

EDITORIAL

Ha pasado ya un año desde que formó Gobierno el Partido Socialista. Si descontamos los cien días de cortesía que suelen concederse a los Gobiernos debutantes antes de empezar a juzgar su ejecutoria, llevamos ya suficiente actuación ministerial en I+D para ver si hay atisbos de que las promesas electorales socialistas empiezan a tener cumplimiento.

En lo que respecta al Presupuesto, todavía resuena en nuestros oídos el aumento de un 25% anual, durante cuatro años, que personalmente anunció el futuro presidente Zapatero. Estamos seguros de que fue sincero el señor Zapatero y de que está convencido de lo urgente que es levantar la Ciencia española a niveles superiores a los actuales. Es muy difícil reunir los datos totales de financiación pública de I+D, pero si nos ceñimos a un ejemplo bastante significativo como es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas –lugar escogido para la presentación del Programa electoral del PSOE–, nos encontramos con que el aumento presupuestario ha sido de un 18% (siete puntos menos de lo prometido) tras un aumento de seis puntos sobre una asignación inicial del 12%. Ahora bien, si se tiene en cuenta el otro dinero, el que nos llega de los fondos estructurales europeos (que ha disminuido sustancialmente), resulta que en el presente 2005 la financiación de I+D del CSIC es de un monto inferior al del año anterior. Vamos para atrás.

Si del dato presupuestario pasamos al Programa electoral del PSOE en I+D, nos encontramos también con un vacío preocupante. Era, y es, un programa interesante y bastante completo. El responsable de su autoría es Jaime Lissavetsky, persona cabal que añade la condición de científico profesional a la de político serio y experimentado. Pero se da la circunstancia de que, frente a lo que algunos esperaban y otros deseábamos, Lissavetsky no fue encargado de velar por el cumplimiento del programa que él había diseñado. No fue nombrado Secretario de Estado de I+D, sino de Deporte. Y quienes sí fueron nombrados no parecen dispuestos a responsabilizarse de un diseño que no han dibujado. Así que el Programa electoral del PSOE se ha quedado sólo en eso que su nombre indica, es decir, en electoral.

Queda tiempo todavía para cumplir los compromisos adquiridos, pero las importantes iniciativas que anunciaba Lissavetsky son de las que requieren rodaje y en las que no se acierta a la primera. Mala cosa es que todavía no veamos el menor vestigio de lo que en los comicios se prometió. ¿Qué hay de la Agencia de Financiación de la Investigación que incorpore la flexibilidad y la agilidad de gestión del sector privado, y la transparencia y la evaluación propia de una actividad sostenida con fondos públicos? ¿Qué hay de la Conferencia Sectorial de Ciencia y Tec-

nología con las Comunidades Autónomas, que estudie la distribución de las responsabilidades y actuaciones en los ámbitos estatal y regional, y promueva la igualdad de oportunidades de I+D en los diversos territorios? ¿Qué hay de la promoción interna del personal dedicado a la investigación mediante la aprobación de un Estatuto específico? ¿Qué hay de la Oficina de Fomento de Inventiones Patentables? Etc., sin olvidar como importante colofón el Pacto de Estado por la Ciencia que contemple medidas concretas; la “letra pequeña” de un Compromiso con los ciudadanos. Parece que la ministra San Segundo algo va a hacer en relación con la “incorporación inmediata de los becarios predoctorales de primer y segundo años al Régimen General de la Seguridad Social, así como la transformación inmediata de las becas de tercer y cuarto año y las postdoctorales al régimen de contratación laboral”. La verdad es que este punto del programa socialista era el más urgente e importante, y si la ministra cumple sus propósitos en esta materia –como esperamos– se habrá dado un primer paso muy positivo.

Ya sabemos que en esos anuncios programáticos el rapsoda de turno hace una descripción y enumeración de todo lo deseable y plausible; y, por cierto, ya es bastante interesante que el elenco de propósitos, aunque se quede como mera expresión de “desiderata” que no llegan a realizarse, denote un conocimiento competente y certero de lo que debería hacerse. Tal sucede con el programa de Lissavetsky que debería ser objeto de reflexión por quienes, hablando coloquialmente, no acaban de apearse del burro respecto a la Ley de la Ciencia que el PSOE legisló en 1986.

También hay que advertir que nos encontramos, por desgracia, en una encrucijada geopolítica de la que todavía no sabemos cómo vamos a salir. Es hasta cierto punto natural que no abunden resoluciones relativas a las Autonomías, aunque a veces se produzcan resoluciones excesivas respecto a alguna Autonomía privilegiada. Y también hay que advertir que el buque insignia de I+D español, el CSIC, bajo la batuta de un Presidente entusiasta y generoso (personalmente pierde mucho con el cargo) anda en pleno proceso de redefinición institucional y administrativa.

Lo que más lamentamos es que no se ven señales significativas que anuncien el Pacto de Estado por la Ciencia, entendido a la irlandesa, es decir, como un compromiso prioritario por la investigación científico-tecnológica, por la formación profesional y por la educación. Un fuerte impulso político basado en el consenso que termine siendo firme voluntad nacional. Eso es lo que no se ve en el horizonte, y mientras eso no se vea, no podremos pensar ni decir que esta Nación nuestra está en vías de definitiva salvación. ■

Director: Jesús Martín Tejedor

Subdirector: Juan León

Editor: Enrique Ruiz-Ayúcar

Consejo Editorial: Antonio Bello Pérez, Luis Guasch, María Arias Delgado, Ismael Buño Borde.



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

Presidente: Jesús Martín Tejedor

Vicepresidente: Ismael Buño Borde

Secretario General Enrique Ruiz-Ayúcar

Vocales: María Arias Delgado, Antonio Bello Pérez, José Luis Díez Martín, Pascual Balsalobre, Fernando García Carcedo, Armando González-Posada, Sebastián Medina, Felipe Orgaz Orgaz, Jesús María Rincón, Jaime Sánchez-Montero, Alfredo Tiemblo, Antonio Cortés Ruiz, Alfonso Bonilla Bonilla, Luis Guasch Pereira, José María Gómez de Salazar, Marcial García Rojo.

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

ISSN: 1575-7951. Depósito legal: M-42493-1999. Imprime: Gráficas Mafra

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

Sitio en la Red: www.aecientificos.es

Correo electrónico: aecientificos@aecientificos.es

ÍNDICE

Ciencia y Geopolítica. JESÚS MARTÍN TEJEDOR	4	Centenario del Japan Institute for Invention and Innovation. VÍCTOR M. FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, JESÚS F. JORDÁ PARDO Y ALMUDENA CANAL MARTÍNEZ	28
El nuevo presidente del CSIC. JESÚS MARTÍN TEJEDOR	7	La economía del hidrógeno. Una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI 1. Producción y almacenamiento de hidrógeno. J. A. BOTAS, J. A. CALLES, J. DUFOUR, G. SAN MIGUEL	33
La Acción CRECE de la COSCE. AURELIA MODREGO, PABLO ESPINET Y JOAN J. GUINOVART	9	Situación actual de los bancos de sangre de cordón umbilical y su utilidad terapéutica. JOAN GARCÍA LÓPEZ	37
Rosetta, a la caza del cometa Churymov-Gerasimenko. VÍCTOR RODRIGO	10	Placas de honor	40
Rosetta, una ambiciosa misión europea. JOSÉ JUAN LÓPEZ MORENO	14	Investigación en España y pacto por la ciencia. FRANCISCO J. AYALA-CARCEDO	46
Desertificación, un fenómeno global que afecta a España. JUAN PUIGDEFABREGAS	19	Francisco Ayala Carcedo, un científico y un investigador sobre la Ciencia. JOSÉ PEDRO CALVO SORANDO	47
La corrosión del pecio del petrolero "Prestige". M. MORCILLO, L. ESPADA, B. CHICO Y D. DE LA FUENTE	24		

FOSTER WHEELER ENERGÍA, S.A.



EXPERIENCIA EN INGENIERÍA

- ◆ Estudios de Viabilidad.
- ◆ Desarrollo Integral de Proyectos.
- ◆ Ingeniería Básica y de Detalle.
- ◆ Acopios, Expedición e Inspección.
- ◆ Control de proyectos y Estimaciones.
- ◆ Construcción y Montaje. Supervisión.
- ◆ Puesta en servicio y Pruebas. Supervisión.
- ◆ Adiestramiento del Personal de Operación.
- ◆ Supervisión de la Operación.



GENERADORES DE VAPOR (Isla de Caldera) para:

- ◆ Centrales Térmicas.
- ◆ Aplicaciones Industriales (Refinerías, Industria en General).
- ◆ De Carbón Pulverizado.
- ◆ De Lecho Fluído (Burbujeante, Circulante).
- ◆ De Recuperación de Calor (Cogeneración, Ciclo Combinado).
- ◆ De Biomasa y Residuos.



SERVICIOS

- ◆ Asistencia Técnica Postventa.
- ◆ Repuestos.
- ◆ Modernización y Optimización de Plantas.
- ◆ Reducción de Emisiones de NOx.
- ◆ Condensadores y Calentadores de Agua de Alimentación.
- ◆ Asesoramiento Técnico.
- ◆ Gestión de Operación y Mantenimiento.

FOSTER WHEELER ENERGÍA, S.A.

OFICINA: C/ GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ, 2. 28230 LAS ROZAS (MADRID), SPAIN
TALLERES: CTRA. CONSTANTÍ-ALCOVER, Km. 2. 243120 CONSTANTÍ (TARRAGONA), SPAIN
Tel. +34 913 36 2500, Fax +34 91336 2964/2965 • Tel. +34 977 25 8100, Fax +34 977 25 8116

Foster Wheeler Energía, S.A. Sociedad Unipersonal. Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid Tomo 18.210, Libro 0, Secc. 8, Folio 150, Hoja M-315329, Inscrip. 1ª, C.I.F. A-83/550.236

Ciencia y Geopolítica

AUTOR: JESÚS MARTÍN TEJEDOR

Basta un adarme de arbitrio respecto a la actual situación española para que nuestro dedo acusador apunte a la Ciencia y a la Investigación Científico-Tecnológica como el talón de Aquiles de nuestro futuro post-industrial. En achaque de Ciencia y de Tecnología no estamos donde deberíamos estar, es decir, en el lugar que por demografía, por geografía y por renta nos correspondería estar. Esto es algo muy sabido y tanto hemos insistido en ello en las páginas de esta revista que nos parece machaconería importuna seguir abundando en ello. Hay sin embargo un dato nuevo –al menos nuevo para nosotros– en lo que respecta a la explicación de tal estado de cosas. Generalmente hemos atribuido la cicatería de los Gobiernos en la financiación de la Ciencia y de la Tecnología a la falta de cultura científica de la sociedad española y por lo tanto a la falta de cultura científica de nuestros políticos, que son parte de esa sociedad. No quieren gastarse más dinero en I+D –decíamos– porque desconocen la importancia trascendental de la Ciencia en el mundo moderno y en el mundo futuro.

En realidad, no es sólo que no quieran gastarse más dinero; incluso hay responsables políticos y administrativos persuadidos de que el Estado todavía gasta en I+D más dinero del que debiera, habida cuenta de las utilidades que de tal gasto se derivan. Esto piensan no sólo políticos de uno u otro signo, sino economistas del Estado, técnicos de Hacienda, gente de la Banca y de la empresa. ¿Qué reportan a nuestra economía y a nuestro bienestar los científicos españoles? ¿Dónde están las grandes patentes españolas? ¿Cuántos premios Nobel hay en la actual Ciencia española? Esta es la verdadera cuestión. No es que nuestros responsables públicos desconozcan la importancia de la Ciencia, como hemos venido creyendo durante muchos años, sino que están persuadidos de que la actual plantilla de científicos españoles no sería capaz de sacar provecho de una financiación más copiosa.

En realidad no se trata de cuestionar la ejecutoria de nuestros científicos, ni de minusvalorar su talento y dedicación. Se trata de una percepción global de que la Ciencia no marcha en España, ni ha marchado nunca, y todo ello por un conjunto de causas, cuya detección y explicación histórica constituye casi una laboriosa y polémica subdisciplina. ¿Que nuestra masa crítica de investigadores es exigua, como es pequeño nuestro sistema Ciencia-Tecnología? Sí, desde luego, pero ¿para qué aumentarlo? ¿Para hacer más extenso el objeto de nuestra frustración?

Podría creerse que esta manera de pensar es un argumento espacioso de los responsables de los caudales públicos para justificar su racanería. Pero no es así. Y la prueba de que no es así es que, cuando aparece por aquí un español que ha llegado a ser notabilidad científica en el extranjero, se le ofrecen recursos espléndidos para que monte en su patria de origen un centro de

investigación similar al de su procedencia. Con éste sí, con éste podemos gastarnos lo que haga falta –dicen– porque da garantías. Y el Gobierno tira de billetera, con esplendidez y hasta con gusto. Recordemos el dinero que estaba dispuesto a invertir el anterior Gobierno (cerca de 100.000 millones de pesetas) para traer a España el proyecto ITER que, al ser internacional, tenía garantizada su excelencia. De manera que más que una cuestión de dinero o de racanería, es un problema de fe y de esperanza respecto a los científicos españoles. De donde resulta –y así completamos la mención del catecismo– que la dotación económica para I+D es más bien una caridad.

Pues bien, después de esto cabe decir que el problema sigue siendo un asunto de ignorancia. No ignorancia respecto a la importancia de la Ciencia y la Tecnología, como creíamos hasta hace poco tiempo, sino respecto a la realidad de lo que en España se está haciendo en materia de I+D+I. Si se pone en una balanza los recursos humanos y materiales que el Estado pone a disposición de los científicos y lo que estos producen en provecho de la Ciencia y del sistema productivo, no se puede afirmar que el fiel de la balanza se venza más por un lado que por el otro. En otras palabras, el sistema Ciencia-Tecnología español cumple, por lo menos cumple, con la responsabilidad de dar rendimiento a los gastos que ocasiona y a las inversiones que recibe. Esto por lo que respecta a la investigación pública y dentro de ella incluso a la investigación básica.

Pero este balance empieza a cambiar espectacularmente si entramos a considerar la actividad de la empresa privada española. Por supuesto, no llega todavía a financiar los dos tercios de I+D español, como sería lo correcto o lo usual en un país desarrollado, pero su despegue no sólo es altamente prometedor, sino que da al traste con todos los tópicos perversos que lastran la percepción de I+D por parte de la sociedad española, especialmente los que se refieren a la capacidad investigadora de los españoles, es decir, de los españoles en España.

En esta revista se ha tenido cuidado de dar a conocer empresas españolas de tecnología puntera, como INDRA, SENER, EADS CASA, ABENGOA, ANTOLÍN, etc. que operan en terrenos delicados, como aviónica, satélites, controles de comunicaciones, informática, telemática, etc. Empresas que no sólo se codean con las primeras del mundo, sino que hasta ejercen ciertos liderazgos en algunos subsectores. Adelantándonos a configurar una perspectiva histórica, nos atreveríamos a decir que la Tecnología y la Innovación españolas (junto con la Ciencia en cierta medida) están en camino de salvación, pero no por la acción del Estado español. Y esto aun reconociendo que instituciones públicas como el CD-TI o algunos Gobiernos autonómicos han sabido respaldar no pocas iniciativas. Pero es general en el empresariado español la convicción de que el Estado podría hacer mucho más por I+D empresarial en el terreno de la fiscalidad, de las inversiones de ca-

I Congreso Internacional de
Paleosiderurgia
y Recuperación del Patrimonio Industrial
Hierro, Historia y Patrimonio

Palacio de Congresos Kursaal de Donostia - San Sebastian
11, 12 y 13 de mayo de 2005



Organizadores:



inasm^{et}
tecn^{alia}



Patrocinador:



gizarte ekintza
obra social

www.inasm^{et}.es/paleosiderurgia

pital-riesgo, etc., así como en el fomento de la investigación básica en los centros públicos de I+D, de la que en definitiva dependen para invenciones radicalmente nuevas.

Un valioso porcentaje de la empresa española se ha lanzado por la I+D y recientemente hemos asistido a un nuevo capítulo de ese lanzamiento. El 24 de enero, tuvo lugar la presentación en la sede de COTEC del consorcio vasco TECNALIA, cuya ejecutoria y propósitos inmediatos deben dar origen a una seria reflexión. Tecnalia representa el primer, y hasta ahora único, modelo de corporación tecnológica española en la que se integran una amplia variedad de centros tecnológicos muy especializados que le permiten disponer de una masa crítica investigadora capaz de acometer proyectos multidisciplinarios y de dimensión internacional y dar respuesta a problemas tecnológicos de muy diversa naturaleza. En sus centros de investigación tiene una plantilla de 1.100 investigadores. Produce el 60% de la investigación aplicada del País Vasco, y el 24% de la española. Y el año pasado ha facturado 81,5 millones de euros, casi todos por transferencia de tecnología a unas 3.500 empresas. Trabaja en 24 sedes propias, y 125 empresas y entidades forman parte de sus órganos de gobierno.

“Tecnalia es el único representante del Estado español que ha sido aceptado en *Eurotech*”, “foro que reúne a las principales agrupaciones de I+D de Europa y que forman un grupo de alto nivel y capacidad a la hora de influir en las pautas de la política de Investigación Aplicada de la Unión Europea”. Así mismo es amplia su participación en el VI Programa Marco con 78 proyectos de investigación aprobados, que la UE financiará con 18,5 millones de euros.

¿Por qué nos hacemos eco, en este artículo, de la presentación en Madrid de Tecnalia? Porque esta entidad es una realidad ejemplarizante de I+D que irrumpe con fuerza en el panorama español y tiene su origen en la acción del Gobierno de Euskadi. Dicho en otras palabras: porque Tecnalia constituye un ejemplo de lo que se puede hacer desde la instancia pública en el impulso de I+D.

Tecnalia comienza a formarse en 2001 a partir de tres empresas privadas que venían contando con el aliento y la ayuda del Gobierno vasco: INASMET (materiales, procesos industriales y medio ambiente), LABEIN (construcción civil, energía, siderurgia, innovación en desarrollo) ROBOTIKER (sistemas electrónicos). En 2004 se une AZTI (oceanografía y medio ambiente marino, pesca y alimentación), ESI (ingeniería, productos, servicios y aplicaciones avanzadas de Software), y comienza la incorporación de LEIA (farmacología, ecoindustria, prevención de riesgos y salud laboral) y de NEIKER (ciencias agrícolas, ganaderas, forestales y del medio natural).

Estas empresas coordinadas por Tecnalia constituyen los centros de ejecución de los planes de investigación del consorcio. En ellas trabajan sus 1.100 investigadores que constituyen todo un sistema de ciencia, tecnología e innovación al

servicio de 3.500 empresas que convierten en producto los hallazgos de I+D+I.

Hay dos aspectos en todo esto que merecen una especial atención, si comparamos con la política científica del Gobierno español. 1º) Frente al Plan Nacional de I+D de este último, Tecnalia tiene planes en cuya elaboración intervienen las 120 empresas y entidades que están presentes en sus órganos de gobierno. Es por tanto como una movilización del empresariado para que piense y opte por lo que parece relevante para el presente y para el futuro. Por tanto, algo diferente de las Comisiones y Agencias que formulan en España el Plan Nacional de I+D, y en las que ha sido frecuente la intervención decisiva de un mandarinado político-académico. Y 2º) Los evaluadores y financiadores de proyectos del Plan Nacional español han venido teniendo entre sus criterios (quizá ya lo han corregido) el desechamiento de propuestas porque son de riesgo. Pues bien, en Tecnalia el riesgo no sólo tiene indicación favorable en general, sino que se plantean y financian expresamente proyectos de riesgo y con una ambición que rebasa las aspiraciones inmediatas de sus empresas. Quizá el ejemplo más expresivo de esto es su proyecto para el aprovechamiento de la energía maremotriz desde el interior del mar (no por la utilización de las mareas en estuarios, como ya se ha intentado en algunas naciones).

La influencia de Tecnalia se proyecta por España. En Chiclana, junto con empresarios andaluces, ha promovido un Centro Tecnológico de Turismo, Ocio y Calidad de Vida. Suministra tecnología en Francia, Bulgaria, Chile, Argentina, Brasil, Ecuador, Méjico, Cuba, China y Australia, a través de centros adheridos a la corporación. Y establece acuerdos con entidades académicas y de investigación como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Universidad del País Vasco, la Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad Católica de Chile.

Tecnalia es una corporación privada que en la actualidad vive de su esfuerzo y de la optimización de sus recursos. Han sabido montar instrumentos muy profesionales que les convierten en voraces cazadores de recursos, pero si existe y si ha tenido una expansión tan rápida y casi vertiginosa se debe al impulso inicial del Gobierno vasco que hasta ha proporcionado funcionarios propios para ocupar los máximos puestos directivos de la corporación.

Uno se pregunta qué va a pasar en España si los responsables políticos de nuestro país siguen pensando *sotto voce* que todavía es excesivo el dinero que dedica el Gobierno español al presupuesto de I+D, habida cuenta de la poco brillante ejecutoria de la comunidad científica española. ¿Saben qué es lo que está pasando en España en cerca de 2.000 empresas como las antes citadas? ¿Saben lo que va a tardar Cataluña en tener un peso específico especial en nuestra investigación tecnológica y hasta en nuestra investigación básica? ¿Saben por qué en esta revista hemos insistido tanto en la necesidad de un sistema Ciencia-Tecnología nacional? Por eso hemos titulado este artículo “Ciencia y Geopolítica”. ■

El nuevo presidente del CSIC

AUTOR: JESÚS MARTÍN TEJEDOR

El día 15 de mayo de 2004 fue nombrado Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas el profesor de investigación del Centro Nacional de Biotecnología Carlos Martínez Alonso. La Asociación Española de Científicos cuyos miembros pertenecen en gran número al CSIC y cuya revista *Acta Científica y Tecnológica* ha dedicado especialísima atención a esta fundamental institución científica, considera obligado registrar tan importante acontecimiento en el mundo de la ciencia y ofrecer al nuevo Presidente sus servicios y su colaboración.

Carlos Martínez Alonso nació en Villasilimpliz (Pola de Gordón) el 9 de enero de 1950. Es, por tanto, leonés, pero del confín asturiano y tiene 55 años. Ni en el tiempo ni en el espacio coincide con el presidente Rodríguez Zapatero, vinculado al León capitalino en años posteriores. De hecho, Carlos Martínez conoció a Rodríguez Zapatero unos pocos días antes de las elecciones de Marzo, cuando el futuro Presidente del Gobierno acudió al auditorium del CSIC para presidir un acto electoral. Hay que desechar, por tanto, la fácil ocurrencia de que su llegada a la presidencia del CSIC tiene cosa que ver con su común naturaleza con el Jefe del Gobierno. Pero es que además la adolescencia y primera juventud de Carlos Martínez se vincula con Alcalá de Henares, en cuya Universidad Laboral estudió el bachillerato académico u ordinario (no el bachillerato laboral). Es sorprendente el entusiasmo con que rememora sus años alcalaínos, la efervescencia cultural en la que vivió, su apertura a un mundo que se quería nuevo y democrático, sus inquietudes sociales y políticas por las que llegaría a ser recluído. Con pasión y agradecimiento residencia en esos años el acuñamiento de su personalidad.

En 1974 se licenció en ciencias químicas por la Universidad Complutense. En 1978 se doctoró en la Complutense con una tesis que realizó en la Clínica Puerta de Hierro donde posteriormente ejercería como Adjunto de Inmunología. Trabajó como científico en el Instituto de Inmunología de Basilea, donde Niels Jerne, Sasumu Tonegawa y George Koehler desarrollaron los trabajos que les valdrían dos premios No-



Carlos Martínez Alonso, presidente del CSIC.

bel. Dos años después estuvo de profesor asociado en la Universidad de Umea (Suecia), también como inmunólogo. Fue además funcionario del Centre Nationale de la Recherche Scientifique, con laboratorio en el Instituto Pasteur de París. Y en 1986 ganaba plaza de Profesor de Investigación en el Centro Nacional de Biotecnología del CSIC, donde ha sido director del Departamento de Inmunología y Oncología desde el año 1996.

Está extraordinariamente relacionado con la investigación extranjera. Ha sido profesor visitante en Friburgo, Toronto, y Pasadena; ha sido miembro de varios comités científicos de la OTAN, ha presidido la European Molecular Biology Conference, ha sido vicepresidente del European

Molecular Biology Laboratory Council, y es miembro del comité editorial de ocho de las más importantes revistas de inmunología y química médica del mundo. Es miembro numerario de la EMBO y actualmente miembro de su Consejo Científico. Pertenecer a quince sociedades científicas y ha recibido siete importantes premios de investigación científica.

En cierta ocasión, el anterior Jefe del Estado iba maravillándose ante un individuo que se le presentaba sucesivamente al frente de cada representación que recibía en audiencia, y al concluir la última le preguntó: "oiga, ¿y Vd. cuándo trabaja"? Algo así le sucede al contemplador del curriculum del nuevo Presidente....¿cuándo trabaja? Pues bien, la respuesta es apabullante. Ha publicado más de cuatrocientos trabajos de investigación científica en revistas prestigiosas y frecuentemente en *Nature*. Un curriculum tirando a pasmoso, incluso a escala mundial.

Se le ve un tipo humano trepidante, tenso e intenso usuario del tiempo ("traperero del tiempo" se llamaba a sí mismo Gregorio Marañón que hacía cosas importantes aprovechando los llamados tiempos perdidos). No tiene el menor inconveniente en que se le note que está encantado de sí mismo, y dimana de él un entusiasmo constructivo o un espíritu positivo que levanta el ánimo de su interlocutor. Es de los que pueden suscitar adhesiones a la causa que lleven entre manos, que en su caso es la Ciencia, pero su contentamiento optimista se cohonestaba con una cierta actitud de sobresalto ante la velocidad a que avanza la Ciencia y ante la necesidad de incrementar su financiación. Este humilde mosqueo ante los progresos vertiginosos de la Ciencia le redime de toda clase de altanería, al igual que su calidez humana y su expresividad afectuosa hacia su interlocutor. La verdad es que los datos ob-

jetivos le respaldan para que sea considerado como un "triunfador", pero hay una pregunta que su personalidad sugiere y que resulta inquietante... ¿sabe perder?

La pregunta es importante, porque nosotros, cuando fuimos amablemente recibidos por él, le encontramos dispuesto a comerse el mundo como Presidente del CSIC..., modernización del funcionamiento científico del Organismo, trascendencia del CSIC al sistema productivo y a la cultura científica de nuestra sociedad, colaboración con las Autonomías, coordinación con las Universidades, mejoras salariales en el personal del CSIC,... Va a por todas con una persuasión cierta de que éste es el momento de la Ciencia en España, o de que no puede retrasarse más el momento de la Ciencia en España, y con una fe inmensa en que el Gobierno del PSOE va a estar a la altura de la actual coyuntura científica. Estamos seguros de que va a conseguir mucho de cuanto se propone, pero este Organismo necesita tantas cosas para estar a la altura de su misión que hasta un Presidente con brillante ejecutoria, como será la de Carlos Martínez, puede llegar a sentirse fracasado. Y no parece persona que pueda convivir con una cierta sensación de fracaso.

Suponemos que la Ley Presupuestaria del Gobierno socialista ya le ha dado un primer susto por lo que respecta al CSIC. Pero Carlos Martínez tiene fama de mago de las finanzas. Ha gerenciado importantes cantidades de financiación para su Centro de Biotecnología y acaba de proponer una Fundación para el CSIC con el fin de asegurar fondos de investigación. Suponemos que la peor tentación de este hombre tan fuera de lo ordinario va a ser la de tirar la toalla, pero si supera la tentación, estamos seguros de que nos encontramos ante un gran Presidente. ■

Casa de América

Ya va siendo hora de que esta Asociación Española de Científicos agradezca desde estas páginas el acogimiento generoso que cada año nos dispensa Casa de América para la celebración del acto de entrega de las placas de honor de esta asociación.

El Salón de Embajadores de Casa de América, con su techo de dorados artesonados y valiosas pinturas donde se celebra la cena y la entrega de placas, constituye toda una legitimación semántica de la expresión "marco incomparable" que por su frecuente uso ha pasado a ser lugar común. Con la única excepción del Palacio Real no creemos que exista en Madrid un marco comparable a éste.

Esta comunidad científica española, que tantas quejas y requerimientos tiene que plantear en este país por los deficientes medios y la escasa atención que se le presta, una

vez al año y como en aquel viejo programa televisivo *Reina por un día*, tiene la impresión de que el mundo ha entrado en razón y coloca a la Ciencia en el lugar que le corresponde. No sabemos si será bueno vivir una ilusión por unas horas, pero nos parece que puede ser saludable vivir una ilusión cuando es razonable y genera un estimulante punto de referencia.

Toda la Casa nos recibe con una simpatía, y ya familiaridad, que agradecemos vivamente, pero tenemos que extremar nuestro reconocimiento a la Directora General de la institución, la embajadora María Asunción Ansorena, que cada año nos concede este favor consciente de que al mundo de la investigación científica hay que animarlo y protegerlo. Muchas gracias y que la tengamos muchos años. ■

El Presidente de AEC

La Acción CRECE de la COSCE

AUTORES: AURELIA MODREGO, PABLO ESPINET
Y JOAN J. GUINOVART

La Ciencia en España ha dado un gran salto adelante en los últimos 20 años. Sin embargo, un análisis somero de la situación actual sugiere que esa evolución tan positiva ha encontrado techos que aconsejan una reconsideración profunda del propio sistema y un análisis cuidadoso de las nuevas circunstancias en que debe aplicarse cualquier reforma del mismo. Esta afirmación puede sustanciarse fácilmente con datos cuantitativos disponibles entre la gran cantidad de información elaborada por los ministerios implicados y por distintas entidades dedicadas a la evaluación y al seguimiento de la investigación. Sin embargo, faltan las propuestas de acción que deberían ser la consecuencia de esos estudios. Por ello, la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) ha puesto en marcha la primera de sus grandes líneas de acción, desde que fuera constituida a mediados del 2004, auspiciando la puesta en marcha de cinco grandes ponencias de expertos para llevar a cabo la **Acción CRECE** (Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España).

Estas comisiones se encargarán de evaluar la situación de la Ciencia en nuestro país desde una posición totalmente independiente. A partir de su reflexión sobre la documentación existente y el significado de los parámetros observables propondrán actuaciones que contribuyan a fortalecer el sistema científico-técnico español y sus vínculos con todos los agentes sociales. La **Acción CRECE** ha de dar lugar a unas conclusiones que se concreten en recomendaciones de actuación claras y practicables para revitalizar, reformar y, en su caso, introducir cambios estructurales en nuestro sistema científico, tanto en sus aspectos fundamentales como en los relativos a su repercusión económica y social. Obviamente, los destinatarios de las conclusiones y recomendaciones de **CRECE** van a ser los ministerios implicados en el sistema español de I+D, como organismos responsables de seleccionar las prioridades de actuación y de diseñar instrumentos de financiación y métodos de evaluación que aseguren una correcta asignación de los recursos, y los propios científicos como creadores y ejecutores de la investigación científica y gestores directos de las inversiones realizadas. Asimismo, se pretende hacer llegar un mensaje nítido a los restantes agentes implicados en el sistema, en particular a los empresarios y a los educadores, y a la sociedad en general, para que el progreso científico y la innovación tecnológica tengan una presencia mayor en todos los ámbitos.

En el proyecto **CRECE** participan personas que, por su conocimiento, experiencia y prestigio en distintos ámbitos profesionales relacionados con la ciencia, pueden enriquecer el estudio más allá de lo que una contemplación del asunto

por científicos podría permitir. Esta composición heterogénea de los participantes en el proyecto es imprescindible, ya que el trabajo que se propone realizar no tiene el objetivo único de la ciencia como ente aislado, sino el global de generar conocimiento que sea útil para promover, colaborar y apoyar de forma activa las iniciativas que, tanto desde el sector público como desde el privado, procuren el fortalecimiento de la ciencia en España como factor de progreso económico y social.

Los estudios, análisis y evaluaciones de la ciencia en España se van a englobar en las cinco ponencias siguientes: 1) Instrumentos y estructuras de política científica. Presidente: D. Andreu Mas-Colell, Catedrático de la Universidad Pompeu i Fabra y Ex-Conseller de Universitats i Recerca de la Generalitat de Cataluña. 2) Recursos humanos. Presidente: D. Luis Oro, Catedrático de la Universidad de Zaragoza y Ex-Secretario del Plan Nacional de I+D. 3) Ciencia y empresa. Presidenta: D^a. Amparo Moraleda, Presidenta de IBM de España y Portugal. 4) España en Europa. Presidente: D. Federico Mayor Zaragoza, Catedrático de Bioquímica y Biol Mol, de la UAM y Ex-Director General de UNESCO. 5) Ciencia y sociedad. Presidente: D. Rafael Pardo, Profesor de Investigación del Consejo de Investigaciones Científicas y Director de la Fundación Banco Bilbao Vizcaya Argentaria. Los presidentes de las ponencias, junto con los directivos de la COSCE, D. Joan Guinovart (Presidente), D. Alfredo Tiemblo (Vicepresidente), D. Juan Luis Vázquez (Tesorero) y D. Pablo Espinet (Secretario General), y con la Secretaria Ejecutiva de la Acción CRECE, D^a. Aurelia Modrego, forman el Comité de Dirección de CRECE que, representado por el presidente de la COSCE, es el responsable de la Acción.

Los presidentes de las ponencias gozan del máximo prestigio nacional e internacional y tienen experiencia demostrada en dirigir equipos y realizar proyectos complejos. No es menor la calidad profesional de los participantes en las ponencias. Para asegurar el éxito del proyecto se ha establecido un mecanismo (www.cosce.org) por el que los miembros de las sociedades agrupadas en la COSCE podrán interactuar con los presidentes, aportando ideas y propuestas al trabajo de las Comisiones.

La **Acción CRECE** aborda una tarea ambiciosa y atrevida, de gran importancia estratégica para el desarrollo sostenido de nuestro país en un contexto de gran competencia internacional. Somos conscientes de que el proyecto no está exento de riesgo, no sólo por su alcance y complejidad, sino, también, por su trascendencia. No es, sin embargo, menos cierto que el mayor riesgo sería cerrar los ojos a la necesidad perentoria de este estudio. Nos tranquiliza saber que el desafío está en buenas manos. ■

Rosetta, a la caza del cometa Churymov-Gerasimenko

AUTOR: VÍCTOR RODRIGO
Director General de Crisa

El órdago está lanzado; más de diez años de viaje para recorrer la mitad del Sistema Solar, atravesar el cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter en dos ocasiones y orbitar y posarse sobre un cometa por primera vez en la historia, convierte a la misión Rosetta en la misión más ambiciosa de la Agencia Espacial Europea (ESA) puesta en marcha hasta la fecha.

Los objetivos de la misión son igual de ambiciosos; conocer más detalles sobre la creación y la evolución del Sistema Solar a través del estudio de un cometa. El interés en los cometas radica en que están formados por los elementos más antiguos del Sistema Solar, elementos que por su tamaño tan pequeño no han sufrido ninguna evolución geológica provocada por la erosión, presión o temperaturas, como sí ha ocurrido con los planetas. La composición de los cometas refleja la composición del Sistema Solar hace 4.600 millones años.

Además del alto contenido científico, Rosetta es un reto tecnológico sin precedentes. Teniendo en cuenta que las instrucciones desde el equipo de control de la misión tardarán hasta cincuenta minutos en alcanzar la sonda, Rosetta tendrá que realizar muchas de las complicadas maniobras de aproximación y aterrizaje de forma autónoma y sin posibilidad de fallos. Para esto, Rosetta ha sido equipada con la tecnología más sofisticada en computadores de a bordo y software.

El nombre de la misión, Rosetta, hace referencia a la Piedra Rosetta, confiando en que esta misión sirva de punto de partida para conocer el origen del Sistema Solar. El nombre Philae viene de la isla Filé en el río Nilo, donde se halló el obelisco con la inscripción bilingüe que incluía los nombres de Cleopatra y Tolomeo en jeroglíficos egipcios. Esta fue la pista que empleó el historiador francés Jean-François Champollion para descifrar los jeroglíficos de la piedra Rosetta.

LA SONDA

La sonda se compone de un módulo principal llamado Rosetta, que da nombre a la misión, y que hará las funciones de *orbiter*. Este módulo, que en si mismo cuenta con once instrumentos en el más puro estado del arte, a su vez transporta el módulo aterrizador o *lander* llamado Philae con nueve instrumentos a bordo.

En total la sonda pesa 3.000 kilos, incluyendo más de 1.600 kilos de combustible, 165 kilos de instrumentos científicos, y 100 kilos del módulo Philae. Las dimensiones son igual de espectaculares, casi 3 metros de alto por 2 de ancho, más dos paneles solares de 14 metros de largo cada uno; 64 metros cuadrados en total de paneles solares. El tamaño del módulo Philae es de 1 metro de ancho por 80 centímetros de alto.

La misión Rosetta, liderada por Astrium Alemania como contratista principal, ha tenido un coste total de 1.000 millones de Euros, incluyendo la sonda, su lanzamiento, los instrumentos a bordo y las operaciones. Junto a esta cifra llama-

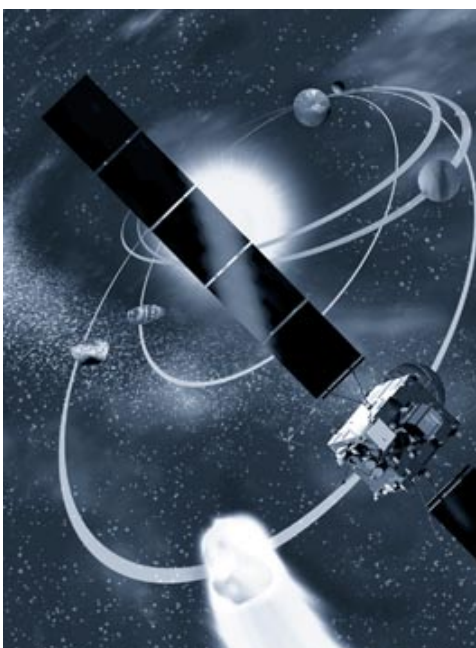


Foto: EADS SPACE



Foto: ESA

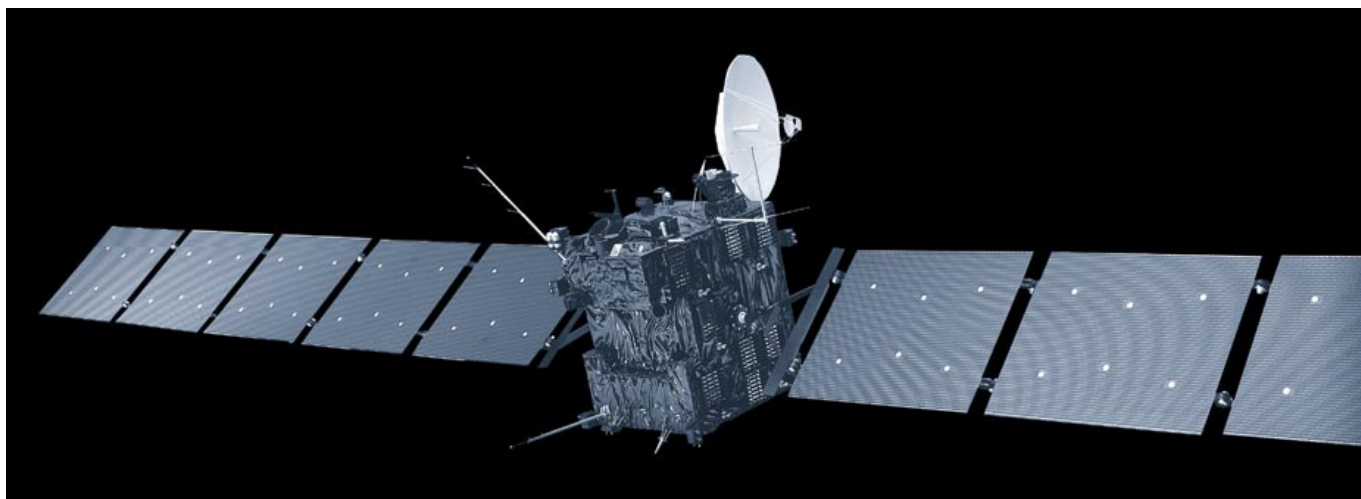


Foto: ESA

tiva, es obligado mencionar que Rosetta ha servido como plataforma tecnológica para la misión Mars Express y la futura Venus Express, habiéndose beneficiado estas últimas de una gran parte de desarrollos recurrentes.

El retraso en el lanzamiento de la sonda también originó un gasto adicional de 70 millones de Euros.

EL LANZAMIENTO

El destino inicial de la sonda Rosetta era el cometa 46P/Wirtanen, pero un desafortunado incidente en una misión previa con una versión superior del lanzador Ariane-5 obligó a los técnicos de la ESA y Arianespace, la empresa encargada del lanzamiento, a posponer la fecha de lanzamiento. Finalmente el comité de revisión decidió no lanzar la misión multimillonaria durante la ventana prevista en enero de 2003, renunciando al objetivo de alcanzar al cometa Wirtanen.

Desde ese momento empezó un duro trabajo de selección de un nuevo destino para Rosetta, seleccionándose, de entre 150 cometas periódicos estudiados, el cometa 67P/Churymov-Gerasimenko. Este cometa cumplía con las premisas de ofrecer los mismos retornos científicos que el cometa Wirtanen y evitar en la medida de lo posible financiación extra. El nuevo objetivo podía usar la versión estándar del lanzador europeo, el Ariane-5 G+, y además era la opción que menos tiempo de almacenaje implicaba para la sonda.

Después de dos encuentros cercanos con Júpiter en 1840 y 1959, el cometa Churymov-Gerasimenko se encuentra orbitando alrededor del Sol cada 6,6 años. De forma elíptica, su órbita tiene su perigeo (punto más próximo al Sol) entre las órbitas de la Tierra y Marte, y su apogeo (el punto más lejano) más allá de Júpiter.

Finalmente, después de diez años de diseño y desarrollo de hardware y análisis de misión, la sonda Rosetta se lanzó exitosamente el pasado 2 de marzo desde Kourou, el centro de lanzamiento europeo situado en la Guayana Francesa.

EL CAMINO HASTA

EL ENCUENTRO CON EL COMETA

CHURYMOV-GERASIMENKO

Hasta el momento, Rosetta no ha hecho más que empezar su viaje. Para llegar a su destino, la sonda estará en una fase crucero que durará más de diez años hasta que alcance los 130.000 kilómetros por hora a los que viaja el cometa. Para alcanzar esta velocidad, Rosetta realizará tres impulsos por gravedad con la Tierra y uno con Marte.

El primer encuentro planetario ocurrirá en marzo de 2005, cuando Rosetta regrese a la Tierra tras su primera órbita inicial como consecuencia de lanzamiento. Dos años más tarde la sonda realizará otro impulso gravitatorio alrededor de Marte, y el segundo alrededor de la Tierra en 2007.

Tras este punto, y ya con una órbita bastante más amplia, Rosetta entrará en el cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter. Gracias al perfecto lanzamiento del lanzador Ariane-5, el consumo de combustible hasta el momento ha sido el mínimo necesario, por lo que el equipo de la misión ha decidido que la sonda visite de cerca y estudie los asteroides Steins y Lutetia. Para esta misión el consumo de combustible es un factor crítico, puesto que la cantidad de combustible a bordo de la sonda no ha variado, y el nuevo objetivo, el cometa Churymov-Gerasimenko, está más alejado de lo que estaba el cometa Wirtanen.

En noviembre de 2009, Rosetta hará su tercera visita a casa, logrando así suficiente velocidad para abandonar el núcleo del Sistema Solar, atravesando por segunda vez el cinturón de asteroides. Manteniendo esa órbita, la sonda permanecerá en un estado de hibernación desde mediados de 2011 hasta 2014, donde la sonda se encontrará suficientemente cerca del cometa como para empezar la maniobra de aproximación (*rendez-vous*). Durante esta maniobra Rosetta permanecerá orbitando alrededor del cometa a una distancia aproximada de 25 kilómetros, situación que aprovechará para tomar imágenes y medidas sin pre-

cedentes, sobre la superficie de un cometa, lo que servirá para buscar un lugar seguro donde aterrizar el *lander*.

Una vez que el módulo orbital esté a una distancia aproximada de un kilómetro, soltará el módulo Philae, o *lander*, que debido a la poca masa del cometa será atraído hasta la superficie a una velocidad similar a la de una persona andando. El cometa tiene un diámetro aproximado de 4 kilómetros, por lo que su fuerza gravitatoria será tan débil que en cuanto el módulo aterrizador toque la superficie del cometa, un arpón y una especie de taladradores de hielo situados en las patas fijarán el *lander* a la superficie

del cometa. Entonces, durante al menos una semana, se llevarán a cabo una extensa campaña de experimentos. En total, nueve instrumentos a bordo del Philae ofrecerán a los científicos europeos la posibilidad de estudiar fotografías a corta distancia, perforar dentro del núcleo del cometa y analizar la composición mineral y tomar muestras de los principales hielos y gases de un cometa con más de 4.500 millones de años.

Mientras tanto, Rosetta permanecerá durante más de un año orbitando alrededor del cometa. Durante este tiempo se investigarán los cambios dramáticos que sufrirá el núcleo del cometa durante su aproximación al Sol. Durante esta aproximación, el cometa se volverá cada vez más activo, ofreciendo la posibilidad a los científicos de estudiar por primera vez la transformación de un cometa en forma de bloque de hielo a un cometa en estado agitado de emisión de gases y polvo.

LA PARTICIPACIÓN DE CRISA

EN ROSETTA

Para la misión Rosetta ha diseñado y fabricado Crisa la Unidad Electrónica del Navegador de Estrellas y la Cámara de Navegación. Este mismo equipo electrónico con ciertas modificaciones de configuración ya ha volado en la misión Mars Express, e irá embarcado en la futura Venus Express.

Esta Unidad Electrónica controla todo el procesamiento y compresión de imágenes, además de monitorizar y controlar las cámaras de guiado. El Navegador de Estrellas y la Cámara de Navegación forman un equipo de vital importancia para el guiado del satélite. Rosetta, en su camino hasta el cometa Churyumov-Gerasimenko, irá tomando



Foto: ESA

periódicamente fotos del firmamento. La Unidad Electrónica procesará las imágenes tomadas y seleccionará los puntos más brillantes de la imagen como referencia de su ubicación. Por comparación con los datos almacenados en la memoria, el Navegador de Estrellas calculará las desviaciones con el trayecto planificado, guiando así a la sonda hasta el cometa.

Además, esta Unidad Electrónica efectúa el control de la Cámara de Navegación, un sensor electro-óptico diseñado para la navegación hacia planetas, cometas y asteroides.

El elemento principal de esta electrónica es el módulo DSP que se encarga básicamente del procesado de los datos, y del control y actuación del instrumento correspondiente (sensor de estrellas o la cámara). Incorpora un microprocesador de tipo TSC 21020, la interface con los bancos de memoria, las unidades de accionamiento (ruedas de inercia, e impulsores), y con la parte óptica del instrumento.

Es la primera vez que se utiliza en una aplicación espacial un dispositivo llamado "Multi Chip Module", que integra, en un espacio muy reducido, el microprocesador DSP, el controlador periférico, la memoria SRAM, y la interfaz con el bus de datos IEEE 1355. Su montaje se ha tenido que calificar expresamente para la misión Rosetta de acuerdo con los requisitos que exige la ESA.

El proyecto ha seguido una larga andadura de tres años de intenso esfuerzo dedicados al desarrollo de un equipo crítico de vuelo para una misión de larga duración y con unas características muy exigentes y novedosas. El diseño de este equipo ha requerido el esfuerzo de cinco ingenieros de Crisa, con gran experiencia en este tipo de funciones, y en una tecnología sumamente compleja y sofisticada. ■

Ingeniería Avanzada

Soluciones

Innovadoras



Rosetta, una ambiciosa misión europea

AUTOR: JOSÉ JUAN LÓPEZ MORENO
Co-Investigador de OSIRIS y GIADA, instrumentos de Rosetta. Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC

RESUMEN

El día 2 de marzo de 2004, desde el Puerto Espacial Europeo situado en la Guayana Francesa, se lanzó la Misión Europea interplanetaria más compleja llevada a cabo por la Agencia Espacial Europea. A bordo de un Ariane 5G+, la nave Rosetta partió hacia el cometa Churyumov-Gerasimenko siguiendo una complicada trayectoria interplanetaria que comprende tres asistencias gravitacionales con la Tierra y una con Marte, dos sobre-vuelos a sendos asteroides y, por fin, en el año 2014 tendrá lugar su encuentro con el cometa, al que acompañará a lo largo de dos años.

La misión Rosetta, cuyo costo se aproxima a los 1.000 millones de euros, representa uno de los más importantes retos científico-tecnológicos que Europa se ha propuesto jamás. Su objetivo es el de estudiar los cuerpos más primitivos del sistema solar, los cometas y los asteroides, los cuales representan, en estado casi primitivo, los elementos de los que hace más de 4.500 millones de años se formó el sistema solar. Al igual que la piedra Rosetta y el obelisco Philae sirvieron para descifrar las claves de la historia del antiguo Egipto, la misión Rosetta nos proporcionará las herramientas para entender los primeros pasos en la formación del sistema solar.

La misión ROSETTA, fue designada en 1993 como tercera "piedra angular" del Programa Científico de



Churyumov, Fulle y el autor: De derecha a izquierda: Marco Fulle, Interdisciplinary Scientist de Rosetta, Klim Churyumov, descubridor del cometa objeto de la misión, y el autor de este artículo. Foto: ESA.

ESA cuyo fin era estudiar los cuerpos menores del Sistema Solar, en concreto los asteroides y cometas.

Rosetta, en sus inicios, fue definida como una misión destinada a tomar muestras de un cometa y traerlas a la Tierra para su análisis en laboratorios terrestres. Aquella misión se definió como una misión conjunta NASA-ESA. El abandono del proyecto por parte de NASA, responsable de las actividades tecnológicas relacionadas con el regreso a la Tierra de las muestras, obligó a una re-definición de la misión. La nueva misión Rosetta, llevada a cabo por la ESA y lanzada desde un cohete Ariane 5, quedó estructurada como una misión destinada a analizar el núcleo y coma de un cometa con técnicas de teledetección. Paralelamente se abordará *in situ*, mediante una sonda que se posaría en él, el estudio del cometa. Será la primera vez que una nave espacial se posará en el núcleo de un cometa y también, la primera vez que se estudiará la evolución de un cometa desde una distancia superior a 3 unidades astronómicas (UA) (1 Unidad Astronómica = Distancia media entre La Tierra y el Sol \approx 150 millones de kilómetros) hasta su perihelio a 1 UA. Durante este largo viaje, Rosetta explorará la evolución del núcleo del cometa en un amplio rango de condiciones físicas.

En resumen, la misión Rosetta se diseñó para realizar, por primera vez, algunos hechos científicos bastante ambiciosos:

- Rosetta será el primer ingenio humano capaz de posarse en un cometa.
- Rosetta será el primer ingenio humano que orbitará el núcleo de un cometa.
- Rosetta será el primer ingenio humano que viaje junto a un cometa a la vez que éste se acerca al sol, transmitiendo a la Tierra completa información científica en tiempo real.
- Rosetta, por primera vez, examinará desde las cercanías al núcleo de un cometa, cómo éste se transforma al calentarse según se acerca al sol.
- Rosetta será la primera misión que hará aterrizar en el núcleo de un cometa, un complejo conjunto de instrumentos para su estudio *in situ*.

EL LANZADOR

Una vez definida la misión, el lanzador óptimo para ella era un cohete Ariane 5, de fabricación europea, compuesto de tres fases principales:

1. La fase inicial la conforman dos cohetes laterales de 31,5 metros de altura que contienen cada uno de ellos 277



Lanzamiento de Rosetta: La misión Rosetta despegando, el 2 de Marzo de 2004 desde el Puerto Espacial Europeo de Kourou. Foto: ESA.

toneladas de combustible sólido. Estos cohetes proporcionan toda su energía en los primeros dos minutos tras el lanzamiento e, inmediatamente después, se separan.

2. Etapa principal criogénica, de 31 metros de altura, contiene 158 toneladas de oxígeno e hidrógeno líquidos que alimentan al motor principal, Vulcano, durante diez minutos hasta que el cohete se encuentra a una altura de 173 kilómetros y moviéndose a una velocidad superior a 8 kilómetros por segundo. Tras su extinción, esta etapa criogénica se separa y cae a tierra.

3. Etapa superior. Consistente en un motor de combustible sólido llamado Aestus que contiene un total de casi 10 toneladas de combustible sólido y que es el

responsable de colocar a Rosetta en su órbita final.

Ariane 5 se había diseñado para colocar satélites en órbita terrestre. La misión Rosetta exigía colocar un satélite en una órbita interplanetaria y eso exigía algunas modificaciones en el diseño del lanzador. La principal de ellas era el retraso en la ignición de la etapa superior. En los anteriores lanzamientos de Ariane 5, la ignición de la etapa superior ocurre de manera inmediata tras la separación de la etapa principal del lanzador. Sin embargo en el caso de la misión Rosetta, la separación de la etapa principal ocurre tras casi 10 minutos desde el lanzamiento. En esos momentos la etapa superior se encuentra a unos 175 km de altura con una velocidad de 8 kilómetros por segundo entrando en una fase balística. Tras 1 hora y 45 minutos, después de haber dado algo más de una órbita a la Tierra, se inicia la ignición de la etapa superior que dura unos 17 minutos y termina dejando a Rosetta en su trayectoria interplanetaria, moviéndose a una velocidad superior a 10 kilómetros por segundo y situada a más de 1000 kilómetros de altura. Dos minutos más tarde, Rosetta se separa de la etapa superior e inicia su largo periplo hacia el cometa Churyumov/Gerasimenko.

EL COMETA CHURYUMOV/ GERASIMENKO

Es un cometa de corto periodo (6,5 años) de los llamados de la familia de Júpiter ya que su punto más alejado del sol (afelio) se encuentra en las proximidades de la órbita de Júpiter. Fue descubierto en 1969 por

los astrónomos Klim Churyumov y Svetlana Gerasimenko, tiene un tamaño entre 3 y 5 km y rota sobre sí mismo con un periodo de unas 12 horas. Las no muy numerosas observaciones con las que se cuenta, muestran un cometa con fuerte producción de polvo que está compuesto por una gran cantidad de partículas de tamaño de hasta algunos centímetros y que se mantienen formando una cola que se extiende tanto por delante como por detrás del núcleo.

EL SATÉLITE

Rosetta es un satélite de 3.065 kg de masa, de los cuales 1.670 son de combustible, 1.130 de estructura, paneles solares y sistemas de navegación, 165 de ins-

trumentos científicos y 100 kg correspondientes al aterrizador, de nombre Píale. Rosetta conforma un paralelepípedo de 2,8x2,1x2,0 m y está dotado de 24 pequeños motores (3 en cada esquina orientados ortogonalmente entre ellos) que serán los responsables de realizar las maniobras de corrección de órbita, navegación y de aproximación al cometa. Estos motores están alimentados por combustible líquido (monometilhidracina y tetróxido de nitrógeno, presurizados por helio).

LOS PANELES SOLARES

Por su trayectoria, Rosetta tendrá que viajar hasta alejarse a más de 800 millones de kilómetros del Sol. Esto implica que, en esas circunstancias, la radiación solar que llega es el equivalente al 3,5% de la que llega a la Tierra. La alimentación de los sistemas de Rosetta necesitan un mínimo de 350 W. Este dato exige la extensión de paneles solares superior a 56 metros cuadrados. Rosetta va equipada con un sistema de paneles solares con una extensión de 64 metros cuadrados, conformado por dos sistemas plegables de 16x2 m cada uno.

Rosetta es la primera misión espacial que viajará más allá del cinturón de asteroides y cuya energía se produce con paneles solares en lugar de con generadores radiactivos. Los paneles solares de Rosetta han representado un gran desafío tecnológico ya que están diseñados para cubrir un amplio rango de irradiación solar, son capaces de producir 8.700 vatios en las fases iniciales y finales de la misión, cuando Rosetta se encuentre a unos 150 millones de kilómetros del Sol, y 400 vatios en las fases más lejanas de la misión.

LA CARGA ÚTIL CIENTÍFICA

Rosetta comprende dos plataformas de instrumentación científica, el orbital que mantiene el nombre de Rosetta, en honor a la piedra del mismo nombre cuyas inscripciones en demótico, griego y lenguaje jeroglífico, permitieron a Champollion descifrar el lenguaje jeroglífico y, con ello, la interpretación de los textos históricos del antiguo Egipto. Junto al orbital, Rosetta porta un aterrizador, de nombre Philae, en honor a la isla del mismo nombre en la que se encontró un obelisco con los nombres de Cleopatra y Ptolomeo en caracteres jeroglíficos que ayudaron a Champollion a la interpretación de los textos contenidos en la piedra Rosetta.

EL ATERRIZADOR PHILAE

Posee una masa de 100 kg y ha sido construido por un consorcio europeo liderado por el Instituto Alemán de Investigación Aeroespacial (DLR) y en el que se en-

cuentran institutos de Austria, Finlandia, Francia, Hungría, Irlanda, Italia y el Reino Unido.

Consta de una estructura en forma de caja revestida de paneles solares. En ella se encuentran alojados los diez instrumentos científicos que forman su carga científica junto con el sistema de comunicaciones con el orbital.

En la siguiente tabla se encuentran relacionados cada uno de los instrumentos con una pequeña descripción de sus objetivos científicos.

Instrumentos de Philae

- **APXS:** Espectrómetro de rayos x y de partículas alfa para estudiar la composición atómica de la superficie.
- **ÇIVA:** Seis microcámaras destinadas a tomar imágenes panorámicas de la superficie, además es un espectrometrómetro en visible para estudiar la composición y albedo superficiales.
- **CONSERT:** Mediante sondeo de radio frecuencia, estudiará la estructura interna del núcleo cometario.
- **COSAC:** Es un analizador de gas destinado a detectar e identificar moléculas orgánicas complejas.
- **MODULUS PTOLEMY:** Otro analizador de gas destinado a medir las distribuciones isotópicas de los elementos ligeros.
- **MUPUS:** Determinará la densidad y las propiedades térmicas y mecánicas de la superficie.
- **ROLIS:** Es una cámara CCD destinada a obtener imágenes de alta resolución durante el descenso e imágenes panorámicas estereoscópicas de la superficie.
- **ROMAP:** Estudiará el campo magnético del núcleo y la interacción del cometa con el viento solar.
- **SD2:** Consiste en un taladro para tomar muestras del núcleo del cometa hasta 20 cm de profundidad para su análisis en una serie de hornos y microscopios.
- **SESAME:** Es un conjunto de tres instrumentos destinados a medir las propiedades eléctricas de la superficie, la estructura del núcleo mediante sondeo acústico, y un analizador de impacto de polvo.

Cuando, en mayo del 2014 Rosetta llegue a las proximidades del Churyumov-Gerasimenko, los motores de inserción actuarán hasta colocarse en las proximidades del cometa para, desde allí, estudiar con detalle la topografía del núcleo con objeto de elegir el lugar para que Philae aterrice. Una vez elegido el lugar Philae será suavemente empujado por un sistema de muelles que lo llevará hasta el núcleo del cometa. Tras el impacto, Philae clavará un arpón en la superficie para evitar que rebote o se separe del núcleo, ya que la atracción gravitatoria del cometa es muy pequeña.

Philae está diseñado para alcanzar todos sus objetivos científicos en una semana, sin embargo, al estar dotado de paneles solares, se espera que sus estudios *in situ* se prolonguen durante varios meses más.

EL ORBITAL ROSETTA

Los 165 kg de carga científica del orbital se distribuyen en los once instrumentos científicos que se detallan en la tabla que sigue. Estos instrumentos han sido propuestos y fabricados por consorcios internacionales, principalmente europeos con participación también de Estados Unidos. En la siguiente tabla se describen los instrumentos que lo componen.

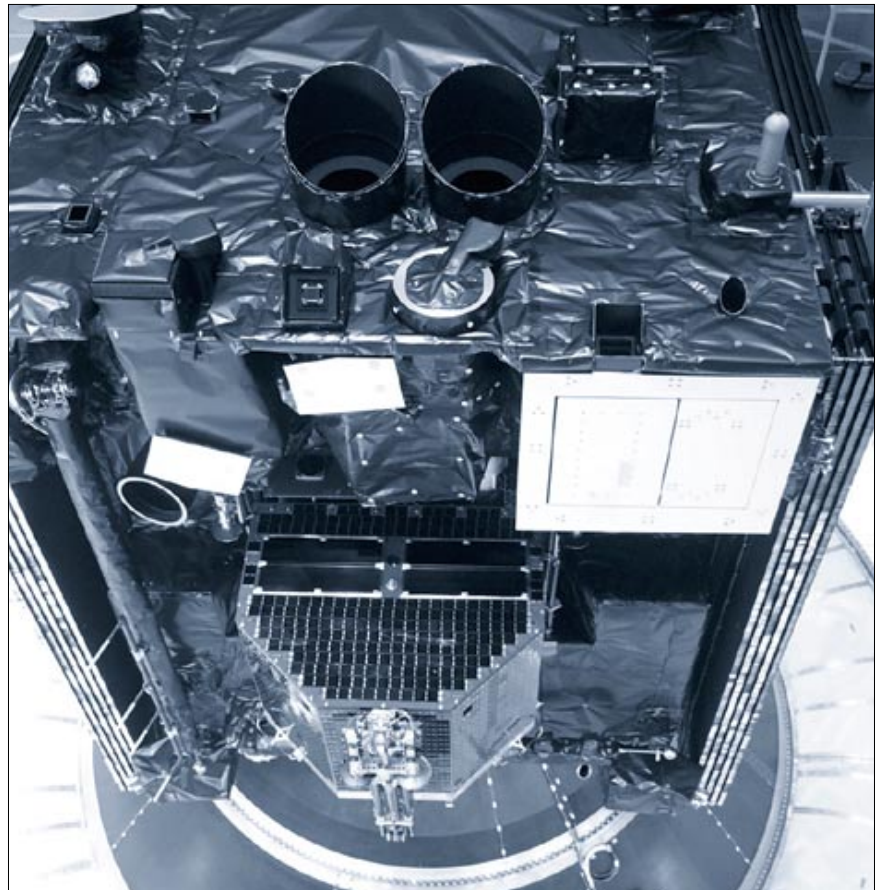
Instrumentos del orbital

Teledetección

- **ALICE:** Espectrómetro de imagen en el ultravioleta. Analizará los gases de la coma* y la cola, determinará las tasas de producción vapor de agua, CO₂ y CO. También ayudará a caracterizar la composición superficial del núcleo.
- **MIRO:** Determinará la abundancia de los gases mayoritarios, la tasa de desgasificación y la temperatura de la superficie del núcleo. También analizará la temperatura superficial de los asteroides.
- **OSIRIS:** Consiste en dos cámaras dotadas de filtros, una de ancho campo y otra de campo estrecho, obtendrá imágenes de alta resolución del núcleo y de los asteroides. Sus imágenes ayudarán a conocer el volumen, densidad, propiedades superficiales del núcleo cometario.
- **VIRTIS:** Es un espectrógrafo de imagen en el visible y en el infrarrojo térmico, producirá mapas de composición de la superficie del núcleo, estudiará las propiedades térmicas del mismo y establecerá las condiciones físicas de la coma.

Estructura del núcleo

- **CONSERT:** Mediante sondeo con ondas de radio, determinará la estructura interna del núcleo del cometa.
- **GIADA:** Consiste en tres tipos de sensores (sensores de impacto, sensores de detección y microbalanzas)



Rosetta se ven bien Giada y Osiris: Fotografía de Rosetta en la que se aprecian los instrumentos científicos. Foto: ESA.

que medirán la distribución de masa, velocidad y momento de las partículas cometarias.

Análisis y composición

- **COSIMA:** Analizará las características químicas de los granos de polvo.
- **MIDAS:** Mediante un microscopio, establecerá el tamaño, volumen y forma de las partículas cometarias.
- **ROSINA:** Un espectrómetro de masas destinado a establecer la composición de la atmósfera cometaria y estudiar la presencia de iones en ella. Establecerá la posible desgasificación en de la superficie de los asteroides.

Plasma e interacción con viento solar

- **RSI:** Mediante el estudio del comportamiento de las emisiones de radio del sistema de comunicaciones de Rosetta, permitirá la determinación de la masa, densidad, campo gravitatorio del núcleo cometario y de los asteroides. Se utilizará también para el estudio de la corona solar cuando Rosetta se encuentre tras el sol.

* La coma es la envoltura gaseosa luminosa que rodea al núcleo o parte sólida de un cometa. Es el producto de la volatilización de los hielos del núcleo por la radiación solar en la cara iluminada. El viento solar (corriente de gases ionizados que también emite el sol) da a la coma una forma redondeada hacia el lado del sol y la extiende en forma de cola de millones de kilómetros hacia el lado opuesto.

■ **RPC:** Cinco sensores medirán las propiedades eléctricas del núcleo y de la coma. Estudiará la actividad cometaria y la interacción del núcleo y la coma con el viento solar

LA TRAYECTORIA DE ROSETTA

A pesar de ser Ariane 5 el cohete europeo de mayor potencia, ésta no es suficiente para colocar a Rosetta en la órbita del cometa. Para conseguirlo se utiliza la técnica de asistencia gravitacional. Esta técnica consiste en la realización de un sobrevuelo sobre un planeta (en este caso La Tierra y Marte) para adquirir velocidad. En concreto Rosetta realizará cuatro de estas asistencias gravitacionales, la primera sobre la Tierra en marzo del 2005, tras la que se dirigirá hacia Marte, planeta que sobrevolará en febrero del 2007 a una distancia de 200 kilómetros. Después vuelve a la Tierra en noviembre del 2007 por segunda vez y, por último en noviembre del 2009 hará su tercer sobrevuelo sobre la Tierra y se dirigirá hacia el encuentro del cometa.

VISITA A ASTEROIDES

Es su viaje hacia el cometa Churyumov/Gerasimenko, Rosetta aprovechará para estudiar dos asteroides. La primera visita la realizará al asteroide Steins el 5 de septiembre del 2008 entre los dos últimos sobrevuelos a la Tierra. Steins es un asteroide pequeño, de unos pocos kilómetros de diámetro. El sobrevuelo se efectuará a una velocidad relativamente baja (9 kilómetros por segundo) y a una distancia de unos 1700 kilómetros.

El segundo asteroide que encontrará en su camino, Lutetia, tiene un diámetro superior a los 100 km y será sobrevolado el 10 de julio del 2010, cuando Rosetta realice su trayecto final hacia el cometa. Rosetta pasará a una distancia de 300 kilómetros moviéndose a una velocidad de unos 15 kilómetros por segundo. Se aprovecharán estas dos ocasiones para conocer mejor la estructura, composición y dinámica de estos pequeños elementos del Sistema Solar.

PARTICIPACIÓN DE ESPAÑA

EN LA MISIÓN ROSETTA

Participación Industrial

La industria aeroespacial española ha participado de forma importante en el desarrollo de Rosetta, desde aportaciones al lanzador Ariane 5, como en el control térmico de Rosetta, el análisis de misión, dotación de componentes, etc. En particular, las siguientes empresas españolas han aportado su saber y expe-

riencia a la misión: SENER, GMV, Alcatel, GTD, Tecnológica, CASA y CRISA.

Participación científica

La participación en la instrumentación científica de España se ha centrado en dos de los instrumentos del orbital: OSIRIS y GIADA.

OSIRIS ha sido desarrollado por un consorcio internacional liderado por el Max-Planck Institut für Aeronomie (Alemania) en el que se incluyen las distintas participaciones nacionales lideradas, en cada país, por los siguientes institutos: Laboratoire d'Astronomie Spatiale, Francia; Università di Padova, Italia; Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), España; Astronomical Observatory, Suecia y ESTEC-ESA.

El consorcio español para OSIRIS ha estado formado, además del IAA-CSIC, por el INTA y el Instituto Ignacio da Riva de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

La participación en OSIRIS ha consistido en el desarrollo de las ruedas de filtros de las dos cámaras (INTA), los modelos térmicos y el análisis de elementos finitos (UPM) y la electrónica de control de mecanismos (IAA-CSIC). La realización industrial de los distintos componentes ha sido llevada a cabo con las empresas SENER, CASA y Tecnológica.

El instrumento GIADA ha sido desarrollado en su integridad por un consorcio formado por el Observatorio de Capodimonte-Universidad de Nápoles (OC-UN) y el IAA-CSIC. El OC-UN ha sido el responsable de aportar los sensores junto a su electrónica de proximidad mientras que el IAA-CSIC ha proporcionado la electrónica principal del instrumento. La componente industrial de la electrónica de GIADA ha sido llevada a cabo por SENER.

Además de la participación en los dos instrumentos citados, el IAA-CSIC abrió, al inicio de los años 90, una línea de investigación sobre la física de los cometas con objeto de llevar en paralelo la participación en el desarrollo instrumental de Rosetta y la preparación para optimizar el retorno científico de la misión. En este sentido, se han desarrollado modelos termofísicos numéricos para considerar y cuantificar los efectos de la forma irregular y la topografía en los parámetros físicos de los núcleos cometarios heterogéneos. También se está instalando en el IAA-CSIC un laboratorio para el estudio de la interacción radiación-materia, mediante el estudio de la dispersión y polarización de la luz al incidir en muestras de polvo que pueden representar análogos del polvo cometario. ■

Desertificación, un fenómeno global que afecta a España

AUTOR: JUAN PUIGDEFÁBREGAS
Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC)
General Segura, 1. 04001 Almería

INTRODUCCIÓN

La percepción de la desertificación es relativamente reciente. El término fue acuñado por la ONU tras las sequías experimentadas por el Sahel durante los años setenta y posteriormente, definido en el marco del Convenio Internacional de Lucha contra la desertificación y la Sequía (UNCCD) establecido también en el marco de Naciones Unidas, como *la degradación de tierras en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de varios factores, incluyendo cambios climáticos y actividades humanas*. Sin embargo, tanto el vocablo como la definición siguen siendo demasiado abstractas para pasar al dominio común de las poblaciones directamente afectadas, las cuales únicamente perciben una pérdida de capacidad productiva de la tierra que conduce a su propio empobrecimiento.

El hecho de que las zonas en proceso de desertificación sufran mayor impacto por sequías lleva a la idea generalizada de que existe una relación entre ese fenómeno y la expansión de los desiertos y por ende, en nuestro idioma, a la confusión entre desertización y desertificación. El primer término alude al abandono de un territorio por las poblaciones que lo ocupan ya sea debido a fluctuaciones climáticas, sucesos políticos o socioeconómicos, plagas o enfermedades u otras causas adversas. Por el contrario, el término desertificación alude explícitamente a la pérdida de capacidad productiva de un territorio, por la acción combinada del clima y del hombre, en zonas secas, donde la demanda evaporante de la atmósfera (evapotranspiración potencial) excede la precipitación.

Esa falta de concreción en la percepción del concepto de desertificación suele dar lugar a que se atribuyan a este fenómeno toda clase de calamidades, tales como sequías inundaciones, incendios, etc. Tal situación dificulta la precisión en el diagnóstico y por tanto, pone en riesgo los programas de tratamiento del fenómeno.

A fin de contribuir a clarificar la estructura del proceso de desertificación, examinaremos una serie de casos paradigmáticos bien documentados en diversos continentes e intentaremos extraer síndromes y características comunes. Esta herramienta nos permitirá examinar, por un lado, las relaciones entre cambio climático, cambio global y desertificación y por otro, analizar con mayor detalle la situación de la región Mediterránea y de España.

REVISIÓN HISTÓRICA DE CASOS DE DESERTIFICACIÓN

La región del Sahel ocupa una franja de clima semiárido al sur del Sahara. Durante los años setenta del pasado siglo, la zona sufrió una sequía que duró varios años, arruinando las economías de los países afectados. El fenómeno saltó por primera vez a la opinión pública, a través de acciones emprendidas por Naciones Unidas, incluyendo conferencias de expertos en Nairobi y proyectos internacionales de investigación. Descripciones detalladas de lo ocurrido (Thebaud 1993) contribuyeron a comprender las causas de lo sucedido. En realidad, la zona había experimentado una anomalía climática húmeda desde mediados de los cincuenta hasta mediados de los sesenta, estimulando la migración hacia el norte de poblaciones de agricultores y ganaderos, y a la fijación de las nómadas. Cuando, años más tarde, sobrevino una sequía importante, aunque no más que otras habidas en el pasado, esas poblaciones se vieron abocadas a sobrevivir en un medio climático hostil con sistemas agrarios inadaptados al mismo. Se convirtieron así en 'recolectores de broza' ya que habiendo arruinado los recursos disponibles, no podían ni tan sólo volver a sus zonas de origen, debido a que lo habían invertido todo en su nuevo lugar y modo de vida.

El Africa Mediterránea, al norte del Sahara, desde los años sesenta del pasado siglo, experimenta una tasa de incremento poblacional altísima, duplicándose en 30 años (Le Houerou 1992). Esta circunstancia, unida a las políticas nacionales de fijar sus poblaciones nómadas, conduce a una sobreexplotación de la tierra y a un empobrecimiento generalizado. La agricultura se expande ocupando zonas frágiles en antiguos pastos. Por su parte, los oasis, superpoblados y dotados de nuevos medios técnicos para alcanzar niveles freáticos profundos, con frecuencia, fósiles, tienden a salinizar los suelos por falta de drenajes idóneos (Mtimet & Hachicha 1995). La consecuencia de todo ello, es la degradación del suelo por erosión o salinización, y de la cubierta vegetal de los pastos, por sobrepastoreo y extracción de leña (Aidoud & Touffet 1996).

La región semiárida de las Grandes Llanuras de EEUU, es rica en mollisoles o 'tierras negras', suelos característicos de estepas frías, muy ricos en materia orgánica. Muchos de sus pobladores son de origen ucraniano, donde cultivaban cereales sobre suelos parecidos. Lo mismo hicieron en su nuevo destino, cultivando las mejores tierras, hasta la primera guerra mundial. En ese momento, la demanda de cereales en Europa provocó un incremento de precios que a su vez, estimuló la extensión del cultivo en tierras frágiles (Blakenburn 1993). El resultado fue el empobrecimiento del suelo y más tarde, cuando en los años veinte, so-

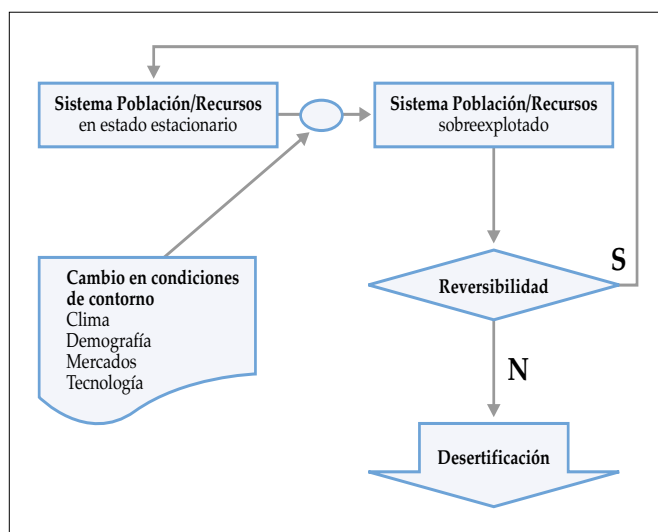
brevino una sequía prolongada, el viento desmanteló lo que quedaba de la capa superficial, más rica, dando lugar a tormentas de polvo como no se habían visto antes. Estos hechos concienciaron a la opinión pública de la importancia de conservar el suelo y se iniciaron los primeros estudios experimentales para evaluar la erosión (Wischmeier 1959) que más tarde han sido utilizados por las administraciones públicas de muchos países.



A la izquierda, nubes de polvo arrancado al suelo por el viento en la "dust bowl", Springfield, Colorado. Fuente: Dorst, Jean. 1987. *Antes que la naturaleza muera*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. A la derecha, depósito de partículas de suelo arrancadas por el viento en una granja de Texas que hubo de ser abandonada. Fuente: Dorst, Jean. 1987. *Antes que la naturaleza muera*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.

La vertiente oriental de los Andes, en la Patagonia y Pampas argentinas, presenta un clima semiárido debido a la sombra de lluvia de la cadena montañosa sobre los flujos de aire húmedo procedente del Pacífico. Sin embargo, por efecto del fenómeno de El Niño, las lluvias alcanzan periódicamente esa zona. La agricultura sigue estos vaivenes a lo largo de una franja que se cultiva y abandona periódicamente. El resultado es su progresiva degradación por efecto de prácticas agrícolas que atienden más a maximizar la producción inmediata que a la conservación del suelo.

El NW de China, en el bucle del río Amarillo (Mongolia Interior), es una región de clima semiárido cubierta por depósi-



Modelo perceptual del proceso de desertificación.

Fuente: Puigdefábregas & Mendizábal 2004.

tos de arena fina transportada por fuertes vientos del NW. Se trata de una estepa utilizada por poblaciones pastoriles mediante ganadería extensiva. La administración china trata de liberar presión demográfica en el este del país estimulando la migración hacia el oeste y noroeste. Los inmigrantes son agricultores que establecen sus campos en la estepa, forzando a los pastores a concentrar sus ganados en las zonas libres. La consecuencia es el sobrepastoreo local que degrada la vegetación. La deflación por el viento moviliza la arena en las zonas afectadas, dejando parches desnudos en el pasto que crecen y se juntan entre sí, hasta formar extensas zonas cubiertas de arena desnuda (Fullen & Mitchell 1994).

BÚSQUEDA DE UNA ESTRUCTURA

GENÉRICA DEL PROCESO

DE DESERTIFICACIÓN

El resumen histórico de los anteriores casos permite identificar una serie de hechos comunes que configuran una estructura genérica de la desertificación como proceso.

En primer lugar, ocurre una perturbación que estimula la concentración demográfica y la explotación de los recursos en una zona determinada. Esa perturbación siempre es exógena al sistema considerado y forma parte de sus condiciones de contorno. Puede ser un incremento de la disponibilidad de recursos, ya sea por una fluctuación climática húmeda (Sahel) o el acceso a nuevas tecnologías (oasis en el norte de África). También pueden ser factores socioeconómicos que favorezcan una mayor tasa de crecimiento demográfico (norte de África) políticos, que estimulen la inmigración (NW China) o cambios en las condiciones de mercado que fuercen el alza de los precios (EEUU).

En segundo lugar, si la perturbación es un pulso (clima, precios), las condiciones de contorno regresan a la situación inicial. Si se trata de una tendencia mantenida de explotación creciente, puede agotar o degradar los recursos (caso del crecimiento demográfico en el norte de África, de la Patagonia o del NW de China). En ambos casos, el sistema población / recursos carece de medios endógenos para reducir el nivel de explotación y por tanto, el proceso prosigue en un bucle de retroacción positiva hasta acabar con los recursos y forzar el abandono de la población o la reconversión de su actividad. Esta última opción sólo es posible en países que dispongan de los recursos necesarios.

Tal estructura de relaciones representa un modelo perceptual, basado en observaciones cualitativas de casos reales, susceptible de ser formalizado mediante sistemas dinámicos de predador/presa clásicos en ecología (Puigdefábregas 1995). La exploración de las simulaciones usando modelos de este tipo, incluso en su versión genérica, presenta resultados de interés.

Por ejemplo, la aparición de un pulso de mayor disponibilidad de recursos, como una anomalía húmeda, suele ser la



Estepa de esparto en el sitio experimental de Rambla Honda (Almería) gestionado por la Estación de Zonas Áridas-EEZA-CSIC. A la izquierda: Vista general mostrando distintas estructuras espaciales asociadas a la pendiente y a la escorrentía. A la derecha: un detalle de la anterior, cuya escala viene dada por la anchura de las parcelas experimentales (2 m). Fuente: J. Chadwick.

antesala de un fenómeno de desertificación. La permeabilidad de las fronteras del sistema población/recursos es un parámetro crucial para el desencadenamiento de la desertificación. La existencia de una mayor disponibilidad de recursos constituye un atractor de población e inversiones. Si la permeabilidad a la entrada de esos flujos es mayor que la de su salida, el riesgo de desertificación será mayor que si ocurre lo contrario. Esto explica porque en territorios poco humanizados o en sistemas humanos nómadas, son raros los fenómenos de desertificación. En esos casos, la presión sobre los recursos disminuye cuando se hace excesiva porque las poblaciones de consumidores emigran a otros lugares con mucha facilidad.

FACTORES ENDÓGENOS

EN EL PROCESO DE DESERTIFICACIÓN

El anterior modelo no detalla la dinámica de los distintos tipos de recursos, suelo, agua, vegetación, etc. Se trata de funciones endógenas del sistema considerado e incluyen aspectos tales como retardos en las respuestas o umbrales de variables críticas que determinan discontinuidades en las trayectorias.

La densidad de vegetación es uno de los principales factores que controlan la erosión del suelo. Sin embargo, en zonas áridas, la disponibilidad de agua no suele permitir cubiertas vegetales completas, por lo que son frecuentes los parches de matas y calvas formando mosaicos. Las fases de este mosaico mantienen una relación asimétrica de fuente (calvas) y sumidero (matas) respecto a los flujos de agua, sedimentos y nutrientes (Puigdefábregas 2005), de forma que las segundas se constituyen en 'islas' de fertilidad que concentran la mayor parte de la actividad biológica del ecosistema (Schlesinger et al 1990). Se ha demostrado que la estructura espacial de estos mosaicos es dinámica y constituye un factor endógeno retroactivo que puede limitar el impacto de la desertificación.

Por una parte, la heterogeneidad espacial es fuente de asincronía en cuanto a la condición fisiológica que presentan los parches, debido al distinto estado de desarrollo y composición de

la vegetación que los integran. Esta asincronía se retroalimenta positivamente, estimulando la diversidad ecológica, característica de los ecosistemas de zonas áridas (West 1993), y confirmando estabilidad frente a las perturbaciones (Wiegand *et al.* 1995). La irrupción de un periodo seco, por ejemplo no afecta por igual a todo el mosaico, sino a unos parches más que otros, de forma que siempre suele quedar un subconjunto menos afectado, capaz de reconstituir la formación.

Por otra parte, los mosaicos de grano fino son más eficientes que los de grano grueso en el control de la distancia recorrida por la escorrentía, y por ende, de la conservación local de los recursos de suelo, agua y nutrientes (Puigdefábregas 2005). Uno de los efectos de la desertificación es el aumento de tamaño de los parches o grano de los mosaicos. Por ejemplo, la llamada matorralización de las estepas, o sustitución de las herbáceas por arbustos, estos últimos, formando parches mata/calva de dimensiones mucho mayores y por tanto, más susceptibles a la generación de escorrentía y erosión (Abrahams *et al.* 1995).

IMPLICACIONES GLOBALES

DE LA DESERTIFICACIÓN

La extensión ocupada, en la Tierra, por los climas secos, donde la precipitación es inferior a la evapotranspiración potencial, alcanza 1.137×10^9 km², excluyendo los desiertos hiperáridos, de la cual, un 69,5 % se considera degradado (Lal 2001). Tal degradación presenta conexiones con el sistema planetario global, tanto por sus causas como por sus efectos.

Respecto a las primeras, los cambios económicos a gran escala, el cambio climático y la modificación de la concentración de CO₂ en la atmósfera forman parte de las condiciones de contorno de la desertificación y con frecuencia actúan sinérgicamente.

Algunos de los efectos de la desertificación exceden el ámbito local de los territorios donde ocurre y afecta a regiones mucho más amplias, tal como se indica en los siguientes ejemplos.

El incremento de la proporción de suelo desnudo, como consecuencia de la reducción de cobertura vegetal conlleva la disminución de la evaporación y el paralelo aumento del flujo de calor latente a la atmósfera. Por otra parte, las tierras degradadas son grandes emisoras de polvo que transportado por el viento alcanza considerables distancias, conectando la desertificación con los ciclos biogeoquímicos globales Schlesinger *et al.* 1990).

Tanto el calentamiento climático como la extensión de la agricultura y del sobrepastoreo conducen a una disminución de la capacidad de secuestro de carbono por los ecosistemas de zonas secas. Este efecto, despreciado hasta hace poco tiempo, ha despertado la atención, dada la gran extensión de los territorios implicados. Las estimaciones globales recientes indican que la reserva de carbono orgánico en los suelos de las regiones secas alcanza el 27% de la global existente en los suelos de la Tierra (Lal 2001).

Los efectos de las perturbaciones asociadas a la desertificación sobre la diversidad biológica, tan característica de los ecosistemas de clima seco depende de sus condiciones climáticas y evolutivas (West 1993). En climas áridos, suelen conducir a pérdidas de diversidad, mientras que en zonas semiáridas o subhúmedas, como sucede en el Mediterráneo (Naveh & Whittaker 1979) los valores máximos de diversidad suelen estar asociados a regímenes moderados de perturbación. Sin embargo, si ésta no ha sido incorporada a la historia evolutiva de los ecosistemas, como sucedió con la introducción de herbívoros europeos en Patagonia o Australia, las pérdidas de diversidad pueden ser enormes (Pickup *et al* 1995).

Una de las consecuencias de la desertificación es la disminución de la evapotranspiración y el incremento de la escorrentía rápida. Este hecho conlleva una serie de efectos aguas abajo, tales como el incremento del riesgo de avenidas y de sedimentación en las llanuras aluviales. Se trata de otro tipo de conexión entre los sectores emisores y receptores de las cuencas hidrográficas que puede alcanzar distancias muy considerables.

Un último aspecto de gran importancia, acerca de las implicaciones globales de la desertificación, es el empobrecimiento generalizado y desintegración de las sociedades y economías afectadas. La consecuencia es la inducción de emigraciones a gran escala sobre las regiones industrializadas (Puigdefábregas & Mendizabak ; 1995). Este es el punto que separa los países en vías de desarrollo de los desarrollados. Los primeros carecen de recursos financieros y tejidos industriales capaces de asegurar la reconversión de la actividad agraria en las zonas desertificadas, mientras que los segundos sí pueden hacerlo. Aunque

la desertificación amenaza a cualquier país y sociedad en clima seco, los países desarrollados son capaces de bloquear el mecanismo de retroacción positiva en la sobreexplotación de recursos, porque sus economías complejas, permiten reconvertir la actividad de las poblaciones afectadas.

APROXIMACIÓN A LA DESERTIFICACIÓN

EN EL MEDITERRÁNEO Y ESPAÑA

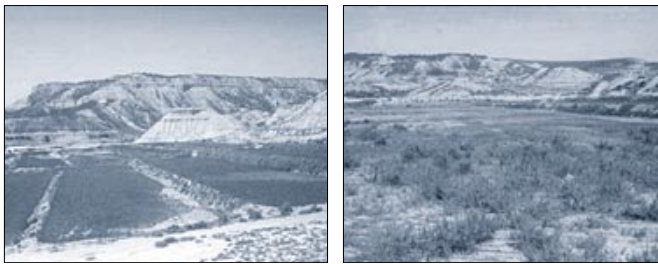
El paisaje de la cuenca mediterránea se originó a fines del Terciario, durante la transición climática que llevó la región a su característica sequía estival. Desde entonces, el territorio ha evolucionado bajo las tensiones de cambios geológicos y climáticos a gran escala. La mayoría de sus sistemas orográficos son jóvenes y a menudo, tectónicamente activos. Durante el Holoceno, las condiciones áridas se consolidaron en la mayor parte del territorio, con períodos particularmente secos entre los años 6000-4000 B.P (Rognon, 1987). Desde entonces, los tipos de vegetación xéricos (adaptados a la sequía) han venido empujando a los bosques mésicos (propios de zonas sin limitaciones hídricas) hacia el norte y hacia cotas altas en las montañas. (Parra, 1993). Por otra parte, se ha demostrado que los humanos han ayudado a configurar el paisaje actual, extendiendo la vegetación esclerófila (plantas con hojas morfológicamente adaptadas a la sequía), de encinas y pinos a expensas de los robledales (Pons & Raille, 1988) creando estructuras espaciales muy ricas, con elevada diversidad biológica (Naveh, 1991). Estos hechos indican que los paisajes de la cuenca mediterránea han evolucionado, hasta nuestros días, bajo la presión de fuertes perturbaciones y cambios ambientales. Además, nos advierten de que la idea de un paisaje mediterráneo prístino, o virgen de la intervención humana, que nos pueda servir de referencia a la hora de evaluar su condición o su tendencia son poco realistas.

La extensión actual de la degradación del suelo en España, considerando la suma de erosión hídrica y la degradación química, fundamentalmente salinización, alcanza un 58% del territorio con intensidades fuertes o extremas (tabla 1). Sin embargo, la adscripción de estas estimaciones a la desertificación debe realizarse con cautela. De hecho, la estimación del riesgo de desertificación fuerte y extremo sólo representa el 31 % del territorio (tabla 1). Esta discrepancia se explica porque una parte de la degradación que hoy observamos, debe adscribirse a cambios tectónicos y climáticos que ocurrieron en el pasado, a escala geológica, como antes se ha indicado. Otra parte se debe a cambios más recientes y rápidos ocurridos por influencia humana durante los últimos 500 años y que deben con-

Tabla 1. Degradación de suelos y desertificación. Areas afectadas en España (% del total del estado).

Fuente: UNEP-ISRIC 1992 y PAND 2000.

Factor	Intensidad	Area (%)	Factor	Intensidad	Area (%)	Factor	Intensidad	Area (%)
Erosión Hídrica	Extrema	3	Degradación química	Extrema	-	Desertificación	Extrema	11
	Fuerte	49		Fuerte	6		Fuerte	20
	Moderada	12		Moderada	-		Moderada	22
	Ligera	26		Ligera	1		Ligera	14



Nuevos regadíos en la cuenca del Ebro (Bárdenas) (a la izquierda) arruinados por salinización (a la derecha).

Fuente: José María García Ruiz.

siderarse causados por desertificación. Esta última incluye tres grandes episodios.

El primero, en los siglos XVI y XVII, está inducido por la sinergia entre la llamada pequeña época glacial, fluctuación climática fría y húmeda, con la extensión de la agricultura cerealista, la ganadería lanar y los desmontes para suministro de madera a la armada (Elliot 1965). El resultado fue la activación de la erosión que se manifestó en un pulso de sedimentación en numerosos deltas de las cuencas mediterráneas (Grove & Rackham 2001).

El factor desencadenante del segundo episodio fue el incremento demográfico que dio lugar a la saturación poblacional del campo en España y en otros países del sur de Europa a fines del siglo XIX (Puigdefábregas & Mendizábal 1998). Las apremiantes necesidades de tierra para la agricultura supusieron una expansión de cultivos en laderas con fuerte pendiente, a menudo, sin prestar demasiada atención a la conservación del suelo.

El tercer episodio corresponde al éxodo de ese exceso de población rural, por emigración a las ciudades, y a la paralela innovación tecnológica de la agricultura (Puigdefábregas & del Barrio 2000). La fuerte demanda de ciertos productos (hortofruticultura mediterránea), las políticas agrarias de subvenciones a determinados tipos de agricultura (regadíos en el interior peninsular, ganadería lanar en las dehesa), o una combinación de ambas (olivar), constituyen hoy día factores de riesgo de desertificación. Constituyen focos de atracción de actividad agraria que propende al agotamiento o degradación de los recursos de agua, suelo, pastizales, de modo semejante a lo ocurrido en los ejemplos mencionados al principio de esta contribución.

Los agentes que motivaron los dos primeros episodios no son ya operativos y hoy día, sólo observamos de ellos la degradación de las tierras que dejaron tras de sí. Por el contrario, los factores que impulsan el tercer episodio están presentes en la actualidad. Este hecho permite identificar dos tipos de desertificación, la histórica o heredada y la actual. La distinción es crucial para establecer correctamente los programas de tratamiento. La desertificación histórica puede remediarse con actuaciones de restauración ecológica, mientras que la actual requiere, además, una serie de medidas so-

cioeconómicas para desactivar el mecanismo de retroacción positiva que impulsa el crecimiento sin control de la actividad agraria en los focos de atracción. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Abrahams, A. y cols. 1995. *Geomorphology* 37-48.
- Aidoud, A. y J. Touffet, 1996: .; *Secheresse*, 7 7-*9).
- Blakenburn, P. 1993.. Secretariat of the Intergovernmental Negotiating Committee for a Convention to Combat Desertification. INCD-UN, 271-278. Geneva
- Elliot, J.H. 1965. *Imperial Spain 1469-1716*. Edward Arnold (Publishers), London.
- Fullen, M. A. y Mitchell, D. J. 1994. . *Ambio* 23: 131-135.
- Grove, A.T. y O. Rackham. 2001.. Yale University Press, New haven and London.
- Lal, R. 2001.. *Climatic Change* 51, 35-72.
- Le Houerou, H.N. 1992. In *Climatic Change and the Mediterranean*, ed. L. Jetic, J.D. Milliman, and G. Sestini. Edward Arnold (Hodder & Stoughton). London: 175-23
- Ministerio de Medio Ambiente. 2000. Plan de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND). Madrid.
- Mtimet, A.; M. Hachicha, 1995: *Secheresse*, 4, 7 1
- Naveh, Z. 1991.. *Linea Ecologica*. 4:47-60.
- Naveh, Z. y Whittaker, R.H. 1979. *Vegetatio* 41, 171-190.
- Parra, I. 1993. *Revista Catalana de Geografia* 21-8: 37-44.
- Pickup, G. y cols. 1995 Intergovernmental Negotiating Committee for a Convention to combat Desertification, International Panel of Experts Subgroup on Biodiversity. 59-80 . (UN) Geneva.
- Pons, A. y M. Reille. 1988. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 66: 243-263.
- Puigdefábregas, J. y del Barrio (eds). 2000. CDROM, CSIC, Almería, Spain.
- Puigdefábregas, J. 1995.. *Ambio*, 24: 311-313.
- Puigdefábregas, J., 2005. *Earth Surface Processes and Landforms* (en prensa).
- Puigdefábregas, J. Y T. Mendizábal, (Eds.), 1995: - *Almeria 1994*. (Madrid: Ministerio de Asuntos Exteriores).
- Puigdefábregas, J. y T. Mendizábal, 1998:. *Journal of Arid Environment*, 39: 209-224.
- Rognon, P. 1987. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 58, 11-34.
- Rognon, P. 1991. *Secheresse* 2, 199-210.
- Schlesinger, W.H. y cols 1990. *Science* 247, 1043-1048.
- Thebaud, B. 1993. Secretariat of the Intergovernmental Negotiating Committee for a Convention to Combat Desertification. INCD-UN, 7 p.. Geneva.
- UNEP-ISRIC. 1992. *GLASOD Project*. Winand Staring Centre-Wageningen, NL.
- West, N.E. 1993. B. *Journal of Range Management* 46 (1), 2-11.
- Wiegand, T., y cols.1995. *Ecology* 76(7), 2205-2221.
- Wischmeier, W.H. 1959. *Proceedings of Soil Science Society of America* 23: 246-249.

La corrosión del pecio del petrolero "Prestige"*

AUTOR: M. MORCILLO, L. ESPADA, B. CHICO
Y D. DE LA FUENTE
Centro Nacional de Investigaciones
Metalúrgicas (CENIM), CSIC

INTRODUCCIÓN

El petrolero *Prestige*, construido hace 26 años con la tecnología de estructura monocasco y que transportaba unas 77.000 t de fuel pesado en sus tanques, se hundió partiéndose en dos el 19 de noviembre de 2002 frente a las costas del noroeste español (fig. 1). El hundimiento provocó un vertido contaminante de crudo al agua de mar de consecuencias desastrosas para esta zona del litoral español.

John Whitfield publicaba en *Nature*^[1] el 18 de diciembre de 2002 una nota en la que se decía que el vertido producido por el *Prestige* era uno de los peores habidos por petroleros siniestrados, debido a la cantidad de fuel pesado vertido, su toxicidad y la importancia medioambiental de las costas contaminadas.

El volumen de fuel que transportaba el *Prestige* era muy superior al transportado por otros petroleros siniestrados: *Exxon Valdez* en 1989 (34.000 t), *Nakhodka* en 1997 (19.000 t) y *Erika* en 1999 (11.000 t), que también ocasionaron vertidos importantes.

Estimaciones sobre el vertido de fuel, realizadas por el Comité Científico Asesor^[2] creado por el gobierno español durante la crisis, evaluaba el 13 de febrero de 2003 la magnitud del vertido en 39.455 t.

El naufragio del *Prestige* conmocionó a toda la población, fue sin lugar a dudas la noticia del año en España y tuvo unas importantes repercusiones sociales, dando lugar a movimientos de voluntariado para la limpieza de playas y acciones de solidaridad nunca vista anteriormente.

El fuerte impacto del pecio con los fondos marinos produjo importantes deformaciones en distintas zonas del casco (bulbo, codaste y costado), así como pliegues y hundimientos en la cubierta. El impacto produjo asimismo apertura de puertas y tapas de escotillas de los tanques, así como la formación de grietas en deformaciones estructurales locales. Con la ayuda del batiscafo *Nautile*, del Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar (IFREMER), contratado por el gobierno español, se contabilizaron hasta 20 fugas de fuel, que por su menor densidad que la del agua de mar, ascendían a la superficie^[2]. Mediante distintas campañas del *Nautile* y con la ayuda de su robot ROV se consiguieron tapar (sellar) la mayoría de aquellas fugas (fig. 2), reduciendo prácticamente en su totalidad el vertido de fuel al mar.



Figura 1, izquierda, hundimiento del petrolero "Prestige" el 19 de noviembre de 2002. Reproducida con permiso de Agencia EFE. Figura 2, derecha, fugas de petróleo de los restos del "Prestige". Reproducida con permiso de IFREMER.

* Un artículo sobre el caso *Prestige* ha sido publicado en *Revista de Metalurgia* 40(2) (2004) 122-126.

Los dos pecios del buque siniestrado, parcialmente hundidos (0,4-1,4 m) en los sedimentos del fondo marino, se encuentran a 3.830 m (proa) y 3.545 m (popa) de profundidad, siendo la temperatura del agua de mar en esa zona de 2,5 °C y la concentración de oxígeno disuelto 5,4 ml/l (7,7 ppm)^[2].

CORROSIÓN MARINA A GRANDES

PROFUNDIDADES. REVISIÓN

Aun habiéndose reducido muy notablemente, o incluso anulado completamente, el vertido de fuel al agua de mar mediante el sellado de fugas: ¿podemos estar tranquilos y seguros de que con el tiempo no se volverán a producir nuevas fugas, esta vez debidas a la perforación de los tanques de carga a causa de la corrosión de las planchas metálicas del pecio por el agua de mar? Evidentemente, no.

Por ello, el Comité Científico Asesor para el *Prestige* realizó un estudio, considerando las condiciones más desfavorables, sobre la estimación de la durabilidad del casco del buque hasta su perforación^[2].

El primer paso fue realizar una revisión bibliográfica sobre datos publicados de velocidades de corrosión del acero al carbono (material con el que fue construido el casco del *Prestige*) a grandes profundidades marinas, que pudieran servir como base para un pronóstico. La revisión ha tenido en cuenta información procedente de investigaciones de campo, así como de otros pecios de mayor antigüedad, si bien la información publicada sobre el comportamiento de los materiales de construcción a estas profundidades es muy escasa.

El laboratorio de Ingeniería Civil de los Estados Unidos, condujo entre los años 1961 y 1971 y en períodos de tiempo que variaban de 123 a 1.064 días, un programa de investigación para determinar los efectos del ambiente imperante a grandes profundidades marinas sobre los materiales^[3]. Consideraron tres ambientes marinos distintos en el Océano Pacífico a 1,5, 760 y 1830 m de profundidad, cuyas concentraciones en oxígeno disuelto eran de 5,75, 0,4 y 1,35 ml/l, respectivamente.

La corrosión de los aceros al carbono en estos ambientes era del tipo generalizada o uniforme, y sus velocidades de corrosión aumentaban linealmente a medida que se incrementaba la concentración de oxígeno en agua de mar, siendo ésta la principal variable del proceso de corrosión. La velocidad promedio de corrosión encontrada para los aceros al carbono, después de un año de exposición y en fun-

ción del contenido en oxígeno y la temperatura de agua de mar, fue^[4]:

$$\text{Velocidad de corrosión (micrómetros por año)} = 21,3 + 25,4 (\text{O}_2) + 0,356 (\text{T}) \quad (1)$$

donde la concentración de oxígeno está expresada en mililitros por litro (ml/l) y la temperatura en grados centígrados (°C).

A medida que aumentaba el tiempo de exposición de uno a tres años, las velocidades de corrosión de los aceros expuestos disminuían de manera asintótica hacia un valor aproximadamente tres veces menor. La corrosión de los aceros no se vio afectada por la profundidad (presión), al menos hasta 1.830 m y por un período de un año de exposición, y ninguna de las muestras presentaba incrustaciones biológicas. Los datos obtenidos de corrosión del acero al carbono a 1.830 m de profundidad, la más próxima a la profundidad a la que se encuentra el *Prestige*, señalaban valores medios de 57 $\mu\text{m/año}$ (micrómetros por año) para el primer año de exposición, que decrecían asintóticamente conforme avanzaba el tiempo de exposición hasta situarse a 17 $\mu\text{m/año}$ al cabo de tres años de inmersión.

Otra situación a considerar es la corrosión de las zonas del buque *Prestige* que se encuentran enterradas en los sedimentos del fondo marino. Es sabido que en los sedimentos se pueden encontrar colonias biológicas (por ejemplo, bacterias sulfato reductoras) capaces de promover un cierto biodeterioro del metal^[5]. Los datos encontrados en los sedimentos marinos por el Laboratorio de Ingeniería Civil^[3] mostraban velocidades de corrosión para el acero al carbono durante el primer año de 31 μm , valor inferior al obtenido en agua de mar con flujo de corriente, decreciendo a velocidades de 21 $\mu\text{m/año}$ después de tres años de exposición.

La Compañía General Electric publicó en 1989 otro interesante estudio^[6] sobre corrosión de materiales en el Océano Atlántico a 3.000 y 3.700 m de profundidad, valores muy próximos a la profundidad donde se encuentran descansando los pecios del *Prestige*. El estudio consideró una variedad de materiales en distintas condiciones de exposición (con flujo de corriente, agua estancada, agua semiestancada, enterrado en sedimentos). La temperatura del agua de mar (2,6-3,0 °C) y el contenido en oxígeno disuelto (4,5-5,2 ml/l) también eran muy similares al caso *Prestige*. Las velocidades medias de corrosión (en estado estacionario) encontradas para el acero al carbono fueron de $65 \pm 15 \mu\text{m/año}$ (agua de mar con flujo de corriente) y $70 \pm 27 \mu\text{m/año}$ (enterrado en sedimentos).

Posteriormente han sido realizados estudios en el Mar Árabe y en la Bahía de Bengala^[7] a profundidades de 1.000 y 2.900 m y en el Océano Índico^[8] a 500, 1.200, 3.500 y 5.100 m de profundidad. En el primero de ellos, Sawant y col. mostraron que la velocidad de corrosión de acero al carbono a una profundidad de 2.900 m es menor que a 1.000 m. En el segundo de los estudios, Venkatesan y col. obtienen velocidades de corrosión para el acero al carbono de $54 \mu\text{m}/\text{año}$ a profundidades de 3.500 m, similar a la que se encuentra el buque *Prestige*. Señalan asimismo, como ha sido reportado en otros estudios, la ausencia de incrustaciones biológicas a esas profundidades.

Si bien no se han encontrado publicados datos de velocidades de corrosión de los innumerables pecios existentes en los fondos del mar, sí se considera interesante exponer aquí dos casos reales en los que se dispone de cierta información sobre el deterioro de estructuras metálicas en los fondos marinos. Nos estamos refiriendo al submarino nuclear *Komsomolets*, hundido el 7 de abril de 1989 en aguas internacionales en el Mar de Noruega^[9], y al *RMS Titanic*, uno de los grandes iconos del siglo XX, hundido el 15 de abril de 1912 en el Océano Atlántico, a 500 km de distancia de la costa de Newfoundland^[10].

El submarino *Komsomolets* se encuentra a 1.655 m de profundidad. Fue construido con doble casco de 100 y 9,8 mm de espesor, respectivamente, empleando una aleación de titanio. El submarino era impulsado por un reactor nuclear de agua presurizada, cuya carcasa la constituía una plancha de acero de baja aleación de 15 cm de espesor. Gladkov y col.^[11] utilizaron las siguientes velocidades de corrosión como base para un pronóstico a largo plazo sobre la durabilidad tanto del casco como de la carcasa del reactor: acero al carbono ($75 \mu\text{m}/\text{año}$), y aleación de titanio ($<< 1 \mu\text{m}/\text{año}$). De acuerdo con el estudio publicado realizado, considerando las condiciones más desfavorables, tanto el casco del submarino como la carcasa del reactor no serían destruidos por la corrosión en al menos mil años.

El barco *RMS Titanic* se encuentra hundido a 3.900 m de profundidad, siendo la temperatura del agua de mar 1°C . Se han realizado distintas expediciones científicas para determinar su estado de conservación y procesos de deterioro, y a diferencia del *Komsomolets*, el *Titanic* muestra signos de intenso deterioro después de 91 años de inmersión en agua de mar, temiéndose que con el tiempo dejará de ser una estructura reconocible^[10,12].

ESTIMACIONES SOBRE LA CORROSIÓN

DEL PECIO PRESTIGE: UN ESTUDIO

CONSIDERANDO LAS CONDICIONES

MÁS DESFAVORABLES

De acuerdo con las normas de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) debemos asumir que los espesores de las planchas de acero de la cubierta, mamparas y costados del buque siniestrado tuvieran unos valores mínimos aceptables de 20, 9,6 y 15,5 mm, respectivamente.

Por otro lado, las planchas de acero al carbono que integran el casco del buque *Prestige* y sus tanques de almacenamiento de fuel se encuentran actualmente protegidas con esquemas de pinturas marinas y posiblemente el buque cuando estaba operativo dispondría de un sistema adicional de protección catódica. Sin embargo, al situarnos en las condiciones más desfavorables para estimar el tiempo en que se puede producir la perforación de las mencionadas planchas, lo que provocaría la salida del crudo remanente almacenado en los tanques, debemos considerar que la corrosión progresará inicialmente en aquellas zonas de la estructura desprovistas de protección por pintura (golpes, rayaduras, zonas no pintadas, etc.), por lo que a efectos prácticos es como si no existiese recubrimiento protector.

Debido a las corrientes del océano, la corrosión del casco del *Prestige* tiene lugar en agua de mar con flujo de corriente, con su zona inferior de descanso en el fondo marino parcialmente enterrada (0,4-1,4 m) en los sedimentos. Por la bibliografía consultada^[3,4,6-9] y a tenor de la profundidad (3.545-3.830 m), temperatura ($2,5^\circ\text{C}$) y contenido en oxígeno disuelto en el agua de mar a esa profundidad ($5,4 \text{ ml/l}$), los datos obtenidos por C.H. Barth y R.B. Sheldon^[6] en el Océano Atlántico a 3.000-3.700 m de profundidad, donde la temperatura del agua de mar era $2,6-3^\circ\text{C}$ y la concentración de oxígeno disuelto $4,5-5,2 \text{ ml/l}$, valores muy parecidos al caso *Prestige*, constituyen para nuestras estimaciones una excelente referencia. Recuérdese que aquellos investigadores obtuvieron en esas situaciones velocidades medias de corrosión a largo plazo para el acero al carbono en el intervalo $50-80 \mu\text{m}/\text{año}$. En este intervalo también se sitúan los datos obtenidos en el Océano Índico ($54 \mu\text{m}/\text{año}$)^[8] y el dato utilizado por Gladkov y col. ($75 \mu\text{m}/\text{año}$) en las estimaciones de corrosión del submarino *Komsomolets*^[11]. Incluso una estimación de los datos obtenidos por Reinhart^[3] al aplicar la ecuación (1) a las condiciones ambientales del agua de mar donde descansa el pecio *Prestige* y extrapo-

lación a tres años de exposición, nos reportaría velocidades de corrosión del acero al carbono de 52 $\mu\text{m}/\text{año}$, también dentro del referido intervalo. Para el pronóstico más desfavorable debemos considerar la cifra superior de aquel intervalo apuntado por Barth y Sheldon^[6], es decir, 80 $\mu\text{m}/\text{año}$.

No obstante, debemos tener presente que aún cuando las investigaciones referidas apuntan corrosiones del acero al carbono de tipo generalizado afectando a toda la superficie del metal expuesto al medio marino, el perfil de la superficie siempre muestra irregularidades con zonas de corrosión preferente donde el ataque se adentra más que la penetración media. De acuerdo con estudios realizados hace algún tiempo por el Instituto de Ingeniería Civil de Londres^[13] en agua de mar, una estimación por exceso indicaría que la penetración de los focos de ataque preferente podría llegar a exceder como máximo en cinco veces la penetración media del ataque generalizado, por lo que para una penetración media de 80 $\mu\text{m}/\text{año}$, los focos de ataque preferente podrían llegar a alcanzar penetraciones de 400 $\mu\text{m}/\text{año}$. Considerando esta velocidad máxima de ataque preferente y asumiendo que la corrosión tiene lugar a velocidad constante, el tiempo requerido para que se produjeran perforaciones en las mamparas (9,6 mm), costados (15,5 mm) y cubierta (20,0 mm) del buque *Prestige* sería de 24, 39 y 50 años, respectivamente.

Por otro lado, no hay que descartar que previamente se puedan producir perforaciones del casco del buque en aquellas zonas parcialmente enterradas en los sedimentos marinos, en las que como se ha indicado anteriormente la corrosión puede progresar a velocidades ligeramente superiores, dependiendo de las características y naturaleza de los sedimentos marinos.

Tampoco hay que descartar que las perforaciones se inicien a tiempos inferiores a las estimaciones realizadas en aquellas zonas deformadas, plegamientos y grietas aparecidas en la estructura del pecio como consecuencia del impacto del buque con los fondos marinos y colapsos locales de la estructura originados durante el hundimiento. Es conocido que estas zonas altamente deformadas son más susceptibles a la corrosión. Las imágenes de video tomadas en las expediciones científicas de 1986, 1996 y 1998 al lugar donde descansa el buque *RMS Titanic* para determinar la velocidad de deterioro a cierto plazo, han mostrado que todas las estructuras de la cubierta localizadas en las zonas que sufrieron mayor impacto durante el hundimiento, están ahora desintegradas.

CONCLUSIÓN

Puede, por tanto, concluirse que aún cuando se sellaran totalmente las fugas y se redujeran a cero el volumen de vertidos de fuel del pecio, el deterioro estructural local a partir de los 24 años (mamparas), 39 años (costados) y 50 años (cubierta), pudiera llegar a ser suficiente para que se produjeran perforaciones en las planchas de acero del buque que provocasen la salida del crudo remanente almacenado en los tanques.

No se debe descartar que se produzcan perforaciones a tiempos inferiores en aquellas zonas deformadas del pecio originadas como consecuencia del impacto del *Prestige* con el fondo marino. ■

REFERENCIAS

1. J. Whitfield, *Nature Science Update*, <http://nature.com/nsu/021216/021216-6.html> (18 December 2002)
2. Scientific Advisory Committee of "Prestige": Reports. <http://www.ccaprestige.es/>
3. F.M. Reinhart, "Corrosion of metals and alloys in the deep ocean", Tech. Rep. R 834, Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, California, 1976.
4. F.M. Reinhart y J.F. Jenkins, Proc. Third International Congress on Marine Corrosion and Fouling, National Bureau of Standards, Maryland, 1972, R.F. Acker, B. Floyd Brown, J.R. DePalma y W.P. Iverson (Eds.), Northwestern University Press, Evanston, IL, 1973, pp. 562-577.
5. H.A. Videla, *Rev. Metal. Madrid*, Vol. Extr. (2003) 256-264.
6. C.H. Barth y R.B. Sheldon, Corrosion rates of structural materials on the ocean floor, Report KAPL-4701 (General Electric Company, Knolls Atomic Power Laboratory), Schenectady, New York, 1989.
7. S.S. Sawant, K. Venkat y A.B. Wagh, *Indian J. Technol.*, 31 (1993) 862-866.
8. R. Venkatesan et al., *Brit. Corros. J.*, 37 (2002) 257-266.
9. S. Høibråten, P.E. Thoresen y A. Haugan, *Sci. Total Environ.*, 202(1997) 67-78.
10. D.R. Cullimore y L. Johnston, *Can. Chem. News*, 52 (2000) 14-15.
11. G.A. Gladkov y col., "Assessment and prognosis of the state of nuclear installation of submarine Komsomolets" (Kurchatov Institute, Moscow, 1994).
12. P. Stoffyn y D.E. Buckley, Proc. 50th Annual Meeting of the Electron Microscopy Society of America, Boston, Massachusetts, 1992, G.W. Bailey, J. Bentley y J.A. Small (Eds.), San Francisco Press, Inc., California, San Francisco, 1992, pp. 1330-1331.
13. J.N. Friend, "18th Report of the Committee of the Institution of Civil Engineers on the Deterioration of Structures of Timber, Metal and Concrete exposed to the Action of Sea Water", London, 1940.

Centenario del Japan Institute for Invention and Innovation

AUTORES: VÍCTOR M. FERNÁNDEZ MARTÍNEZ¹,
JESÚS F. JORDÁ PARDO²
Y ALMUDENA CANAL MARTÍNEZ³

¹ Director Científico, Certamen Arquímedes (MEC).

² Director Científico, Certamen Jóvenes Investigadores (MEC, Injuve).

³ Coordinadora de los certámenes Arquímedes (MEC) y Jóvenes Investigadores (MEC, Injuve)

1. INTRODUCCIÓN

Con motivo de cumplirse durante el año 2004 el Centenario de la fundación del Instituto Japonés para la Invención e Innovación (*Japan Institute for Invention and Innovation, JIII*), esta prestigiosa institución organizó varios actos conmemorativos distribuidos a lo largo de todo el año según el siguiente calendario:

1. 25 de mayo. Simposio Internacional sobre la Cultura de la Propiedad Intelectual (*International Symposium on IP Culture*).
2. 26 de mayo. Ceremonia conmemorativa del Centenario (*Centenary Commemorative Ceremony*).
3. 27 al 30 de agosto. Exposición Internacional de Jóvenes Inventores (*International Exhibition for Young Inventors*) y Simposio Internacional para la Promoción de la Creatividad Juvenil (*International Symposium for Promoting Creativity in Youth*).

En el mes de julio de 2003, una delegación del *Japan Institute for Invention and Innovation* encabezada por su Vicepresi-



Foto 1. Víctor Fernández, uno de los miembros de la delegación española (MEC) en los actos Simposio Internacional sobre la Cultura de la Propiedad Intelectual.

dente, Sr. Fumitake Yoshida, visitó España para informar a los responsables de la Dirección General de Universidades y de la Oficina Española de Patentes y Marcas de los eventos conmemorativos que se iban a suceder a lo largo del año 2004, cursando una invitación formal a ambos organismos para participar en los actos del centenario.

A los dos primeros eventos asistió una delegación española integrada por los directores científicos del Certamen de Jóvenes Investigadores organizado por la Dirección General de Universidades del Ministerio de Educación y Ciencia y el INJUVE del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales y del Certamen Arquímedes organizado por la Dirección General de Universidades del Ministerio de Educación y Ciencia. A los actos celebrados en agosto asistieron tres jóvenes inventores españoles acompañados por la coordinadora de los certámenes antes citados.

2. SIMPOSIO INTERNACIONAL

SOBRE LA CULTURA

DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

Como prólogo al Simposio, el JIII organizó una recepción de bienvenida a los participantes en el edificio de la Asociación Asiática de la Propiedad Intelectual, a las 19:30 horas del día 24 de mayo. Se trató de una reunión informal para establecer contactos entre los participantes, con una bienvenida oficial por parte del Sr. Fumitake Yoshida, director del JIII, y del Dr. Joseph Strauss, director del Instituto Max Planck para la Propiedad Intelectual.

El Simposio Internacional sobre la Cultura de la Propiedad Intelectual (*IP culture, IPC*) se celebró el día 25 de mayo en el Hotel Okura, desde las 10:00 a las 18:00 horas (foto 1) bajo la presidencia del Sr. Fumitake Yoshida y del Dr. Joseph Strauss (foto 2). El programa incluyó los discursos de importantes políticos y científicos y el cierre en una recepción ofrecida por el príncipe Hitachi, hermano del emperador.

En general, todos los intervinientes destacaron un hecho fundamental: la propiedad intelectual es el mecanismo mediante el cual los inventos particulares pueden ser aprovechados socialmente en una sociedad de mercado libre. Por un lado, el sistema de patentes permite a inventores y empresas recuperar económicamente el esfuerzo realizado y supone un incentivo para seguir desarrollando nuevos avances, y por otro la posibilidad de adquirir los derechos por parte de otras



Foto 2. El Sr. Fumitake Yoshida, director del JIIL, y el Dr. Joseph Strauss, director del Instituto Max Planck para la Propiedad Intelectual, co-presidentes del Simposio.

personas y empresas posibilita la expansión y puesta y práctica de los diferentes inventos.

El Sr. Shoichiro Toyoda (foto 3), presidente honorario de *Toyota Motor Corporation* y nieto del fundador de la empresa, trazó una historia de la misma resaltando cómo la investigación y su dedicación para promover nuevas tecnologías habían contribuido a colocarla en uno de los primeros puestos mundiales. Especial referencia tuvo el reciente modelo de coche híbrido (electricidad-gasóleo, modelo *Prius*) que fue premiado en la ceremonia posterior y ha sido también promovido por el Forum de Barcelona.

El Dr. Mahatir bin Mohamad, ex-presidente de Malasia, ensalzó el sistema de IPC como forma de divulgar los progresos técnicos, pero resaltó asimismo que las leyes internacionales no benefician a los países pobres, que la difundida piratería comercial que se ejerce en estos países es una respuesta lógica a la larga duración de los *copyrights*, y que nuevas leyes más justas eran necesarias para repartir de mejor manera el progreso global.

El Prof. Ryoji Noyori, premio Nobel y presidente de RIKEN, el organismo oficial de investigación científica de Japón, pre-



Foto 3. Intervención en el Simposio del presidente de Toyota.

sentó una historia del desarrollo científico mundial durante el siglo XX insistiendo en que la ecología y la sostenibilidad son aspectos hoy más importantes que el propio avance del conocimiento.

El Sr. Jeffrey R. Immelt, director de *General Electric Company*, expuso las líneas generales de esta empresa, unas de las cinco primeras en EEUU. Además de indicar las cinco principales áreas de investigación (entre ellas la emergente de la "seguridad") mostró los cambios conceptuales que apuntaban al nuevo siglo: importancia del conocimiento técnico en la marcha de la empresa (ingenieros cada vez más presentes en la dirección), equiparación de "personal y procesos", investigación globalizada (laboratorios en India, China, Alemania), acelerar la toma de decisiones en procesos de corto plazo y, al mismo tiempo, impulsar y seguir ideas interesantes, aunque se prevea que puedan tardar hasta un decenio en dar resultados. La empresa ha enviado técnicos a Japón, cuyo reciente despegue económico felicitó, simplemente para analizar la forma de trabajo nipona. Todos estos cambios que la empresa está realizando se orientan a una nueva forma de trabajar en el siglo XXI, que se caracteriza en sus inicios por el final de la época de crecimiento económico rápido en todo el mundo.

El Dr. Kamil Idris, director de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, hizo un canto a la cultura de la IP como instrumento vital de progreso económico, aunque señaló su oposición al sistema actual de patentes que impide que medicinas vitales contra enfermedades muy graves lleguen a la mayoría de la población en los países pobres.

El Sr. Shinjiro Ono, Director de la Oficina de Patentes de Japón, resaltó que en este país la oficina depende directamente del Primer Ministro, y enumeró los esfuerzos que hace, junto con el JIIL para promover la investigación práctica a todos los niveles, incluyendo varios certámenes de investigación juvenil y la creación de Clubs de inventos para niños (159 clubs existen actualmente en Japón).

El Prof. Joseph Strauss, director del Instituto Max Planck para la Propiedad Intelectual, Competencia y Ley Tributaria, insistió en la importancia de la educación para la investigación y la IP desde la enseñanza secundaria, y recaló los ejemplos de naciones pequeñas y pobres en recursos materiales que habían invertido en investigación y creación en general, se habían enriquecido en pocos años (Suecia y Finlandia). El conocimiento es la mejor riqueza. La intervención fue de las pocas que tuvieron un contenido político, al expresar que la IPC sólo es posible en países con mercado libre y "propiedad privada de los medios de producción".

Finalmente se expresaron los principios de la "Declaración de Tokio" defendiendo la inversión cada vez mayor en investigación e innovación como única garantía de crecimiento económico, que ha de ser sostenible y por otro lado no olvidar las actuales diferencias de riqueza entre las naciones.



Foto 4. Aspecto general de la feria juvenil de agosto.

En la posterior recepción, el príncipe Hitachi realizó un pequeño resumen de los principios generales antes expuestos.

3. CEREMONIA CONMEMORATIVA

DEL CENTENARIO

La Ceremonia conmemorativa del Centenario, se celebró en el hotel Okura de las 10:00 a las 14:00 horas del día 26 de mayo. En la misma participaron algunas de las personalidades intervinientes en el día anterior, además del emperador de Japón, Akihito, y su esposa, el príncipe Hitachi y su esposa, el primer ministro Jochimiro Koizumi, presidentes del parlamento, senado y corte suprema, ministro de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología, ministro de Economía, Comercio e Industria, Director General de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, etc. En esta ceremonia se procedió a entregar premios otorgados por esas instituciones a los responsables de los inventos más importantes producidos en Japón durante los últimos años.

En esta ceremonia se entregaron los premios a los principales inventos japoneses de los últimos años, que incluían el sistema de encriptado de teléfonos móviles (premio del emperador, entregado por el mismo durante su presencia de unos veinte minutos en el acto), el motor híbrido *Prius*, la pantalla de plasma, la mejora de los DVD para almacenar imágenes, el sistema de Robot más actualizado, el medica-

mento más utilizado para evitar rechazo en transplantes, el tratamiento de partículas para la cura del cáncer, etc. Aunque estos inventos pertenecen a las empresas que los financiaron (las más conocidas de Japón), los premios se entregaron a los equipos de técnicos que los llevaron a cabo, recogiénolos sus directores. Como detalle interesante resaltar que los técnicos iban acompañados de sus esposas (pero sólo en uno de los inventos la galardonada era una mujer) que se levantaban para agradecer la distinción al mismo tiempo que sus maridos.

En todas las intervenciones de la ceremonia (muchas, pero asombrosamente cortas para agradecimiento de los presentes y extrañeza de los que estamos acostumbrados a más largos lucimientos), se insistió una y otra vez en la importancia de la investigación científica para el progreso económico.

4. EXPOSICIÓN INTERNACIONAL

DE JÓVENES INVENTORES Y SIMPOSIO

INTERNACIONAL PARA LA PROMOCIÓN

DE LA CREATIVIDAD JUVENIL

La Exposición Internacional de Jóvenes Inventores (*Future Creation Fair- International Exhibition For Young Inventors*) y el Simposio Internacional para la Promoción de la Creatividad Juvenil (*International Symposium for Promoting Cre-*

ativity in Youth) se celebraron entre los días 27 y 30 de agosto de 2004, en el *Tokyo International Forum* (Tokio, Japón), con la participación de tres centenares de jóvenes de 39 países de todo el mundo.

La representación española estuvo integrada por tres jóvenes elegidos por una comisión de selección formada por representantes de la Dirección General de Universidades del Ministerio de Educación y Ciencia y de la Oficina Española de Patentes y Marcas del Ministerio de Industria, entre los ganadores del XVI Certamen de Jóvenes Investigadores celebrado el 2003 (organizado por la Dirección General de Universidades y el Instituto de la Juventud) y entre los inventores jóvenes que realizaron patentes en el año 2003 y que habían obtenido premios en la feria GALÁCTICA 2003. Los jóvenes participantes y sus respectivos inventos fueron:

- Cristina Casadevall, de 18 años, que presentó "ECOCAR-CRIS", un nuevo material aglomerado realizado a partir de cáscaras de frutos secos.
- Albert Casalprim, de 19 años, que presentó "Un diesel más ecológico", nuevo mecanismo para mejorar la combustión de los motores diesel.
- Joan Viscasillas, de 12 años de edad, que presentó un "Patinete-Mochila".

La coordinación de todos los aspectos relativos a la participación española (contactos con los organizadores del JIII, contactos con los jóvenes inventores, envío de los inventos a Japón, etc) corrieron a cargo de la Dirección General de Universidades. Tanto los viajes y alojamiento de los jóvenes y del acompañante designado por la Dirección General de Universidades, como el transporte ida y vuelta de los paquetes con los inventos corrieron por cuenta del JIII. Además, el Institu-

to de la Juventud dotó a los jóvenes participantes con una bolsa de viaje.

El 27 de agosto por la mañana tuvo lugar la ceremonia de apertura de la feria (*Opening Ceremony and Welcome Reception*) (foto 4) y para la misma se seleccionaron varios jóvenes inventores representativos de los continentes participantes en la feria. En la ceremonia de bienvenida, participó un representante de cada uno de los 39 países asistentes a la exhibición. En el caso de España la selección recayó en Cristina Casadevall, que tuvo que saludar en español y decir su nombre y el país de procedencia (foto 5).

El 28 de agosto se desarrolló el Simposio Internacional para la Promoción de la Creatividad Juvenil (*International Symposium for Promoting Creativity in Youth*), cuyo objetivo fue discutir aspectos relativos al fomento de la creatividad y del interés por la tecnología y la ciencia entre la juventud. Este simposio contó la presencia de los siguientes conferenciantes:

- Dr. Takafumi Matsui, profesor de la *Graduate School of Frontier Sciences (University of Tokyo)*.
- Dr. Yoshiyuki Sakaki, director of *RIKEN Genomic Sciences Center (Independent Administrative Institution)*
- Mr. Dave Rowley, *National Director Young Engineers (Reino Unido)*
- Mr. Kazumoto Yamamoto, Vicepresidente (*Japan Institute of Invention and Innovation*)
- Moderador: Mr. Goro Koide, *Science & Technology Critic, NHK (Japan Broadcasting Corporation)*

El 30 de agosto finalizaron los actos con una Ceremonia de Clausura y una fiesta de despedida (*Commendation Ceremony*



Foto 5. Izquierda, la representante española, Cristina Casadevall, en la inauguración de la feria. Foto 6. Derecha, aspecto del stand de la representación española en la feria.

and Farewell Party). Por parte de España (foto 6), Joan Viscaillas fue el encargado de subir al escenario y recoger el trofeo que acreditaba su participación en la exposición, junto con el resto de jóvenes representativos de cada país participante (foto 7). Al tratarse de una feria y no de una competición, no hubo una selección de trabajos ni una entrega de premios, exceptuando dos premios especiales que se entregaron a sendos participantes de Japón y Siria.

La feria, perfectamente organizada, estuvo abierta al público durante tres días y fue muy visitada, tanto por esco-

lares de colegios como por numerosos particulares y miembros de empresas e instituciones japonesas. En la misma no sólo se expusieron proyectos de jóvenes inventores de todo el mundo, sino que también hubo una zona destinada a empresas (Toyota, Panasonic, Canon ...), dónde estas comunicaron sus últimos avances.

5. CONCLUSIONES

En general se observó que, en todos los actos conmemorativos del centenario del JIII celebrados en mayo, la participación fue masiva por parte de los países asiáticos cercanos a Japón, como los del SE del continente, China e India, pero más escasa para países europeos (RU, Finlandia, Francia, etc.) aunque los organismos de la UE aparecían bien representados. De América Latina sorprendió encontrar únicamente a los representantes de México. En el congreso juvenil del mes de agosto el número de países participantes fue mayor, con una buena representación de los países europeos, asiáticos (exceptuando los de Oriente Medio) y del continente surpacífico (Australia y Nueva Zelanda), una presencia moderada de los países del continente americano (destacando la ausencia de Canadá) y una simbólica asistencia de Marruecos y Egipto como representantes del continente africano (si bien Nigeria anunció su presencia, finalmente no asistió).

Como resultado general de la asistencia española a los eventos citados destacamos los siguientes puntos:

a) La importancia que Japón da a la investigación, innovación y su corolario la propiedad intelectual es muy alta. El hecho de que la ceremonia haya estado presidida por el propio emperador, cuyo rígido protocolo le impide aparecer en público más de dos veces al año desde los cristales



Foto 7. Los representantes españoles con los trofeos recibidos al finalizar la feria.

protectores del Palacio Imperial de Tokio, es buena prueba de ello. Asimismo destacó la presencia durante los dos días del príncipe Hitachi, hermano del emperador, y que es el patrón del JIII. La asistencia, durante toda la duración de la ceremonia del primer ministro Junichiro Koizumi, entregando los premios sólo por debajo del emperador y el príncipe, es otra demostración de este hecho que contrasta indebidamente con lo observable en nuestra realidad más cercana.

b) La gran colaboración que se observa en el campo científico japonés entre las empresas privadas y el gobierno también es algo a destacar. Los directores de las empresas (Toyota, Mitsubishi, etc.) son al mismo tiempo patrones o directores honorarios de los organismos públicos de investigación, o de organismos privados pero de utilidad pública como la fundación misma que es el Japan Institute for Invention and Innovation (JIII).

c) La estrecha relación que se establece entre investigación científica y propiedad intelectual es tal vez el hecho más interesante, en cuanto contrasta con nuestra "cultura" española que tiende a identificar la actividad investigadora mayoritariamente con el ámbito de lo público. En los certámenes de Jóvenes Investigadores de la UE es habitual la presencia de representantes de la Oficina de Patentes Europea para difundir estos sistemas entre los primeros científicos.

d) La importancia que las instituciones japonesas otorgan al fomento de la investigación entre los jóvenes que cursan estudios anteriores a los universitarios, desde los estudios primarios hasta los equivalentes al bachillerato, puesta de manifiesto por la constante organización de diversos eventos en los que participan niños y jóvenes con sus inventos. ■

La economía del hidrógeno. Una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI

1. Producción y almacenamiento de hidrógeno

AUTORES: J. A. BOTAS, J. A. CALLES, J. DUFOUR*,
G. SAN MIGUEL
*Grupo de Ingeniería Química y Ambiental.
Escuela Superior de Ciencias Experimentales y
Tecnología (ESCET), Universidad Rey Juan Carlos*

1. INTRODUCCIÓN

La demanda energética mundial, estimada en unos 10.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (BP, 2004), se ve cubierta en más de un 87% por combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural. Esta dependencia tiene importantes repercusiones tanto económicas como ambientales. Por el lado económico cabe destacar que su producción centralizada en determinadas zonas del mundo, está gobernada por factores esencialmente políticos, lo que resulta en precios volátiles y elevados. Así mismo, en ausencia de alternativas viables, el agotamiento de las reservas de petróleo, estimadas en no más de 40 años (BP, 2004), resultará en un encarecimiento progresivo hasta niveles tales que afecten el desarrollo económico global.

Desde el punto de vista ambiental, la combustión de combustibles fósiles constituye el principal causante de la emisión de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono), responsables del efecto de calentamiento global que sufre nuestro planeta.

Esta situación no resulta sostenible a medio plazo y se apunta de forma insistente desde las administraciones públicas a la necesidad de preparar una transición controlada hacia una nueva forma de producción y consumo energético que sea limpio, seguro y fiable (DOE, 2004; Comisión Europea, 2003). Una de las respuestas a esta crisis que se avecina es el uso de hidrógeno como fuente de energía y su transformación en electricidad por medio de las llamadas pilas de combustible.

Así, el término economía del hidrógeno responde a una visión de futuro donde este gas, generado de forma limpia y económica, serviría para alimentar el grueso de las necesidades energéticas de la sociedad. Esta propuesta reduciría la dependencia actual sobre los combustibles fósiles, ya que el hidrógeno podría ser generado a partir de otras fuentes primarias como las renovables o la nuclear. Igualmente se disminuiría la contaminación atmosférica y la emisión de gases de efecto invernadero, puesto que el único residuo generado por una pila de combustible es agua.

Barreras actuales

Aunque se están realizando importantes avances tecnológicos, la implantación de la economía del hidrógeno no es inmediata y requiere aún dar respuesta a importantes retos tecnológicos, económicos y sociales que se describen a continuación.

Desde el punto de vista de la producción del hidrógeno, hay que considerar que los métodos actuales resultan costosos y se basan principalmente en la gasificación de combustibles fósiles a altas presiones y temperaturas. Los procesos basados en energías renovables o energía nuclear no se encuentran suficientemente desarrollados y a escala industrial su coste es aún mayor. Por otro lado, para dar respuesta a una demanda global de este tipo de energía, se necesitaría el desarrollo de un sistema de distribución de hidrógeno similar al que existe hoy en día para la gasolina.

El almacenamiento supone otro reto aún por resolver ya que, debido a su baja densidad energética, se necesitan enormes volúmenes de hidrógeno para alimentar procesos con alta demanda energética. En la actualidad se investiga en el desarrollo de tanques de alta presión, adsorbentes porosos e hidruros metálicos que permitan almacenar cantidades suficientes de este compuesto en espacios reducidos.

El precio actual de las pilas de combustible y su fiabilidad supone otra barrera a la aplicación masiva de esta tecnología. El uso de electrodos con catalizadores de metales nobles como el paladio y el platino, con un elevado precio de mercado, y los problemas de envenenamiento, sobre todo en procesos que utilizan hidrógeno de menor pureza, también son objeto de investigación.

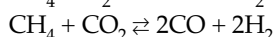
Otro de los aspectos a superar es el de la seguridad ya que el hidrógeno es un compuesto altamente inflamable y potencialmente explosivo en contacto con el oxígeno de la atmósfera. Por ello se deben adoptar normativas de seguridad específicas que son diferentes a las que hoy se aplican con éxito para otros compuestos como la gasolina, el butano o el gas natural. En este artículo se realiza una breve revisión de la situación actual y los avances científicos y tecnológicos que encontrarán aplicación en un futuro cercano sobre la producción de hidrógeno y su almacenamiento. Un segundo artículo, que se publicará en el nº 10 de esta revista, tratará sobre las aplicaciones de este gas y el desarrollo de pilas de combustible que permiten transformar el hidrógeno en energía eléctrica.

2. PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

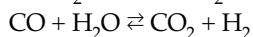
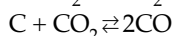
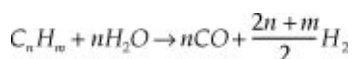
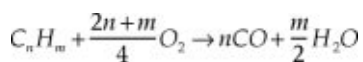
2.1. Métodos clásicos

En la actualidad, aproximadamente el 96% de la producción mundial de hidrógeno se obtiene a partir de materias primas fósiles. Todos estos métodos pasan por la obtención de gas de síntesis mediante alguno de los siguientes procesos, cuyas reacciones principales se describen a continuación:

- Reformado con vapor de gas natural o naftas ligeras:



- Oxidación de fracciones petrolíferas pesadas y (gasificación) carbón



Como se puede ver, el gas de síntesis consiste en mezclas de hidrógeno, monóxido de carbono (productos principales), dióxido de carbono, vapor de agua añadido en exceso y otros productos formados en reacciones secundarias. La proporción entre los distintos componentes depende tanto de las materias primas empleadas como del proceso de obtención. Es necesario eliminar los componentes restantes hasta conseguir el hidrógeno de suficiente pureza para las posteriores aplicaciones, que pueden ser tan exigentes como algunas células de combustible que requieren valores muy altos. En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques donde se resumen las etapas habituales del proceso global de purificación. En la última de ellas se recogen las dos operaciones habituales, metanación y PSA (pressure swing adsorption), aunque recientemente se ha desarrollado la oxidación selectiva de CO.

Un proceso alternativo que actualmente supone el 4% de la producción mundial de hidrógeno es mediante electrolisis del agua. No obstante, se prevé un aumento importante de esta vía, ya que actualmente se pretende que el hidrógeno sus-

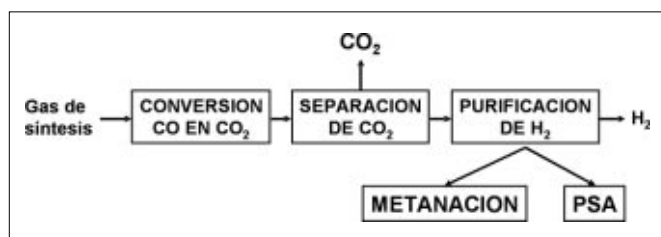
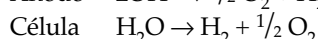
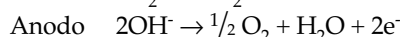
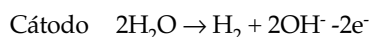


Figura 1. Etapas habituales del proceso de obtención y purificación de hidrógeno.

tituya a los combustibles fósiles como fuente de energía. Por tanto, es lógico intentar desligar completamente el hidrógeno de dicho tipo de materias primas. Un factor a considerar son los recientes desarrollos de aplicar energías baratas a la electrolisis del agua, como la fotovoltaica (W. Pyle y col., 1994; P. A. Lehman y col., 1994; R. J. Friedland y A. J. Speranza, 2002) o la eólica (R. Bocci, 2003).

Los equipos utilizados más habituales son los electrolizadores alcalinos, que emplean como electrolito una disolución alcalina, típicamente disoluciones de hidróxido potásico. Las reacciones que tienen lugar en estos sistemas son las siguientes:



Las investigaciones sobre la electrolisis clásica se dirigen al desarrollo de electrolizadores de halogenados y de membrana de intercambio protónico (R. J. Friedland y A. J. Speranza, 2002). También existen líneas de investigación sobre métodos electrolíticos no convencionales como la electrolisis de vapor a alta temperatura (900-1.000 °C). Este método tiene la ventaja de que proporciona la energía de reacción necesaria en forma de calor y electricidad. Otras investigaciones se dirigen a la electrolisis reversible del ácido bromhídrico. La energía eléctrica necesaria para disociar esta molécula es la mitad que en el caso de la molécula de agua. Una línea que está despertando especial interés en EEUU es la producción fotoelectroquímica. Este sistema es capaz de dividir la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno, usando sólo la luz solar. A diferencia de los sistemas fotovoltaicos, éstos no necesitan cableado o convertidores externos. El sistema de recolección de radiación solar es capaz de generar suficiente voltaje para descomponer el agua.

2.2. Gasificación de biomasa con posterior conversión

En la misma línea de independizar la obtención del hidrógeno de las materias primas fósiles, la biomasa, al ser renovable, es una de las fuentes más prometedoras. Los estudios más avanzados se basan en su gasificación combinada con conversión basada en la reacción de desplazamiento de monóxido de carbono ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$). Este planteamiento está en consonancia con las líneas de investigación potenciadas por los gobiernos de las principales potencias mundiales. Así, en el Sexto Programa Marco de la Unión Europea se fija como objetivo "el desarrollo de tecnologías eficaces energética y económicamente para la producción de gases ricos en hidrógeno a partir de distintas biomásas, incluyendo los residuos procedentes de biomásas". Por su parte, el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) dentro del programa *Vision 21* está financiando proyectos dirigidos a la separación de hidrógeno de mezclas de gases obtenidas en diferentes procesos industriales, siendo un ejemplo de los mismos la gasificación.

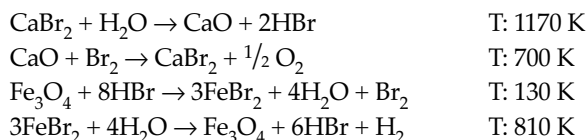
En el Departamento de Tecnología Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos se están desarrollando diferentes investigaciones en este sentido, desarrollo de un reactor catalítico de membrana para el enriquecimiento y separación en continuo de hidrógeno con alta pureza a partir de gases de gasificación de biomasa, sobre reformado de bioetanol, es decir, del etanol obtenido a partir de biomasa, y sobre la separación y purificación de hidrógeno mediante ciclos de adsorción/desorción por cambio de presión (PSA).

Como la biomasa tiene un mayor contenido en volátiles (70-86% en base seca) que el carbón (hasta un 30%), la primera etapa de pirólisis de la gasificación juega un papel más importante con la biomasa. Se produce el craqueo térmico de la fase gaseosa formada, reduciendo los niveles de alquitrán, que se gasifica en la segunda etapa del proceso mediante reacciones con oxígeno, vapor e hidrógeno. Parte del alquitrán sin convertir puede quemarse para liberar el calor necesario para las reacciones de pirólisis endotérmicas.

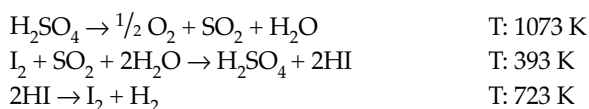
2.3. Otros métodos en desarrollo

Ciertas algas y bacterias fotosintéticas pueden producir hidrógeno bajo determinadas condiciones. Los pigmentos en las algas absorben la energía del sol y las enzimas de la célula actúan como catalizadores para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno (A. Melis y col., 1999; M. L. Ghirardi y col., 2001; M. L. Ghirardi y col., 2002).

Otra vía en desarrollo son los ciclos termoquímicos que consisten en una combinación de reacciones químicas a alta temperatura que producen la rotura de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno. En la actualidad se han estudiado diferentes sistemas de los que K. Schutz realizó una revisión en 2003. Las eficacias que se han alcanzado rondan el 40%. Entre las posibles combinaciones de reacciones, las más prometedoras son el proceso UT-3, desarrollado por la Universidad de Tokio (A. T. Raiisi, 2003):



y las basadas en la descomposición del ácido yodhídrico, desarrollada por la empresa General Atomics (K. Schultz, 2003)



La figura 2 presenta un esquema global de las distintas vías de producción comercial de hidrógeno que se emplean actualmente y de las áreas de más interés en desarrollo.

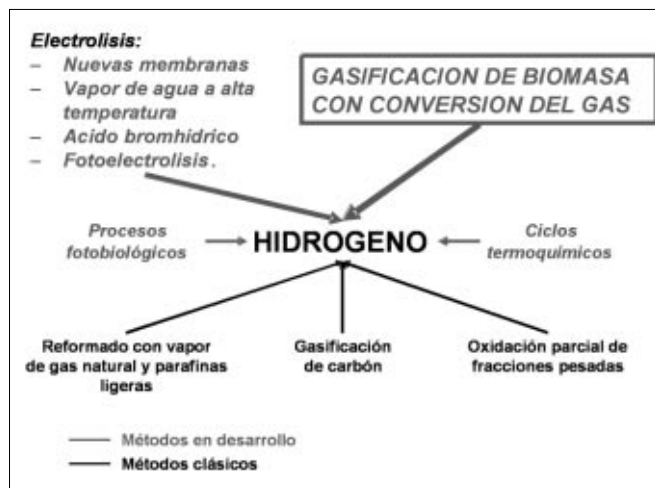


Figura 2. Esquema de las distintas vías de producción de hidrógeno.

3. ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO

Para conseguir que se generalice el uso del hidrógeno como vector energético, se debe lograr su transporte y almacenamiento de forma económica. Esto supone un considerable cambio con respecto al transporte y almacenamiento de los combustibles fósiles convencionales, debido a la baja densidad energética de este gas. En la actualidad existen distintas formas de almacenar hidrógeno, tanto para aplicaciones estacionarias como para el sector del transporte (en forma gaseosa, líquida, combinado químicamente o adsorbido en sólidos porosos), dependiendo su elección de diferentes factores como el proceso final en el que se vaya a emplear, la densidad energética requerida, la cantidad a almacenar y la duración del almacenamiento, la existencia de otras posibles formas de energía disponibles, los costes y necesidades de mantenimiento de la instalación, y los costes de operación (S. Dunn, 2002).

En el caso del empleo de hidrógeno como combustible para el transporte, uno de los principales problemas a resolver es la falta de los medios adecuados para su almacenamiento en el propio vehículo, cumpliendo los requisitos de seguridad, costes, y las características de suministro requeridas. El Departamento de Energía de Estados Unidos establece como objetivos a conseguir en el almacenamiento de hidrógeno al menos una eficiencia en peso (relación entre el hidrógeno almacenado y el peso del sistema de retención) del 6%, o expresado en densidad, $60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ya que un vehículo con una pila de combustible de hidrógeno necesitaría más de 3 kg de hidrógeno para una autonomía de unos 500 km (S. Hynek y col., 1997; H. Cheng y col., 2001).

3.1. Métodos tradicionales

■ Almacenamiento en forma gaseosa

Dado que el hidrógeno es producido en forma gaseosa y sus aplicaciones suelen requerir que se encuentre en este estado, la vía más simple podría ser su almacenamiento a alta presión (L. Zhou, 2004). Este tipo de almacenamiento (presiones superior-

res a 20 megapascales, MPa) requiere que los depósitos sean pesados y voluminosos, además de plantear cuestiones de seguridad tanto en los vehículos como en los depósitos de almacenamiento, distribución y carga de hidrógeno.

Cuando se compara esta alternativa frente al empleo de otros combustibles, el almacenamiento de hidrógeno gaseoso en recipientes a presión no resulta competitivo debido a su baja densidad y al elevado coste de los recipientes a presión y del propio proceso de compresión del hidrógeno (A. Züttel, 2003).

■ Almacenamiento en forma líquida

La opción del almacenamiento de hidrógeno en estado líquido en recipientes criogénicos requiere alcanzar temperaturas de almacenamiento muy bajas (21,2 K), haciendo inevitable su pérdida por volatilización incluso empleando las mejores técnicas de aislamiento. Además, el alto consumo energético asociado al enfriamiento, aproximadamente el 30% de la energía almacenada, hace que esta opción resulte inviable en la práctica, desde el punto de vista económico, salvo en aquellas aplicaciones donde el coste de hidrógeno no sea un factor crítico y éste sea consumido en cortos periodos de tiempo (p.e. en aplicaciones aeroespaciales) (L. Zhou, 2004; A. Züttel, 2004).

■ Combinación química (hidruros metálicos)

Numerosos metales de transición, y sus aleaciones, pueden ser utilizados para almacenar hidrógeno en forma de hidruros metálicos. Estos hidruros se forman por reacción con hidrógeno, siendo éste absorbido en la estructura metálica, y pudiendo ser desorbido gracias a pequeñas variaciones de presión (E. Fakioglu y col., 2004).

Además de la dificultad que supone el intentar reducir la temperatura y presión de desorción de los hidruros con mayor capacidad de almacenamiento de hidrógeno, esta alternativa presenta un serio problema relacionado con el elevado peso del sistema de almacenamiento como consecuencia de los bajos niveles de retención de hidrógeno que se consiguen (<2% a temperaturas inferiores a 423 K) (M. Conte y col., 2004).

■ Adsorción en sólidos porosos (nanoestructuras de carbono)

Recientemente, se ha planteado la posibilidad de llevar a cabo el almacenamiento de hidrógeno mediante adsorción en un sólido poroso, lo que presentaría la ventaja de ser una forma más segura y sencilla de manejar el hidrógeno, reduciéndose drásticamente la presión necesaria para su almacenamiento.

En este sentido, los primeros trabajos publicados basados en nanoestructuras de carbono mostraban almacenamientos excepcionales de hasta el 60% en peso. Desde entonces y hasta el momento, se está dedicando un gran esfuerzo al estudio de nanoestructuras de carbono con elevada superficie específica (fibras, nanotubos y carbones activos) concluyendo que la cantidad de hidrógeno adsorbida a baja temperatura (77 K) es proporcional a la superficie específica BET de la nanoestructura de carbono, independientemente de la estructura geométrica del carbón, con va-

lores máximos muy inferiores a los anteriormente indicados. También se concluye que la cantidad de hidrógeno fisisorbido a temperatura ambiente y presiones de hasta 35 MPa es inferior al 0,1% en peso para cualquiera de las nanoestructuras estudiadas, lo que cuestiona su potencial utilidad para esta aplicación (M. Conte y col., 2004; M. Ritschel y col., 2002; G.G. Tibbetts y col., 2001).

3.2. Otros métodos en desarrollo

En esta línea, en el Departamento de Tecnología Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos se están desarrollando diferentes actividades relacionadas con el almacenamiento de hidrógeno en dos familias de nuevos materiales con potenciales aplicaciones en procesos de separación y almacenamiento de hidrógeno: estructuras organometálicas porosas isorreticulares (IRMOFs) y materiales organosilíceos periódicos mesoestructurados (PMOs). También se trabaja en la predicción de las propiedades relacionadas con el almacenamiento de hidrógeno de estos materiales mediante estudios de simulación molecular y su verificación mediante la obtención de los datos experimentales correspondientes a la cinética y el equilibrio de adsorción de hidrógeno. ■

REFERENCIAS

- R. Bocci. Workshop Environment and sustainable development: technical scientific fundamentals for a hydrogen-based economy. Sesto Fiorentino (2003)
- BP Statistical Review of World Energy 2004, BP p.l.c., London
- H. Cheng y cols. Carbon, 39 (2001), 1447-1454
- Comisión Europea (2003) Hydrogen energy and fuel cells. A vision of our future. Informe EUR 20719 EN, Directorate-General for Research, Directorate J – Energy, Bruselas. http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/hydrogen-report_en.pdf
- M. Conte y cols. Materials Science and Engineering B, 108 (2004) 2-8
- DOE Hydrogen Program; FY 2004 Annual Progress Report. U.S. Dep. of Energy; Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructure Technologies Program, Washington
- S. Dunn. Intern. J. of Hydrogen Energy, 27 (2002) 235-264
- E. Fakioglu y cols. Intern. J. of Hydrogen Energy, 29 (2004) 1371-1376
- R. J. Friedland y A. J. Speranza. Proceedings of the 2002 U.S. DOE Hydrogen Program Review (2002).
- M. L. Ghirardi y cols. Proceedings of the DOE Hydrogen Program Review (2001)
- M. L. Ghirardi y cols. Proc. DOE Hydrogen Program Review (2002)
- S. Hynek y cols. Intern. J. of Hydrogen Energy, 22 (1997), 601-610.
- P. A. Lehman y cols. Proc. 10th World Hydrogen Energy Conference. Cocoa Beach, Florida (1994)
- A. Melis y cols. Proc. U.S DOE Hydrogen Program Review (1999).
- J. Pyle y cols. Home Power 39, 32-38, (1994).
- M. Ritschel y cols. Applied Physics Letters, 80 (2002) 2985-2987
- A. Raissi. Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies FY Progress Report (2003)
- K. Schultz. Stanford Global Climate and Energy Project (2003).
- G.G. Tibbetts y cols. Carbon, 39 (2001) 2291-2301
- L. Zhou. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9 (2005) 395-408
- A. Züttel. MaterialsToday, September (2003) 24-33
- A. Züttel. Naturwissenschaften, 91 (2004) 157-172

MEDICINA Y SALUD

Situación actual de los bancos de sangre de cordón umbilical y su utilidad terapéutica

AUTOR: JOAN GARCÍA LÓPEZ

*Director del Banco de Sangre de Cordón de Barcelona
Centre de Transfusió i Banc de Teixits*

Después de más de una década de experiencia clínica, hoy en día, se acepta que los trasplantes de sangre de cordón umbilical emparentados y no emparentados son comparables o incluso mejoran los resultados del trasplante a partir de médula ósea o sangre periférica, especialmente en niños.

Durante este período de tiempo se han alcanzado un número importante de hitos que han conducido a una continua mejora de los resultados clínicos. Entre ellos cabe destacar una mejor selección de los pacientes y las indicaciones, un uso más preciso y específico de los regímenes de acondicionamiento, una mejor selección de las unidades trasplantables, etc.

En consecuencia existe un incremento progresivo de los trasplantes de sangre de cordón, que se cifra en más de 600 al año, los resultados clínicos experimentan una mejora constante y, en centros experimentados el trasplante de sangre de cordón umbilical (TSCU) se indica de manera equivalente o, incluso, se prioriza al realizado con otras fuentes de Progenitores Hemopoyéticos.

Una parte importante del protagonismo de esta mejora, puede ser objetivamente atribuida a los bancos de sangre de cordón umbilical (BSCU), pues, gracias a su continuo crecimiento y desarrollo tecnológico, y al progresivo mejor conocimiento de la biología y propiedades de la SCU, la posibilidad de hallar unidades adecuadas de este producto para pacientes que carecen de donantes compatibles se ha incrementado dramáticamente.

Los bancos de sangre de cordón de Nueva York, Düsseldorf, Milán, Barcelona, París, Londres, Saint Louis, Leiden, Denver y Tokio han sido pioneros en esta iniciativa y, después de los primeros resultados clínicos alentadores, un número progresivamente mayor de este tipo de instituciones se han unido a esta iniciativa provocando un aumento considerable del número de unidades disponibles.

Actualmente existen más de 50 BSCU activos con un inventario de unidades que supera la cifra de 180.000 que, a su vez han generado más de 3.000 trasplantes en todo el mundo.

Un número importante de grupos, organizaciones y comités han hecho que esto fuera posible; entre ellos destacan: el BSCU de Nueva York, EUROCORD, NETCORD, ASIACORD y, en España, el registro español de donantes de médula ósea –REDMO– gestionado por la Fundación Internacional José Carreras.

El BSCU de Nueva York fue el primero en establecerse, posee el más grande inventario de unidades de SCU del mundo y ha contribuido a, prácticamente, un tercio de todos los trasplantes no emparentados de SCU realizados hasta ahora. Además ha generado contribuciones significativas al desarrollo de tecnologías para el procesamiento, almacenamiento, control de calidad y, por supuesto, al análisis del comportamiento clínico de los trasplantes de SCU.

EUROCORD es un registro internacional que actúa dentro del seno del European Blood and Marrow Transplant group (EBMT), que incluye centros de trasplante europeos y no europeos que realizan trasplantes de SCU emparentados y no emparentados.

Las bases de datos de EUROCORD y EBMT son cuidadosamente contrastadas y comprobadas para asegurar y validar todos los datos que se comunican. Los análisis del registro EUROCORD confirman los resultados aportados por otras organizaciones y contribuyen al control y estudio de las respuestas clínicas suministrando periódicamente estos datos a los BSCU asociados.

Los resultados más importantes generados por EUROCORD fueron los que demostraron la menor incidencia de enfermedad del injerto contra el huésped –EICH–, comparada con los trasplantes de médula ósea, lo que abrió la puerta a la realización de trasplantes no compatibles, desde el punto de vista del sistema HLA ("Human Leukocyte Antigens", moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad que condicionan la compatibilidad entre donante y receptor).

En 1997, el grupo EUROCORD demostró, mediante una publicación en *New England Journal of Medicine* que el número de células de SCU trasplantadas (más de $0,37 \times 10^8$ /kg) era el factor pronóstico más importante para el implante y la supervivencia de los pacientes sometidos al TSCU. Desde entonces la mayor parte de los BSCU decidieron recolectar y almacenar unidades de gran volumen para facilitar el TSCU en adultos, ya que probablemente, menos del 25% del in-

CB Bank	Inventory	Transplanted	Children	Adults
AusCord	10221	115	34	6
Barcelona	5863	170	96	74
Düsseldorf	8363	227	160	65
France Cord	4437	188	119	65
Helsinki	2265	1	1	0
Jerusalem	723	12	12	0
Leiden	2824	11	6	5
Leuven	4902	30	23	7
Liege	4129	60	35	23
London	5889	75	57	18
Milan (Grece)	9173	329	191	138
New York	21774	1481	1020	461
Prague	1451	5	3	2
Tel Hashomer	1320	4	4	0
Tokyo	3459	582	261	301
TOTAL	86883	3288	2042	1165

ventario internacional eran útiles para el trasplante de individuos de 50-70 kg.

EUROCORD ha demostrado recientemente que existen tres factores asociados significativamente a la recuperación de los neutrófilos post trasplante: diagnóstico diferente a anemia aplásica, compatibilidad HLA y número de células recolectadas e infundidas. Los mismos tres factores están asociados con la recuperación de las plaquetas y la mortalidad relacionada con el trasplante. Análisis más recientes han demostrado que el trasplante de un número de células elevado disminuye la influencia de la incompatibilidad en el sistema HLA y que, inversamente, el número de células necesario para producir un implante es inferior en los trasplantes con identidad en el sistema. Un número $\geq 2 \times 10^7$ /kg recolectadas o, alternativamente $\geq 1,5 \times 10^7$ /kg infundidas, debería ser suficiente para implantar en pacientes adultos, siendo la compatibilidad HLA el segundo factor en importancia para determinar el donante de elección.

Estos datos, por supuesto, plantean la cuestión de la factibilidad del trasplante de SCU en individuos de mayor peso, aunque, el número creciente de unidades de SCU que contienen un número elevado de células y los resultados alentadores demostrados en niños han incrementado substancialmente el número de trasplantes realizados en pacientes adultos.

Como se ha mencionado, el registro EUROCORD realiza análisis periódicos; en uno de los últimos, con casi 700 trasplantes analizados, ya se pudo demostrar una mejora en la mortalidad relacionada con el procedimiento, a los cien días del trasplante, en los pacientes adultos sometidos a este tipo de tratamiento a partir de 1998, fecha en que se produjo la publicación antes mencionada, siendo la cifra de células infundidas el factor pronóstico más relevante en relación al implante y la supervivencia. De hecho, el número de células infundidas fue el único factor estadísticamente diferente entre los pacientes que recibieron un trasplante antes o después de 1998. Actualmente es ampliamente reconocido el relevante papel que tiene el grupo EUROCORD en el ámbito de la biología y el trasplante de la sangre de cordón umbilical y, como consecuencia en la posibilidad de tratamiento de pacientes que necesitan un trasplante no emparentado de progenitores hemopoyéticos.

La fundación NETCORD (www.netcord.org) se estableció en 1998 como un brazo de EUROCORD en relación con los BSCU internacionales, para promover los bancos de alta calidad y el uso de la sangre de cordón umbilical en el trasplante alogénico.

NETCORD es una organización sin ánimo de lucro, que promueve el establecimiento de BSCU de alta calidad y ha generado unos estatutos, estándares y guías para promover estudios e investigación en torno a la obtención, procesamiento, caracterización, preservación y expansión ex vivo de la sangre placentaria con el objetivo primario de mejorar la calidad de sus componentes en un entorno internacional.

A fin de asegurar una elevada y uniforme calidad de las unidades mostradas en su inventario, NETCORD ha establecido unos estándares de calidad específicos, en colaboración con la Foundation for the Accreditation of Cellular Therapy (FACT), sobre la obtención, criopreservación, almacenamiento y suministro de las unidades de SCU.

Todos los BSCU de NETCORD deben obtener la acreditación de NETCORD/FACT para ser miembros definitivos de esta organización. Estos estándares han sido adoptados por un número importante de organizaciones internacionales y nacionales como: ASBMT, EBMT, ISCT, JACIE, ONT, CBMTG y WMDA, entre otras, y son objeto de frecuentes actualizaciones.

Además, el aseguramiento de la calidad, los procesos de validación y los procedimientos operativos basados en los estándares son las bases de las inspecciones del proceso de acreditación formal que, así mismo, deben observar las normativas de las buenas prácticas de laboratorio de cada país, de la FDA, de la UE o de las respectivas organizaciones competentes.

Hasta ahora más de 35 BSCU han solicitado esta acreditación en los Estados Unidos, Europa, Australia y Asia. Ya se han realizado un número importante de inspecciones, cinco bancos ya han sido formalmente acreditados y diez más están cubriendo las últimas etapas del proceso. De los diez BSCU que históricamente componen el consejo directivo de NETCORD, todos han cumplido con los requisitos de la acreditación, cinco (antes mencionados) ya han sido acreditados y los restantes lo estarán durante los próximos tres meses.

Cuarenta y un inspectores con experiencia específica en BSCU han sido entrenados y participan activamente en esta actividad. La FACT está reclutando activamente un número creciente de inspectores a fin de poder cubrir las necesidades de acreditación a escala internacional (lmiller1@unmc.edu).

A fin de permitir las búsquedas directas de unidades de SCU desde los centros de trasplante, NETCORD ha establecido un programa de búsqueda y asignación de unidades "on-line", la oficina virtual (Virtual Office -VO-). Este programa permite búsquedas, en tiempo real, de las unidades

compatibles entre las actualmente disponibles. En la VO se puede obtener información detallada de las unidades pertenecientes al inventario de NETCORD, actualmente (octubre 2004) más de 80000 perfectamente caracterizadas y disponibles. Los informes iniciales incluyen el tipaje HLA de alta resolución, volumen, contenido celular y análisis víricos.

De esta manera cuando un centro de trasplante solicita información a la VO, a los pocos minutos reciben un informe unificado de todas las unidades aceptables existentes en el inventario de NETCORD. La VO además posee información actualizada de la disponibilidad de unidades para evitar posibles conflictos en su asignación. Hasta ahora, la VO ha facilitado la utilización de más de 2.600 unidades de SCU en todo el mundo. La posibilidad de compartir las búsquedas de sangre de cordón umbilical en una única base de datos en la VO, facilita la rápida identificación de la mejor unidad posible para un paciente dado. Por otra parte, la interacción directa entre los centros de trasplante y el BSCU elegido, optimiza la programación del procedimiento y minimiza el trabajo burocrático requerido para el suministro a los centros de trasplantes. NETCORD está estimulando a los BSCU ya establecidos, que posean más de 1.000 unidades, a que opten a la certificación FACT/NETCORD y se adhieran a esta organización.

Un fenómeno especial es el acaecido en Asia, donde la adopción de la tecnología del trasplante de sangre de cordón se ha difundido rápidamente, en parte debido al pequeño tamaño de las familias, que hace difícil hallar un donante adecuado que permita un trasplante hemopoyético. Para facilitar la búsqueda de unidades de SCU y fomentar su trasplante, la red asiática de bancos de SCU fundó AsiaCORD en el año 2000 en Bangkok.

Los miembros de AsiaCORD son los BSCU líderes en Asia: Bangkok, Pekín, Ho Chi Minh City, Seul, Taipei, Tianjin y Tokio. AsiaCORD también han establecido unos estatutos y estándares también basados en los de FACT/NETCORD. Un sistema similar a la VO, adaptado al entorno asiático, está actualmente en preparación. El inventario actual en AsiaCord incluye más de 35000 unidades y más de 300 trasplantes realizados (más de 2/3 en Tokio).

La mayor limitación de la utilización de la SCU es la mortalidad relacionada con el procedimiento, fundamentalmente debida a los largos periodos de aplasia post trasplante y la susceptibilidad a las infecciones víricas y fúngicas. A fin de acelerar el implante, se han propuesto diversas estrategias de expansión *ex vivo* de progenitores hemopoyéticos. Algunas han demostrado su factibilidad y, en ciertos estudios, han llegado a sugerir algún efecto clínico. Las estrategias más recientes están enfocadas al desarrollo de tecnologías más eficientes para la producción *ex vivo* de progenitores hemopoyéticos que sean realmente capaces de generar efectos bio-clínicos detectables.

La relativa inmadurez de la respuesta inmunitaria de las células de la SCU (que es beneficiosa, e relación a la histocompatibilidad) es una de las causas de la mortalidad relacionada con el trasplante debida a infecciones. A pesar de existir larga experiencia en la selección y producción de células inmunes "adultas" el traslado de estas aproximaciones al modelo de la SCU posee unas limitaciones mayores producida por la escasez de las células potencialmente efectores presentes en este producto. Ello sólo será posible utilizando estrategias basadas en la utilización de una minoría de estas células, vinculada a la existencia de unidades de SCU con más de un compartimiento, seguidas de metodologías capaces de amplificar su número y potenciar específicamente su funcionalismo.

Es conocido que las células de la SCU contienen células madre y progenitores extremadamente inmaduros. En este sentido las células pluripotentes o multipotentes que contiene han sido propuestas como elementos adecuados para el desarrollo de estrategias de terapia celular y medicina regenerativa. Hasta ahora no existen datos concluyentes respecto a estas posibilidades, pero algunos resultados experimentales *in vitro* y en modelos animales de regeneración cardio-vascular sugieren algún grado de plasticidad y/o transdiferenciación. Consecuentemente, en un entorno en que las células de la SCU muestran de manera cada vez más evidente sus amplias cualidades, los BSCU se verán indefectiblemente conducidos a ampliar el ámbito de sus aplicaciones clínicas.

El inventario necesario de unidades de SCU es uno de los aspectos que más controversias generan en la actualidad. En el pasado reciente, la reducida alo-reactividad de las células de la SCU hizo suponer que un número pequeño de unidades almacenadas podrían cubrir las necesidades de donantes no emparentados adecuados. Los últimos estudios, demostrando la relevancia de la compatibilidad en el sistema HLA y los resultados alentadores obtenidos con trasplantes total o parcialmente compatibles, están cambiando la estrategia de selección de unidades hacia el "más compatible es mejor".

De manera paralela la ausencia relativa de unidades adecuadas a pacientes adultos o de peso elevado está modificando profundamente estrategia de los BSCU en la dirección de promover el incremento del contenido medio celular de las unidades almacenadas. Consecuentemente, para obtener este cambio cualitativo, será necesario duplicar o, incluso, triplicar en número las unidades almacenadas actualmente. Tomando todas estas consideraciones en su conjunto es concebible hipotetizar que el inventario internacional debería superar las 500.000 unidades o incluso llegar a ser 1/10 del registro internacional de donantes de médula ósea, que actualmente cuenta con más de 8 millones de donantes. La consecuencia lógica de todo ello, uniendo criterios de eficiencia, sería la recomendación de concentrar esta actividad en el menor número de BSCU de la mayor dimensión posible. ■

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACION

Placa de Honor 2004 concedida a SIDENOR I+D

Sidenor I+D es la sección de Investigación y Desarrollo de la fábrica de aceros SIDENOR. Es una empresa fundamentalmente vizcaína, con la factoría principal radicada en Basauri. El viajero que se acerca a Bilbao por ferrocarril observa curioso una impresionante sucesión de tejados de color almagra que cubren las factorías productoras de acero de la empresa Sidenor. Son instalaciones nuevas y de una dimensión gigantesca, datos ambos no concordantes con la idea de contracción y amortiguamiento que en estos últimos tiempos parece sugerir acerca de sí misma la gran industria vizcaína.

¿Cuál es la explicación de este contraste? Es esta una pregunta razonable y bien fundada, cuya respuesta es precisamente la Placa de Honor que hoy entregamos a Sidenor I+D.

En efecto, la industria del acero vizcaína sufrió una grave depresión en las décadas del 70 y del 80. Las acerías S.A. Echevarría, Forjas Alavesas, Aceros de Llodio, Olarra, Orbeago, Aceros Irura y Fundiciones Echevarría se encontraban en alarmante falta de competitividad. El panorama se ofrecía triste y sin esperanza. Frente a este cuadro empresarial caracterizado por la falta de competitividad, estas empresas reaccionaron creando, en 1985, una Agrupación dedicada a la investigación y desarrollo de los aceros especiales dentro de un proceso de reconversión del sector del acero especial. Era la entidad científico-técnica Sidenor I+D.

Estas actividades de investigación se instalaron al principio en un céntrico piso de Bilbao. Desde el principio, y hasta el presente, ha estado al frente de esta iniciativa el doctor ingeniero industrial Felix Repáraz, natural de Vitoria, y a él se deben las ideas de doble proyección que han presidido las actividades de Sidenor I+D. Hablamos de una doble proyección, porque Sidenor I+D está a la escucha de los requerimientos que le llegan desde las plantas de producción para perfeccionar sus productos, mejorar sus procesos, y solucionar sus problemas. Pero tiene también –como corresponde a un ámbito de creatividad científica– una cierta independencia para pensar, vale decir, para enfrentarse directamente al mercado, individuar un posible producto e intentar su diseño. En 1985, cuando comenzó Sidenor I+D, eran 13 investigadores y un gestor. En la actualidad son una plantilla de 45 investigadores. El resultado ha sido la existencia de la actual empresa Sidenor que produce y vende anualmente 700.000 toneladas de aceros especiales, una parte de los cuales salen ya transformados en productos de automoción por otras factorías de la empresa.

¿Podríamos calificar de “espectaculares” estos resultados sin incurrir en una cierta ampulosidad retórica? Quizá no. Pero dejando de lado los calificativos, hay una consideración sustancial y tangible que está por encima de cualquier calificativo: la acerería vizcaína estaba en un estado casi ruinoso y camino de su extinción y se ha salvado por un proceso de reconversión y de reinversión en el que Sidenor I+D ha desempeñado un papel capital.

Desde la perspectiva científica e investigadora, o mejor dicho, desde la perspectiva de quienes nos dedicamos a dar la cara por la Ciencia y la Tecnología de nuestro país, el caso de Sidenor I+D suscita un especial reconocimiento y simpatía. Y vamos a explicar por qué.

Sidenor I+D no ha hecho un descubrimiento trascendental de los de premio Nobel, ni ha aportado una patente de las que hacen época en el sistema productivo. Esto parece una observación banal, quizá estúpida o estúpidamente pretenciosa. Y sin embargo alude a una realidad gravemente dañosa en la marcha de nuestro país: la utilización de nuestros escasos brillos científicos como pretexto para justificar la escasez con que se financia nuestro sistema Ciencia-Tecnología, tanto por parte del Estado como por parte del empresariado.

Hasta hace poco pensábamos que la escasa atención a la I+D de los responsables públicos y de los empresarios españoles obedecía a su falta de cultura científica y a un desconocimiento real de lo que la Ciencia significaba en el mundo moderno. Algunos nos hemos desgañado en la proclamación de la importancia de la Ciencia. Craso error nuestro. Los políticos, los economistas del Estado, la Banca, el empresariado saben perfectamente la importancia que tiene la Ciencia. Ciegos y tontos tendrían que ser para ignorarlo. Pero el problema, el verdadero problema, es que los políticos, los economistas del Estado, la Banca y los empresarios sienten un desprecio casi absoluto por los científicos españoles.

En esto son víctimas de una errónea conciencia nacional cuyos orígenes nos llevarían hasta más arriba de la Ilustración y de la Enciclopedia, cuando Masson de Morvilliers se preguntaba en sus páginas “¿qué se debe a España? ¿qué ha hecho por Europa?”. Y se refería a la Ciencia. Casi dos siglos después fue Unamuno, con su nefasto casticismo, quien puso en circulación el “que inventen ellos”, fórmula que acabaría de consagrar el radical pesimismo de los españoles respecto a la posibilidad de una España científica. Parecerá mentira, pero todavía hoy en día los responsables públicos y privados de la financiación científica, aun admitiendo que es escaso el dinero que dedican a la investigación, piensan



De izquierd a derecha, Tomás Recio Muñiz, Jesús Martín Tejedor, Enrique Ruiz-Ayúcar y Félix Repáraz.

—a pesar de todo— que todavía es un dispendio excesivo para los resultados que proporcionan nuestros científicos y para los retornos de Ciencia y Tecnología que produce la financiación de I+D. Su balance tiene una medida simplona y equivocada: “¿cuántos premios Nobel tenemos en España? ¿cuántas patentes importantes, de las que transforman un sistema productivo?”. Evidentemente se trata de un reproche no infundado que harto lamentan quienes se interesan por la ciencia patria, pero es gravemente injusto pensar que con tal consideración está sustanciada y sancionada la cuestión en su conjunto.

Y a esto venía el interés y simpatía que nos despierta una empresa como Sidenor I+D. Se trata de una entidad investigadora que no ha hecho aportaciones espectaculares, dignas de un premio Nobel. Lo único que ha hecho Sidenor I+D es contribuir sustancialmente a la salvación de un sector productivo del que dependía una aportación de renta y trabajo importante para una región y aun para toda España. O sea, casi nada.

¿Y cual es el tipo de actividades científicas y tecnológicas que ha llevado a Sidenor I+D a desempeñar tan importante papel?

Antes del ingreso de España en Europa, en 1986, Sidenor I+D tenía ya en marcha un proyecto de investigación que fue inmediatamente apoyado por la Comunidad Europea del Carbón y del Acero. A partir de entonces, cada año Sidenor I+D ha obtenido financiación del programa CECA para sus labores de investigación. Desde hace dos años, y terminado ya el programa CECA, está a punto de afectarse al programa European Coal and Steel Commetee. Toda esta transferencia de fondos requiere un diálogo especializado en el que sólo un cien-

tífico bien formado puede realizar tareas de interlocución.

Este diálogo especializado o interlocución cualificada tuvo importancia capital en el arranque de Sidenor, porque en muy poco tiempo los científicos de Sidenor I+D fueron puestos al cabo de la calle de toda la documentación avanzada que había acumulado la tecnología acerística de la Unión Europea. Gracias a ello se atrevieron, por ejemplo, a practicar la colada continua a un calor, de alto riesgo y muy novedosa en la fabricación de acero especial.

Tras esta rápida instalación en los niveles avanzados de investigación, Sidenor I+D empe-

zó a plantearse el cuadro de variables que intervienen en el alumbramiento de un nuevo acero especial por su dureza, o por su ductilidad o por su mecanizabilidad. Temperaturas, velocidades, tiempos, coeficientes de transmisión de calor, interfases, lubricantes a 1.600 °C..., la influencia de las distintas composiciones químicas en los procesos de solidificación de los aceros, elementos disueltos o no, elementos microestructurales, formación de microprecipitados, etc. Todo esto constituye un cuadro de variables o una *ars combinatoria* a cuya resolución debe aplicarse una acerería que aspire a ser competitiva en el panorama mundial.

A veces estas variables presentan problemas de difícil entendimiento y es la hora de profundizar en ciencia básica o en las raíces del conocimiento y de apelar a las Universidades para aclarar aspectos que pertenecen al fundamental comportamiento de la materia. En los proyectos europeos de Sidenor I+D el diálogo universitario tiene lugar con numerosas universidades europeas. De nuevo es apremiante el diálogo especializado y la capacidad de mutua interlocución que sólo puede darse mediante una “identidad de raza” que viene garantizada por el hecho de que la casi totalidad de los científicos de Sidenor I+D tienen el grado de doctor.

Todo este cuadro de tareas constituye un terreno propio de científicos. Y estos científicos son elemento determinante de la competitividad de Sidenor. Sin premios Nobel y sin patentes espectaculares ellos consiguen que una gran industria con proyección internacional afronte segura el futuro. Una lección de seriedad y realismo que debe desarmar a tantos políticos y psudoempresarios víctimas de una tradición en la que toda frivolidad tiene su asiento. ■

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2004 concedida a Fernando García Cortázar

Hay que reconocer que desde Newton –y corrigiendo una tradición científica de insulsas logomaquias– la ciencia ha adquirido un ineludible carácter pragmático y el científico es un ser definitivamente útil. Pero el pragmatismo y la utilidad deben impostarse en una perspectiva social, quiero decir, que se conciban como atinentes al bien total de la Sociedad. Y en ésta no todo, ni lo más importante, para el bienestar colectivo es el dinero o la renta per capita. Existen bienes intangibles, como la paz social, sin cuyo concurso es impensable toda idea de felicidad y bienandanza de las naciones.

Intangible es también la cohesión social y ese espíritu público que une a los pueblos con entusiasmos comunes y aspiraciones compartidas. Todo esto es posible cuando el sentido de la identidad y el sentido de la pertenencia está claramente definido e internalizado. La identidad y la pertenencia son dos pulsiones radicales de la vida animal que aparecieron en el hombre antes de ser hombre, cuando se formó el neo-cortex cerebral. Es fundamental saber qué somos y quienes somos los que somos.

Pues bien, esta es la tarea a la que se ha entregado el español Fernando García de Cortázar con un trabajo, con un entusiasmo y hasta con un riesgo conmovedores: alumbrar qué sentido, qué posibilidad y que alcance tiene la condición de ser español. Todo esto desde el menester historiográfico.

Le damos a García de Cortázar nuestra primera distinción en el campo de las Humanidades no porque pensemos que es el historiador más eminente de España –afortunadamente hay muchos historiadores eminentes y no sería tan hacedero dilucidar quién es el primero, si es que hay un primero– pero sí creemos que nadie como él ha planteado el menester historiográfico como una tarea social y políticamente fungible al servicio y bien de su patria. Pocos hombres de letras o pocos investigadores de ciencias humanas demuestran como él que las Humanidades, y en concreto la Historia son rentables, profundamente rentables

Hace ocho años Cortázar publicó el libro *Las palabras del Rey* que es una selección documental de discursos reales a la que dedicó un prólogo magistral que constituye, a mi modo de ver, el epítome del pensamiento histórico-político de nuestro homenajeado. La realidad de España no parte de una idea de pueblo sublimado por mil leyendas y mitos, sino por unos habitantes concretos y singulares que son ante todo ciudadanos. Ciudadanos que ven garantizada su libertad y normada su convivencia por una Constitución. Pero son ciudadanos para los que “tres mil años de encuentros y convivencia, quinientos de Estado integrador y doscientos de vertebración liberal-nacional han estableci-



De izquierda a derecha, Jesús Martín Tejedor, Carmen Mijangos Ugarte, Fernando García de Cortázar y Félix Repáraz.

do suficientes lazos familiares y culturales como para que España pueda sentirse orgullosa de su Historia”...

Cortázar incardina su pensamiento en el mundo liberal de la Ilustración y de la Razón que es metafísico y se expresa en los grandes principios universales y abstractos, pero recoge también nuestra tradición como un valor identificativo y cohesionador. Busca el alma de España, pero no a la manera inglesa, aquí representada por Alcalá Galiano, que entiende como alma la influencia de la clase social dominante, sino como palpito de un espíritu colectivo que ha de percibirse en nuestros poetas. A tal punto llega la incorporación de textos literarios a sus obras históricas que quizá podríamos hablar de una metodología o de una historiología propia y personal.

A su edad todavía temprana ha publicado ya más de treinta libros sobre España y sobre el País Vasco, ha escrito series de televisión de todos conocidas, dirige la Fundación Grupo Correo, profesora en la Universidad de Deusto y en el master de Periodismo de El Correo-Universidad. Dirige la revista *El Noticiero de las Ideas*, y es articulista fijo del diario ABC.

Tan pasmosa actividad tiene una parcial explicación. Fernando duerme sólo tres horas. La mezcla de insomne y de casto célibe produce esos efectos. Pero luego está su creatividad que procede en buena parte de su libertad, una libertad que podría ser libertinaje, si no fuera por una fuerte condición de esteta que le lleva a obrar el bien o amar a las personas más porque es bello que porque es obligado. Como español que soy, ¡muchas gracias Fernando García de Cortázar!

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2004 concedida a Carmen Mijangos Ugarte

No sé si es una de tantas manifestaciones del machismo cultural el hecho de que la Historia, y hasta la Historia Sagrada, nos presenta algunas mujeres eximias cuya grandeza se ha ponderado y sintetizado con la expresión “ánimo viril” o “espíritu varonil”. Es el caso de Agustina de Aragón, de Isabel la Católica, de Juana de Arco, o el más remoto y bíblico de Judith que en cierto modo es el más elocuente para mostrar que este espíritu varonil no tenía nada que ver con la equivocidad de género o de identidad sexual, porque sólo una Judith bella y exquisitamente femenina habría podido encandilar a Holofernes en grado de poder cortarle la cabeza.

Carmen Mijangos es una de estas mujeres fuertes, sólidas, capacitadas para el mando. Es directa, va derecha y de frente a todo, y planta cara con una contundencia tal que a veces es preciso recordar su profunda bondad para no quedarte resentido. Tiene un enorme tesón para el trabajo y ha escogido como tema de sus investigaciones los polímeros y los plásticos. Quizá sorprende un poco una tal dedicación. Parece que la mujer aplicada a la ciencia tenderá más a lo humanístico o a las ciencias de la vida, como la biología o la medicina, porque al fin y al cabo la mujer –madre en potencia– es la apoteosis y el paradigma de la vida. Carmen se ha dedicado a los plásticos. Hubo un tiempo en que los plásticos atraían el interés de la mujer. En 1938 se descubrió el nylon y el plexiglass con los que se hacían las medias de cristal, trabajosamente conseguidas en Andorra por las señoras, y los impermeables de plexiglass que envolvían la figura femenina con unos brillos rutilantes. Así que hubo polímeros y plásticos que tenían mucho que ver con la condición femenina. Pero lo que nuestra homenajeadora ha aportado al mundo de la ciencia, de la tecnología y de la industria no tiene nada que ver con todo esto: su campo de trabajo, señoras y señores, han sido las nuevas tuberías para toda clase de conducciones y los nuevos cables para ingenios mecánicos, especialmente para los motores de automóviles. Para mí, que soy de letras, hincar el diente a estas materias es más arduo y valeroso que matar a Holofernes.

Quizá los cables y las tuberías tienen un discreto encanto que yo no soy capaz de descubrir, pero ya he dicho que Carmen Mijangos es de una raza especial. Y es preciso reconocer –hablando ya en serio– que, con encanto o sin él, las tuberías son un renglón importantísimo de la actividad industrial y la base de la actividad urbanizadora. Porque al fin y al cabo, urbanizar, que es lo mismo que extender la vida civilizada, consiste fundamentalmente en acotar un terreno, cruzarlo de tuberías subterráneas, ya sea para traer aguas limpias y llevar las sucias, o para proteger los infinitos cables por los que llega la energía, las comunicaciones y la información. Unas buenas tuberías no pueden cambiar el régimen de lluvias de un país, pero sí sus resultados, porque la mayoría de las conducciones todavía en uso pierden de un 30 a un 50% del agua que trasvasan. Y en cuanto a los cables, a nadie se le escapa su importancia a efectos de seguridad y de eficiencia motriz. Pues bien, los hallazgos y trabajos de Carmen Mijangos han contribuido al desarrollo de importantes empresas como ITEPE, fabricante de tuberías y la multinacional de cables BICC.

Quiero decir que Carmen no pertenece a la clase de investigadores que consideran haber cumplido con su menester cuando han publicado unos *papers* más o menos lúcidos y originales. Su investigación se proyecta sobre el sistema productivo, genera renta y puestos de trabajo. Pero para todo eso parte de la ciencia básica o fundamental que nunca descuida. Ciencia ha hecho en 135 trabajos de primera categoría publicados en las revistas más prestigiosas del ramo. Ha entregado además 24 informes o documentos científico-técnicos para diversas industrias, que siendo verdaderos trabajos de investigación quedan inéditos durante diez años por ser para uso interno de las empresas. Y tengan en cuenta que se trata de una persona joven a la que quedan todavía muchos años para completar su biografía científica.

Además ha creado escuela en el campo de los polímeros, porque tiene ya más de 20 investigadores en España y en Hispanoamérica formados por ella.

Ha sido directora del Instituto de Plásticos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas al que pertenece como Profesora de Investigación. Ha gerenciado investigación como responsable sectorial de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva. Y en esta misma línea es actualmente coordinadora del área de materiales del CSIC.

En conclusión: la doctora Mijangos es un paradigma de todas las tareas en que se desglosa la investigación científico-tecnológica y la innovación. Ha hecho todo lo que se puede hacer bajo las siglas de la I + D + I. Si en vez de a la ciencia se hubiera dedicado a la mendicidad, Carmen habría sido un hombre-orquesta. ■

Jesús Martín Tejedor

Placa de Honor 2004 concedida a Tomás Recio Muñiz

Hace unos días ha estado en Madrid Bill Gates. Durante unas horas ha tenido varias entrevistas, ha firmado unos acuerdos y se ha marchado sin que su presencia movilizara multitudes. Y sin embargo Bill Gates pone el nombre a toda una época de la Humanidad. Es como si hubiera estado en Madrid Cristóbal Colón o Juan de Guttemberg. Es curioso observar cómo los grandes personajes de la Historia se hacen grandes sólo con el decurso de la Historia, porque sus contemporáneos no cayeron en la cuenta de que gracias a esos personajes estaban estrenando una época. La gran Historia espacial todavía no ha comenzado o está en sus primeros balbuceos. Cuando los viajes al espacio estén generalizados e importemos materias primas de otros astros los nombres de Von Braun, de Yuri Gagarín y de los primeros astronautas americanos sonarán con la misma resonancia que el de Julio César o Carlomagno.

Pues bien, ahí tenéis al doctor Tomás Recio que está tomando parte muy activa en una nueva aventura que va a cambiar el mundo tanto como la revolución de la informática de Bill Gates.

Se trata de la supercomputación o potenciación de la informática en amplitud y rapidez que casi ni en sueños podemos concebir. Las magnitudes de conocimiento a las que podremos llegar cuando se obtenga la computación cuántica, por ejemplo, desbordan todas nuestras previsiones.

Esa superactividad requiere un *software* que no está hecho todavía. Todavía no está preparado el lenguaje de máquina que permita procesar los problemas matemáticos supercomplejos. Y en eso trabaja el Prof. Recio Muñiz introductor en España del Álgebra computacional y de la Geometría computacional. En otras palabras: está en la brecha de la más gigantesca revolución de conocimiento que espera a la Humanidad.

Recio Muñiz es un investigador de una larga trayectoria, en la que ha pasado por numerosos centros, desde el CSIC en el que fue Colaborador Científico, hasta universidades como la Complutense o Cantabria. Y no sólo es un investigador, sino un promotor de investigación. Es el fundador de los Encuentros de Álgebra Computacional y Aplicaciones (EACA) y de los Encuentros de Geometría Computacional (EGC). Tales encuentros han sido importantes para la consolidación de estas investigaciones en España. También ha organizado multitud de congresos y *workshops* en otras latitudes, poseyendo un acusado perfil internacional. Ha dirigido además un buen número de tesis doctorales verdaderamente brillantes que han desarrollado estas

materias de investigación. Algunos de sus alumnos ocupan ahora puestos importantes en la gestión universitaria, siguiendo el ejemplo del maestro, como persona comprometida con la comunidad educativa y científica española.

Recio Muñiz es además un educador vocacional de la matemática que ha investigado la mejora de la educación en esta disciplina. Lleva muchos años dedicado a estas tareas, siempre con un talante que busca el diálogo y el encuentro, en un tema en el que con frecuencia la ideología crea barreras difíciles de superar. Por eso ha sido nombrado Presidente del Comité de Educación de la Real Sociedad Matemática Española, cargo en el que está desarrollando una labor ejemplar. También es Presidente del Comité de Educación que dentro del Comité Español de Matemáticas representa a España en la International Commission of Mathematical Education.

En su faceta de gestor, y rindiendo servicio a su patria chica, es Vicerrector de la Universidad de Cantabria y Presidente del Consejo Escolar de Cantabria, tareas que asume con su dedicación y maestría habituales. Y para remachar la faena, es Adjunto de la Coordinación de Matemáticas en la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva, donde su enorme conocimiento del Álgebra y la Didáctica de las Matemáticas hacen su figura irremplazable. ■

Jesús Martín Tejedor



El Año Mundial de la Física

El Año Mundial de la Física es un evento a nivel internacional sobre la Física y su importancia en nuestra vida diaria.

La Física no solo juega un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia y la tecnología sino que también forma parte de la cultura científica de nuestra sociedad.

En la Asamblea General de la INTERNATIONAL UNION of PURE and APPLIED PHYSICS (IUPAP), celebrada en Berlín en el año 2002, se aprobó la Resolución nº 9, que posteriormente fue adoptada por la UNESCO que declaró el 2005 como Año Mundial de la Física.

De acuerdo con lo establecido por la IUPAP, la esencia del Año Mundial de la Física esta contenido en los siguientes puntos:

- Promocionar el conocimiento de la física.
- Enseñanza de la física.
- La física como base de otras disciplinas y como fundamento de nuevos campos científicos y de tecnologías emergentes.
- Los grandes retos de la física del siglo XXI.
- La física en el desarrollo de los países.
- Aumento del número de mujeres en la física.
- La física como parte de nuestra herencia cultural.

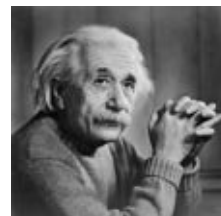
Dado que la declaración del 2005 como Año Mundial de la Física tiene carácter universal, todas las instituciones que tienen relación directa o indirecta con la Física deben de realizar un es-

fuerzo para conmemorar este acontecimiento y acercar esta ciencia a la sociedad atendiendo principalmente a los puntos esenciales antes reseñados.

El año 2005 conmemora el centenario del llamado "Annus Mirabilis" en el que Albert Einstein publicó tres importantes artículos cuyas ideas se convirtieron en base e influencia de la física moderna. Este año nos ofrece al oportunidad de celebrar tanto estas ideas como la influencia de Einstein en la vida del siglo XXI.

La celebración del Año Mundial de la Física durante el 2005 supone un reto para todos los organismos relacionados con la Física.

En España, con un objetivo común, la promoción de la Física como un elemento esencial del patrimonio cultural de nuestra sociedad y la reivindicación de la investigación como base de nuestro futuro, entidades y personas relacionadas con la Física preparamos este año diversas actuaciones que acerquen el mundo de la Física a los ciudadanos, administraciones y medios de comunicación. ■



Fritta 

el diseño se mueve

Investigación en España y pacto por la ciencia

AUTOR: FRANCISCO J. AYALA-CARCEDO¹

A pesar de los esfuerzos realizados en las últimas dos décadas, la investigación científica y tecnológica sigue siendo un problema en España.

En 2002, España, sumando el esfuerzo público y el privado, invirtió oficialmente el 0,97% del PIB en I+D, cifra que, excluidas las inversiones en fabricación en serie de equipos militares queda en un 0,85%. Dado que existe una relación PIB/habitante-esfuerzo en I+D a nivel mundial, lo esperable hubiera sido una inversión cercana al 1,4%, distante aún de la media europea, cercana al 2%. Por otra parte, la Tasa de Cobertura de la Balanza Tecnológica, fue en 1998 del 19%, la más baja de la UE.

Frente a una asunción del 65% del esfuerzo investigador de media en la UE por parte empresarial, en España tenemos el 52%. Aunque la eficiencia de esta inversión empresarial española en consecución de renta per capita es superior a la media europea, es también causa significativa de la pobre competitividad española según el World Economic Forum, del estancamiento de la productividad y del enorme desequilibrio de la Balanza Tecnológica, ya que la innovación procedente de investigación, la más competitiva y sostenible, es insuficiente.

En lo que se refiere a la investigación científica, campo propio de la acción pública, a pesar de la alta productividad de nuestros científicos, uno de los problemas es la falta de calidad en nuestra investigación de alto nivel, que cosecha pocas citas y premios internacionales (el último Nobel científico de nacionalidad española, Ramón y Cajal, lo fue en 1906). Además, nuestros grupos de investigación, poco apoyados a menudo y sometidos frecuentemente a estructuras demasiado jerarquizadas y burocratizadas, adolecen en muchos casos de falta de apoyo y masa crítica. Nuestros institutos y centros públicos, con múltiples duplicidades que reclaman procesos de integración orgánica políticamente valientes, vertebración que por lógica debería gravitar en torno al CSIC, adolecen de falta de tamaño que les permita competir mejor a nivel internacional. Por otra parte, la investigación científica y la tecnológica, son poco sinérgicas, en parte significativa por la insuficiente apuesta investigadora de las empresas, materializada en la falta de doctores en sus plantillas.

La decisión de la UE de impulsar el Espacio Europeo de Investigación (EEI), con su reto de llegar al 3% del PIB de la Unión en I+D para 2010, por más que sea difícilmente realizable dados los problemas de déficit público en la UE, es un elemento de agravación de nuestro diferencial.

Cualquier política científica, debería, por tanto, atacar el problema en esta doble vertiente, cuantitativa y cualitativa, tanto en la esfera pública como en la privada. Por ello, las reformas cualitativas, por ejemplo, de mecanismos regulatorios o patrones organizativos, de apertura a la competencia, de sistemas de promoción y estímulo, deberían ser al menos simultáneas a las reformas cuantitativas, a la inyección de más dinero en el sistema, una promesa a alabar del actual Gobierno que duplicaría la inversión pública en la legislatura, si se quiere que las inversiones sean efectivas. Algo que sabe muy bien cualquier empresario: cuando hay problemas, la reorganización debe preceder o acompañar a la inversión.

Dentro de lo cualitativo, hay una dimensión política fundamental: es necesario articular un Pacto por la Ciencia. Sin involucrar desde el Gobierno de la Nación a la oposición, al sector empresarial y al financiero –especialmente las Cajas de Ahorro–, a los Sindicatos, a las Comunidades Autónomas y a las Sociedades Científicas, es inviable una acción que consiga un desarrollo sostenido y equilibrado en el cual poderes públicos y agentes sociales, además de los principales partidos, asuman la parte que les toca. Que evite que en cuatro años España sea el país del mundo que más proporción invierte en la investigación científica y menos en la tecnológica, ésta última competencia necesariamente de las empresas.

En ausencia de Pacto, especialmente con los empresarios, habrá voluntarismo arbitrista, bienintencionado, pero a la postre ineficiente en generación de riqueza. Los resultados no se verán a corto plazo: los estudios empíricos muestran que no hay relación a corto plazo entre tasa inversora en I+D y crecimiento económico. La investigación es condición necesaria para lograr una mayor renta *per capita* y un empleo de calidad, pero no suficiente. Estamos ante una carrera de fondo, ante un problema estratégico de solución nada fácil que requerirá un amplio y sostenido consenso inalcanzable sin debate y sin generosidad –pública, privada y de grupo– y sentido de país y Estado. ■

¹ Profesor de H^o de la Ciencia, la Tecnología y el Desarrollo, Universidad Politécnica de Madrid, Director científico de la obra Historia de la Tecnología en España, 2 Vols., publicada en 2001. Vocal de la Junta de Gobierno de la AEC. Francisco Javier Ayala Carcedo falleció el 29 de noviembre de 2004.

Francisco Ayala Carcedo, un científico y un investigador sobre la Ciencia

AUTOR: JOSÉ PEDRO CALVO SORANDO
*Director General del Instituto Geológico
 y Minero de España*

Hace ahora unos tres meses fallecía, en Burgos, Francisco Javier Ayala Carcedo, tras una vida intensa dedicada a la investigación geocientífica y a una actividad profesional que queda recogida en una enorme cantidad de artículos, libros, informes e incluso notas de opinión en prensa, con notable valor informativo y divulgativo.

El currículum investigador de Francisco Ayala ha sido expuesto profusamente en los numerosos escritos en forma de obituario, artículo homenaje y dedicatoria aparecidos tras su muerte. Omitiré por ello entrar en una relación ni siquiera resumida de sus publicaciones, cuyo número, más de 300, habla por sí solo de la profunda dedicación de Francisco Ayala al mundo de las Geociencias, tanto en su vertiente básica como aplicada, sin eludir, ni mucho menos, la reflexión sobre las formas de hacer y la dimensión socio-económica de la actividad en este campo.

Sí estimo necesario, sin embargo, hacer un breve recorrido, mencionándolas tan sólo, sobre las temáticas abordadas por Francisco Ayala: los riesgos y desastres naturales, el cambio climático, los muy diversos aspectos ingenieriles y geológico-medioambientales relacionados con las extracción de recursos minerales, la evaluación y corrección de impactos ambientales, los estudios geotécnicos, el patrimonio geológico y minero, la historia del desarrollo tecnológico y, aún, la reseña de aspectos locales, ligados en buena parte a su querida tierra de Burgos y recogidos en textos de notable erudición.

En algunos casos, una excesiva diversidad en los temas mueve a desconfianza al juzgar el rigor de un determinado autor científico. No es éste el caso de Francisco Ayala. Los que le conocimos personalmente sabemos de su enorme precisión en la valoración de las cosas y los hechos, de su método implacable a la hora del análisis, y de su conocimiento casi enciclopédico de tantos y tantos aspectos referidos al medio natural y a la actividad humana sobre éste. A todo ello añadía una forma clara y decidida en el uso del lenguaje científico, no sólo en la expresión escrita sino en la verbal, fuera cual fuera el foro de comunicación.

Este resumen de las características de Francisco Ayala define la personalidad de un investigador cuyas aportaciones a la ciencia española no pasan, ni mucho menos, inadvertidas. Su libro *Historia de la Tecnología en España* marca un hito en el conocimiento de los avatares y logros, también de las carencias, de nuestro desarrollo industrial y tecnológico. Otro libro,



Francisco Ayala Carcedo

en este caso editado conjuntamente con J. Olcina, sobre *Riesgos Naturales* constituye un texto de referencia para todos los profesionales que trabajan en esta temática, la cual fue desarrollada por Francisco Ayala de forma intensa y meritoria. No es por azar ni por favor político el que los responsables de la política científica o las autoridades implicadas en la seguridad de los ciudadanos lo incorporasen como experto en diversos paneles, comisiones y agencias de evaluación de la actividad investigadora en nuestro país. Una demostración clara ha sido la concesión reciente, a título póstumo, de la Medalla al Mérito de la Protección Civil, en un acto emotivo y solemne celebrado recientemente en el Instituto Geológico y Minero de España, organismo en el que desarrolló su actividad como investigador a lo largo de más de treinta años.

Como buen científico, Francisco Ayala trabajó siempre con un alto nivel de criticismo respecto a todos los temas, uniéndolo el método kantiano a una visión progresista y de honda reflexión social sobre el mundo y la actividad humana. Es pertinente, en este sentido, subrayar su inquietud y sensibilidad por la repercusión socio-económica de las políticas de I+D+i en nuestro país. Su análisis de la situación, recogido, entre otros, en dos artículos publicados en 2002-2003 en esta misma revista –*España sin Premios Nobel. Factores explicativos, perspectivas y criterios racionales para una política científica* (Acta Científica y Tecnológica, n. 5 y 6)– es un buen ejemplo de su finura analítica y de su capacidad para formular propuestas bien sustentadas sobre lo que puede y debe ser una línea correcta de actuación. Recomiendo vivamente a los lectores de estas líneas la lectura o, en su caso, revisión de esos artículos. ■



En la elaboración de nuestros gases especiales hay mucho más que química

"Estamos orgullosos de poder ofrecer a nuestros clientes los dos productos estrella del mercado de gases especiales: los gases con tecnología BIP y las mezclas acreditadas por ENAC".

Amparo Sirvent.

Responsable de Marketing de Gases Especiales.

Producir un gas especial o una mezcla a medida de sus necesidades podría ser sólo una cuestión de química.

Para Carbueros Metálicos es mucho más:

- La fiabilidad de pertenecer a la primera multinacional del sector, Air Products.
- El reconocimiento externo de nuestra competencia técnica (certifi-

cada por ENAC para la preparación y análisis de mezclas acreditadas).

- La producción de los gases idóneos para cromatografía (gases con tecnología BIP).
- La excelencia tecnológica de nuestro laboratorio de Sant Celoni (Barcelona).

te escuchamos
www.carbueros.com