años antes.

Lo cierto es que el SENER de hoy tiene mucho que ver con la capacidad de trabajo de Manu, con su talento y talla profesional, con su manera de ser y con la forma de delegar y de confiar en el criterio de sus colaboradores. De él se ha dicho que "hizo de la ingeniería el arte de lo practicable".

SENER, en principio concebida como una ingeniería naval, supuso una apuesta por la innovación en todos sus aspectos. Se comenzaron a desarrollar nuevas tecnologías, se abrieron nuevos mercados y se demostró que en España había muy buenos ingenieros, capaces de afrontar las más arriesgadas empresas.

Ya entonces se establecieron también unos valores corporativos que son la clave de su éxito. SENER tiene como finalidad proporcionar a la sociedad soluciones con un elevado contenido tecnológico y/o científico. Para lograrlo, la organización interna se caracteriza por su flexibilidad, la confianza y la libertad, lo que permite el desarrollo de iniciativas individuales, la formación de buenos equipos multidisciplinarios y un apoyo sistemático a la investigación y al desarrollo.

Gracias a lo anterior, y a que se ha procurado tener siempre a "los mejores", ha dado como resultado que SENER tenga, en muchos campos, la categoría de pioneros y una notable presencia en la industria más variada. Además de una antigua y considerable presencia internacional. En Energía y Procesos, en Sistemas de Transporte Urbano, en Comunicaciones y en los más avanzados Sistemas de Ingeniería Naval.

En este campo por ejemplo, SENER es líder mundial del sistema CAD/CAM/CAE para el diseño de buques denominado FORAN (Formas Analíticas), desarrollado en 1964, cuando la informática aún daba sus primeros balbuceos en España. El FORAN fue un hallazgo de Manu Sendagorta tras miles de horas de cálculos manuales, horas nocturnas trabajando en el ordenador de la Escuela de Ingenieros Industriales -el único que existía en Bilbao por aquel entonces- para estudiar el fenómeno de la formación de las olas debido al desplazamiento de un sólido -el buque- en la superficie libre de un líquido -el mar-. Así llegó a una formulación matemática que hacía posible la identificación numérica de la superficie del casco de un buque. Hoy, el sistema FORAN se ha exportado a 22 países del mundo, incluido Estados Unidos. Recientemente se



ha lanzado una versión V-40 para Windows NT, capaz de utilizarse en un PC portátil.

La ingeniería Espacial también es una parte importante de la actividad de SENER, que suministra habitualmente a la ESA (Agencia Europea del Espacio) mecanismos, estructuras, navegación aérea, aerodinámica, inteligencia de imágenes, guiado y control, electrónica e investigación y desarrollo en microgravedad.

Toda esta actividad en temas aeroespaciales es el resultado de una larga y perseverante apuesta que dura ya casi 40 años. El primer contrato de SENER en este campo fue nada menos que un llave en mano de la torre de apunte y lanzamiento de cohetes de sondeo instalada en Kiruna, en el Círculo Polar Artico, al norte de Suecia. Era la década de los sesenta y el contrato se logró en concurso internacional, compitiendo con las más grandes empresas del momento. El concurso lo convocó la Organización Europea de Investigación Espacial (ESRO), hoy Agencia Espacial Europea (ESA). SENER perdió dinero en aquella aventura, pero el éxito de aquel proyecto supuso el primer peldaño para estar presente en la industria espacial europea.

El presente y el futuro de SENER es fruto de su pasado, del que se siente muy orgullosa. Y no tanto por los proyectos realizados o por el prestigio nacional e internacional conseguido, sino sobre todo porque se mantiene firme en su apuesta

#### CLIENTES INTERNACIONALES DE SENER

Agencia Europea del Espacio (ESA)  
 NASA  
 ALCATEL  
 ALABAMA SHIPYARD  
 Port Weller Dry Dock (Canadá)  
 Metropolitano de Lisboa  
 Metropolitano de Oporto  
 CNES  
 DASA DORNIER  
 Alenia Spazio  
 Comisión Federal de Electricidad de México  
 General Motors  
 Arianespace  
 Boeing  
 Chantiers de France  
 Hitachi Zosen Information System  
 Hyundai Shipbuilding  
 MTW Schiffswerft.

por tener a los mejores, por arriesgar en innovar constantemente y por el espíritu deportivo con que afronta cada trabajo.

#### PROYECTOS RECIENTES DE SENER

- Diseño de la tobera convergente/divergente para el motor EJ200 del avión de combate europeo Eurofighter, la primera de estas características diseñada en Europa. SENER dedica un gran esfuerzo en I+D para mantener el liderazgo en toberas; fruto de ese esfuerzo el desarrollo de una avanzada tobera vectorial, que supone un importante paso adelante en la maniobrabilidad del avión.
- Tren de aterrizaje del X-38, vehículo de rescate de la Estación Espacial Internacional (ISS).
- Diseño y fabricación de parte de la estructura del laboratorio europeo en la ISS, así como las plataformas exteriores del mismo para instalar material experimental.
- Proyecto EGNOS/ GNSS -1 (El nuevo sistema europeo de navegación aérea por satélite liderado por la Agencia Europea del Espacio, y que se espera que esté plenamente operativo en el 2005).
- Misión científica Cluster II, proyecto ESA /NASA para estudios magnetosféricos de la interacción Tierra- Sol (desarrollo, diseño, fabricación y ensayo de los mástiles desplegados para experimentos de los cuatro satélites).
- Planes de Expansión I y II del Metro de Lisboa.
- Velero de Pasaje Sea Cloud II para el armador alemán Hansa Ship Management.
- Libro Blanco de los Transportes en Canarias.
- Mástil del Copa América.
- Planta de Policarbonatos en Cartagena (Murcia) para General Electric Plastics España.
- Palacio de Congresos y de la Música Euskalduna de Bilbao.
- METEOSAT Segunda Generación (Pantalla óptica, unidad de calibración y cubierta del refrigerador pasivo de esta nueva generación de satélites meteorológicos geoestacionarios).
- ENVISAT -1 Satélite para la monitorización de parámetros medioambientales terrestres: desertificación, interacción entre océanos y atmósfera ... (ASE /ESE-MIPAS y MDE /GOMOS, equipos electrónicos para actuar y controlar mecanismos de apunte y barrido de alta precisión).
- Simuladores de puntería y tiro para carros de combate M-60, por encargo del Ejército de Tierra.
- Sistema de Valorización Energética de RSU de SENER. La planta de Zabalgarbi, que tratará los RSU de Bilbao incorpora el sistema térmico integrado de SENER, que consigue un ahorro energético de gran importancia y disminuye el impacto ambiental por kWh generado.



# El observatorio de prospectiva tecnológica industrial (OPTI)

**AUTOR:** JESÚS RODRÍGUEZ CORTEZO

*Director de la División de Tecnología y Medio Ambiente  
Escuela de Organización Industrial  
Avenida Gregorio del Amo, 6. 28040 Madrid.*

La actividad de las empresas industriales en la actualidad está condicionada por la influencia de dos variables de importancia capital: la mundialización de los mercados con la necesaria referencia a unas reglas de competencia internacionales, y la acelerada evolución de la innovación tecnológica. En virtud de ambas, se hace preciso movilizar un volumen creciente de recursos en investigación y desarrollo para poner en los mercados productos cuyos ciclos de vida son cada vez más cortos y que están sometidos a una competencia cada vez más dura. La generación de retornos y amortización de los esfuerzos tecnológicos realizados es problemática, y la necesidad de que tales esfuerzos sean selectivos en función de criterios de reducción de riesgos e incertidumbres, evidente.

Este marco situacional afecta, no sólo a las decisiones y estrategias empresariales, sino también, y muy importante, a las políticas de los gobiernos, beligerantes en el apoyo al desarrollo tecnológico de la industria nacional como factor determinante de la competitividad exterior de los países. De la misma forma que les ocurre a las empresas individuales, los gobiernos han de ser selectivos a la hora de asignar sus siempre limitados recursos a unas u otras prioridades científico-tecnológicas.

En el caso de España, el Ministerio de Industria y Energía, consciente de la necesidad de disponer de una información adecuada para el diseño de su política tecnológica dirigida a la industria, promovió la creación de un instrumento capaz de proporcionarle tal información utilizando las técnicas de la prospectiva. Esto debía realizarse mediante una implantación muy firme en la realidad de las necesidades y limitaciones del sector industrial, así como de sus capacidades y potencialidades. Las posibilidades de la herramienta prospectiva aparecían avaladas por el uso que en la última década están haciendo de ella los países más industrializados, lo que además permitía un análisis comparativo de las diferentes aproximaciones a este tema por parte de dichos países.

Sobre estas bases, el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI), se constituye formalmente el diciembre de 1997 como una red de ocho Centros tecnológicos vinculados con otros tantos sectores industriales/áreas de conocimiento, coordinados por un único Centro integrador responsable del conjunto del Programa de Prospectiva. Este pro-

yecto constituye la primera experiencia española de prospectiva de amplio alcance, orientada hacia el mundo industrial, para abordar un Programa de Prospectiva Tecnológica en diferentes sectores bajo unos mismos criterios de metodología y actuación. El Programa está dirigido a los responsables de la toma de decisiones, tanto públicos como privados, para facilitarles el diseño de políticas tecnológicas coherentes con la realidad de nuestro país y con la evolución mundial de las tecnologías.

Los objetivos perseguidos con la creación de un Observatorio de Prospectiva Tecnológica e Industrial (OPTI), son los siguientes:

- Poner a disposición de la sociedad, de las empresas y de las administraciones públicas una base de informaciones y de conocimiento común de las tendencias y previsiones de futuro sobre el impacto e influencia de la tecnología en la industria, el empleo y la competitividad.
- Servir de apoyo para la toma de decisiones de carácter estratégico, tanto por las empresas como por las administraciones, en temas en los que los aspectos tecnológicos tengan una importancia evidente.

Para ello, el Observatorio deberá desarrollar actividades de prospectiva y vigilancia de las tendencias de evolución de la tecnología y de los acontecimientos científicos y tecnológicos más relevantes.

El OPTI está estructurado como una red de Centros con capacidad tecnológica propia, cada una de las cuales aportan competencias específicas para desarrollar las actividades del Observatorio y se responsabiliza de los trabajos relacionados con su sector. Estos Centros han sido elegidos en función de su especialización tecnológica y conocimiento, excelencia reconocida y facilidad de relación con los sectores industriales.

La coherencia del OPTI en su estructura y funcionamiento al servicio de unos objetivos únicos, está garantizada por un organismo que actúa como Centro Coordinador.

El elemento diferenciador básico, de acuerdo con la filosofía que preside el proyecto, es el sector industrial, y para seleccionar qué sectores tomar en consideración en una primera etapa, se han aplicado criterios de tipo económico, social y tecnológico, como los siguientes: Influencia en el PIB, empleo, impacto social, efecto dinamizador, etc.



Sobre la base de dichos criterios, se han elegido, en esta primera fase, los siguientes Sectores Industriales y Areas de Conocimiento, en cada uno de los cuales actúa como centro de cabecera, responsable de la ejecución de los trabajos a realizar, el que se menciona en el cuadro **ESTRUCTURA DEL OPTI**.

En todo caso, el OPTI está concebido como un Observatorio abierto, ya que pueden incorporarse al mismo nuevos centros en función del tratamiento de nuevas áreas o sectores. Durante su primer año de funcionamiento, 1998, se han realizado ocho estudios en diferentes sectores, que se relacionan en el cuadro **ESTUDIOS SECTORIALES**.

### ESTRUCTURA DEL OPTI

CENTRO COORDINADOR	ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL
<b>Sectores Industriales y Areas de Conocimiento</b>	<b>Centro responsable</b>
AGROALIMENTACIÓN	Instituto Tecnológico Agroalimentario (AINIA)
ENERGÍA	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL	Centro de Investigación Tecnológica del Medioambiente (CITMA)
QUÍMICA	Instituto Químico de Sarriá (IQS)
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES	Instituto Catalán de Tecnología (ICT)
TRANSPORTE	Centro Tecnológico de Materiales (INASMET)
SECTORES BÁSICOS Y TRANSFORMADORES	Centro Tecnológico ASCAMM
SECTORES TRADICIONALES	Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP)

Para la realización de estos estudios de prospectiva se ha aplicado una metodología común, basada en encuestas DELPHI, y apoyadas en paneles de expertos constituidos en cada centro con profesionales de prestigio del mundo científico y de la industria. Estos paneles de expertos han tenido como misión determinar los temas que deberían ser sometidos a la opinión de los consultados en la encuesta DELPHI, y posteriormente, analizar los resultados de la misma. Los con-

sultados han sido en total unos mil quinientos, con un índice de respuesta del orden del 33%, lo que se considera bastante satisfactorio de acuerdo con las experiencias de otros países.

La ejecución de estos estudios ha dado lugar a la presentación del Primer Informe de Prospectiva Tecnológica Industrial en mayo de 1999, con el que en realidad se inicia el Programa de Prospectiva Tecnológica del Ministerio de Industria y Energía.

### ESTUDIOS SECTORIALES

SECTOR	ESTUDIO
AGROALIMENTARIO	Tecnologías de Conservación de Alimentos.
ENERGÍA	Energías renovables
MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL	Gestión y tratamiento de residuos industriales
QUÍMICO	Química Fina
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES	Industria de contenidos digitales
TRANSPORTE	Aeronáutico
SECTORES BÁSICOS Y TRANSFORMADORES	Nuevas tecnologías de producción de piezas metálicas
SECTORES TRADICIONALES	Diseño



# 1. Humanidades y V Programa Marco

## Observaciones de la AEC a la Segunda propuesta modificada de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al Quinto Programa Marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (1998 - 2002)

### A. INTRODUCCIÓN

El proceso de creación de una Europa unida avanza hacia la consolidación de una común sociedad política, que no podrá sustentarse sobre la mera comunidad de intereses económicos, monetarios y militares, si no se presta una creciente atención a los factores de cohesión social subsiguientes al reconocimiento de una identidad colectiva. No se puede creer en una sociedad política europea, si no se cree que existe un común substrato de antropología cultural capaz de definir una tipología del ciudadano europeo. El Quinto Programa Marco ha dado un paso importante a este respecto, al contemplar la investigación sobre el patrimonio cultural europeo, pero es apremiante ampliar el panorama de la investigación humanística, para volver a descubrir e integrar en una visión común las culturas nacionales que se han desarrollado a partir de la Modernidad.

### B. INVESTIGACIÓN Y CULTURA

#### B.1. SUPUESTOS CONCEPTUALES

**B.1.1.** La concepción del V Programa Marco en I+D no parece que pueda sustraerse a las inferencias de un hecho fundamental inminente como es la Unión Monetaria. La implantación de una única moneda aboca a los integrantes del área "euro" a una interdependencia y a una participación en una suerte común de tal naturaleza que resulta impensable la viabilidad del nuevo régimen monetario, si no está respaldado por una cohesión social inter-europea que, a su vez, se sustente en unas comunes y movilizadoras señas de identidad.

Sólo desde la conciencia de Europa y de la responsabilidad por los valores de Occidente - en los que la Europa geográfica e histórica ha tenido un protagonismo fundamental - se podrán afrontar los retos y los intentos ambiciosos de "nuevas fronteras" que requerirá la futura convivencia con otros bloques económicos, y - lo que preocupa más - con otras civilizaciones y culturas.

Hasta ahora, la acción de los políticos constructores de la Unión Europea ha confiado a la praxis política cotidiana la tarea de ir generando una conciencia europea, cuya necesidad no parece discutible para la generalidad de los actores. Pero

esta actitud de "hacer camino al andar" no debe inhibir a los rectores de la comunidad científica europea respecto a la apremiante tarea de dilucidar :

- 1º. Qué es Europa y qué puede ser la Unión Europea.
- 2º. Cuáles son los límites de Europa, especialmente por el Este y por el Sureste.
- 3º. Qué aperturas y compromisos deben ligar a la Unión Europea con las sociedades políticas del mundo occidental, que sean geográficamente distantes.
- 4º. Cómo debería articularse la comunicación entre los habitantes de la Unión Europea desde el punto de vista lingüístico.

Es obvio que la respuesta a estos interrogantes deberá producir bienes intangibles y necesarios en una doble proyección:

- a) la cohesión social movilizadora para las grandes tareas.
- b) la criteriología adecuada para iluminar delicados problemas.

Y es obvio también que todos estos interrogantes constituyen graves temas de investigación científica, que no pueden resultar indiferentes a los responsables de I+D de la Unión Europea.

#### B.1.2. ¿Qué es Europa y qué puede ser la Unión Europea?

El paso del Mercado Común a la Unión Europea descarta toda posibilidad de concebir ésta como una mera y provechosa coordinación de mercaderes. Los criterios de realismo, de pragmatismo, de eficacia e, incluso, de ayuda mutua, que han venido inspirando la acción de los políticos europeos, no son suficientes para legitimar y dar solidez a una Unión Europea en la que el grado de imbricación entre sus miembros queda sobradamente expresado en la inminente unión monetaria. La misma idea de la subsidiariedad, que se presenta como una directiva fundamental del V Programa Marco debería modularse con nuevos matices, en el contexto de la desigualdad entre los diferentes países miembros.

Parece obvio que, si va a existir la Unión Europea como una macro-sociedad política, debe existir correlativamente una tipología del ciudadano europeo que será tanto más sólida y convincente cuanto más participe de una común tipología del habitante en el terreno de la antropología cultural, de la mentalidad y de la sensibilidad vital.



No se trata de condicionar la personalidad y la cultura de ningún grupo nacional, sino de buscar, hacer conspicuos y susceptibles de una asimilación explícita, aquellos rasgos comunes de la antropología cultural europea que o no han sido objeto de percepciones muy expresamente estudiadas y difundidas o se han difuminado en los sucesivos procesos de la Modernidad y de la Post-Modernidad.

Constituye todo esto un campo de estudio en el que el elenco de los valores típicamente europeos y occidentales presenta importantes desafíos no sólo a la investigación positiva, sino al pensamiento.

Poca renuencia encontrará la afirmación de que Europa es deudora a Grecia de una radical afirmación de lo objetivo frente al mundo asiático, o de que Roma dio al mundo occidental el sentido del derecho.

En cambio, la influencia de la cultura cristiana, dato fundamental de nuestra antropología histórico-cultural, ofrece cuestiones a dilucidar no sólo desde el punto de vista de las sociedades democráticas, pluralistas y desconfesionalizadas de nuestro tiempo, sino desde la perspectiva histórico-geográfica caracterizada por la inflexión romana, greco-ortodoxa, y protestante del Cristianismo.

Asimismo, la aportación europea de la Filosofía de la Razón y de la Ilustración, con su autonomía frente a la concepción cristiana, plantea otros problemas de armonización cultural tan importantes como es la propia revisión de la cultura de la Razón, que se ha concebido a sí misma como absoluta, universal y, por tanto, radicalmente incapaz de convivir respetuosamente con sociedades políticas ajenas a la cultura occidental.

Y es importante también el estudio del dinamismo bárbaro-germano, su articulación de la vida local, y su percepción del "topos" geográfico, folklorista y popular, tan revitalizado por el movimiento romántico, que ofrece cauces de inspiración para una percepción positiva y constructiva de la emergencia de requerimientos regionales.

Todas estas cuestiones pertinentes a la configuración de una imagen de Europa constituyen temas de investigación científica que, a nuestro juicio, deberían recabar ya la atención de los responsables de la I+D de la Unión Europea.

### B.1.3. ¿Cuáles son los límites de Europa?

El proceso de crecimiento geopolítico de la Unión Europea, especialmente en las direcciones Este y Sur-Este, está planteando ya delicadas cuestiones de discernimiento, cuya resolución puede ser tanto más peligrosa cuanto mayores sean el éxito de la Unión, la apetencia de pertenecer a la misma, y la generosidad hacia unos peticionarios de ingreso cuya presencia podría alterar gravemente la identidad y la conciencia europea.

De nuevo es preciso insistir en que tales discernimientos deben sustentarse en dilucidaciones científicas no sólo fundamentadas, sino también compartidas por el conjunto de los países integrantes de la Unión. Lo que equivale a decir que son los propios órganos rectores de la I+D europea los que deben promover esta clase de investigaciones.

Ahora bien, en los diferentes órganos rectores y gestores de la política científica de la UE, tienen un peso específico determinante las personas cuya ejecutoria científica anterior se ha desarrollado en el cultivo de ciencias vinculadas al sistema productivo, y especialmente a los sistemas de producción industrial. El análisis redaccional de los propios textos de política científica emanados de la UE evidencian una preocupación por la industria cuya preponderancia - por cierto, del todo justificada - abre una inquietante incógnita respecto a la relevancia que pueda atribuirse a la investigación en ciencias humanísticas. Dicho en otras palabras, acaso la planificación científica de la UE arrastra una inercia proveniente de las etapas de gestación de la nueva Europa, cuya tónica conceptual estaba centrada en torno al hierro y el carbón, y a la energía. No es difícil imaginar la extrañeza que puede producir la propuesta de programar investigaciones históricas, por ejemplo, en torno a la penetración del monacato religioso en el Este europeo. Y sin embargo, es este un tema relevante para el estudio de los límites geográficos de la europeización, especialmente por lo que respecta a Rumania, Moldavia, Bielorrusia y Ucrania.

Es este un asunto delicado en el que conviene afinar conceptos y legitimaciones, porque cualquier afirmación suficientemente plausible y aparentemente clara en unos niveles de comprensión semántica, se complica al concretarse a aplicaciones prácticas. Por ejemplo, ¿sería defendible, desde el punto de vista de la solidaridad y de la percepción humanitaria, negar el ingreso en la UE, y consiguientemente condenar a la insularidad geo-política, a una Albania democratizada en lo político y equilibrada en lo económico? Admitida la islámica Albania ¿sería posible negarse a la admisión de Turquía por razones de antropología cultural-religiosa?

La anterior observación nos aboca al tema de los límites internos de la UE, es decir, a la convivencia con minorías fuertemente socializadas en culturas religiosas no cristianas, y cuya presencia consolidada en Europa debe cohesionarse con el respeto a las libertades formales consagrado por la sociedad europea a partir de 1789. Este es un tema de sociología del conocimiento y de investigaciones "de campo", que debería dilucidarse mediante la experimentación de medidas educacionales, culturales, urbanísticas, etc. conducentes a la integración armoniosa de las minorías culturales y étnicas.

El descuido o la inacción en este terreno puede conducir a graves perturbaciones sociales, cuya evitación no debe in-



tentarse mediante un minimalismo identitario, a la manera de los EE.UU., en donde la ciudadanía y la pertenencia social se realiza en el pago de los impuestos. Los componentes de Europa, más antiguos, más variados y más enraizados en sus respectivas tradiciones no parece que puedan compadecerse con tan mínimo vínculo de cohesión social.

#### B.1.4. ¿Qué aperturas y compromisos deben ligar a la Unión Europea con las sociedades políticas del mundo occidental que sean geográficamente distantes?

Si la conciencia europea de la UE debe conformarse en torno a un elenco de valores comunes, resulta bastante conspicua la coincidencia del sistema de valores europeos con los del mundo occidental. Por otra parte, frente a quienes han anunciado el fin de la historia como consecuencia de la confluencia o el desdibujamiento de las ideologías, va abriéndose paso la idea de que el mundo camina hacia un nuevo tipo de confrontaciones ocasionadas por el choque de civilizaciones o culturas.

Ante esta nueva perspectiva, la idea de la supervivencia pacífica y de la seguridad, que está en el arranque mismo de la UE - por referencia a las reiteradas confrontaciones bélicas franco - prusianas - vuelve a tener importante apremio. La idea de que la seguridad y la prosperidad de Europa debe imbricarse con la del propio Occidente no parece desdeñable o poco digna de estudio. El desarrollo de la sociedad telemática, junto con el desplazamiento de la economía más influyente y decisiva hacia el intercambio de información, relegan a un segundo plano la compactidad territorial como supuesto básico de las sociedades político-económicas, y hacen que las distancias geográficas interpuestas por el océano Atlántico no sean una dificultad insalvable para el desarrollo de estos procesos de agregación funcional. La busca de su propia identidad, que aboca a Europa al desvelamiento de su condición occidental y a la socialización mental consiguiente, lleva connaturalmente a un nuevo encuentro con las naciones de Occidente, en las que no parece impensable el surgimiento de una reciprocidad.

De darse tal fenómeno, podrían producirse inferencias importantes en la propia planificación de la política científica europea, que podría plantearse una selección de roles científicos en un régimen de complementariedad y de intercambio, especialmente con el sistema científico y productivo de los EE.UU.

#### B.1.5. ¿Cómo debería articularse la comunicación entre los habitantes de la Unión Europea desde el punto de vista lingüístico?

Es esta una cuestión vidriosa cuyo tratamiento en este momento resulta más que cuestionable, desde el punto de vista de la oportunidad. Es obvio que, en este momento, hay que buscar elementos de unión entre los miembros naciona-

les de la UE, y hay que evitar cuestiones que puedan perturbar el proceso de consolidación de ésta.

Si abstraemos las consideraciones sobre la oportunidad actual, insistiendo al mismo tiempo en que el presente documento apunta sólo a decisiones de política científica y sin trascendencia inmediata en la dialéctica política interna de la UE, - parece cabal y realista admitir la necesidad de una lengua común para la consecución de una aproximación convivencial entre los miembros todos de la Unión. La cuestión no afecta precisamente a las reuniones políticas, culturales, empresariales, etc. en las que la traducción simultánea parece que, dentro de pocos años, va a tener una perfección, expeditividad y practicidad más que suficiente. La cuestión se plantea en términos de convivencia interpersonal, cotidiana, espontánea, en la que los interlocutores mutuos no pueden contemplarse como marcianos con el rostro aureolado por un artificio electrónico y con un pequeño altavoz en la solapa.

Hace falta una lengua común, aprendida en los años mejores para el desarrollo de la competencia lingüística (parece ser que en los diez primeros años de la vida) con percepción de matices y contenidos semánticos implícitos. Es decir, en algún momento habrá que consensuar y legislar en materia de educación lingüística.

Mientras llega ese momento, los responsables de la Unión Europea parecen resignarse al hecho de que los europeos se socorran del inglés. Pero la resignación ante este imperativo fáctico puede transformarse en crispación, cuando llegue el momento de sancionar tal estado de cosas, mediante una legislación educativa. Es absolutamente escapista, y quizá irresponsable, el aducir el carácter fáctico del lenguaje para tratar de eludir, en esta materia, el apremio de una legislación educativa.

¿Va a admitirlo Francia, la tradicional caja de resonancia mundial de la cultura? La poderosa Alemania, columna vertebral de Europa ¿va a permitir la preeminencia con que a la Gran Bretaña primaría la imposición de su idioma? Las naciones europeas ¿contemplarán impasibles el deterioro en el uso de su propio idioma, cuando la eficaz, ceñida y simplificadora capacidad denotativa del inglés-americano dé lugar a un conglomerado lingüístico parecido al que en los puertos de casi todo el mundo se denomina "el pichinglis" ¿Cuál puede ser el estatuto de las lenguas propias y la garantía de su conservación en toda su pureza? ¿Hay otras alternativas, excluida la del avestruz que esconde la cabeza entre sus alas?

Son graves preguntas que acaso podrían empezar ya a ser estudiadas en el ámbito de la comunidad científica europea. Corresponde a la decisión de los políticos el determinar cuándo es procedente y oportuno afrontar, de una manera decidida, la resolución del problema lingüístico.



Los programas Lingua, con su innegable relevancia educativa, no se plantean como una respuesta a la cuestión lingüística tal y como se concibe en el presente documento. Mientras tanto será "muy político" el negar que existe tal problema, o el afirmar que la cuestión debe dejarse a un proceso espontáneo y de "mero uso"; pero ello dificultará el que se tomen decisiones de política científica para iluminar su resolución. Es una cuestión de prudencia, pero también de responsabilidad previsor.

## B.2. OBSERVACIONES AL TEXTO DE LA SEGUNDA PROPUESTA

**B.2.1.** La compulsión entre los requerimientos de I + D, contenidos en los anteriores supuestos conceptuales, por una parte, y los textos de la Segunda Propuesta, por otra parte, registra la presencia de algunos nichos directivos de la programación en los que sería posible dar acogimiento a casi todas las sugerencias expresadas en el precedente apartado.

En el Anexo II, titulado Líneas Maestras de las Acciones Comunitarias..., en el epígrafe I, titulado Temas y Organización del Quinto Programa Marco, se habla de cuatro acciones.

En el sub-epígrafe 1, titulado "Contenido y organización de la primera acción", hay un texto introductorio que resulta pertinente a las aspiraciones de nuestra Asociación:

"Los programas comprenderán, si procede, trabajos y estudios de investigación sobre los aspectos éticos y jurídicos, en el marco del respeto de los valores humanos fundamentales".

Resulta congruente respecto al contenido de nuestro apartado B.1.2. sobre los "límites internos de la UE" y la convivencia con minorías de otras culturas asentadas en la Unión.

En el apartado a) de este mismo sub-epígrafe 1, el titulado "Actividades clave", se contiene un párrafo que parece amparar el conjunto de los requerimientos de nuestros "Supuestos conceptuales":

"Se considera la actividad clave como un conjunto de proyectos de grande o pequeña envergadura, aplicados, genéricos y, en su caso, de investigación básica dirigidos a un desafío o problema común para Europa, sin excluir las cuestiones globales".

En el sub-epígrafe 2, titulado "Contenido y organización de las acciones segunda tercera y cuarta", su primer párrafo contiene elementos muy pertinentes para cuanto se postula en

estas Observaciones de la AEC acerca de las relaciones con Occidente y acerca, también, de los límites internos de la UE. Son los referidos a las "políticas de relaciones exteriores" y a las "cuestiones sociales".

## B.3. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CIENTÍFICOS

**B.3.1.** De todo lo expuesto, parece que se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1ª Los textos de la "Segunda Propuesta Modificada de Decisión" contienen elementos suficientes para dar acogimiento a los requerimientos que esta Asociación plantea en su capítulo 1, titulado "Supuestos conceptuales".

2ª El conjunto de la Segunda Propuesta Modificada no ofrece suficiente estímulo, ni orientación temática medianamente concreta, que impulse a una actividad científica en la línea de los mencionados Supuestos conceptuales a los que se refiere el presente documento de la AEC.

3ª La presencia predominante, en los órganos directivos y coordinadores de la I+D europea, de científicos eminentes en disciplinas vinculadas a los sistemas productivos hace temer que el interés por las ciencias humanísticas no podrá llegar a tener una apreciable efectividad, si no se articula un específico órgano de promoción, dirección y coordinación dedicado a este último efecto.

**B.3.2.** Por las anteriores consideraciones, esta Asociación Española de Científicos propone:

1º Que en los órganos directivos, promotores y coordinadores de la Investigación Científica de la Unión Europea se cree una Subcomisión, o una Ponencia para asesorar a la Comisión en cuanto a la ratio presupuestaria con que deban votarse fondos específicos de investigación humanística, y en cuanto al modo de aplicar dichos fondos para realizar la investigación.

2º Que, dependiendo del órgano anterior, se cree un Comité Científico Asesor, de carácter académico, con reuniones de estudio periódicas, cuya tarea sea la de decantar y sugerir a la mencionada Subcomisión o Ponencia temas de investigación científica humanística, relativas al ser y a la imagen de Europa.

Jesús Martín Tejedor



## 2. Dentro y fuera del V Programa Marco

El Programa se presenta como uno más de los actores que participan en el proceso de investigación y desarrollo tecnológico europeos. Se concentra en un número de objetivos preseleccionados. Los temas elegidos, definidos por extensión, se entiende que son claves para el futuro económico y social de Europa. Finalmente, pretende un balance entre las prioridades a corto, medio y largo plazo.

Durante los años de vigencia del Cuarto Programa Marco destaca la omnipresencia del fenómeno de reducción de los presupuestos dedicados por las diversas agencias financiadoras a la investigación científica y al desarrollo tecnológico. En el nivel nacional se da una amplia variedad de situaciones, como corresponde a la diversidad de los países que integran la Comunidad. Los organismos de investigación europeos han sufrido un proceso paralelo aún más traumático: Por un lado, se disminuían las previsiones económicas de los programas futuros, con la consiguiente reducción en los objetivos científicos. A su vez, dichos organismos sufrían recortes en los presupuestos en vigor, con lo que ha sido necesario reducir o cancelar proyectos ya aprobados o que estaban en diversas fases de desarrollo.

Estos años de vacas flacas para la ciencia europea van unidos en la percepción popular, que los hechos confirman, al proceso de preparación de la Unión Europea. Llegaremos a ella con las políticas económicas y monetarias nacionales saneadas y bien ajustadas. También es verdad que aportaremos el resultado de los sacrificios hechos: en este caso menos ciencia, y en algunos sectores importantes ausencia, por falta de futuro, de la necesaria generación de repuesto. Es importante darse cuenta que esta situación ha llegado por acumulación de decisiones sectoriales, que en ningún caso pretendían poner en peligro a la ciencia europea. Al contrario, siempre se ha tratado de decisiones dolorosas, reducciones localizadas de objetivos y tamaños, cuyo objeto era precisamente salvar los proyectos, compatibilizándolos con la disminución presupuestaria, impuesta desde fuera, y desde criterios ajenos a la misma ciencia.

En esta coyuntura se presenta el Quinto Programa Marco. Como corresponde al momento histórico en que aparece, va a suponer una reducción presupuestaria en términos reales. Se añade así a la globalización de la situación de vacas flacas que, ahora desde la misma Comunidad, se proyecta hacia el futuro. El Programa se centrará en una serie de objetivos y temas seleccionados de acuerdo con los criterios definidos en el Anexo I de la propuesta. Dichos criterios se basan en que la política de investigación comunitaria tiene por objeto: "... reforzar las bases científicas y tecnológicas de la industria ... y ... fomentar todas las actividades de investigación que se consideren necesarias ..." El principio de subsidiaridad establece además que "... se actuará sólo cuando los estados no puedan alcanzar los objetivos por sí solos." Sobre esta base, se establecen tres categorías de criterios

de selección de temas y objetivos, relacionados con el "valor añadido europeo," con los "objetivos sociales," y con "el desarrollo económico y perspectivas científicas y tecnológicas."

Es el caso que los criterios de selección anteriores se aplican perfectamente bien a cualquiera de los temas y objetivos de la investigación que desarrollan los grandes organismos de investigación europeos. Es más, los criterios de las categorías primera y tercera parecen pensados a propósito para dichos objetivos y temas. No se entiende cómo a partir de ellos se obtienen tan solo los contenidos de la propuesta. Lo importante es que no se entiende la racionalidad por la cual sólo se contemplan éstos. Más aún, ¿cómo explicar que, con dichos criterios, una gran parte de la actividad científica transnacional europea quede fuera, o no se recoja explícitamente en el Programa Marco?

En pleno proceso de convergencia y unión europeas, la propuesta parece ignorar la existencia de los grandes organismos científicos europeos, de sus programas científicos, en vigencia durante o después del Programa. En el quinto considerando de la Propuesta Modificada, se dice que "... los objetivos de política de investigación y desarrollo tecnológico de la Comunidad se inscriben en el contexto actual de los desafíos que la Comunidad debe afrontar ..." Ello no impide que la propuesta se inhíba a la hora de afrontar el desafío de un marco europeo en el que encuadrar el presente y el futuro de la investigación y desarrollo tecnológicos comunitarios. Sin embargo, dicho marco existe y está configurando en gran medida las actividades de IDT europeas. El ciudadano no sólo percibe estas actividades como algo importante. Al igual que las del Programa Marco, las paga con sus impuestos. Aunque no se pretenda, el mensaje que se da es evidente: la convergencia no es igual, el futuro no se está preparando con igual intensidad en lo económico que en lo científico.

Teniendo en cuenta la situación descrita y las consideraciones expuestas, se deduce la conveniencia de una formulación global de la actividad de investigación científica y desarrollo tecnológico dentro de la Comunidad. Ello permitirá articular los futuros Programas Marco en dicho contexto. Se tendría también una referencia global en que situar las políticas sectoriales ajenas o no al Programa Marco. Serviría para evaluar el impacto mutuo, coordinar (¿y financiar?) adecuadamente las diversas actividades de IDT subsidiarias. La Asociación Española de Científicos propone:

La creación de un comité ad hoc que prepare la formulación global de la actividad de investigación científica y desarrollo tecnológico del VI Programa Marco, sobre la base del análisis de los resultados del actual V Programa Marco.



# Trasplantes de precursores hemopoyéticos: enfermedad mínima residual y quimerismo

**AUTOR:** JOSÉ LUIS DíEZ-MARTÍN

*Unidad de Trasplante de Médula Osea.*

*Hospital G.U. Gregorio Marañón.*

*C/ Dr. Esquerdo 46. Madrid.*

## RESUMEN

Los trasplantes de precursores hemopoyéticos, antes denominados de médula ósea, son formas de terapia celular, útiles en el tratamiento de múltiples neoplasias, aplasias medulares y recientemente de enfermedades autoinmunes. El éxito de los trasplantes depende de la erradicación de la enfermedad tumoral, cuya persistencia, denominada enfermedad mínima residual (EMR) es causa de un pronóstico sombrío. En los trasplantes alogénicos, además el éxito depende del grado de coexistencia celular entre los sistemas hemopoyéticos del donante y del receptor, fenómeno reconocido como quimerismo hemopoyético (QH). En este trabajo se comentan diversos métodos de estudio de la EMR y el QH y su importancia en el tratamiento de los pacientes trasplantados.

## ABSTRACT

Hemopoietic transplants, previously called bone marrow transplants, are forms of cellular therapy, helpful to treat neoplastic disorders, bone marrow aplasias and recently auto-immune diseases. The success of hemopoietic transplants is based on their tumour eradication capability. If tumour persists, it leads to a minimal residual disease (EMR), which is a poor prognostic factor. In allo-transplants, it is a key factor for transplant evolution the hemopoietic chimerism (QH) achieved, that is to say the proportion of cells of donor and recipient origin emerging after the transplant. Here, the concepts and several methods of analysis of chimerism and residual disease are reviewed.

## ABREVIATURAS

*AloTPH, TPH alogénico; AutoTPH, TPH autogénico; EICH, enfermedad de injerto contra huésped; EMR, enfermedad mínima residual; FISH, hibridación in situ fluorescente, HLA, antígenos de histocompatibilidad, ILD, infusión de leucocitos del donante; MO, médula ósea; PCR, reacción en cadena de la polimerasa; QH, quimerismo hemopoyético; REISD, digestión in situ con endonucleasas de restricción, SKY, "cariotipación espectral"; SP, sangre periférica; TPH, trasplante de precursores hemopoyéticos.*

ta la fuente habitual y natural, pueden ser alogénicos (AloTPH), si proceden de otro individuo que actúa como donante y autogénicos (AutoTPH) cuando el donante es el mismo individuo, estos casos serían reimplantes más que auténticos trasplantes. Ambas modalidades son formas de terapia celular bien establecidas y ampliamente utilizadas en el curso del tratamiento de neoplasias hematológicas (leucemias, linfomas, mielomas...), aplasias medulares, inmunodeficiencias y enfermedades congénitas del sistema hemopoyético.<sup>1</sup> Asimismo, recientemente, se utilizan en el tratamiento de ciertos tumores sólidos (cánceres de mama, cerebrales, sarcomas...), e incluso de algunas enfermedades autoinmunes, como la esclerosis múltiple y la artritis reumatoide, entre otras.

En los últimos cinco años se ha comunicado a la Organización Nacional de Trasplantes la realización de 8666 TPHs en España, de los cuales 1703 fueron AloTPH y 6963 AutoTPH.<sup>2</sup> En el mundo, el registro internacional de trasplantes hemopoyéticos (IBMTR) estima que se realizan anualmente 12.000 AloTPHs y más de 18.000 AutoTPHs.

Tradicionalmente, la médula ósea ha sido la fuente principal de las células precursoras hemopoyéticas para trasplantar. Sin embargo, en los últimos años, con la ayuda de hormonas de reciente descubrimiento, denominadas "factores de crecimiento hemopoyético", estas células pueden ser movilizadas y expulsadas a la sangre periférica (SP), posteriormente se pueden cosechar con separadores automatizados de células y criopreservar si es preciso.<sup>3</sup> Este procedimiento es más versátil que la obtención de MO, así, durante 1997, los precursores hemopoyéticos utilizados en el 82% de los 2270 TPHs realizados en España fueron obtenidos de SP. En la última década se ha comenzado a utilizar la sangre del cordón umbilical, como fuente rica en dichos precursores para trasplante.

El efecto curativo de los TPHs, se basa en la utilización de altas dosis de quimio-radioterapia erradicadora, administrada como "acondicionamiento" pretrasplante del paciente. Adicionalmente, en el caso de los AloTPH, la alorreactividad inmunológica del injerto, mediada por los linfocitos T, que da lugar al llamado y temido efecto del injerto contra el huésped (EICH) y la actividad del injerto contra el tumor, posee un potente efecto inmunoterápico. En ambas modalidades, el TPH rescata a los pacientes de la toxicidad hemopoyética letal producida por el tratamiento intensivo (acondicionamiento), administrado para preparar el "nicho" al nuevo injerto y para evitar el rechazo en los AloTPH.

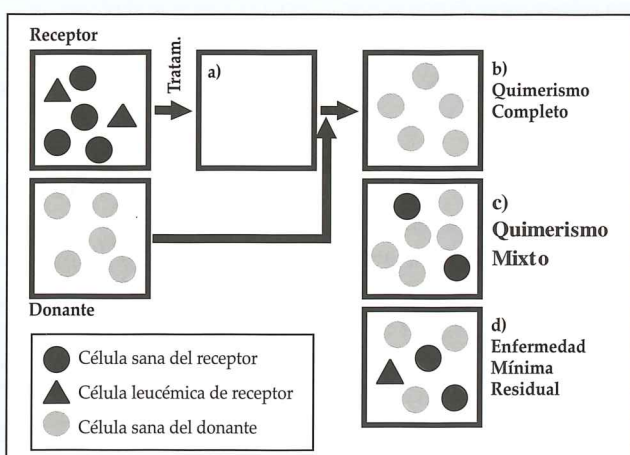
Los AloTPH más frecuentemente realizados son los procedentes de donante familiar histocompatible o HLA idéntico<sup>1</sup>. Debido a la disposición limitada de este tipo de donantes, diversos grupos de investigadores, evalúan la utilización alternativa de donantes emparentados parcialmente idénticos<sup>4</sup> e incluso

Los trasplantes de precursores hemopoyéticos (TPH), tradicionalmente denominados de médula ósea (MO), por ser es-



donantes no emparentados, buscados a través de los registros internacionales de donantes voluntarios de médula y sangre, establecidos con este propósito. El riesgo de mortalidad peritransplante, en AloTPHs, oscila alrededor del 20%-25% en pacientes jóvenes y con donante HLA idéntico, y sube significativamente en los AloTPH parcialmente idénticos, así como los idénticos, hechos en pacientes mayores de 45 años, debido fundamentalmente a la reacción de la EICH. Estos tipos de TPH, se pueden beneficiar de la manipulación *in vitro* del inóculo a trasplantar, con técnicas de inmunoselección positiva de células progenitoras hemopoyéticas (CD34<sup>+</sup>) y/o negativa de linfocitos T (CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup>, CD8<sup>+</sup>). La disminución de la carga de linfocitos T del inóculo, de una u otra forma, contribuye, a la disminución de la alorreactividad del injerto y, por tanto, de la incidencia de la temida EICH.<sup>5</sup> Sin embargo, esta disminución de alorreactividad, conlleva también un mayor riesgo de rechazo del injerto y puede favorecer un aumento de las recaídas neoplásicas, contribuyendo a su vez al fracaso del TPH.

Tras el prendimiento de un AloTPH de SP (15 a 25 días) o de MO (20 a 30 días), se establece en el receptor un estado denominado de *quimerismo hemopoyético* (QH), ya que coexisten en su organismo células propias, con la población celular hemopoyética del donante, la cual tiene un origen genético diferente.<sup>6</sup> Dependiendo de la ausencia o persistencia de células hemopoyéticas del receptor tras el TPH, se distinguen las siguientes situaciones: *quimerismo completo* (QC), si toda la hemopoyesis procede del donante; *quimerismo mixto* (QM), si coexisten células hemopoyéticas del donante y del receptor y, dentro de esta última, *quimerismo disociado* (QD), cuando las líneas linfocítica y mielocítica muestran distinto estado quimérico. Por último, si se observa la persistencia de células tumorales residuales del receptor tras el TPH, éstas contribuyen a la denominada *enfermedad mínima residual* (EMR) (Figura 1).



**Figura 1.** Cuando el tratamiento quimio-radioterápico pre-TPH elimina completamente el tejido linfohemopoyético del receptor (a), la hemopoyesis post-TPH en el paciente deriva totalmente de las células infundidas del donante en el marco de un quimerismo hemopoyético completo QC (b). En caso contrario, el quimerismo se denomina mixto QM (c). Cuando entre las células del paciente que sobreviven al tratamiento pre-TPH pueden encontrarse células leucémicas que contribuyen a la llamada EMR (d).

Globalmente, el éxito de los trasplantes, alogénicos y autogénicos, depende de la persistencia o reaparición de EMR en el paciente trasplantado, si persiste la EMR, el pronóstico en general es más sombrío. Asimismo, en el caso de los AloTPH, depende también del grado de QH conseguido. Un QM, indica la presencia de una proporción de células linfohemopoyéticas del receptor, que pueden incluso provocar el rechazo del injerto. Además, el mantenimiento a largo plazo del QM, suele predecir la recidiva neoplásica.<sup>6,7</sup> A su vez, el grado de QH conseguido post-AloTPH está influido por diversos factores, como la intensidad del acondicionamiento, la identidad HLA entre donante y receptor, la manipulación *in vitro* (selección "positiva" y/o "negativa") del injerto y el tratamiento modulador del EICH administrado.

Adicionalmente, la reconstitución inmunológica, así como de las distintas líneas celulares mieloides (granulocíticas, monocíticas) y linfocíticas (linfocitos T, B, NK) procedentes del nuevo injerto, en el periodo precoz post-TPH, es un proceso biológico heterogéneo y asincrónico en los distintos tipos de TPH de SP y MO, y en particular los AloTPH con manipulación del inóculo. Este hecho, contribuye a que la persistencia o reaparición de la EMR y el grado de QH alcanzado en las distintas líneas celulares no evolucione uniformemente. Se desconoce sin embargo el significado clínico de este hecho.

Es de suma importancia clínica, por tanto, la monitorización post-TPH del QH y de la EMR, porque ayuda a predecir la evolución de los mismos (prendimiento/rechazo, recaída...) y, en consecuencia, contribuye significativamente a la toma de decisiones terapéuticas adecuadas y precoces tras el trasplante.<sup>7</sup> En particular, facilitará la utilización oportuna de las infusiones retardadas, post-AloTPH, de linfocitos del donante (ILD), para tratar la EMR y las recaídas neoplásicas en el momento de menor carga tumoral, así como ciertas infecciones víricas peligrosas, aunque estas ILDs, no están exentas de efectos adversos peligrosos.<sup>8,9</sup>

El QH y la EMR se han estudiado utilizando distintos métodos, entre los que se encuentran la citogenética convencional, o estudio del cariotipo de SP o MO con bandas y más recientemente la hibridación *in situ* fluorescente o FISH<sup>10</sup> que utiliza sondas de ADN complementarias de distintas regiones cromosómicas satélites o involucradas en la alteración genética de la neoplasia a estudiar y conjugadas con un fluorocromo, y las técnicas moleculares.<sup>11</sup> Las técnicas moleculares y, en particular, el análisis de "minisatélites" cromosómicos con la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), muestran alta sensibilidad para los estudios de quimerismo y EMR, sin embargo, aportan baja especificidad y sólo permiten aproximaciones parcialmente cuantitativas. Los estudios basados en la digestión *in situ* cromosómica con endonucleasas de restricción (REISD),<sup>12</sup> complementados con análisis digital de imágenes, permiten la cuantificación del quimerismo en algunos casos en que donante y receptor son del mismo sexo, así como de la EMR. La FISH, por su parte, muestra alta especificidad y permite aproximaciones totalmente cuantitativas. Habitualmente se utiliza para el estudio del quimerismo en AloTPHs de sexo opuesto, mediante la identificación de cro-



mosomas sexuales y para el estudio de la EMR, identificando las anomalías cromosómicas características de las neoplasias hematológicas.

Nuestro grupo ha comparado el análisis del QH, utilizando citogenética convencional de MO y FISH de SP y MO, para los cromosomas sexuales (X,Y), tras el AloTPH de 16 pacientes, con disparidad de sexo entre el donante y el receptor<sup>9</sup>. En este estudio la FISH se ha mostrado como técnica cuantitativa sencilla de aplicar, tanto en muestras procesadas para citogenética convencional como en extensiones directas de SP o MO. Además, no precisa cultivos celulares ni obtención de metafases para su aplicación. La FISH fue más sensible que la citogenética convencional en la detección y seguimiento cuantitativo del quimerismo mixto post-trasplante, siendo muy útil en el manejo de los pacientes trasplantados y en la toma de decisiones terapéuticas como la utilización de ILDs retardadas post-TPH.

Asimismo, desarrollamos actualmente un método basado en FISH que identifica polimorfismos de cromosomas autosómicos para el tamaño de regiones de ADN satélite, y permite la cuantificación del quimerismo en muchos casos en que donante y receptor son del mismo sexo.

La nueva técnica, denominada en el lenguaje cifrado de ex-

perto SKY, permite ampliar la aplicabilidad del FISH en la detección de la EMR, a través del *painting* o pintado fluorescente cromosómico multicolor, ya que éste tiene la capacidad de detectar anomalías estructurales cromosómicas (traslocaciones, deleciones, ganancias...) crípticas para otras técnicas, aunque tiene la limitación de precisar, para ello, del análisis de metafases.<sup>13</sup>

En este campo de estudio, varios grupos de investigadores, tienen como objetivo el desarrollo de las técnicas citogenéticas (FISH, SKY, REISD), y moleculares por PCR, para la monitorización cuantitativa de la EMR y del QH. Las aplican no sólo en muestras de SP y/o MO globales, sino también en subpoblaciones celulares individualizadas, que permitan la identificación de los distintos linajes celulares hemopoyéticos que participan en la EMR y en la recaída neoplásica tras los TPHs, así como en el quimerismo hemopoyético tras AloTPH.

Todo ello ayudará a comprender mejor los procesos biológicos que subyacen en los distintos TPHs y a comparar y diferenciar su evolución, en función de los distintos inóculos utilizados, de su manipulación *in vitro* y de las distintas terapias peritrasplante administradas a los pacientes, en definitiva facilitará al médico el diagnóstico correcto y la toma de decisiones, a veces complejas y peligrosas.

## REFERENCIAS

1. Armitage JO. Bone Marrow Transplantation. *New Eng J Med* 330:827-838, 1994
2. ONT. Trasplante de progenitores hematopoyéticos y memoria sobre actividad del REDMO. *Informe anual*, 1997
3. Horowitz MM, Rowlings PA. An update from the International Bone Marrow Transplant Registry on current activity in hematopoietic stem cell transplantation. *Curr Op Hematol* 4:395-400, 1997
4. Aversa F, Tabilio A, Terenzi A, Velardi A, Falzetti F, et al. Successful engraftment of T-depleted haploidentical three loci incompatible transplants in leukemia patients by addition of recombinant granulocyte-colony-stimulating factor mobilized peripheral blood progenitor cells to bone marrow inoculum. *Blood* 84:3948, 1994
5. Urbano-Ispizua A, Rozman C, Martínez C, Marín P, Briones J et al. Rapid engraftment without significant graft-versus-host disease after allogeneic transplantation of CD34+ selected cells from peripheral blood. *Blood* 89:3967, 1997
6. McCann SR, Lawler M. Mixed chimaerism: detection and significance following BMT. *Bone Marrow Transplant* 11:91-94, 1993
7. Díez-Martín JL, Llamas P, Gosálvez J, López-Fernández C, Polo N, et al. Conventional cytogenetics and FISH evaluation of chimaerism after sex-mismatched bone marrow transplantation (BMT) and donor leucocyte infusion (DLI). *Haematologica* 83: 408-415, 1998
8. Kolb HS, Schattenberg A, Goldman JM, and the EMBT group. Graft-versus-leukemia effect of donor lymphocyte transfusions in marrow grafted patients. *Blood* 86:2041, 1995
9. Díez-Martín JL, Moreno M, Regidor C. Inmunoterapia adoptiva con leucocitos del donante (ILD) para el tratamiento de las recaídas de las leucemias agudas tras trasplante alogénico hematopoyético. *Haematologica* 82 (supl 1):118-23, 1997
10. Dewald GW, Schad CR, Christensen ER, Law ME, Zinsmeister AR, et al. Fluorescence in situ hybridization with X and Y chromosome probes for cytogenetic studies on bone marrow cells after opposite sex transplantation. *Bone Marrow Transplant* 12:149, 1993
11. Lawler M, Humphries P, McCann SR. Evaluation of mixed chimerism by in vitro amplification of dinucleotide repeat sequences using the polymerase chain reaction. *Blood* 77:2504, 1991
12. Díez-Martín JL, Buño I, López-Fernández C, Fernández MN, Llamas P, et al. Restriction endonuclease *in situ* digestion (REISD): a novel quantitative sex-independent method to analyze chimerism after bone marrow transplantation. *Exper Hematol* 24:1333, 1996
13. Veldman T, Vignon C, Schrock E, Rowley JD, Ried T. Hidden chromosome abnormalities in hematological malignancies detected by multicolor spectral karyotyping. *Nat Genet* 15:406, 1997



# Materiales alternativos de las superaleaciones: compuestos intermetálicos

**AUTOR:** P. ADEVA

*Departamento de Metalurgia Física.*

*Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas.*

*Av. Gregorio del Amo, 8. 28040 Madrid*

## RESUMEN

La investigación en el campo de los materiales intermetálicos ha recibido un fuerte impulso a partir de los años 80 debido principalmente a las demandas, por parte del sector aeronáutico, de materiales resistentes, tenaces y dúctiles a elevadas temperaturas que puedan sustituir a las superaleaciones. En este trabajo se analizan las propiedades más características de estos compuestos tales como la estructura ordenada, los elevados valores de límite elástico y resistencia a la rotura, que mantienen hasta temperaturas elevadas, etc. Asimismo se comentan los inconvenientes de su escasa ductilidad y tenacidad y se revisan los resultados más recientes de las investigaciones, abordándose por grupos según la siguiente clasificación: aluminuros de níquel, aluminuros de titanio, aluminuros de hierro y otros intermetálicos (siliciuros y aluminuros de metales refractarios).

## ABSTRACT

Interest for research on intermetallics materials has growth sharply since the 80's, mainly due to a high demand from the aeronautic industry for strength, stiff, light and ductile materials at high temperatures in substitution to superalloys. This paper outlines the current state-of-the-art of the most characteristics properties of some intermetallic compounds, such as ordered structures, high yield and fracture stress which tend to be maintained up to high temperatures. This paper comments the drawbacks of their limited ductility and tenacity and reviews the most recent research results in the field according with the following classification: Nickel Aluminides, Titanium Aluminides, Iron Aluminides and other intermetallics (silicides and aluminides of refractory metals).

## INTRODUCCION

Los primeros estudios sobre materiales intermetálicos se deben a Kurnakov y col. (1916) y se refieren a un estudio de compuestos intermetálicos del sistema Au-Cu. Pero realmente la actividad científica en este campo se inició a principios de los años 50, aunque se produjo un importante declive a fina-

les de los 60 por el problema de la gran fragilidad que presentaban estos materiales a temperatura ambiente. Aunque los estudios que se habían realizado hasta ese momento habían sido fundamentalmente de carácter básico, quedaba implícita la idea de sus posibles aplicaciones estructurales. A principios de los 80, tras el descubrimiento por parte de Aoki e Izumi que pequeñas adiciones de B ductilizaban el  $Ni_3Al$ , se produce un resurgimiento del interés por estos materiales y de sus posibles aplicaciones. En los últimos años la investigación y el desarrollo de los materiales intermetálicos para aplicaciones estructurales a altas temperaturas se han visto favorecidas por las demandas de la industria aeroespacial, de materiales alternativos a las superaleaciones con el objetivo de desarrollar materiales más ligeros, más resistentes y con una temperatura de trabajo superior. Estados Unidos y Japón son los países que más activamente han trabajado en la investigación y desarrollo de este tipo de materiales siendo la actividad en Europa comparativamente muy baja. La actividad desarrollada es tal que están identificados en la literatura una enorme cantidad de intermetálicos monofásicos (en algunos casos polifásicos) aunque sólo unos pocos se han considerado potencialmente candidatos para aplicaciones estructurales a intermedias y elevadas temperaturas

Los materiales intermetálicos son fases o compuestos con relaciones atómicas enteras y bien definidas con un intervalo muy limitado de composiciones posibles. Poseen una estructura cristalográfica con orden de largo alcance que en unos compuestos puede mantenerse hasta la temperatura de fusión y en otros puede desordenarse a una temperatura característica más baja. Esta estructura ordenada hace que los coeficientes de autodifusión sean menores que en una aleación desordenada, proporcionándoles una mayor estabilidad estructural a altas temperaturas y buena resistencia a la fluencia. Combinan, además, propiedades como baja densidad, elevada resistencia mecánica a altas temperaturas y buena resistencia a la oxidación. Los principales inconvenientes son la escasa ductilidad y tenacidad a temperatura ambiente. Las propiedades mecánicas se explican por estructuras de superdislocaciones complejas que impiden el deslizamiento mediante diferentes procesos. En unos casos se forman configuraciones de núcleos de dislocaciones extendidas que producen elevadas fuerzas de fricción. También las superdislocaciones se disocian produciendo configuraciones de dislocaciones inmóviles o deslizamiento plano, lo que en definitiva provoca aumentos del límite elástico, de la velocidad de endurecimiento y de la fragilidad. Otra causa de la escasa ductilidad de policristales de estos materiales es la debilidad de las fronteras de grano.



Hay evidencia experimental que demuestra que las propiedades mecánicas de los intermetálicos multifásicos son mejores que las de los intermetálicos monofásicos. Esto es especialmente claro en el caso de los aluminuros de níquel y de titanio. Por ello, una de las líneas de investigación actual es el desarrollo de intermetálicos con más de una fase, mediante el control del proceso y de la composición. Asimismo, se está realizando una gran tarea en el estudio de *intermetálicos exóticos*, con temperatura de trabajo potencialmente muy alta.

La mayor actividad científica, sobre todo de carácter fundamental, se ha desarrollado en aluminuros de estructura tipo L12 que deriva de la fcc. A continuación le siguen los que presentan estructura B2 que deriva de la bcc. La razón es sencilla y se debe a que la mayoría de las aleaciones empleadas en aplicaciones estructurales a alta temperatura poseen estructuras fcc o bcc y sólo unas pocas hcp (los metales con estructura fcc y bcc son más dúctiles que los que poseen estructuras más complejas). Por analogía se supuso que algo similar ocurriría con los intermetálicos y éste ha sido el criterio seguido en la elección de intermetálicos a investigar.

## ALUMINUROS

Los aluminuros de níquel, hierro y titanio son los intermetálicos considerados como más prometedores para ser utilizados, a escala industrial, en aplicaciones estructurales en las que se requieran buena relación resistencia mecánica/masa y resistencia a la oxidación a elevadas temperaturas. La actividad investigadora desarrollada en estos materiales es grande pero a pesar de ello quedan aún algunos vacíos en el conocimiento, especialmente en el comportamiento en fluencia y fatiga. Actualmente, sin embargo, hay algunos grupos trabajando en estos temas y con relativa frecuencia aparecen publicaciones relacionadas con la fluencia y a la fatiga de intermetálicos. En esta línea está la revisión realizada por Stloff titulada *Fatigue of Aluminides and Silicides* publicada en 1997 en

el ISIJ Internacional (No.12. Vol.37) y las recientes publicaciones también en 1997 de Artz y otros sobre fluencia de Ni<sub>3</sub>Al reforzado por dispersión (Acta mater, 45, pp. 201, Mater. Sci. Eng. A.231, pp. 198, A234, pp. 22)

### Aluminuros de níquel. Ni<sub>3</sub>Al

Este es el intermetálico más estudiado debido por una parte a que su estructura de tipo L12, red cúbica centrada en las caras ocupando los átomos de níquel las posiciones del centro de las caras y los átomos de aluminio los vértices, le confiere la propiedad singular de que su límite elástico aumenta con la temperatura alcanzando un máximo que se sitúa hacia los 650 °C (Fig.1). La presencia de pequeñas concentraciones de elementos como Hf, Zr, Si, etc... modifica el máximo situándolo en el intervalo 600 - 800 °C. Además, el presentar esta estructura cristalina sencilla ha permitido estudiar y comprender muchos aspectos fundamentales del comportamiento de esta familia de materiales. Debido a la peculiaridad del fenómeno conocido como comportamiento anómalo del límite elástico, éste se tratará en el apartado siguiente.

Otros aspectos interesantes del Ni<sub>3</sub>Al son que se mantiene ordenado hasta la temperatura de fusión (1390 °C), su buena resistencia a la oxidación al aire mediante la formación de películas protectoras de óxidos ricos en aluminio y que presenta un alto coeficiente de endurecimiento, en especial desde temperatura ambiente hasta 200 °C. Todas estas propiedades permiten considerar al Ni<sub>3</sub>Al apto para su empleo en una amplia gama de aplicaciones a elevadas temperaturas, tales como turbinas de gas y de vapor y otras piezas de motores, así como para componentes empleados en ambientes corrosivos (procesos de la industria química, ambientes marinos o yacimientos de gas y petróleo). También pueden encontrar aplicación en la fabricación de pistones de automóviles, válvulas, troqueles, cojinetes, tuberías, etc En la Fig. 2 se muestra un prototipo de un disco de turbina fabricada, con una aleación de Ni<sub>3</sub>Al, mediante deformación isoterma. Este material con ta-

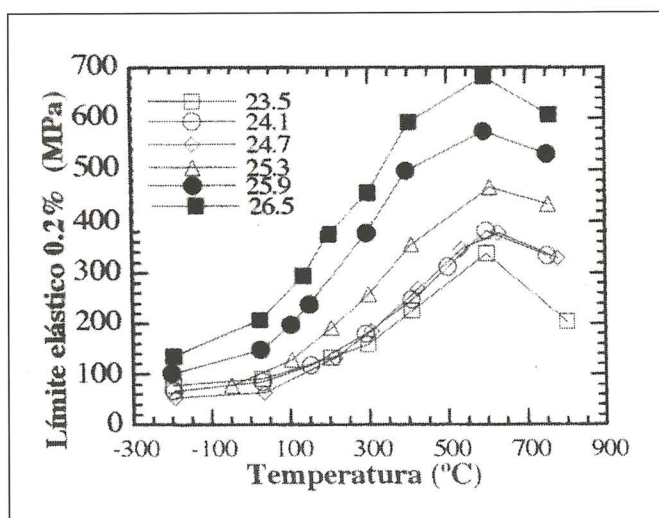


Fig.1 Variación del límite elástico con la temperatura para diferentes contenidos de Al.

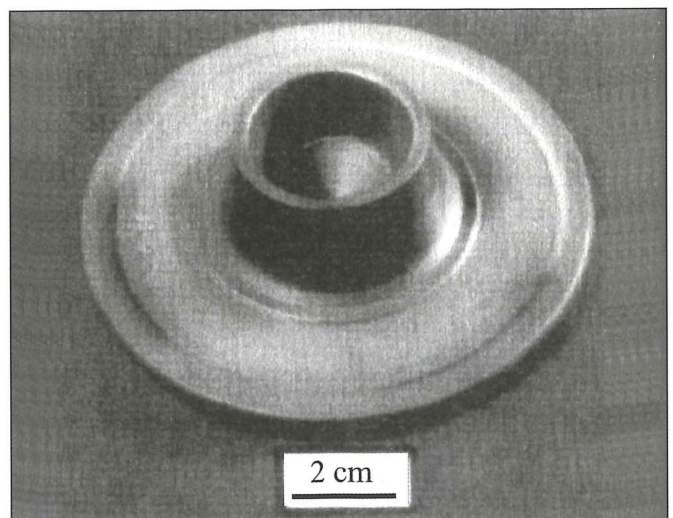


Fig.2 Prototipo de un disco de turbina Ni-18Al-8Cr-1Zr-0,15B (% at).



maño de grano de unas 6  $\mu\text{m}$  presenta comportamiento superplástico en el intervalo 900-1100 °C a velocidades de deformación comprendidas entre  $10^{-5}$  y  $10^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Entre los principales inconvenientes que presenta este material es su gran fragilidad a temperatura ambiente cuando el material es policristalino. En 1979 Aoki e Izumi descubrieron que pequeñas adiciones de B mejoran este comportamiento y desde entonces se han realizado numerosos estudios y trabajos tanto desde un punto de vista básico como aplicado, para entender el problema de la fragilidad de este intermetálico y el papel del boro. Son muchas las hipótesis que hay al respecto y realmente pocas las evidencias experimentales.

Se admite que los límites de grano del  $\text{Ni}_3\text{Al}$  son inherentemente frágiles de modo que la rotura del material se produce de un modo frágil e intergranular. Diferentes autores han comprobado además que la segregación de impurezas en los límites de grano, y especialmente el azufre, contribuyen a aumentar la fragilidad del material.

Teorías recientes asocian el problema de la fragilidad a temperatura ambiente del intermetálico exento de boro, a un fenómeno de interacción con el medio ambiente. Se ha observado que el  $\text{Ni}_3\text{Al}$  muestra un comportamiento totalmente frágil cuando los ensayos se efectúan al aire o en atmósferas que contengan vapor de agua e/o hidrógeno. El fenómeno parece que es debido a la penetración de hidrógeno atómico tanto a través de la red como de las fronteras de grano. Algunos autores indican que se puede eliminar la fragilidad ambiental del  $\text{Ni}_3\text{Al}$  procesándolo por técnicas de solidificación unidireccional. En estas condiciones, el material presenta una fractura dúctil transgranular como consecuencia de la menor concentración de tensiones en las fronteras de grano, por ser de bajo ángulo. Las adiciones de boro aumentan la ductilidad del intermetálico de una manera espectacular, cambiando el modo de fractura a transgranular. Se ha demostrado, sin embargo, la efectividad del B y la ausencia de fractura intergranular para materiales con contenidos de Al por debajo del 25 %.

Otro problema que presentaba este material es el aumento de la fragilidad a temperaturas intermedias y altas, relacionado con un fenómeno de fragilización dinámica por penetración de oxígeno atómico a través de las fronteras de grano. Actualmente este problema aunque no se ha resuelto, sí se ha aliviado controlando la forma del grano y añadiendo Cr ya que facilita la formación rápida de óxidos ricos en Cr que reducen la penetración de oxígeno a través de las fronteras de grano. Así mismo se están realizando muchas investigaciones encaminadas a la obtención de películas protectoras y adherentes mediante tratamientos superficiales y mediante la adición de elementos que favorezcan su formación.

En cuanto al comportamiento en fluencia de este material notablemente mejor si se adicionan elementos como el Zr, Hf y Ta que aumentan el límite elástico, es claramente peor en la vida a rotura que cualquiera de las superaleaciones empleadas en la fabricación de discos o álabes de turbinas. El comportamiento a fatiga es sin embargo bueno. A temperatura ambiente, la velocidad de crecimiento de grietas en el intermetálico con B es mucho menor que en las superaleaciones,

aunque esta velocidad aumenta a medida que aumenta la temperatura experimentando una fuerte sensibilidad al medio ambiente, especialmente al oxígeno. El comportamiento a fatiga a altos ciclos es excelente.

En resumen se puede decir que el empleo de este intermetálico a bajas temperaturas está todavía limitado por los problemas que presenta su trabajado en frío

A temperaturas intermedias tampoco pueden competir, por el momento, con las superaleaciones por la limitación que representa su baja resistencia a fluencia. Sin embargo, dada su buena resistencia a la fatiga térmica, este material en forma monocristalina es adecuado para la fabricación de piezas no rotatorias (distribuidor) que trabajan a alta temperatura y en atmósferas oxidantes.

Líneas de investigación prioritarias son la obtención de películas protectoras para mejorar la ductilidad a temperaturas intermedias y la mejora de propiedades en fluencia.

## NiAl

El interés de este intermetálico para aplicaciones estructurales a alta temperatura se debe a que posee una estructura ordenada tipo B2, una temperatura de fusión de 1638 °C, baja densidad (6 gr/cm<sup>3</sup>), alto módulo elástico (1896 Pa), y una elevada solubilidad para un tercer elemento lo que le produce un reforzamiento adicional y una elevada resistencia a la oxidación. Este intermetálico es el principal constituyente de los recubrimientos resistentes a la oxidación a altas temperaturas. Su principal inconveniente es su escasa ductilidad a temperatura ambiente, causa por lo que sus aplicaciones son muy limitadas. En este caso, la fragilidad no está relacionada con la debilidad de las fronteras de grano si no con el escaso número de sistemas de deslizamiento ya que posee únicamente tres {110} en las direcciones <100>. Hay diferentes estudios que muestran que la ductilidad crece a medida que disminuye el tamaño de grano por debajo de 20  $\mu\text{m}$ . Cuando el material se procesa por técnicas de solidificación rápida se produce un aumento importante del alargamiento como consecuencia de la disminución de tamaño de grano y del grado de orden. La transición dúctil-frágil tiene lugar en el intervalo 300-600 °C y la temperatura depende de la estequiometría y del tamaño de grano. Se puede concluir que la resistencia y ductilidad de este intermetálico no es aún competitiva con las de las superaleaciones de alta resistencia. Sin embargo, sí se ha demostrado muy interesante, para la fabricación de álabes de turbinas, el sistema  $\text{NiAlTi}$  y en concreto la aleación bifásica  $\text{NiAl-Ni}_2\text{AlTi}$ . Debido a que las dos fases ordenadas con estructura bcc están en epitaxia y el parámetro de red del NiAl es la mitad del de la segunda fase, las dos fases son bastante compatibles. La presencia de intercaras semicoherentes entre estas dos fases proporciona una resistencia a la fluencia equivalente a la de la aleación de alta resistencia MAR-M200 utilizada en la fabricación de álabes de turbinas en la industria aeroespacial. El principal problema continúa siendo la fragilidad. Algunos intentos para resolver este problema se han basado en actuar sobre el procesado y concretamente la soli-



dificación direccional no ha resuelto el problema. Las ventajas de utilizar esta aleación en la fabricación de álabes de turbinas en sustitución de las aleaciones actuales son claras, la me-



Fig.3 Microestructura laminar de aleaciones bifásicas TiAl/Ti<sub>3</sub>Al.

### Aluminuros de titanio

Dentro de esta familia, el Ti<sub>3</sub>Al ha sido el más estudiado. Recientemente, sin embargo, es al TiAl al que se le está dedicando mayor atención motivado por la puesta en marcha de programas para materiales estructurales para vehículos hipersónicos.

#### TiAl

Este intermetálico presenta una estructura tetragonal centrada en las caras, permanece ordenado hasta su temperatura de fusión (1460 °C) y su densidad es 3,8 g/cm<sup>3</sup>. La resistencia mecánica y a la oxidación así como su módulo elástico son mucho mayores que los del Ti<sub>3</sub>Al. Su principal inconveniente es, como siempre, su escasa ductilidad a temperatura ambiente y su mal comportamiento en fluencia.

La mayor parte del trabajo que se está llevando a cabo es en aleaciones TiAl, compuestos bifásicos TiAl/Ti<sub>3</sub>Al ya que son más dúctiles que el compuesto monofásico. La microestructura de estas aleaciones es laminar (Fig.3), con relaciones de orientación. La fase TiAl es la mayoritaria y presenta una gran cantidad de maclas paralelas a las fronteras de las láminas. La deformación en estas aleaciones se produce por maclaje y deslizamiento. La ductilidad a temperatura ambiente depende de la orientación de las láminas respecto del eje de carga. Los mayores alargamientos se alcanzan cuando éste está inclinado por encima de 50°. El control de la microestructura (espesor de las láminas de TiAl, tamaños de dominio en TiAl, fracción de volumen de la fase Ti<sub>3</sub>Al, tamaño de grano, etc), y por ello el procesado, tiene una gran influencia en sus propiedades. Así, mediante forja a 1300 °C se ha conseguido que la aleación Ti-47%Al-3%Cr (at) muestre comportamiento superplástico (380%) a una velocidad inicial de deformación de 5x10<sup>-4</sup> s<sup>-1</sup> a 1200 °C (Fig.4). También

la menor densidad de esta aleación bifásica proporcionaría un ahorro de peso considerable y menores tensiones en el disco de la turbina.

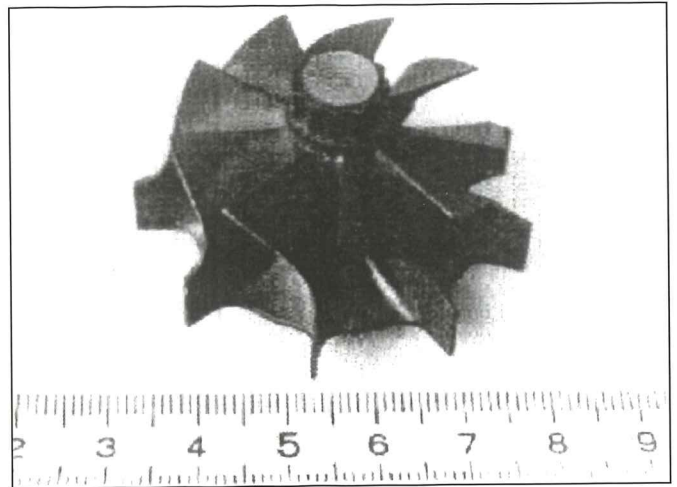


Fig.4- Rueda de turbocargador fabricada en TiAl.

las adiciones de Mo le confieren a este material comportamiento superplástico a 800 °C.

El comportamiento en fluencia del compuesto bifásico depende de la microestructura. Así, la estructura laminar confiere mejores propiedades que una estructura equiaxial. El problema es que este tipo de estructura es frágil a temperatura ambiente. Por tanto, es necesario buscar una solución de compromiso entre propiedades mecánicas a baja o alta temperatura. Algunas soluciones que se plantean son: mejorar el comportamiento en fluencia del material con estructura equiaxial mediante reforzamiento por dispersión de óxidos o ductilizar la estructura laminar.

#### Ti<sub>3</sub>Al

Su estructura es hexagonal ordenada. El intermetálico estequiométrico tiene una densidad de 4,2 g/cm<sup>3</sup> pero cuando se alea se aproxima a la de las aleaciones de Ti (4,7 g/cm<sup>3</sup>) aunque con una ventaja que es la de poder trabajar a temperaturas superiores, por encima de 600 °C. Los materiales de estructura bifásica Ti<sub>3</sub>Al+b (b es la solución sólida de Al en Ti) son los que proporcionan mejores propiedades para aplicaciones estructurales tales como resistencia mecánica y a la oxidación y elevado módulo elástico, propiedades muy superiores a las que presentan las aleaciones de Ti. Sus principales inconvenientes son la escasa ductilidad y tenacidad a la fractura. Otro problema que presentan es la aparición de microgrietas superficiales cuando el material se deforma plásticamente al aire, en el intervalo 600-700 °C, lo que obliga a recubrir los materiales. Se ha demostrado que es necesaria la presencia de una fracción mínima de fase b para que el material presente las propiedades requeridas para el empleo en la fabricación de componentes de motores. Asimismo, la microestructura obtenida por tratamientos térmicos tiene una gran influencia en las propiedades mecánicas, de modo que es po-



sible obtener la microestructura más adecuada para optimizar una determinada propiedad. El empleo de este material en la fabricación de componentes de compresores y turbinas no es aún inmediato ya que es necesario mejorar su resistencia a la fluencia y la tenacidad

### Aluminuros de hierro

Las propiedades interesantes de los aluminuros de hierro son su elevada resistencia a la oxidación y a la sulfuración a altas temperaturas debido a la formación de una capa protectora de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , muy adherente. Además, la estructura ordenada que presentan,  $\text{DO}_3$  en el caso del  $\text{Fe}_3\text{Al}$  y  $\text{B}_2$  el  $\text{FeAl}$  no excluyen, en principio, la posibilidad de presentar un buen comportamiento plástico. Las densidades de estos intermetálicos están comprendidas entre 5,49-6,68 g/cm<sup>3</sup>, un 30% inferior a las de las superaleaciones comerciales de base Ni. Estas razones son las que han decidido a muchos laboratorios a investigar y desarrollar estos materiales para ser aplicados, al menos, hasta 650 °C. Sin embargo, uno de los primeros problemas que apareció fue el de la fragilidad a temperatura ambiente, comportamiento algo sorprendente ya que ambos compuestos poseen 5 sistemas de deslizamiento independientes ( $\{110\}$  <111>). Estudios recientes indican que el límite elástico y el endurecimiento aumentan a medida que lo hace el contenido de aluminio pero la ductilidad disminuye a medida que aumenta el tamaño de grano. La variación de la ductilidad y resistencia a temperatura ambiente parece deberse a la presencia de dislocaciones de tipo <111> y a la menor energía de las fronteras de antifase cuando disminuye el contenido de aluminio. Las adiciones de B mejoran la ductilidad del Fe-40Al mediante reforzamiento de la frontera de grano.

Hay pocos estudios de los mecanismos de deformación a alta temperatura de estos intermetálicos. Los estudios más recientes indican que en el intervalo 1373-1673 °C, el FeAl deforma mediante dos mecanismos independientes, pero con la misma energía de activación. Ambos mecanismos dependen del tamaño de grano, pero para las tensiones más altas con  $n=5$ , la resistencia aumenta a medida que disminuye el tamaño de grano mientras que para  $n=1$  ocurre lo contrario. Los autores sugieren que el reforzamiento de frontera de grano del tipo Hall-Petch es importante hasta temperaturas de  $0.75 T_f$  que es lo habitual en los metales y la fluencia parece estar controlada por el flujo viscoso de dislocaciones ya que no se observaron subgranos. La resistencia a la fluencia del  $\text{Fe}_3\text{Al}$  es muy baja incluso a temperaturas moderadas asociándose a la estructura cristalina, relativamente abierta, de estos intermetálicos.

### OTROS INTERMETÁLICOS

Ninguno de los intermetálicos tratados hasta ahora pueden utilizarse a temperaturas por encima de 1000 °C, a excepción del NiAl cuya temperatura potencial es de 1050 °C. Fleischer de General Electric hizo una selección de unos 300 compuestos binarios cuyas temperaturas de fusión estaban

comprendidas en el intervalo 1500-2500 °C y estudió mediante ensayos de microdureza a alta temperatura, su comportamiento plástico (el estudio de las microgrietas generadas alrededor de la huella proporciona una medida aproximada de la ductilidad/fragilidad). El criterio a seguir a la hora de seleccionar, entre todos estos materiales, los que han de investigarse es fundamentalmente analizar si cumplen los requisitos mínimos para la aplicación a la que va a ser destinado. Además es necesario tener en cuenta las propiedades que se requieran para esa determinada aplicación para estudiarlas. Así, si se está buscando un material para fabricar álabes de turbina para sustituir a las aleaciones monocristalinas de base níquel, es necesario analizar el comportamiento en fluencia a tiempos largos, la estabilidad microestructural, resistencia al ambiente, comportamiento a fatiga mecánica y térmica, resistencia al impacto y proceso de fabricación. Con este planteamiento es posible eliminar alguno de los candidatos no idóneos en alguna de las fases de la investigación. Teniendo en cuenta, pues, las posibles aplicaciones industriales es posible focalizar la investigación y el desarrollo en unos pocos intermetálicos bien seleccionados. La resistencia a la oxidación es una de las propiedades más importantes que deben presentar los intermetálicos para la mayoría de las aplicaciones a alta temperatura. Con lo cual los intermetálicos más atractivos serán aquellos que tengan un alto contenido en aluminio, cromo y silicio con el fin de que dispongan de capas protectoras. Por otro lado, la elección de una estructura cristalina es importante para lograr plasticidad. En general las estructuras con alta simetría ofrecen mejores expectativas para alcanzar una razonable ductilidad. Finalmente una resistencia mecánica a alta temperatura adecuada se obtiene con materiales de alto punto de fusión ya que estos materiales retienen una resistencia significativa hasta  $0.5-0.6 T_f$ .

Los intermetálicos más prometedores a corto plazo son los aluminuros de titanio y algunos siliciuros de elementos de transición y de elementos refractarios. Para finalizar hay que comentar la gran actividad que se está llevando a cabo en la línea de materiales compuestos tanto de matriz intermetálica como en los que este material se emplea como refuerzo.

El objetivo que se persigue en el primer caso es, conseguir un material con una mayor tolerancia al daño, mediante la elección de un refuerzo que puentee las grietas, y con mejor comportamiento en fluencia.

### BIBLIOGRAFIA

- 1- Intermetallic Compounds. Principles and Practice. Edited by J.H. Westbrook and R.L. Fleisher. John Wiley and Sons, (1995).
- 2- Intermetallic Alloys for Use at High temperature. Workshop. Preprints. Brussels. Commission of the European Communities. JRC. The Petten Establishment. (1990)
- 3- High temperature Intermetallics. The Royal Society of London. The Institute of Metals, (1991)
- 4- Structural Materials. 4th Conference on High temperature Intermetallics, San Diego. Edited by Materials Science and Engineering, 239-240 (1997).



# PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACION



## Placa de Honor 1998 concedida al Dr. Alfredo Tiemblo Ramos

A un modesto *homme de lettres*, como yo, le resulta misteriosa y cabalística la pizarra de Alfredo Tiemblo, cada vez que voy a visitarle. Está llena de expresiones matemáticas con signos arcanos, que a mí se me representan otras tantas grafías de alguna lengua semítica que tampoco hubiera yo saludado. Y mi desconcierto llega al máximo cuando me cita a Leibnitz o Kant como a gente que algo tiene que ver con el desempeño de su menester. Confieso que, aun habiéndolo intentado a su vera, todavía no he llegado a saber qué es un físico teórico o, quizá más exactamente, un físico teórico como él.

Hace algunos años trabajaba Alfredo Tiemblo en teoría de grupos y fundamento matemático de los principios de simetría. Ahora trabaja en una nueva teoría sobre la gravitación, que lleva aparejada una nueva concepción del espacio y del tiempo. Yo recuerdo, de mi lejano estudio de filosofía, la definición del espacio y del tiempo que hizo Francisco Suárez, con la expresión *ens rationis cum fundamento in re*. Es decir, algo que tiene que ver con el ejercicio de la Razón y con la percepción de la realidad física, o lo que es lo mismo, una cuestión en parte epistemológica y en parte cosmológica.

Estoy seguro de que no pecaría de irresponsabilidad o ligereza si afirmara que mi amigo Tiemblo es un lujo de la ciencia española, cuyos trabajos se han recogido en la última edi-

ción de *New frontiers in gravitation* (Palm Arbor, Hadronic Press, USA, 1966, 115-145).

Y sin embargo, mal tercio le hago al decir esto, porque la ciencia de lujo no resulta relevante ni rentable para algunos financiadores de I+D que sólo justifican estos gastos en razón de la producción y venta de exquisitos cachivaches de alto valor añadido y del consiguiente aumento de puestos de trabajo. Todavía quedan entre nosotros algunas personas que no se han enterado de que la "industria del conocimiento" –expresión muy usada por Tiemblo– es un frente único y unívoco, en el que no se triunfa con escaramuzas de listo ni con programaciones fundadas en una falsa actitud práctica rotulada como "política científica". Nuestro angustioso apremio por la innovación tecnológica se hace, además, suicida si trabajos como los de Tiemblo los consideramos tarea de mero prestigio o labor de adorno, tal que el piano y el bordado de aquellas antiguas y distinguidas señoritas no destinadas a integrar el tejido productivo.

El conocimiento es para Tiemblo una pasión gustosa y hasta un vicio, si sucumbimos ante el prejuicio masoquista de que es viciosa toda pasión intensamente placentera. Causa no leve pasmo lo que sabe de arte, prehistoria, arqueología, historia, música, filosofía, astronomía, etc., sin que tanta apertura a los saberes surta efectos de dispersión. Su ejecutoria académica en la Universidad Central de Madrid, con tesis doctoral preparada en Bolonia y defendida en Madrid, muestra su firme andadura por la Física. Su presidencia de la Real Sociedad Española de Física, así como la medalla de oro de dicha institución, son argumentos sólidos que avalan su vocación y dedicación a esta disciplina. Y nada más ajeno a él que la figura del sabio distraído o absorto en la íntima delectación del saber. Ha fundado y dirigido dos institutos en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas: el de Estructura de la Materia y el de Matemáticas y Física Fundamental. Su pasión por el conocimiento no es, pues, la de un *connaisseur*, sino la de una mente poderosa y jamás resignada ante esa huidiza explicabilidad última de la materia, o del "ente sensible" de los escolásticos, que siempre escapa hacia la opacidad del "ser". Por eso Tiemblo, quizá a pesar suyo y de su rigurosa percepción de los límites de su menester, va convirtiéndose en un excitante merodeador de los umbrales de la metafísica.

El día en que Tiemblo termine sus trabajos sobre gravitación, la Física habrá encontrado horizontes nuevos respecto a la perspectiva einsteniana. Con todas sus consecuencias también de orden práctico. Mientras tanto, los miembros de la Asociación Española de Científicos tendremos la satisfacción de haberle animado un poco con el diploma y la placa que le hemos entregado.

Jesús Martín Tejedor





### Placa de Honor 1998 concedida al Dr. Antonio Bello Pérez

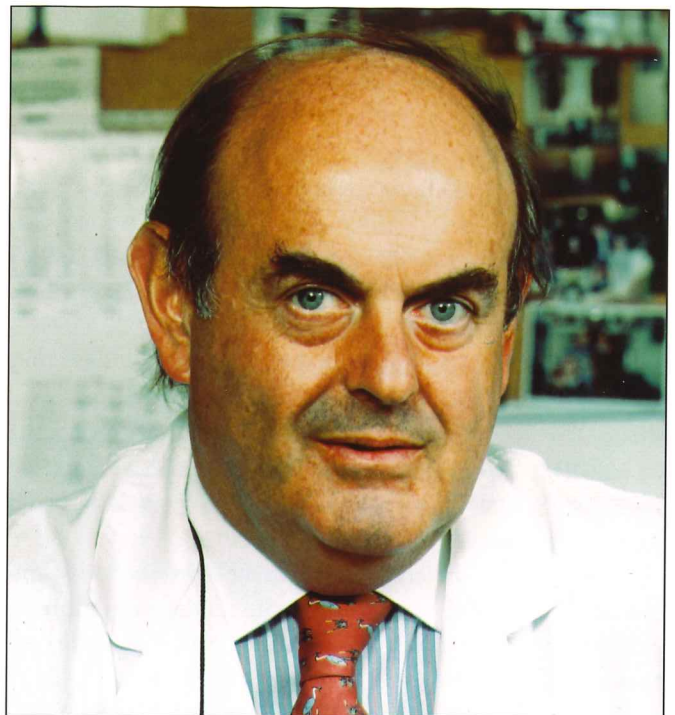
El Prof. Antonio Bello Pérez, doctor en Ciencias Biológicas, se inició en el estudio de los nematodos edáficos en los años sesenta, algunos de los cuales estuvo becado en el laboratorio de morfología de la Universidad de Gante, donde, integrado en el equipo del Prof. de Coninck, realizó diversos trabajos sobre sistemática y morfología de distintos grupos de nematodos. Sin embargo, en todo momento se mostró interesado en la ecología del suelo y las alteraciones producidas en él por la acción antrópica.

Durante su mandato como director del antiguo Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid, puso de manifiesto su gran capacidad de trabajo y visión de conjunto, al fomentar, por primera y única vez en este Centro, la realización de proyectos multidisciplinarios para el estudio del suelo y su biología, que integraban a la práctica totalidad del personal. A su cese en la dirección y reestructuración del hoy Centro de Ciencias Medioambientales, instauró el Departamento de Agroecología, con la misma misión integradora, que no fue demasiado comprendida, siendo desde entonces su jefe y *alma mater*.

Su incorporación al MBTOC (Methyl Bromide Technical Options Committee) le ha permitido poner sus vastos conocimientos de ecología del suelo a la búsqueda de alternativas viables y respetuosas con el ambiente al uso de este pesticida que destruye la capa de ozono y, utilizando los nematodos como base de trabajo ha armonizado el uso de técnicas agrícolas tradicionales para el control de patógenos de origen edáfica, junto con el uso de recursos naturales locales, sentando las bases de una nueva disciplina que se conoce con el nombre de **biofumigación**, erradicando así el uso de pesticidas o nematicidas artificiales, potencialmente peligrosos para el medio ambiente.

De su tremenda capacidad de trabajo, dedicación y creatividad hablan los numerosos trabajos publicados en revistas nacionales e internacionales y capítulos de libros, sobre diversos aspectos de la agroecología, sus comunicaciones a congresos, conferencias y cursos que le han dado renombre internacional y le han hecho merecedor de diversos premios. De su calidad humana y sentido de la amistad da testimonio el buen número de personal que ha formado y que sigue formando y, los entrañables lazos que mantiene con colegas de los cinco continentes donde siempre es bien recibido, pues nadie que acude a él en demanda de consejo o ayuda, sale de vacío.

Armando González-Posada



### Placa de Honor 1998 concedida al Dr. Hernán Cortés-Funes

El doctor Hernán Cortés-Funes nació en Buenos Aires en el año 1946. Es Jefe del Departamento de Oncología del Hospital 12 de Octubre, de Madrid.

Ha sido honrado con la mención honorífica anual de la Asociación Española de Científicos por sus contribuciones a la oncología médica.

Realizó sus estudios de licenciatura en Medicina y Cirugía, en la Universidad de Buenos Aires. Se doctoró bajo la dirección del Profesor Jesús Vicente, en la Fundación Jiménez Díaz (Universidad de Madrid) por su trabajo sobre la enfermedad de Hodgkin. A continuación inició el ejercicio como médico oncólogo en el Hospital 12 de Octubre, cuyo departamento ahora dirige.

Entre sus méritos destacan la introducción del cisplatino para el tratamiento de los tumores germinales de testículo y ovario y, la incorporación de la IL-2 en el tratamiento inmunoterápico de ciertos tumores sólidos.

Le honra el ser uno de los promotores de la terapia génica en oncología médica en nuestro país y el haber respalda-



do la terapia de intensificación con rescate hemopoético (trasplante medular autólogo), en ciertos tumores sólidos; para lo cual ha contribuido como cofundador a formar el grupo nacional cooperativo para la investigación clínica del auto-trasplante medular en tumores sólidos (SOLTI).

El doctor Cortés-Funes además ha favorecido la interacción

de las sociedades oncológicas nacionales con la comunidad científica internacional, a través de las conferencias y congresos auspiciados por él, como Presidente de la European Society of Medical Oncology y, más recientemente, como Presidente de la Sociedad Española de Oncología Médica.

Jose Luis Díez Martín



## Placa de Honor 1998 concedida a la Fundación COTEC

El déficit tecnológico constituye uno de los problemas estructurales más importantes y urgentes de nuestra economía. La reducción de este déficit es fundamental para la mejora de la competitividad de nuestro país, y a este objetivo dedica la fundación Cotec sus mayores esfuerzos.

¿Y quién es la fundación Cotec? Cotec es una iniciativa empresarial promovida por más de medio centenar de empresas e instituciones españolas que tienen un peso realmente destacado en la vida cultural y económica de España.

Para cumplir con su misión, Cotec se ha fijado tres objetivos estratégicos de carácter permanente:

1. Promoción de una cultura tecnológica y de actitudes innovadoras. La Fundación aspira a que se consolide la innovación tecnológica como valor cultural y como norma de conducta empresarial.

2. Análisis de la innovación. Cotec debe contribuir al conocimiento de las consecuencias que el cambio tecnológico tiene para las empresas y para la sociedad en general.

3. Presencia institucional. Esta visión empresarial debe ser transmitida a las instituciones, para que sea uno de sus puntos de partida, a la hora de diseñar sus actuaciones de contenidos tecnológicos e industriales.

El Patronato de Cotec, cuya presidencia de honor ostenta S. M. el Rey, es el órgano superior de gobierno de la Fundación y está compuesta por los representantes de las empresas e instituciones que la patrocinan. El Consejo de Dirección, de una composición más reducida, es el órgano delegado por el Patronato para ejecutar sus acuerdos. Para desarrollar actividades siguiendo programas y objetivos concretos, Cotec se estructura en comisiones específicas en las que participan los Patronos de la Fundación:

1. Relaciones institucionales. Define y desarrolla todas las

actividades que están encaminadas hacia la sensibilización a la innovación. Mantiene contactos con otras Instituciones nacionales e internacionales, tanto públicas como privadas.

2. Economía de la innovación. Estudia las consecuencias macroeconómicas de la innovación, con la finalidad de proporcionar a Cotec ideas y directrices para las demás actividades. Para ello, mantiene contactos con grupos académicos nacionales y extranjeros que se dedican profesionalmente a estos temas.

3. Tecnología para la empresa. Analiza las necesidades de la tecnología de los sectores empresariales españoles y sus técnicas de gestión y tiene por finalidad la provisión de orientaciones para las políticas tecnológicas y para la previsión tecnológica empresarial.

4. Estrategia de la innovación. Tiene a su cargo el conocimiento de las políticas de financiación y fiscalidad de la innovación, así como las demás medidas de política industrial de aplicación en España y en los países de nuestro entorno. Analiza las consecuencias de las políticas tecnológicas, de modo especial las de la Unión Europea, sobre el tejido empresarial español a través de la relación continua con el mundo empresarial, para conocer sus intereses estratégicos en innovación.

En su corta existencia, Cotec ha desarrollado una intensa actividad, dando lugar a numerosas publicaciones, agrupadas en torno a las siguientes facetas: libros, informes, estudios, cuadernos Cotec de gestión de tecnología, documentos Cotec sobre necesidades y oportunidades tecnológicas, ponencias de jornadas, actas, etc.

Cabe destacar entre todas ellas la elaboración del libro blanco "El sistema español de innovación. Diagnóstico y recomendaciones" y el informe anual Cotec sobre tecnología e innovación en España, que viene elaborando la Fundación, desde 1996.

Para aquellos que deseen mayor información, pueden dirigirse al Director General de Cotec, D. Juan Mulet Meliá, calle del Marqués de Urquijo, 26, 1º, Madrid, 28008, teléfono 915420186, fax 915593674, INTERNET = [www.cotec.es](http://www.cotec.es).

Manuel Morcillo Linares



## IN MEMORIAM

### Pedro Barbadillo Gómez

*Ex - Presidente de la Asociación Española de Científicos*

Falleció en Madrid el día 15 de septiembre de 1998

Por José Luis Asenjo Martínez

Siempre es difícil redactar una necrológica, pero mucho más cuando se trata de una persona con la cual se ha convivido durante treinta y tres años, (ya que Pedro, al regresar después de obtener en la Universidad de Syracuse (Estados Unidos) su Master of Science (Pulp and Paper Technology), empezó a trabajar como Director de Investigación en el IPE (desempeño que pudo compatibilizar con sus servicios de experto en celulosa y papel en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias), ocupándose de varias áreas, que fundamentalmente se centraban en la investigación de celulosa y papel, y en grado destacado cuanto se refería a las pastas de eucaliptos.

Dentro de la Asociación Española de Científicos, miembro desde su fundación, participó activamente primero como vocal de la Junta de Gobierno, luego como Vicepresidente y después como Presidente, cargo que ostentó en el periodo 1990-1997. Asimismo colaboró en numerosas actividades realizadas por la AEC, tales como ágapes científicos, encuentros entre profesionales, jornadas de estudio, visitas técnicas, etc.

Fuera del ámbito de nuestra Asociación, fue también Presidente del Colegio Nacional de Químicos de España y de la Asociación Nacional de Químicos. Pero, y esto no es siempre posible decirlo, o al menos en forma tan sincera, sobre todo fue una gran persona, siempre deseoso de colaborar con los demás, con palabras siempre amables y dispuesto a realizar cualquier acción a favor del prójimo.

Descanse en paz nuestro compañero y gran amigo.

### José Luis Asenjo Martínez

*Ex - Presidente de la Asociación Española de Científicos*

Falleció en Madrid el día 21 de noviembre de 1998

Por Paloma Adeva Ramos

José Luis Asenjo, Consejero Delegado de la Asociación de Investigación Técnica de la Industria Papelera Española desde 1975 y Miembro de diferentes comisiones de la CEOE, dedicó su vida a la industria del papel, con muy especiales y magníficas dotes de organizador destacando por su espíritu asociativo, sin olvidar su elevada categoría humana y profesional.

Trabajador nato, como le describimos los que le conocíamos y como se desprende de su Curriculum Vitae, supo compatibilizar su tarea profesional con el trabajo y la colaboración en un gran número de Asociaciones.

Fue Presidente de las Asociaciones Nacionales de Fabricantes de Pastas, Papel y Cartón (1992-1995), de la Asociación Cultural Hispano-Norteamericana (1982-1984), de la Fundación Ponce de León (1985-1988) y de la Asociación Española de Científicos (1987-1990).

Su entusiasmo y dedicación cuando abordaba una tarea, junto a sus cualidades de hombre generoso, amigo y colaborador de todos, le permitió ganarse la amistad y el aprecio de todos los que tuvimos la suerte de colaborar con él.

Descansa en paz José Luis.

## NOTICIAS

### Asociación Iberoamericana de Corrosión y Protección



El Vicepresidente de nuestra Asociación, Dr. Manuel Morcillo Linares, acaba de ser nombrado Presidente de la Asociación Iberoamericana de Corrosión y Protección, organismo que agrupa a las distintas asociaciones nacionales en esta temática, existentes en Iberoamérica.

El Prof. Morcillo es Jefe del Departamento de Ingeniería de Materiales, Degradación y Durabilidad, del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM), Profesor de Investigación del CSIC y autor de numerosas contribuciones científicas en libros, revistas y congresos de la especialidad por lo que ha recibido distintos premios. Asimismo, ha dedicado parte de su labor a la enseñanza, asistencia técnica a la industria y normalización. Es también miembro del International Corrosion Council y de la Federación Europea de la Corrosión.



## NOTICIAS

### Representante de España en la "Commission on Science and Technology for Development" de la ONU

Nuestro colega y miembro de la Junta de Gobierno de la AEC, Jesús Martínez Frías, acaba de ser elegido por el "Economic and Social Council" de las Naciones Unidas, representante de España en la "Commission on Science and Technology for Development" de la ONU.

El mandato de España se ha iniciado el 1 de enero de este año y finaliza el 31 de diciembre del 2000. Durante este período, Martínez-Frías, científico del CSIC, representará a nuestro país en las reuniones de dicha Comisión.

La Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo tiene carácter funcional y está constituida por 33 miembros, de acuerdo con la siguiente distribución geográfica: ocho de los Estados Africanos, siete de los Estados Asiáticos, seis de Latinoamérica y el Caribe, cuatro de Europa Oriental y ocho de Europa Occidental y Otros Estados.

Los principales objetivos de este órgano subsidiario de Naciones Unidas son el fomento y la coordinación de esfuerzos en ciencia y tecnología a escala internacional, con especial atención en la transferencia de conocimientos a los países en desarrollo.

Martínez Frías es especialista en metalogenia, meteoritos y geología espacial del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC. Ha sido miembro fundador y vocal de la Junta Directiva de la Asociación Española de Geología y Explora-



ción de Yacimientos Minerales (AEGYM) y vocal de la Junta Directiva de la Sociedad Española de Mineralogía (SEM). Ha participado y dirigido proyectos y Acciones Especiales de investigación nacionales "financiadas por la CICYT y DGICYT", e internacionales "financiadas por la IUGS/UNESCO (IGCP) y la OTAN". Los resultados de sus estudios se han presenta-

do en Congresos nacionales y extranjeros, y ha publicado cerca de un centenar de trabajos científicos en revistas específicas de Ciencias de la Tierra (ej. *Geology*, *Economic Geology*, *Mineralium Deposita*, *Episodes...*), en revistas multidisciplinares de alto impacto (ej. *Nature*, *Science*), en libros internacionales del máximo prestigio (ej. Springer-Verlag, *Geological Society*), en revistas de divulgación (ej. *Mundo Científico*, *Fronteras*), y en suplementos científicos de diarios nacionales (ej. *El País*, *ABC*). Es autor de dos libros: "Sulfuros y Sulfosales de Metales Nobles" y "Diccionario de Geología Espacial" y co-editor de otros, entre los que destacan: "Recursos Minerales de España" (CSIC) y "Geología y Metalogenia en Ambientes Oceánicos. Depósitos Hidrotermales Submarinos" (IEO). En la actualidad desarrolla su actividad como Científico Titular en el Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC.

### El equipo de trasplante hemopoyético del Hospital Gregorio Marañón ha realizado su centésimo trasplante

El equipo de trasplante hemopoyético, antes llamado de médula ósea, del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, bajo la dirección del Dr. José Luis Díez Martín, miembro de la Junta de Gobierno de la AEC, ha celebrado en mayo la realización de su trasplante número cien. En un acto académico, presidido por la dirección del centro y con numerosa participación hospitalaria, los miembros multidisciplinares del equipo, facultativos hematólogos, oncólogos, pediatras e in-



vestigadores básicos, expusieron los resultados obtenidos en los primeros cien pacientes trasplantados desde octubre de 1996 en que se abrió la unidad de trasplante en el hospital.

Durante este tiempo se han realizado 79 autotrasplantes y 21 alotrasplantes de donantes, completa y parcialmente idénticos, desde el punto de vista inmunológico, utilizando incluso donantes alternativos como los hijos haploidenticos en dos pacientes. La edad de los pacientes osciló desde 1 año en los pediátricos hasta 65 años en los adultos. Las enfermedades más frecuentemente tratadas fueron las distintas neoplasias hematológicas (leucemias, linfomas, mielomas, etc.), donde se obtuvieron los mejores resultados. Asimismo, se trataron ciertos tumores sólidos, como el cáncer de mama y sarcomas y neuroblastomas infantiles, en los que el problema de la recaída tumoral sigue siendo recalcitrante.

Madrid, 11 de mayo de 1999

Dr. José Luis Díez Martín,  
Jefe de la Unidad de Trasplante Hemopoyético  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón



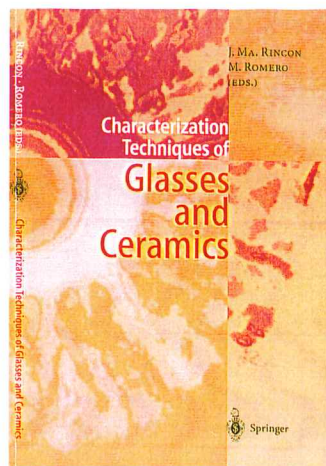
# LIBROS

## Publicación del primer libro sobre técnicas de caracterización de materiales cerámicos y vidrios editado por Rincón y Romero junto con Springer-Verlag, Heidelberg, 1999

El pasado mes de noviembre salió a la luz el libro editado por Springer-Verlag, reconocida empresa editorial alemana de libros técnicos y científicos, titulado: "CHARACTERIZATION TECHNIQUES OF GLASSES AND CERAMICS, editado por J. M<sup>a</sup> RINCON y M. ROMERO del Laboratorio de Materiales Vitrocerámicos del Instituto Eduardo Torroja del CSIC.

Este libro es único en su género y el primero que en lengua inglesa ha pretendido recoger los fundamentos y últimos avances en modernas técnicas de caracterización de materiales inorgánicos tanto tradicionales como avanzados, tales como los vidrios, materiales cerámicos y zeolitas.

Cada capítulo está escrito de una manera muy didáctica por reconocidos investigadores en cada una de las técnicas y materiales indicados. Después de un breve capítulo dedicado a la determinación de tierras raras en materiales cerámicos y en sus materias primas, el libro contiene tres capítulos mostrando los fundamentos y las principales aplicaciones de las técnicas más avanzadas para la caracterización de la micro-



estructura: nuevas microscopías (STM y AFM) y microscopía electrónica incidiendo en sendos capítulos expuestos por los autores del libro, Rincón y Romero, sobre la difracción de electrones de haz convergente (CBED) y sobre la microscopía electrónica de alta resolución (HREM).

Siguen tres capítulos dedicados a los fundamentos, aplicaciones y últimos desarrollos de los métodos térmicos y uno dedicado a la caracterización térmica de zeolitas. Los métodos de DRX para el análisis de texturas y recientes avances en fluorescencia de RX son tratados con detalle en dos capítulos respectivos. Finalmente, se tratan también con detalle los fundamentos y aplicaciones de la Espectroscopía Mössbauer y de la Difracción de Neutrones para la caracterización de vidrios y materiales cerámicos. En fin, una interesante y novedosa publicación monográfica de nuestro compañero J.M<sup>a</sup> Rincón, que esperamos tenga gran aceptación entre los especialistas en Ciencia de Materiales.

## Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis por Rayos X

M. Aballe, J. López Ruiz, J.M. Badía y P. Adeva (Ed.)  
© 1996 CSIC, Editorial Rueda, S.L. y Coordinadores  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
28006 Madrid. Precio 7.000 ptas.

La microscopía electrónica de barrido es una técnica que se emplea de manera generalizada en laboratorios de investigación de Entidades Públicas e Industrias, así como para el control de calidad. Ello ha hecho plantearse a un grupo de investigadores, con una experiencia de más de quince años en esta técnica, la tarea de abordar la redacción de un texto en castellano de los principios básicos de esta técnica y de las aplicaciones. El libro consta de veintisiete capítulos y dos apéndices, agrupados en seis partes.



La parte I titulada Introducción, comienza con una nota histórica de los antecedentes y situación actual de la técnica y se explican brevemente los fundamentos de la técnica.

En la parte II se describen los componentes básicos del Microscopio Electrónico de Barrido y de la Microsonda y el principio de su funcionamiento.

La parte III se refiere a la Generación y Detección de Señales.

La parte IV es la referida al Tratamiento y Cuantificación de la Imagen. Cada título trata un tipo de señal.

En la parte V se trata del análisis elemental por rayos X. Está dividida en dos capítulos: Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo.

En la Parte VI se recogen las Aplicaciones comenzando con la Preparación de muestras. Se tratan tanto materiales biológicos como inorgánicos.

El libro finaliza con dos apéndices. En el apéndice 1 se describen las tareas más comunes del mantenimiento de equipos y en el Apéndice 2 se dan algunas recomendaciones relacionadas con los requisitos de instalación de un microscopio electrónico.

Cabe mencionar, por último, que se trata del primer libro de Microscopía Electrónica de Barrido en lengua castellana. Es un libro de consulta muy útil tanto en laboratorios que dispongan de esta técnica como para estudiantes de segundo y tercer ciclo.



# Escuela de Organización Industrial

- MBA.
- MBA Part Time.
- MBA Internacional.
- Master en Gestión de Calidad.
- Master en Dirección Estratégica de RR.HH.
- MBA Industrial.
- Master en Gestión de las Comunicaciones y Tecnologías de la Información.
- Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental.
- Master en Ingeniería Medioambiental.  
La Gestión del agua.
- Master en Gestión de Infraestructuras y Servicios Ambientales.
- Master en Organización Jurídica, Económica y Social del Medio Ambiente.
- Master en Prevención de Riesgos Laborales.
- Master y Programa en Dirección de Pymes.
  
- Programa Superior de Ingeniería y Gestión Medioambiental.
- Programa Superior en Prevención de Riesgos Laborales.
- Programa de Gestores y Auditores Medioambientales.
- Programa Superior en Dirección Financiera y Control de Gestión.
- Programa Superior en Dirección de Empresa Familiar.
- Curso de Auditoría del Sistema de Prevención de Riesgos Laborales.
- Curso de Gestión Integrada y Auditorías de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad.



Escuela de Organización Industrial

La Escuela de Organización Industrial creada en 1955, es la primera Escuela de Dirección de Empresas de España y una de las primeras de Europa.

Es miembro de las más prestigiosas asociaciones de Escuelas de Negocios.

La EOI. es una institución de referencia en la formación de directivos y técnicos y, en la investigación en el ámbito de la empresa industrial y el Medio Ambiente.

Gregorio del Amo,6. 28040 Madrid  
Tel. 91 349 56 00/15. Fax. 91 554 23 94

Albert Einstein, s/n.  
Isla de la Cartuja. 41092 Sevilla  
Tel. 95 446 33 77. Fax 95 446 31 55

<http://www.eoi.es>