

EDITORIAL

Estamos convencidos de que el Señor Rodríguez Zapatero tiene un sincero deseo de impulsar decisivamente el crecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación en nuestra nación. Hasta ha confesado una favorable predisposición y simpatía hacia el mundo científico desde que en un acto electoral celebrado en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y en contacto con los científicos, tuvo una repentina y cierta iluminación de que iba a ganar las elecciones a su actual magistratura. En todo caso, y al margen de estas pretéritas referencias proféticas, cualquier gobernante medianamente responsable sabe que la actual bonanza económica no podrá sustentarse indefinidamente sobre el ladrillo y el consumo interior, y tendrá que basarse en una competitividad tecnológica e innovadora, cuyos productos más valiosos derivarán un poco más remotamente de la creación científica básica. Esto es algo tan obvio y sabido que casi produce rubor mencionarlo en un editorial.

Por supuesto que esto lo saben en el actual Gobierno, pero nos consta que, por eso mismo, hay una gran preocupación a este respecto en los cargos gubernativos más interesados en la investigación y en la economía. Porque es el caso de que no acabamos de arrancar en I+D+I españoles. Ciertamente hay cosas brillantes y de validez mundial en nuestra tecnología. Y no es de escasa significación el saber que somos capaces. Pero nuestra investigación no es ni de lejos la que corresponde a un país de la OCDE con 44 millones de habitantes y 20.000 dólares *per capita*. No acabamos de arrancar, empieza a cundir el desánimo en no pocas plantillas de investigadores, y ha empezado a cumplirse lo que hace un tiempo ya anunciábamos en estas páginas: comienzan a fallar las vocaciones a la ciencia. De diferentes tribunales de oposiciones a investi-

gador informan de que concurren aspirantes entre los que no destaca ningún sujeto verdaderamente preparado y digno de ocupar una plaza de investigador público. Las continuas y justas reivindicaciones de los jóvenes investigadores transmiten el mensaje de que la ciencia no es una ocupación profesionalmente atractiva. ¿Qué nos está pasando?

Tradicionalmente se han achacado los males de investigación y desarrollo españoles a la racanería presupuestaria de nuestros Gobiernos. En realidad no sólo los responsables de la Hacienda pública, sino muchos economistas del Estado o de la Banca, y no pocos empresarios han venido pensando que los gastos de investigación en España no tenían retornos estimables. Ahora sucede aparentemente lo contrario. Se encuentra dificultad para aplicar plenamente los fondos presupuestados para tecnología e innovación. Se gasta en principio un 40%, y sólo a trancas y barrancas se consigue aplicar el 60% restante. Y la pregunta sobre qué nos está pasando se personaliza entonces en los responsables ministeriales y en su incapacidad para evitar tales disfunciones. Se plantean, por eso, injustas remociones de personas que son también un dispendio lamentable de capital humano; y los nuevos nombramientos tampoco solucionan los problemas, porque no son problemas de personas sino de sistema. Cuando decimos sistema no nos referimos a la instrumentación de normas y aparatos organizativos ni a las oficinas y servicios, sino a una radical concepción del mundo de la investigación y de la innovación.

Sucede que el mundo de la enseñanza superior y de la investigación pública funciona originariamente desde arriba hacia abajo, desde el Estado a la Sociedad. Es bajo el signo de lo facultativo como los Gobiernos cre-

an establecimientos docentes de medicina, de jurisprudencia, de ingeniería, etc., que facultan para hacer caminos, centros sanitarios, impartición de justicia y demás servicios públicos de que se ocupa la compleja administración del moderno Estado liberal. Estos centros docentes requieren una investigación propia o paralela, y consecuentemente se crea también una investigación científica pública. Siempre desde el Estado hacia la Sociedad. Lógicamente es el Estado quien gobierna sus dependencias y toma decisiones de acuerdo con la política de sus Gobiernos.

Es este signo de arriba hacia abajo el que es preciso cambiar radicalmente, contrariamente, si queremos que el mundo de la tecnología y de la innovación, es decir, de la competitividad funcione de manera provechosa. Debe ser un mundo de abajo hacia arriba. La iniciativa debe gestarse en el sistema productivo, y elevarse hasta el Estado cuando es preciso o conveniente apelar a su ayuda subsidiaria. Es absurdo que se presupuesten cantidades dinerarias en abstracto y luego se ofrezcan a la libre competencia. Una competencia excesivamente burocrática en la que el papeleo puede premiar más a los que saben preparar papeles que a los que saben investigar. Y también una competencia en la que cuenta la suerte de conocer o no conocer a los miembros de las comisiones evaluadoras.

No estamos hablando de un vago y teórico *desideratum*, sino de realidades muy asentadas en el norte de Europa en forma de agrupaciones empresariales y que en la propia España tiene algún ejemplo paradigmático sobre el que venimos queriendo llamar la atención. Nos referimos a Tecnalía, una fundamental agrupación del empresariado vasco que, junto con otra de menor porte, IK 4, promueve y realiza el 60 % de la tecnología vasca y el 26 % de la tecnología española. A Tecnalía pertenecen más de 120 empresas de las más importantes del País Vasco, de España e incluso internacionales, y son los representantes de estas empresas los que en reuniones periódicas convienen en la realización de determinados proyectos de innovación y desarrollo. Por supuesto, el Gobierno Vasco está detrás, y lo ha estado más intensamente cuando los gérmenes de Tecnalía no tenían la suficiencia de medios económicos que ahora tiene la agrupación, gracias a su declarado propósito de hacer negocio o por su acreditada profesionalidad como “cazadores” de financiación pública. Pero su dinámica fundamental tiene el signo «de abajo hacia arriba.»

Por supuesto que no es lo mismo el ámbito de innovación tecnológica de una autonomía que el de la totalidad del Estado. La diferencia cuantitativa resulta inevitablemente diferencia cualitativa. ¿Pero hasta qué punto? O dicho de otra forma ¿qué reflexiones derivan a escala nacional de estos ejemplos autonómicos? Hablamos en plural, porque en Cataluña también hay ejemplos importantes, y en Valencia, y parece que empiezan en Extremadura.

Quizá una pregunta importante sería si en concreto la innovación tecnológica debiera ser fundamentalmente un tema de las autonomías. Quedaría entonces para la acción coordinadora del Gobierno la instrumentación de aquellas instalaciones y aparatajes tecnológicos que por su tamaño, complejidad y gasto deberían prestar servicio a la totalidad de la nación, o incluso a la Unión Europea, como ha sido el proyecto sobre la energía de fusión. Ciertamente que las autonomías no se encuentran en pie de igualdad a este propósito. Tecnalía, por ejemplo, ha tenido una gestación de cincuenta años y fue una derivación de la Escuela de Ingenieros bilbaína a través del Centro tecnológico Labein, que es pieza fundamental del sistema vasco. Ciertamente también que no en todas las autonomías concurren estas circunstancias, especialmente en las que han tenido una economía no industrial, pero eso puede solucionarse por dos diferentes arbitrios: uno el subsidiario del Estado poniendo a disposición autonómica sus centros públicos como el CSIC, por ejemplo, y otro el de la solidaridad interregional. Así por ejemplo la vasca Tecnalía se ha proyectado hasta Chiclana para la creación de un centro de investigación sobre ocio y turismo, y tiene un proceso abierto de admisión en su red y colaboración con entidades de diversas comunidades autónomas, Castilla y León, Extremadura, etc.

Notemos para concluir que este signo «de abajo hacia arriba» lo referimos a la competitividad tecnológica e innovadora que es la que preocupa a los políticos por su vertiente económica inmediata y su corto pragmatismo. Pero sigue dependiendo de los Gobiernos en gran manera el fomento del sistema científico, muy especialmente de gran parte de la ciencia básica y de las plantillas de investigadores. ¡Por Dios bendito! ¿Cuándo van a tomar en serio que de la dignificación del científico y de la viabilidad de la carrera de investigador depende que no terminemos siendo un país de camareros? Avisamos, Señor Rodríguez Zapatero: la desertión de la ciencia ya ha comenzado en nuestra juventud. Esto sí que es el comienzo del fin. ■



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

Director: Jesús Martín Tejedor

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, 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

El documento Acción Crece de la COSCE (2ª parte). JESÚS MARTÍN TEJEDOR	5	Alternativas terapéuticas en el post-transplante: Inmunoterapia adoptiva específica de sangre de cordón (SCU) umbilical en el post-transplante de células progenitoras hematopoyéticas. D.V. BREIER, S. QUEROL, J. GARCÍA.	30
Control de las plagas de langosta (<i>Dociostaurus maroccanus</i> Thunb.) con el ave "pintada" (<i>Numida meleagris</i> L.), un procedimiento ecológico alternativo o complementario a la aplicación de insecticidas. DEL MORAL, J.; A. MEJÍAS; J. JIMÉNEZ; F. PÉREZ-ROJAS; M. SENERO	9	La nanobiotecnología, en apoyo de las soluciones para la salud. NEREA GARAGORRI, ISABEL OBIETA	33
1905, un año maravilloso. JAIME JULVE	14	Matgas; un centro pionero en España. JAVIER SÁNCHEZ MOLINO	35
Evaluación de la presencia en la Web: Un nuevo reto para científicos y tecnólogos españoles. ISIDRO F. AGUILLO, JOSÉ LUIS ORTEGA, BEGOÑA GRANADINO	17	E-Diesel. FRANCISCO SORIANO, CARMEN MILLÁN, RICARDO ARJONA	38
Huracanes, ciclones, tornados..., ¿y tsunamis? MANUEL TOHARIA	20	Sistemas Genómicos: La Genética al Servicio del Proyecto Reproductivo. XAVIER VENDRELL	42
El ruido electromagnético del agua. La misión SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity). ANDRÉS BORGES	24	Álvaro Azcárraga en SENER	44
		Libros	45
		Notas	46

El documento *Acción Crece* de la COSCE (2ª parte)

AUTOR: JESÚS MARTÍN TEJEDOR

Las dos ponencias que quedaron sin resumir en el número 10 de esta revista se titulan “*España en Europa*” redactada bajo la presidencia de Federico Mayor Zaragoza, y “*Ciencia y Sociedad*” presidida por Rafael Pardo.

ESPAÑA EN EUROPA

La ponencia consta de 6 epígrafes de contenido amplio y complejo. Mucho alivia la comprensión y captación del tema un primer epígrafe titulado “*Resumen*” y otro en último lugar titulado “*Conclusiones*”. Aun así resulta especialmente difícil hacer una síntesis, porque apenas hay discurso en este texto y sí muchas observaciones y notificaciones precisas que no pueden ser objeto de abstracción.

La impresión general de esta ponencia es que la investigación española tiene que reconstituirse de arriba abajo si quiere responder adecuadamente a los requerimientos de la política científica de la Unión Europea. Muchos y variados requerimientos, pero también muchas posibilidades y gran ampliación de horizontes. Puede producir desánimo ver lo mucho que nos queda para ser un miembro relevante del sistema científico-tecnológico europeo, pero es importante tener delante un cuadro cabal del nuevo panorama en el que necesariamente hay que situarse.

RESUMEN. Nuestra entrada en la Unión Europea nos incorpora a un “sistema de instituciones colectivas y de mecanismos de actuación” en los que el Espacio Europeo de Investigación goza de una prioridad destacada como parte fundamental de las políticas internas de la Unión. Los Consejos Europeos de Lisboa (año 2000) y de Barcelona (2002) comprometieron a la Unión Europea con una supremacía económica basada en el conocimiento y en una creciente financiación de I+D+i. Por otra parte el VIIº Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico va a desarrollar en su seno el *European Research Council* con el que la Comisión Europea quiere reforzar la investigación básica de alta calidad. España debe tener un papel esencial en este panorama no sólo por su integración e intervención en I+D europea, sino porque su propia política científica nacional debe coordinarse con la europea. Pero todo esto debe cohonestarse con una atención mucho mayor al mundo empresarial.

El nivel salarial al que se ha llegado en la sociedad española deja como único camino para la prosperidad económica una competitividad basada en su capacidad de creación, adaptación y aplicación del conocimiento, o dicho en otras palabras, basada en una buena educación, una investigación de excelencia, una innovación tecnológica, una industria emprendedora “y un capital de inversión más que de renta”. Mucho debe contribuir a la consecución de estos fines la modulación de las universidades españolas según el proceso de Bolonia, especialmente a efectos de investigación. Los políticos de la ciencia, las agencias de financiación y los organismos de investigación deben intervenir en las tomas de decisión del VIIº Programa Marco, pero deben también apoyar a los grupos de investigación de excelencia y a las empresas emprendedoras para que por sus méritos se hagan con un lugar propio en I+D comunitario.

Para todas estas tareas se postula “un marco legislativo, organizativo y normativo que permita realizar una gestión especializada, dinámica, flexible e independiente”. Una vez más a lo largo de este documento se sugiere la necesidad de volver a legislar en materia de I+D. ¿La actual ley de Fomento y Coordinación de la Ciencia y la Tecnología (1986) no sirve para la acción especializada, dinámica, flexible e independiente? ¿Bastaría con modificar la también llamada Ley de la Ciencia de 1986 para que adquiriera esas características que parecen echarse en falta? Evidentemente la actual Ley de la Ciencia es una construcción grande y en sí misma coherente, pero no es dinámica, flexible e independiente. La flexibilidad y la independencia se está buscando por una Ley de Agencias que nace corta precisamente para la flexibilidad e independencia que requiere la relación entre la Administración Pública y el mundo empresarial. No llega ni de lejos a la operatividad que desde hace muchísimos años tenía el Banco de España para ubicarse simultáneamente en el fuero público y en el privado. Tenemos la impresión –y lo hemos manifestado en otra ocasión– de que los directivos de COSCE se tientan demasiado la ropa para no enojar al Partido Socialista que hizo la Ley de la Ciencia, cuando en realidad creemos que el actual PSOE no tendría graves inconvenientes en admitir que el actual marco legislativo de I+D español debe experimentar importantes transformaciones.

El documento se hace eco de la promesa electoral (no cumplida) de Rodríguez Zapatero de incrementar en los próximos cuatro años el 25 % del presupuesto para in-

investigación y tecnología. Es preciso incrementar nuestro presupuesto si queremos participar más ampliamente en la duplicación de presupuesto proyectado para el VIIº Programa Marco, sin olvidar el compromiso del 3% del PIB contraído en Barcelona. Pero “la mejor forma de contar con los suficientes recursos humanos en cantidad y calidad” “es aumentando no sólo la financiación, sino también el prestigio social de los investigadores”. Por ello “España debería adherirse a la *Carta Europea del Investigador* y al *Código de conducta* para la contratación de investigadores” lo que implica que se reconozca la profesión de investigador desde el post-grado, con un marco claro de trayectoria profesional, tanto en la esfera funcionarial como en la privada. Se da por descontado que debe existir también, de manera controlada y reglada, es decir, con garantías de profesionalidad científica, una carrera de investigador no funcionarial.

Se debe facilitar la existencia de una *comunidad virtual* o registro de investigadores españoles de excelencia que favorezca la cooperación científica transnacional. Se deben fomentar las áreas temáticas correspondientes a las grandes estructuras de investigación en las que España participa para más beneficiarse de éstas.

La insistencia en la competitividad empresarial se enriquece con medidas concretas: a) un sistema de incentivos para la participación en programas europeos de grandes empresas con nivel tecnológico y con capacidad de arrastre de algunas pymes; b) promover parques científicos y tecnológicos, así como la participación en *eu-rorregiones*, de especial actualidad en las autonomías menos desarrolladas y más necesitadas de una ayuda estatal o de una solidaridad interregional; c) infraestructuras de investigación en función de las diferentes economías de escala: la internacional, la de la Unión Europea y la de los Estados miembros; programas europeos y nacionales para las pymes; d) sinergias con iniciativas europeas como EUREKA, COST, EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION, etc.

No se deben perder de vista los 2.000 millones anuales de euros que la Unión va a destinar a la investigación básica en todas las disciplinas. Hoy por hoy y en el medio europeo la investigación básica deberá apoyarse en el dinero público. Nuestros talentos de altos vuelos científicos tienen que participar de ese dinero sin necesidad de salir de España o de camuflarse en programas tecnológicos de más fácil aprobación. La competitividad tiene como base fundamental el conocimiento, *sin distingos*, y si hubiera que distinguir sería el básico o fundamental el más importante para una competitividad de largo alcance.

Ahora bien, el VIIº Programa Marco en general sigue las pautas ya establecidas, pero insiste de manera espe-

cial en las grandes redes científicas y en las plataformas tecnológico-industriales. Pues bien, para ayudar a las escasas empresas innovadoras españolas (que serán unas 2.000, no lo olvidemos) y a los pequeños grupos de investigación que pueden asumir un liderazgo científico, técnico u organizativo “sería necesario que se arbitrasen las medidas oportunas de apoyo administrativo, jurídico y financiero”. De nuevo aparece la necesidad de legislar y normativizar con mayor actualidad.

Los ponentes quieren insistir en el tema de las plataformas tecnológicas y empiezan por definirlas para evitar toda ambigüedad o imprecisión. Nosotros transcribimos esta definición descriptiva que nos parece perfecta: “Las *plataformas tecnológicas* se constituyen bajo el liderazgo de la industria, con objeto de definir sus agendas de investigación a medio y largo plazo, incrementar la inversión industrial en I+D y orientar la actividad del sistema público de investigación aplicada hacia las prioridades empresariales”. (De esto tratamos en el editorial de este número donde postulamos un cambio de signo de la I+D española, *de abajo hacia arriba*, que ilustramos con el ejemplo de *Tecnalia*.) España debe estar presente en todas las plataformas tecnológicas con capacidad de decisión y debe así mismo liderar algunas de ellas. Y tanto el sistema público como el privado, de consuno, deben lanzar plataformas tecnológicas a escala nacional impulsándolas con la debida financiación.

En esta misma línea de agrupar fuerzas y compactar bloques de interacción y mutua colaboración se sitúan los *agrupamientos geográficos* donde se relacionan entre sí empresas innovadoras, universidades, laboratorios de investigación así como agencias de desarrollo local y regional “es decir lo que se ha dado en llamar ‘clústers regionales de innovación.’”

“Es necesario establecer un *sistema de evaluación y seguimiento científico* de la presencia de universidades, grupos de investigación y empresas en los programas y actuaciones de I+D en Europa, de los resultados y su impacto en el sistema español.” También se postula la creación de entidades de asesoramiento científico y tecnológico para el acceso a ámbitos internacionales y europeos.

Muy interesante resulta la observación de que es imprescindible la coordinación desde la Presidencia del Gobierno de los diferentes ministerios, comunidades autónomas y organismos de financiación de la investigación. La Ley de Fomento y Coordinación de la Investigación de 1986 ya había intentado esta coordinación que se percibía como algo obvio y necesario, pero el poder de los diferentes ministerios con competencias de investigación prevaleció sobre la ley. El creciente aumento de la innovación tecnológica así como el protagonismo innovador

también creciente de las comunidades autónomas requiere una coordinación desde Presidencia del Gobierno especialmente para la dispensación de los fondos estructurales de la Unión Europea en una interlocución coherente y representativa de nuestra nación.

Y es una muestra de realismo el reconocer que el acceso de los españoles a los programas europeos –especialmente a los del Programa Marco– requiere un apoyo muy especializado a los investigadores, para que sepan manejarse en un mundo al que no están muy acostumbrados. Para ello será necesario organizar en las universidades y organismos de investigación Unidades de Gestión versadas en esta clase de servicios.

Además del Resumen, esta ponencia tiene una Introducción, más cuatro epígrafes titulados *Cooperación científica en la Unión Europea, Comentarios sobre el VII Programa Marco, La gestión de programas y proyectos, y Conclusiones y propuestas de actuación*. En estos epígrafes se aportan observaciones, datos técnicos y figuras gráficas que enriquecen espléndidamente la síntesis que aquí hemos intentado.

CIENCIA Y SOCIEDAD

EL avance científico que caracteriza a nuestro tiempo incide decisivamente en las estructuras sociales y en el bienestar de los individuos. En términos generales casi todas las áreas de la ciencia son vistas con benevolencia y gratitud por el grueso de la sociedad. Sin embargo, en los últimos tiempos la sociedad española presenta aspectos diferenciales respecto a otras sociedades europeas y ello da un planteamiento diferente al problema de las relaciones entre ciencia y sociedad.

Es éste un aspecto fundamental para el presente y el futuro de la ciencia española. El raquitismo de nuestro sistema ciencia-tecnología depende en buena medida de la escasez de medios económicos y humanos que lo ha caracterizado. Nuestros políticos no han sido capaces de aplicar presupuestos suficientes para el desarrollo científico porque pertenecen a una sociedad que carece de cultura científica y que incluso ignora que la ciencia es parte de la cultura. Obviamente, sus electores tampoco ejercen sobre ellos una presión política porque son igualmente miembros de una sociedad científicamente inculta. El binomio ciencia-sociedad es absolutamente fundamental para la suerte del conocimiento y de la técnica.

Por otra parte, los estudios de la Comisión Europea y otros de carácter privado coinciden en señalar que la sociedad española es de las más optimistas y con menos reservas respecto a la ciencia. Pero curiosamente esta actitud positiva no está respaldada ni por una cultura científica ni por un esfuerzo personal por adquirirla. Como

ya hemos señalado en otros números de esta revista, en España es inculto el que no sabe quién es Calderón de la Barca o Dante, pero no se considera inculto el que ignora quién es Tycho Brahe o Fermi.

“En España, más que en otras sociedades europeas, es preciso desplegar iniciativas duraderas y efectivas para incrementar los conocimientos y el interés general de la sociedad sobre los fundamentos científicos de nuestra cultura y la contribución de la ciencia a su desarrollo, propiciando, además, la aparición de vocaciones científicas entre los jóvenes.” Estas iniciativas, cuando proceden de políticas públicas, deben someterse a evaluación de resultados.

Los propios investigadores consagrados a su menester no son muy proclives a entreverar sus tareas con otras de divulgación y acercamiento al público. Por eso la comunidad científica y las instituciones científicas deben valorar y estimular los esfuerzos de divulgación de los investigadores, así como el de los docentes. Especialmente importante es que el profesorado universitario genere y mantenga en los alumnos el interés por la investigación. Es de la mayor eficacia que el propio docente universitario ostente tareas de investigación. Universitarios, investigadores del CSIC, y miembros de instituciones científicas deben apoyar a los docentes de primaria y secundaria para que incrementen la formación científica del alumnado, y al mismo tiempo influir en las respectivas administraciones para que se incentiven y premien estas tareas de los docentes.

El hecho de que la clase política sea científicamente inculta no tiene consecuencias lamentables por lo que respecta al desarrollo de la ciencia y la tecnología. Hay otra consecuencia de efectos más generales: la práctica de un ejercicio de gobierno no asistida por las luces de la ciencia. No hay Departamento ministerial, ni dirección general cuyos desempeños, hoy en día, no estén fuertemente tecnificados y en proceso de experimentación y mejora, es decir, fuertemente necesitados de I+D. Pues bien “no existen en España cauces formalizados y transparentes de asesoramiento científico y tecnológico al Gobierno o a nuestros representantes, tales como Oficinas de Asesoramiento Científico de la Presidencia, comisiones científicas permanentes del Parlamento y Senado, consejeros científicos en embajadas y organismos internacionales”. Es de la mayor importancia que se institucionalicen estos canales de asesoría científica en la gestión diaria de la cosa pública y no sólo cuando se presenta el síndrome de las vacas locas o se hunde el *Prestige*.

Cabría preguntarse si la deficiencia en la información científica es un problema propio, privativo y aislado, o es más bien consecuencia obvia del estado de la ciencia en España. No es fácil producir noticia o dato noticiable desde

un sistema ciencia-tecnología tan pequeño como el español, falto de científicos de referencia y de portavoces autorizados, con poca influencia social y escasa tradición científica. Pero el científico debe esforzarse por cacarear sus logros en los medios y sería conveniente que se tendieran puentes entre los científicos y los periodistas, mediante científicos con formación periodística y periodistas con formación científica, pudiendo hacer mención a la labor de la Asociación Española de Comunicación Científica. La presencia de la ciencia en la televisión es escasísima. Deberían articularse encuentros entre guionistas, editores de noticiarios y científicos para organizar programas en horas de buena audiencia aunque no tuvieran un éxito inmediato. “La inclusión de contenidos científicos en los programas infantiles es una clara inversión de futuro”.

Donde la ciencia ha encontrado una comparecencia inconmensurable es en internet. Las organizaciones y asociaciones científicas, hospitales, universidades, empresas que desarrollan investigación, administraciones públicas, museos, etc., están creando un gigantesco espacio de comunicación de la ciencia, pero en España los portales digitales de divulgación científica son escasos y, frecuentemente de bajo nivel. Es necesario formar a los ciudadanos en criterios para seleccionar la información disponible en esa “gigantesca biblioteca digital que es internet”.

Hacen falta planes sostenidos en las bibliotecas públicas para tenerlas al día en materia de libros científicos valiosos.

Donde la ponencia de Rafael Pardo es optimista es en el notable conjunto de centros de divulgación científica que consta de museos, centros interactivos de ciencias, museos especializados, planetarios, acuarios, jardines botánicos y zoológicos. Educan en la transmisión de actitudes características de la investigación científica y explican conceptos científicos vinculados a la actualidad. Sería bueno aumentar los recursos humanos, financieros y de espacio para acrecer la función educativa de los Museos Nacionales de Ciencias Naturales y de Ciencia y Tecnología.

El tema ciencia-sociedad no afecta sólo a la cultura científica de la sociedad. Es también un problema social de la ciencia la situación de la mujer en el mundo científico cuya presencia no llega en la debida proporción a los escalones elevados de la ciencia y de la educación. Es preciso conseguir la conciliación entre la vida científica de la mujer y su situación familiar..., horarios flexibles, servicios sociales para los hijos pequeños, dedicación a tiempo parcial tras baja maternal, etc.

Es interesante el epígrafe *Ciencia y público en el cambio de siglo*, que estudia los cambios acaecidos en la opinión pública respecto a la validez y la legitimidad de la

ciencia. En la Segunda Guerra Mundial el poder devastador de la energía atómica, y en la década de 1960 los deterioros medioambientales producidos por una industria trasformada por la invención científica plantearon revisiones y divisiones en la percepción de la ciencia en grado suficiente como para que se pudiera hablar de una “crisis en la legitimación de la ciencia”. En las tres últimas décadas, según nota el historiador Leo Marx, la legitimidad de la ciencia se ha visto erosionada por un creciente pesimismo acerca del papel de los seres humanos en la naturaleza. Por otra parte la ciencia vuelve a tener incidencia en los esquemas conceptuales para interpretar el mundo y ordenar el dominio de la experiencia cotidiana acaso alterando los universos simbólicos y creenciales e incidiendo en áreas como la biotecnología en las que se suscita la alarma de la Iglesia. Algunos científicos holgados abordan estos temas de manera que legitiman las preocupaciones morales de ciertos sectores de creyentes. Y es preciso abordar sin reservas el debate moral para evitar colisiones entre la ciencia y la creencia, aunque puede observarse que tales colisiones disminuyen a medida que aumenta el nivel del conocimiento científico.

Otros epígrafes de esta ponencia versan sobre *Ciencia para la sociedad: la responsabilidad social del científico*; *Ciencia y sociedad: el papel de los medios de comunicación*; *La ciencia en la TV, la actividad editorial e internet*; *Museos de ciencia y su papel en las relaciones ciencia-sociedad*; *Un aspecto central de las relaciones ciencia-sociedad: mujer y ciencia*. Nuestro resumen ha procurado dar una idea sucinta de estos epígrafes.

Terminamos aquí nuestra exposición y presentación del documento *Acción Crece*. Posteriormente ha salido una traducción inglesa del mismo, y nos tememos que, a estas alturas, será más fácil encontrar ejemplares de la edición inglesa que de la española.

Durante bastante tiempo –y casi diríamos que por desgracia– el documento *Acción Crece* está destinado a ser la biblia del científico, del empresario y del político que quiera dar su atención a la I+D. Nos va a costar bastante poner por obra todo lo que aquí se sugiere respecto a la investigación empresarial y sus efectos sobre la política científica, y estamos muy lejos todavía de situar debidamente nuestra tarea científico-tecnológica en el ámbito europeo. Pero no es poco tener ya ante los ojos este cuadro amplio, osado y renovador que ha trazado la Confederación Española de Sociedades Científicas. Los que estuvimos en la colocación de las primeras piedras de la COSCE nos sentimos plenamente satisfechos. La fundamos para acciones como ésta, y nos produce honda satisfacción manifestar al presidente Joan Guinovart y a su junta directiva nuestro profundo agradecimiento. ■

Control de las plagas de langosta (*Dociostaurus maroccanus* Thunb.) con el ave “pintada” (*Numida meleagris* L.), un procedimiento ecológico alternativo o complementario a la aplicación de insecticidas

AUTORES: DEL MORAL, J.; A. MEJÍAS; J. JIMÉNEZ;
F. PÉREZ-ROJAS; M. SENERO
Servicio de Coordinación de Centros
de Investigación. Ap. 22 CP. 06080 Badajoz
jose.moral@juntaextremadura.net

LAS PLAGAS DE LANGOSTA

EN LA HISTORIA DE ESPAÑA

En España, las plagas de langosta (Figura 1) han sido el paradigma de las desgracias que, como una maldición, aparecían por el campo para provocar la miseria del mundo rural. Los archivos históricos españoles, desde el Nacional de Madrid hasta el de cualquier capital de provincia, están llenos de legajos sobre el tema, e incluso en muchas iglesias se conservan reliquias o imágenes de santos cuya invocación protegía contra la plaga. Hasta mediados del siglo XX, su control se hacía por medio del fuego, la destrucción manual del insecto o con labores de arado que, realizadas sobre los suelos poco profundos donde éste se desarrolla, producían una extraordinaria erosión (Figura 2).

El descubrimiento de los clorados y su aplicación contra este insecto, a partir de la década de los años cincuenta del siglo pasado, redujo las zonas afectadas a aquellos agroecosistemas donde la cobertura vegetal es herbácea, el cultivo de la tierra poco frecuente, los suelos superficiales y las lluvias escasas –este insecto permanece enterrado diez meses al año y, para evitar ser infectado por microorganismos, busca suelos áridos–, características que, en España predominan, por el norte, en Los Monegros (Aragón), por el oeste en Ledesma (Salamanca) y, por el suroeste, en una gran área formada por La Serena (Badajoz), Los Llanos (Cáceres), Los Pedroches (Córdoba) y el Valle de Alcudia (Ciudad Real). Desde mediados del siglo pasado, las plagas de este insecto se han reducido a esas comarcas, donde se han controlado muy eficazmente, ¿pero a qué precio?: a costa de aplicar miles de toneladas de insecticidas. Primero fueron clorados (DDT, HCH), más tarde, fosforados (fenitrotion y malation) y, actualmente, piretroides (deltametrin) e insecticidas biorracionales (diflubenzuron),



Figura 1, arriba. Hembra de *Dociostaurus maroccanus* Thunb., la especie principal de cuantas forman plagas de langosta en España (Dibujo original de J. Del Moral Martínez). Figura 2. Foto del año 1934 donde aparece un mulero roturando un suelo con puesta de langosta. Esta labor disminuía la intensidad de la plaga en primavera, pero al ser muy superficiales los suelos donde se realizaba, provocaba una gran erosión.

con lo cual el control de estas plagas produce, indirectamente, la contaminación del medio ambiente.

PLANTEAMIENTO DE UN PROCEDIMIENTO

BIOLÓGICO CONTRA LA PLAGA

En Extremadura se determinó, en el año 1992, que el costo de una campaña para controlar la plaga de langosta tenía una alta rentabilidad porque con él –como se hace con cual-

quier seguro para evitar un riesgo—, se impedían pérdidas anuales en el pastizal por valor de 6 millones de euros, aunque serían mucho mayores si la plaga emigraba a cultivos de frutales, vid, olivar..., de comarcas próximas, que era lo que frecuentemente había sucedido en Extremadura desde tiempo inmemorial hasta el descubrimiento de los insecticidas de síntesis.

El control de las plagas de langosta con insecticidas está bien justificado, pero ello produce una triste paradoja, y es que ese procedimiento para evitar su formación está provocando, probablemente, la pérdida de una de las mayores riquezas de estas comarcas pobres. Esas tierras están perdiendo su primitivismo que es, actualmente, y mucho más que lo será en el futuro, un extraordinario factor de calidad y riqueza para los pocos productos agrarios que se producen en ella: quesos, carne de ovino, caza, miel y poco más.

Parecía por ello necesario encontrar un procedimiento nuevo de control biológico de la langosta, menos o nada impactante sobre el medio y tan eficaz como los insecticidas de síntesis. Entre esos procedimientos se eligió la depredación. Y si el animal depredador tenía interés en la alimentación humana, ese animal se comería a la langosta y el hombre se comería al depredador, transformando, de esa manera tan elemental, una calamidad en una fuente de riqueza.

Esa idea no era original. Los fondos bibliográficos sobre la langosta están llenos de experiencias en ese sentido. La utilización de animales para combatir la plaga de langosta está registrada en los documentos más antiguos que poseemos en España respecto al tema: en 1670, el Cabildo Eclesiástico de Jaén determinó combatir al parásito mediante el auxilio de cerdos; en el siglo XVIII, para el mismo fin, se emplearon pavos, gallinas e incluso una especie importada de Filipinas (*Paradisaea tristis* L.); y está documentado que en Aragón, en 1782, los pavos que se llevaban al campo antes de la salida del sol fueron de gran auxilio contra la langosta. En la actualidad, en el noreste de África, donde este insecto forma plagas, hay descritos casos de depredación de langosta con aves, tales como "Morabon, White stork, Raven, Hornbill...", cuya eficacia es considerable.

Es evidente que la depredación del insecto se ha utilizado desde la antigüedad, pero si el procedimiento no se ha generalizado es que algo importante ha debido de fallar. ¿Cuáles son las exigencias mínimas que un procedimiento biológico de este tipo deberá tener? En principio, ese método debe ser tan eficaz como los insecticidas de síntesis, sencillo de realizar y poco costoso.

Es decir, el empleo de una especie depredadora de langosta debería reunir los siguientes requisitos:

- Adaptada al agroecosistema donde se va a introducir.
- Gran capacidad de depredación.



Figura 3. Ave "pintada" (*Numida meleagris* L.) (Dibujo original de D. Del Moral Martínez).

- Selectividad para depredar langosta frente a otros alimentos.
- Mucha capacidad de exploración a partir de su refugio o corral (>200 ha) sin necesidad de cuidador.
- Fácil manejo.
- Poco exigente en instalaciones.
- Ritmo de crecimiento coordinado con el de la langosta.
- Carne del ave con buenas características organolépticas.

Después de barajar una serie de animales depredadores de insectos cuyas canales se utilizan en la alimentación humana, se eligieron cuatro especies de aves: el pavo (*Meleagris gallopavo* L.), la perdiz (*Alectoris rufa* L.), la gallina (*Gallus gallus* L.) y la pintada (*Numida meleagris* L.) (Figura 3).

Contrastadas las primeras informaciones bibliográficas con los experimentos previos, sólo la pintada parecía ofrecer posibilidades de éxito, por lo que todos los estudios se han realizado con esta especie.



Figura 4. La Serena es una comarca de perfil alomado y suelos superficiales donde predominan las pizarras cámbricas y los focos gregarígenos de langosta. Es frecuente que las pizarras, debido a plegamientos geológicos, aparezcan verticales en la superficie del suelo –“dientes de perro”–, dando al paisaje una imagen de tremenda aridez, que podría ser confundido con la vista de un desierto lunar.

La pintada, un ave africana muy rústica, exploradora de grandes superficies y muy apreciada en la alta restauración –generalmente su carne es más valorada que la de faisán–, parecía que podía servir para controlar biológicamente a la langosta.

PROYECTOS DE INVESTIGACION

REALIZADOS EN LA SERENA DURANTE

LOS AÑOS 1997 AL 2001

Dos proyectos de investigación financiados por el INIA (SC97-069) y la CICYT (IFD1997-1509) desarrollados durante cinco años por personal de la Junta de Extremadura en La Serena (Figura 4), han permitido comprobar que la pintada y las instalaciones que requieren su manejo reúnen cualidades suficientes para el diseño de un procedimiento biológico contra las plagas de langosta.

Los estudios de depredación se han realizado en la finca La Gama (500 ha), de Cabeza del Buey (La Serena. Badajoz), que generalmente todos los años aparece afectada por esta calamidad.

Las pintadas utilizadas en los estudios son mutiladas al nacer –se les corta el extremo de un ala–, a fin de evitar que puedan escapar volando. Las aves, en número de 500, con 6 semanas de edad, se localizan en un corral o refugio (Figura 5) de 100 m² constituido por un cerramiento de alambre con



Figura 5. Los corrales diseñados para la depredación son muy sencillos de construir, desplazar e instalar, siendo su costo muy reducido.

forma de malla corralera de 2m de alto, un umbráculo de 72 m² de malla de plástico para protección del sol, 5 dormitorios de chapa con forma de “u” invertida, apoyados sobre el suelo y con una superficie total de 10 m², 20 comederos tipo tolva de 12 kg de capacidad cada uno y un bebedero de 2 m de largo con nivel constante por boyas.

El refugio o corral se abre al amanecer, permaneciendo abierto durante el día. Las pintadas salen del corral, en gru-

pos de unas cien aves o más (Figura 6), tan pronto se abren las puertas. Una vez fuera, comienzan a explorar el terreno a fin de localizar áreas con presencia del insecto, operación en la que pueden ser orientadas por el cuidador. Localizados los insectos, su capacidad para capturarlos es extraordinaria y, una vez tienen lleno el buche, en lo que suelen emplear unas dos horas, regresan al refugio para beber agua y descansar, permaneciendo en el mismo o en sus alrededores hasta las 16-17 horas, en que vuelven a salir para capturar langostas, volviendo al corral cuando se empieza a poner el sol, momento en que el cuidador cierra las puertas del refugio para protegerlas de rapaces y les da un complemento de pienso. Esta alimentación suplementaria tiene por objeto que el ave, durante todo el tiempo que dura la deprecación, tenga una alimentación equilibrada, independiente de la variación que tenga la densidad del insecto/m² a lo largo del tiempo.

Con la utilización de esta estructura y la aplicación de diversos métodos se ha podido determinar:

- La adaptación de la pintada al agroecosistema existente en La Serena es similar al de cualquiera de las aves existentes en Extremadura, habiendo soportado temperaturas extremas de 44 °C en el mes de julio y -5 °C en el mes de enero, sin más protección que un umbráculo de malla de plástico para el verano y una chapa en forma de "u" invertida, sobre el suelo, como dormidero invernal.
- Su capacidad de ingerir alimentos en una sesión de deprecación (dos horas) ha sido de hasta 125 gramos de alimentos, entre los cuales, (89 a 99%) predominaban ninfas N5 y adultos de langosta (Figura 7) –suele salir, libremente, dos veces al día para comer–.



Figura 6. Las pintadas se desplazan, para localizar y capturar langostas, en grupos numerosos, lo que aumenta su eficacia respecto a otras aves insectívoras, como las gallinas, que se suelen desplazar en solitario.

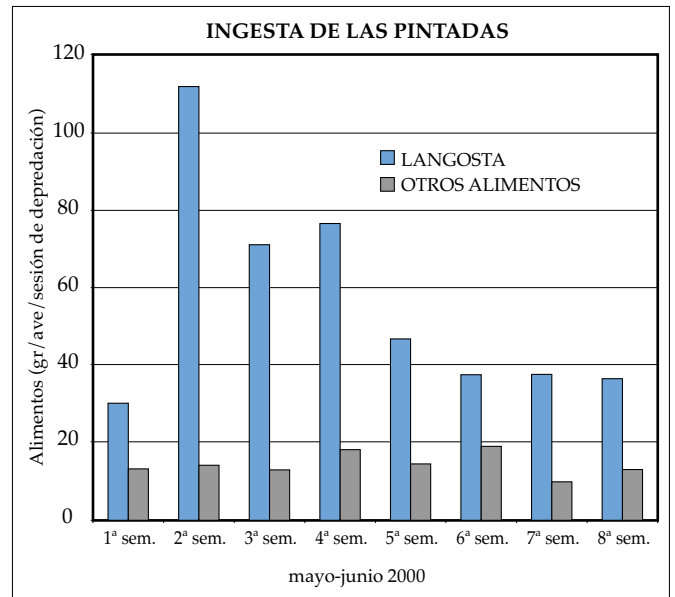


Figura 7. Gráfico que muestra la ingesta/ave durante las dos primeras horas del día, a lo largo de 8 semanas, en los meses de mayo y junio. En él se aprecia la predilección del ave por la langosta.

- Su competencia para explorar libremente áreas con presencia de insectos alrededor de su corral es considerable, llegando a alejarse hasta 1000 m. La superficie de control de la plaga durante los dos meses y medio de existencia de la misma ha sido de 314 ha (Figura 8).
- La atención que requiere el montaje del corral y su cuidado durante los dos meses y medio de presencia del insecto es escasa (6 jornales/día para montar y desmontar instalaciones, 1 hora/día de cuidador durante los dos meses y medio que dura la plaga).



Figura 8. Representación de los itinerarios diarios que las pintadas realizan alrededor de su refugio para capturar langostas. La superposición de todos los itinerarios, realizada mediante ordenador, ofrece este dibujo, cuya superficie encaja en un rectángulo de 314 ha.

- La estructura de las instalaciones empleadas para el estudio de la depredación ha resultado un modelo recomendable para que los agricultores lo empleen.

- Las aves, con seis semanas de edad y ya emplumadas, se llevan al campo a comienzos de abril, cuando la presencia de las langostas comienza a generalizarse, permaneciendo en él hasta mediados de junio, momento en que desaparece el insecto del campo y las pintadas han alcanzado su peso ideal de sacrificio (canal de 1,7 kg). Esta coordinación insecto-depredador permite que el ave controle al insecto y se desarrolle y engorde a sus expensas, llegando al momento ideal de sacrificio cuando el insecto desaparece del campo.

- Utilizando un método del "Working group of WPSA for sensory analysis of broilers" para valorar canales de aves, seis catadores profesionales han determinado, mediante cata ciega, el sabor, la jugosidad, la ternura, la grasa y el valor global, de lotes idénticos de canales de aves alimentadas con cinco tipos de pienso, determinando que la carne de las pintadas que se habían utilizado en los experimentos para depredar langosta gozaban de unas cualidades que no se dife-

renciaban de las aves que sólo habían comido pienso comercial de engorde.

LA DEPREDACIÓN DE LANGOSTAS CON PINTADAS, UNA TECNOLOGÍA INÉDITA Y VIABLE PARA EVITAR LAS PLAGAS DEL INSECTO

La utilización de esta ave depredadora contra la langosta, en lugar de elegir especies de artrópodos, que son las que generalmente se emplean para el control biológico de plagas, parece tener ventajas, y es que en el caso de estas últimas, a partir de su introducción en un agroecosistema es muy difícil de controlar su evolución en el mismo, mientras que la utilización de la pintada allí donde se forman plagas de langosta es una decisión reversible, introduciéndose o sacándose cuando se estime oportuno.

El estudio de costes de los experimentos realizados durante la campaña de 2001 ha permitido comprobar que el gasto en corrales y manejo de aves en la finca La Gama, de 500 ha, ha sido de 1900 euros, y el valor de las canales de pintada producidas, al precio del mercado en España, 2100 euros, a cuyo beneficio habría que sumar la mejora del medio ambiente producida por la no utilización de plaguicidas.



Figura 9. Las pintadas utilizadas para depredar langostas pueden ser sacrificadas en cualquier matadero de aves, dando unas canales con excelentes cualidades organolépticas.

Los estudios realizados sobre esta tecnología inédita han permitido comprobar su viabilidad para sustituir con ventaja a la aplicación actual de insecticidas. Su generalización permitiría no sólo el control de la plaga y la conservación del medio, sino el desarrollo ganadero (Figura 9) de una nueva especie con gran demanda en la alta hostelería europea, lo que significa, en una de las zonas más pobres de España, poner en manos de los agricultores una nueva técnica para diversificar sus producciones ganaderas e incrementar su renta. ■

1905, un año maravilloso

AUTOR: JAIME JULVE
*Instituto de Matemáticas
 y Física Fundamental. CSIC.
 MADRID*

Importantes efemérides se dieron cita en 2005 que justifican su declaración por la ONU como «Año Internacional de la Física»: 50 años de la muerte de Albert Einstein y 100 de aquél prodigioso 1905 en que revolucionó la Física y nuestra visión del mundo. Hasta las fechas encajan en una simple armonía como si incluso la historia se acomodase a su pensamiento.

Sus cuatro trabajos publicados en ese *Annus Mirabilis* de 1905 en la principal revista alemana de física de primeros del siglo, la legendaria *Annalen der Physik*, justifican la aclamación. Renunciando a reproducir la solemnidad del título en la lengua litúrgica científica del tiempo, el alemán, damos una sucinta descripción:

«*Acerca de un punto de vista heurístico sobre la creación y conversión de la luz*»
 (Annalen der Physik, vol.17, p.132, Marzo 1905).

Ya había explicado Planck, «como en un acto de desesperación», el espectro energético del cuerpo negro con la hipótesis de que la radiación electromagnética se emite y absorbe en paquetes discretos de energía o “cuantos”. En su visión, se trataba de aceptar que los átomos del material se comportan como osciladores cuantizados, pero la radiación emitida seguía siendo de naturaleza puramente ondulatoria, o sea continua. Einstein, en un paso más atrevido, da realidad física a los *cuantos* al explicar el efecto fotoeléctrico (la luz arranca electrones de los metales en número proporcional a su intensidad, pero expulsándolos con energía individual que depende sólo de la frecuencia de la luz) poniendo de manifiesto que no son sólo el resultado del mecanismo de emisión sino que la propia luz existe sólo en la forma de estos paquetes o granos de energía. La realidad de la naturaleza cuántica de la radiación electromagnética, como primera evidencia tangible de un aspecto universal del mundo microscópico, recibió con ello un fortísimo impulso.

«*Sobre el movimiento, requerido por la teoría cinética molecular del calor, de pequeñas partículas suspendidas en un líquido estacionario,* »
 (vol. 17, p.549, Mayo 1905).

Con Maxwell, Clausius y Boltzmann, la teoría cinética del calor estaba ya bien establecida por entonces, pero las moléculas eran sólo una hipótesis recibida todavía con escepticismo por muchos insignes físicos de una época dominada aún por la idea del continuo que subyace a la descripción newto-

niana del mundo. El “movimiento browniano” (agitación, visible al microscopio, de granos de polen suspendidos en agua) era un misterio que Einstein, con su maestría de los métodos estadísticos, resuelve asumiendo la realidad de las moléculas del líquido que, en su agitación térmica, golpean a los granos, explicando las características observadas del movimiento de éstos y de paso obteniendo una estimación del tamaño de las moléculas. Nadie dudaría ya de ellas en lo sucesivo, aunque una “visión” directa habría de esperar al advenimiento, en 1995, del microscopio de efecto túnel. Ante estas primeras imágenes es seguro que Einstein habría probado la misma emoción que manifestó Richard Feynman, recogida en famosa anécdota.

«*Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*»
 (vol.17, p.891, Junio 1905).

En busca del “éter” universal en reposo absoluto en que se propagaría la luz, el experimento de Michelson y Morley había sorprendido con la constatación de que la velocidad c de ésta es constante para todo observador en movimiento, y Lorentz había mostrado que era “como si” el brazo del interferómetro, en la dirección del supuesto movimiento respecto del éter, se hubiese contraído de acuerdo con la fórmula que lleva su nombre. Otro golpe contra la existencia de los sistemas de referencia absolutos venía del electromagnetismo, en el que los efectos de los campos dependen sólo del movimiento relativo a la fuente de los mismos, propiedad relacionada con la inexplicada simetría de las ecuaciones de Maxwell bajo unas transformaciones distintas de las del grupo de Galileo (característico de las leyes de Newton) y que implica la admisión de un tiempo también relativo al observador. Una vez más es Einstein quien da una explicación a todo ello con un nuevo marco conceptual: la contracción de Lorentz no es un efecto del movimiento (respecto de un éter absoluto ya innecesario) sobre el material del aparato sino que, aparejada con la dilatación del tiempo, pertenece a la naturaleza misma del espacio-tiempo, nueva entidad relativista en la que las viejas categorías kantianas del espacio y del tiempo newtonianos, ya no absolutas, aparecen íntimamente combinadas. La simultaneidad se hace también relativa al observador. Es un giro verdaderamente copernicano en el que lo absoluto (los “invariantes”) son ahora la velocidad de la luz, la forma de las ecuaciones y la de nuevos objetos dinámicos: ¡algo bien distinto del “todo es relativo” con que, con fines interesados, se traduce a menudo la concepción einsteniana!

«*¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido de energía?*»
 (vol.18, p.639, Septiembre 1905).

Desarrolla aquí la Teoría de la Relatividad (Especial o Restringida, como se la llamaría luego para distinguirla de la

Relatividad General, su teoría relativista de la gravitación de 1915) cimentada en el trabajo anterior, encontrando entre otras cosas que también la masa inerte es relativa al observador y es una manifestación del contenido total de energía (la cinética en particular) de los objetos, que en reposo lleva a la famosa ecuación $E = m c^2$. La velocidad c aparece además como límite absoluto para todos los objetos físicos.

Aunque para el gran público sea conocido como padre de la Relatividad, la motivación del Premio Nobel, concedido en 1921, fue «por sus servicios a la Física Teórica, y especialmente de la ley del efecto fotoeléctrico». Este reconocimiento de la relevancia de su contribución al alumbramiento de la Mecánica Cuántica, por encima de la Relatividad, coincidía con la valoración que él mismo daba a sus trabajos, aunque, paradójicamente, siempre creyó que la cuántica era una teoría incompleta bajo la que subyacería una más profunda, libre del indeterminismo y no-localidad que tanto le turbaban. No sería ésta, ni mucho menos, la única aportación a ella: participó en los desarrollos que habrían de enriquecer el concepto de los cuantos de luz, mostrando que eran portadores no sólo de energía sino de momento vectorial y de polarización, para alcanzar el estatus de verdaderas partículas (de "espín 1") y, con él, el popular nombre de *fotones* debido en 1926 al físico y químico estadounidense Gilbert Newton Lewis. El pensamiento einsteniano tiene aquí un sesgo más termodinámico-estadístico, volviendo a deducir en 1916 (notamos que por entonces se hallaba también completando la Relatividad General, muestra de su asombrosa capacidad de trabajo simultáneo en varios frentes) la ley de Planck, invocando la emisión espontánea y estimulada de radiación. Así, en el estudio del "gas de fotones", formula con el hindú Satyendra Nath Bose la estadística de Bose-Einstein que lo caracteriza, implicando la posibilidad de formación, para gases materiales no relativistas a baja temperatura sujetos a esta estadística, del estado degenerado conocido como condensado de B-E.

Es cierto que en 1905 protagonizó una explosión de genialidad creativa concentrada en el tiempo como no se había visto desde Newton y su *Annus Mirabilis* de 1665-1666, pero el párrafo anterior basta para mostrar que se inscribe en una trayectoria científica larga y densa de contribuciones. De hecho en abril de ese año es cuando termina en Zurich su tesis doctoral («*Un nuevo modo de determinar las dimensiones moleculares*») que se publicaría en los *Annalen*, con pequeñas modificaciones, ya entrado 1906. Hasta 1915-1916 son los años de gestación de la Relatividad General, lo que no impide, como hemos visto, que siga implicado activamente en el desarrollo de las ideas cuánticas, reconociendo así, en frase característica, que con su idea de la dualidad universal onda-corpúsculo Louis de Broglie «había alzado un borde del gran velo».

El paralelismo creador con Newton se acentúa si nos detenemos a examinar la fertilización mutua entre las nuevas ideas físicas y los instrumentos matemáticos necesarios

para formularlas. Newton precisó formalizar sus ideas sobre el continuo, básicas en su concepción del mundo físico, creando el cálculo infinitesimal cuyo desarrollo protagonizó junto con Leibniz. Einstein revitaliza todo un capítulo de la matemática surgido el siglo anterior, más bien como curiosidad abstracta desconectada de la realidad: la geometría diferencial y los espacios no euclídeos. Mientras la Relatividad Restringida requiere un aparato matemático elemental, o como mucho de primeros cursos universitarios (grupos de simetría de transformaciones), la Relatividad General es inseparable del aparato de cálculo y conceptual de los espacios curvos multidimensionales. Al elevar a la categoría de principio físico fundante su original intuición de la equivalencia entre la gravitación y fuerzas de inercia asociadas a sistemas de referencia acelerados, repasa en la trascendencia de la obra de Riemann y Lobachevski pero se encuentra ayuno de conocimientos sobre ella. Se hace ayudar al principio, estamos en los tiempos de Zurich de 1909-1913, por su compañero del Politécnico Marcel Grossman y, de hecho, firma con él su «*Esbozo de una teoría general de la relatividad y de una teoría de la gravitación*» (el famoso "*Entwurf*" de 1914). En su esfuerzo de culturización en geometría diferencial, se relaciona intensamente con los maestros de la disciplina, señaladamente los de la escuela italiana (Gregorio Ricci-Curbastro, Tullio Levi-Civita, Bianchi son nombres que dicen todo al lector iniciado), hasta lograr la suficiente autonomía en la materia, e inspira a otros matemáticos de la época (Herman Weyl, David Hilbert) en la consecución de importantes desarrollos ulteriores. Una efervescencia físico-matemática de este calibre no se volvería a encontrar hasta mucho después de su muerte con la explosión de las modernas teorías de cuerdas, aunque Einstein conservaría siempre, como en toda su producción científica, una singular autonomía de trabajo y pensamiento.

En la elaboración de la forma definitiva (1915-16) de la Relatividad General conoce ya, sin embargo, una fase de competición con otros grandes nombres lanzados al trabajo en el surco por él abierto. Así Hilbert se le adelanta, aun por días, en la obtención de la forma correcta de las ecuaciones de campo (que dan la curvatura del espacio-tiempo en función del contenido de materia-energía, planteadas de modo insatisfactorio en el *Entwurf*) y las deduce además de forma distinta, sobre la base de un principio variacional (acción de Einstein-Hilbert), causándole un pasajero resentimiento. Weyl, de Donder y otros protagonizan también importantes logros en la formulación y comprensión de la teoría mientras otros coetáneos lo hacen en la exploración de sus soluciones (de Sitter, Schwarzschild, Fridman, etc.). La maduración de la teoría cuántica en el período de entreguerras, con la obtención de las ecuaciones de onda relativistas (Dirac), y el interés de la física nuclear van abriendo las puertas al mundo de las partículas elementales en un proceso que vería en cambio a Einstein prácticamente al margen.

La consolidación, en la estela del prestigio derivado del Proyecto Manhattan, de una clase científica numerosa y competitiva en la física teórica es un signo de los tiempos que quizá conteste parcialmente a una pregunta inevitable: ¿Qué relevancia habría tenido su personalidad si hubiera nacido científicamente en las décadas posteriores a la II guerra mundial? La Relatividad Restringida respondía a problemas que estaban sobre la mesa, con respuestas ya bastante maduras en los trabajos de Lorentz, Poincaré y Minkowski, y probablemente una síntesis del tipo de la einsteniana se habría producido igualmente en el momento debido, con a lo sumo algún pequeño retraso o diferencia de matiz. Seguramente la situación habría sido parecida para la mecánica cuántica pues, tras el pistoletazo de Planck, los Bohr, Heisenberg, Schrödinger, Pauli, etc., estaban en escena y la acumulación de evidencias experimentales no admitía muchas demoras.

Radicalmente distinto es el caso de la Relatividad General, nacida de una especulación teórica personal ajena a necesidades experimentales del momento que reclamasen explicación, hasta el punto de que las clamorosas verificaciones observacionales, al borde de las posibilidades instrumentales, vendrían sólo después e incluso algunas (la detección directa de ondas gravitacionales, por ejemplo) se persiguen todavía hoy. La construcción einsteniana se presenta sin embargo con tal fuerza, no ajena a su belleza formal, que resulta todavía muy difícil pensar en gravitación fuera de este esquema. Hay quien sospecha que esta capacidad seductora encierra fatalmente también la imposibilidad de desposar a la gravitación con las otras fuerzas fundamentales en una teoría unificada cuántica, el gran problema abierto de la física teórica actual al que sólo las teorías de cuerdas intentan dar respuesta. Sea o no así, ¿habríamos tenido algo parecido a esta teoría de la gravitación sin Albert Einstein?

No hemos pretendido en absoluto ser precisos en acotar sus trabajos del año milagroso, variables de cuatro a seis según se consideren las fechas de envío, aceptación o publicación, ni biográficos ni exhaustivos en la colocación de Einstein en el desarrollo de la física del siglo XX, y remitimos al lector por ejemplo al número monográfico de la revista de la Real Sociedad Española de Física (*Revista Española de Física*, vol.19, n.1, 2005) o a la acreditada biografía de Abraham Pais (*Subtle is the Lord*, editado en español por Ariel en 1984). Hemos optado en cambio por emitir algunos juicios perspectivos, asumiendo el riesgo. Einstein fue sin duda el hombre justo en el momento justo de la historia de la Física que, en situación de crisis aguda de la teoría clásica suscitada por nuevos fenómenos, da el enfoque decisivo a algo que ya estaba en fermento. Dio un espaldarazo fundamental a la Mecánica Cuántica, alumbró una nueva visión del espacio y el tiempo, enfatizando el concepto de invariancia bajo transformaciones de simetría e impuso definitivamente la realidad de las moléculas. Son progresos que habrían tenido lugar tarde o (más bien) tem-

prano, aunque sea imposible evaluar qué retrasos o diferencias habría causado la ausencia del efecto catalizador einsteniano. Es en cambio una incógnita si habría sido también así para su teoría de la gravitación de 1915, no surgió en respuesta a una crisis y fuertemente marcada por su impronta personal.

Terminaremos enumerando sucintamente algunos aspectos del trabajo posterior a lo que se considera su ápice creativo de anteguerra para resaltar que, incluso con sus presuntas sombras, tuvieron una trascendencia que está lejos aún de agotarse. Él mismo, padre de la cosmología física moderna, calificó como «el error más importante» de su vida la introducción de la “constante cosmológica” para conseguir un universo estacionario que la observación desmentiría poco después. Paradojas de la historia, su constante ha regresado en la forma de “energía fantasma” para explicar las últimas observaciones que apuntan a un universo en expansión acelerada. Maestro del método de los *gedanken experiment*, concretó su oposición (el célebre «Dios no juega a los dados») a la no-localidad e indeterminismo cuánticos en la famosa paradoja de Einstein-Rosen-Podolski, pero sofisticados experimentos resolverían la cuestión negando su reivindicación del realismo determinista, con hondas implicaciones filosóficas. Estas mismas capacidades experimentales han abierto en cambio las puertas al mundo, de trascendencia impredecible, de la tele-portación, información, encriptación y computación cuánticas. Centró sus últimos días en la persecución, fallida, de una unificación geométrica de la gravitación y el electromagnetismo, pero el intento, abierto a la consideración de dimensiones espacio-temporales extra, y extendido hoy a todas las interacciones fundamentales, preside la actividad actual de la física teórica de altas energías, encontrando su última expresión en las teorías de cuerdas supersimétricas.

Volviendo al laboratorio, y a los aciertos plenos, la tecnología ha permitido en tiempos recientes crear condensados de Bose-Einstein con átomos y moléculas variados y estudiar sus extraordinarias propiedades. Incluso el láser, aun descubierto por otras motivaciones, debe su posibilidad a la emisión estimulada de radiación, originalmente por él formulada. También la tecnología observacional en campo astrofísico, sacando a la Relatividad General de un letargo de decenios, ha propiciado una extraordinaria retroalimentación con la teoría que ha elevado a la cosmología a la categoría de ciencia observacional no menos exacta que muchas otras disciplinas.

Independiente y personal en sus planteamientos, Einstein fue grande incluso en sus “fallos” y frustraciones finales y se habría distinguido sin duda incluso en medio de la marea de «enanos sobre zancos» que comenzaba a emerger y a mirarlo «como una especie de fósil, ciego y sordo por los años». Por esto, y por su período de oro, se trata de una figura difícilmente repetible en la historia de la ciencia. ■

Evaluación de la presencia en la Web: Un nuevo reto para científicos y tecnólogos españoles

AUTORES: ISIDRO F. AGUILLO, JOSÉ LUIS ORTEGA,
BEGOÑA GRANADINO
*Laboratorio de Internet. CINDOC-CSIC
Joaquín Costa, 22. Madrid 28002
isidro@cindoc.csic.es – bgranadino@cindoc.csic.es*

SITUACIÓN Y TENDENCIAS

La situación de la ciencia en España ha mejorado notablemente en las últimas décadas y la actividad investigadora es percibida por la sociedad como una inversión necesaria, generadora de conocimiento y riqueza. La competitividad industrial de nuestro país exige del sector académico e investigador un claro esfuerzo, que vaya más allá del afán descubridor y que implique la verdadera aplicación innovadora de resultados y técnicas. El científico adquiere un compromiso social que debe alejarlo de la torre de marfil de su laboratorio y acercarlo a la sociedad, que le ampara y financia. La irrupción de Internet ofrece una oportunidad única para reforzar ese papel del académico e investigador al constituir una excelente herramienta de comunicación. La Red es extremadamente útil tanto para la comunicación entre pares como para la difusión de las actividades y resultados de investigación a amplias audiencias, de ámbito auténticamente global.

Publicar en la Web es sencillo y económico y en modo alguno puede considerarse una actividad ajena o poco productiva y más bien gratificante por la notable visibilidad que logran los contenidos que a ella se vuelcan. Así se ha entendido en muchos países desarrollados donde los centros académicos, culturales y de investigación son los verdaderos motores de la presencia de contenidos propios en cada país en la Web. Por ello resulta sorprendente el poco compromiso de nuestras instituciones por disponer de sedes Web amplias, bien estructuradas y con contenidos de calidad. El resultado es que, al efectuar cualquier búsqueda de carácter científico en un motor, las páginas que obtengamos sean abrumadoramente foráneas, incluso cuando la petición tenga un carácter local o divulgativo.

Las causas de esta situación son diversas y complejas, pero el desconocimiento de nuestra situación y la infravaloración de las posibilidades de la Red, podrían explicar esta situación, que bien podría mejorarse si se conocieran los umbrales mínimos que habría que alcanzar y que son los que nuestros convecinos de la UE, EEUU y Japón mantienen.

MEDIDA DE LA ACTIVIDAD EN LA WEB

Existe un nuevo grupo de herramientas que permiten el tratamiento cuantitativo de los contenidos en la Web, derivando de ellos indicadores que pueden ser utilizados en el análisis de la actividad y producción científica de investigadores y tecnólogos. El estudio cibernético presenta algunas importantes ventajas sobre las técnicas bibliométricas y puede ser considerado complementario a las mismas. La Web refleja un más amplio rango de las actividades de un académico o científico, alcanza a mayor número de colegas en cualquier parte del mundo, incluyendo los de países en vías de desarrollo con acceso limitado a otros recursos y, dado el carácter hipermedia de la Web, ofrece la posibilidad de publicar contenidos más ricos, interactivos y variados.

Existen dos grandes grupos de indicadores cibernéticos que se pueden combinar entre sí y con los estadísticos bibliométricos derivados de las bases de datos del ISI, tales como el ampliamente utilizado factor de impacto. Los indicadores cibernéticos se obtienen a partir del análisis de la presencia institucional en el Web de las organizaciones dedicadas a la I+D, prestando el primer grupo atención al volumen de información publicada, mientras que el segundo grupo estima la visibilidad e impacto de la misma, quedando así representadas las variables cuantitativas y cualitativas.

El volumen de información se mide bien en unidades físicas, como número de páginas Web o tamaño de los ficheros, o en unidades documentales, contando los llamados *ficheros ricos*, que son documentos en formatos tales como el Adobe Acrobat (pdf), PostScript (ps) o incluso los propios doc de MS Word y ppt de MS Powerpoint que son utilizados preferentemente para la comunicación formal e informal de los resultados de la actividad científica.

La visibilidad mide el número de enlaces que recibe una sede Web de otras, lo que indica un cierto reconocimiento por parte de éstas de los contenidos de la enlazada. No se trata meramente de visitas a páginas, un indicador que tiene nombre propio (popularidad), sino del reflejo de unas motivaciones más profundas que llevan a la decisión de establecer un vínculo. La calidad e interés del contenido, el prestigio de la institución que lo publica o la utilidad de los recursos son algunas de dichas motivaciones.

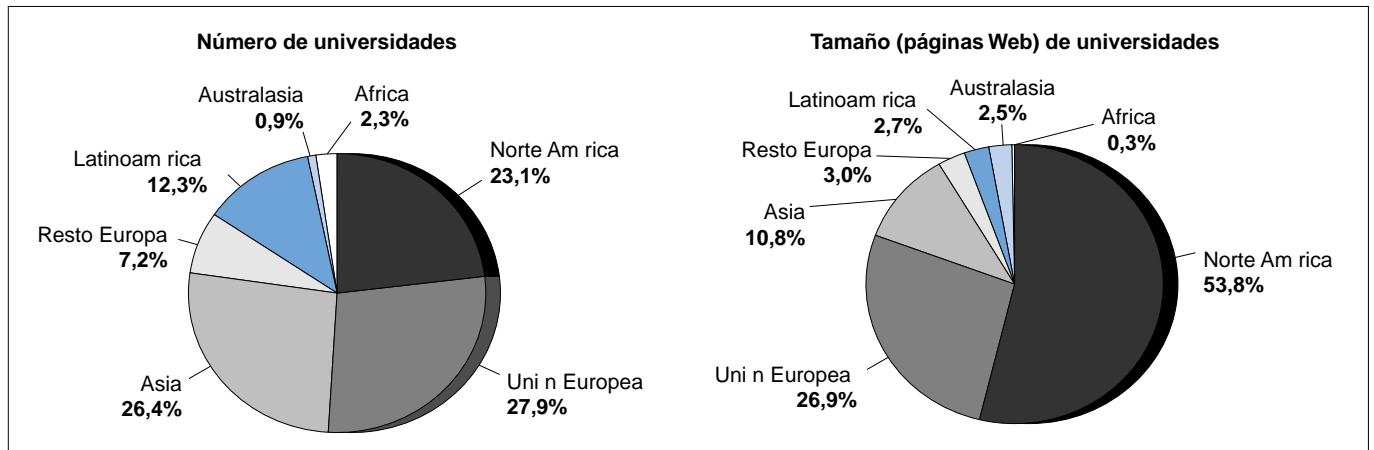


Figura 1. Distribución geográfica del número y tamaño, expresado en páginas Web, de un conjunto de 9484 universidades con presencia en el Web (mayo 2005).

EL CASO ESPAÑOL

Algunos datos sobre el Sistema Español de Ciencia y Tecnología en la Web nos permitirán explicar mejor estas medidas y valorar su importancia. Por ejemplo, la media de páginas Web que una universidad estadounidense de prestigio mantiene en la Red es del orden de varios millones, mientras que en el mejor de los casos nuestras universidades se conforman con cifras inferiores a las trescientas mil. Centrándonos en los *ficheros ricos* podemos comprobar (Tabla 1) que los grandes depósitos de documentos (tesis, artículos, pre-prints, presentaciones, informes) a texto completo no alcanzan en nuestras universidades las magnitudes de las de otras latitudes.

Resulta interesante comprobar que, a pese ciertos indicadores, nuestras universidades sí que son clave en la vertebración de la Web en castellano. Utilizando el algoritmo de ordenación de Google, es decir clasificando las páginas en español por su valor de PageRank (Cravin, 2004), aparecen nada menos que 62 universidades de nuestro país (y otras 42 iberoamericanas) entre las mil primeras.

POS	UNIVERSIDAD	DOMINIO	PDF	DOC	PS	PPT
1	STANFORD UNIV	stanford.edu	768.000	30.200	82.300	27.300
2	MASS INST TECHNOL	mit.edu	512.000	12.600	66.900	13.800
3	UNIV CALIFORNIA BERKELEY	berkeley.edu	275.000	31.500	114.000	34.000
4	PENNSYLVANIA STATE UNIV	psu.edu	341.000	42.700	50.700	18.300
5	UNIV ILLINOIS URBANA	uiuc.edu	293.000	32.300	34.200	23.900
40	UNIV COMPLUTENSE MADRID	uclm.es	164.000	10.200	475	315
130	UNIV ISLAS BALEARES	uib.es	88.800	659	431	254
142	UNIV ALICANTE	ua.es	69.600	16.200	170	249
151	UNIV CASTILLA LA MANCHA	uclm.es	78.000	3.750	105	624
180	UNIV AUTONOMA BARCELONA	uab.es	54.800	15.300	254	729
189	UNIV DE SEVILLA	us.es	54.500	13.300	505	557
190	UNIV DE VALENCIA	uv.es	46.200	12.700	8.710	964
222	UNIV AUTONOMA MADRID	uam.es	50.200	8.270	531	784
227	UNIV POLITECNICA CATALUÑA	upc.es	47.600	6.620	3.800	628
236	UNIV ZARAGOZA	unizar.es	41.500	14.200	315	329
238	UNIV BARCELONA	ub.es	47.200	7.410	1.980	265
258	UNIV POLITECNICA MADRID	upm.es	45.900	6.720	864	559

Tabla 1. Posición relativa de las universidades españolas por volumen de ficheros ricos depositados en sus sedes Web (Google, marzo 2005).

El PageRank es una medida de visibilidad, que es uno de los componentes utilizados para calcular el impacto de una sede Web al igual que el factor de impacto se utiliza en bibliometría para evaluar la calidad de las revistas científicas. Nuestro grupo en el Laboratorio de Internet, utilizando técnicas derivadas del análisis de citas, ha desarrollado un *indicador combinado* que tiene en cuenta los indicadores de tamaño y visibilidad y ha construido a partir de los resultados un ranking de universidades de todo el mundo.

UNIVERSIDAD	MUNDIAL	EUROPEO
SWISS FED INST TECHNOL ZURICH	16	1
UNIV CAMBRIDGE	18	2
UNIV OXFORD	34	3
UNIV VALENCIA	155	51
UNIV POLITEC MADRID	218	76
UNIV POLITEC CATALUÑA	225	79
UNIV POLITEC VALENCIA	252	94
UNIV COMPLUTENSE MADRID	257	96
UNIV AUTON BARCELONA	277	102
UNIV BARCELONA	296	114

Tabla 2. Principales universidades españolas de acuerdo a indicadores cibernéticos (www.webometrics.info, Enero 2005).

Las universidades españolas se encuentran, de acuerdo a criterios cibernéticos (Tabla 2), en posiciones muy retrasadas tanto en el ámbito europeo como mundial. Sin embargo, los indicadores Web reflejan de manera más adecuada las contribuciones realizadas por las universidades politécnicas, que normalmente están desfavorecidas en las medidas obtenidas a partir de las bases de datos del *Institute for Scientific Information (ISI)*.

PAIS	Top 100	Top 200	Top 500
EEUU	66	104	208
ALEMANIA	5	21	52
REINO UNIDO	5	12	37
CANADA	7	16	26
AUSTRALIA	2	7	19
ESPAÑA		1	18
SUECIA	3	7	13
ITALIA		2	13
FRANCIA		2	10
HOLANDA	1	6	8
AUSTRIA	2	2	8
FINLANDIA	2	2	8
SUIZA	2	5	7
BRASIL	1	2	6
BELGICA		2	6
NORUEGA	3	3	4
CHEQUIA		2	4
JAPON		1	4
MEXICO	1	1	3
ISRAEL		1	3

Tabla 3. Número de universidades por país entre las 100, 200 y 500 primeras clasificadas (www.webometrics.info, Enero 2005).

Los datos demuestran (Tabla 3) que, a pesar de su peso científico, hay algunos países cuya apuesta por Internet no acaba de tener éxito, como pueden ser los casos de Francia y Japón. Una posible explicación podría radicar en el uso fundamental de los respectivos idiomas locales, lo que teniendo en cuenta que el inglés es la lengua franca de la comunicación científica, penalizaría la visibilidad internacional de sus contenidos. En el lado positivo habría que señalar la presencia en la lista de las grandes universidades latinoamericanas, que tradicionalmente han ocupado posiciones muy desfavorables en los indicadores bibliométricos.

Internet no es solo una excelente herramienta de comunicación científica, sino que la Web es un lugar privilegiado para la publicación de actividades y resultados. Las universidades estadounidenses están colocando en sus sedes Web una cantidad inusitada de información, a veces varios órdenes de magnitud mayor que lo que ocurre en otras regiones, lo que significa que el peso de los contenidos académicos puede estar ya sesgado hacia el inglés y un grupo concreto de instituciones.

Diversas causas pueden explicar esta brecha digital que se abre, pero es evidente que para evitarse debe potenciar-

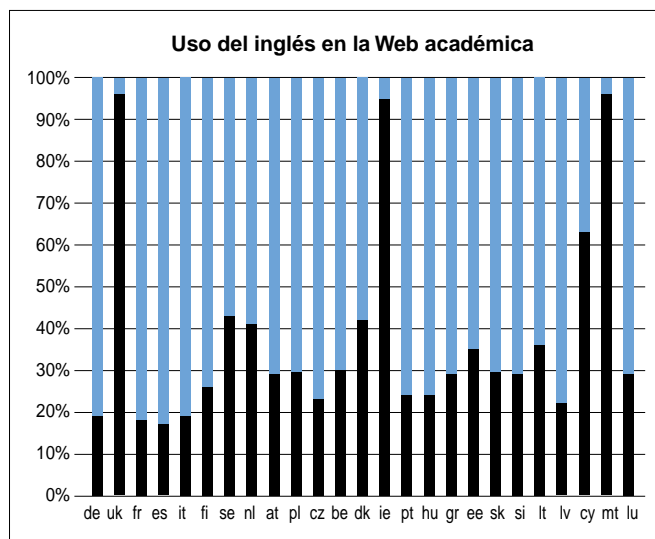


Figura 2. Distribución porcentual del inglés (tramo inferior de las barras) sobre el total de páginas Web de las universidades de la Unión Europea (Yahoo, mayo 2005)

se la generación de contenidos por otras organizaciones a lo largo de todo el mundo. Una posible opción es incluir los contenidos del Web en la descripción y evaluación de la actividad académica y científica, es decir valorar ese esfuerzo específico y combinar indicadores Web con otros indicadores cuantitativos. Este nuevo enfoque permitiría, además de ayudar a gestores e investigadores a definir mejor las potencialidades, debilidades y prioridades del esfuerzo científico tecnológico, construir una mayor base de información en un entorno especialmente amigable, de amplísima proyección social y geográfica y notablemente más económico como es la Web.

Los resultados muestran que la Web académica española debe progresar con más ímpetu en la dirección citada, puesto que ni por número de páginas, ni por tamaño de los depósitos de documentos a texto completo, ni por volumen de información nos acercamos siquiera a los valores de nuestro entorno. Más aún la visibilidad e impacto de nuestra actividad académica y de los resultados de la investigación realizada aquí apenas es significativa tanto para el área de la Unión Europea como para el conjunto de la comunidad hispanohablante. ■

WEBLIOGRAFÍA

- Cravin, J. (2004). Google's PageRank Explained and how to make the most of it. <http://www.webworkshop.net/pagerank.html>
- Laboratorio de Internet. <http://internetlab.cindoc.csic.es>
- Revista Cybermetrics. <http://www.cindoc.csic.es/cybermetrics>
- Ranking Web of Universities on the Web. <http://www.webometrics.info>
- ISI.Thomson Scientific. <http://www.isinet.com/>

Huracanes, ciclones, tornados..., ¿y tsunamis?

AUTOR: MANUEL TOHARIA
*Director del Museo de las Ciencias
Príncipe Felipe de Valencia
Presidente de la Asociación Española
de Periodismo Científico*

En los últimos meses, hemos asistido a una asombrosa proliferación de noticias sobre catástrofes relacionadas con el medio natural, y sobre todo con la atmósfera y los océanos. La habitual "temporada" de ciclones tropicales, que se inicia a finales del verano y termina a finales del otoño, ha puesto de manifiesto en el año 2005 una actividad desbordante, aparentemente superior a todo lo visto anteriormente. Y antes de eso, o en paralelo, otras catástrofes marinas, como el tristemente famoso tsunami del Índico, que asoló Indonesia en las navidades de 2004 o las inundaciones en la India y Pakistán de la época monzónica del 2005, han puesto igualmente sobre el tapete de la actualidad la vulnerabilidad de las poblaciones humanas ante los caprichos de la Naturaleza. Incluso en los países más ricos, como ocurrió con las inundaciones de Nueva Orleans, a raíz del ciclón tropical Katrina. ¿Qué está pasando, si es que está pasando algo? ¿Siempre ha habido fenómenos de este tipo? ¿Se

están agudizando, quizá en relación directa con el también famoso cambio climático? Ya puestos, ¿qué hay de cierto en eso del cambio climático?...

Son muchas preguntas, y sin duda tienen respuestas, cuando las tienen, demasiado complejas como para ser abordadas en los límites de un trabajo como éste. Pero es indudable que preguntas de ese estilo están en boca de todos desde hace meses, y quizá no estuviera fuera de lugar iniciar aquí algún atisbo de respuesta que sirviera, cuanto menos, para centrar el debate acerca de lo que ocurre, lo que puede ocurrir, y lo que deberíamos hacer para intentar evitar las consecuencias negativas de eso que podría ocurrir en un futuro no lejano.

Es obvio que el núcleo central de la preocupación es el cambio climático. Es éste un fenómeno natural de carácter general, que afecta por tanto a todo el planeta –en realidad, deberíamos decir cambios climáticos, porque son y han sido muchos y variados, según los sitios y las épocas–, y que ahora, por efecto indirecto del incremento de gases de efecto invernadero derivados de la actividad industrial, puede tener además una com-



FOTO: NOAA

ponente humana activa. La preocupación no estriba tanto en los cambios de climas sino en la rapidez y en la intensidad con que éstos podrían llegar a producirse al intervenir la mano del hombre. Una rapidez y una intensidad que tendrían consecuencias a corto plazo, en periodos de tiempo bastante más reducidos que los habituales en la historia de los cambios de clima terrestres.

De todos modos, sea completamente natural o parcialmente antropogénico, ¿en qué se distingue un cambio de clima? Puesto que el clima es una especie de promedio a largo plazo del tiempo, que a su vez presenta cambios constantes en el tiempo y en el espacio, parece obvio que un cambio de clima es un cambio en los promedios. Por ejemplo, donde antes había temperaturas medias altas ahora las hay más bajas; y hablamos de glaciación cuando ese descenso origina una mayor abundancia de hielos y fríos en buena parte del planeta. No quiere decir que siempre haga frío, sino que en promedio hace más frío, año tras año, que en épocas más benignas. Incluidos años cálidos, desde luego, aunque en mucho menor número que los años gélidos.

Así identificados, como cambios en los promedios a largo plazo, los cambios climáticos del pasado son bastante bien conocidos. En épocas recientes, y por no remontarnos a muchos millones de años, hemos identificado cuatro largos periodos (de varias decenas de miles de años) de climas fríos, llamados glaciaciones, y alternando con ellos otros cuatro periodos mucho más breves (una o dos decenas de miles de años) de periodos benignos, llamados interglaciaciones.

Ahora estamos, desde hace algo más de 10.000 años, en una de esas interglaciaciones, pero en los últimos dos siglos ha aparecido una variable nueva: la devolución acelerada a la atmósfera de carbono e hidrógeno fósil –o sea, atrapado bajo tierra desde hace muchos millones de años– por culpa de las combustiones con fines energéticos. O sea, por quemar carbón e hidrocarburos de manera acelerada. De tal modo que si en las glaciaciones la cantidad de dióxido de carbono atmosférico apenas llegaba a los 200 ppm, y en las interglaciaciones subía hasta 30, más o menos, en estos momentos estamos en 375 y no deja de subir de manera lineal.

Este dato, que es real e incontrovertible –nadie lo discute–, resulta muy preocupante. Y es el que ha disparado todas las señales de alerta.

A partir de ahí podemos especular sobre lo que puede pasar. Con dosis mayores o menores de pesimismo. Pero si a finales del siglo XXI llegamos a alcanzar concentraciones de CO₂ de 600 y hasta 800 ppm, cosa perfectamente posible de seguir las cosas como están, entonces lo que no cabe es el optimismo.

Estamos hablando de finales del siglo XXI; y aventurar lo que para entonces pueda ocurrir resulta preocupante. Pero, ¿y mientras tanto? A mediados de este siglo, dentro de diez años, incluso ahora mismo, ¿podremos sufrir algún tipo de consecuencia ne-

gativa? En particular, ¿la abundancia de catástrofes naturales de este año tiene algo que ver con el cambio climático y resulta anunciadora de nuevos y más frecuentes cataclismos?

Los periódicos y algunos grupos ecologistas ya han dado su veredicto: por supuesto que sí. Esto sólo es el preludio de lo que se avecina. Y la culpa la tienen los países ricos y poderosos que nada hacen por reducir sus emisiones, tanto las de CO₂ –que no son contaminantes pero sí incrementan el efecto invernadero– como las de los múltiples compuestos residuales peligrosos para la salud, y que van envenenando lentamente el agua, el suelo y el aire.

Los científicos son mucho más cautos. Y lo cierto es que, en cuestiones climatológicas, falta perspectiva histórica. Si el verano del 2003 fue extremadamente cálido, o el invierno 2004-2005 sumamente frío, lo cierto es que poco antes y poco después ha habido periodos similares de signo contrario. Y al hacer la cuenta estadística –que eso es lo que hace la climatología, establecer promedios– quizá lo uno compense a lo otro y a largo plazo no haya cambios en esos promedios. Aunque, obviamente, nosotros estemos sufriendo a lo mejor oscilaciones más extremadas y, por tanto, más dañinas.

Algo parecido está pasando con los ciclones tropicales, mal llamados huracanes (por traducción incorrecta del inglés “hurricane”); en español, un huracán es un viento superior a 109 km/h. Un ciclón tropical es algo más: un fenómeno violento, a modo de mini-borrasca sumamente activa, que nace sobre aguas muy cálidas en la llamada ZCIT (Zona de Convergencia Inter Tropical), a uno y otro lado del Ecuador. Claro que en un ciclón tropical hay huracanes, no uno sino muchos, porque el viento puede llegar a girar a velocidades superiores incluso a los 300 km/h...

Pues bien, en los ciclones tropicales podemos observar que desde hace ya unos cuantos decenios no parece haber, en promedio, un incremento del número de fenómenos por temporada –en torno a algo menos de un centenar anual en todo el planeta–, pero sí parece detectarse un cierto aumento de su energía, y por tanto de su carácter potencialmente dañino. Sobre todo si llegan a costas habitadas de países pobres, que es donde más daños suelen producir; si Nueva Orleans sufrió tantos daños con el Katrina (en todo caso inferiores a los daños producidos por otros ciclones de este mismo año en países pobres de Asia, por ejemplo), fue porque la ciudad vieja está bajo el nivel del mar, y los viejos diques en mal estado no aguantaron el empuje del viento y las aguas revueltas.

Quizá el cambio de clima que más daño nos haga no sea el de un progresivo calentamiento de las temperaturas, siempre en promedio y a largo plazo, sino una especie de agudización de los extremos. O sea, de los “récords” de calor, de frío, de sequía, de inundaciones... Claro que cuando la riada de Valencia de 1957, quizá una de las gotas frías mediterráneas más dañinas de la historia, estábamos en una época de aparente enfriamiento del clima, que se solía atribuir a las pruebas atómicas atmosféricas de soviéticos y americanos, o incluso a la puesta en órbita del

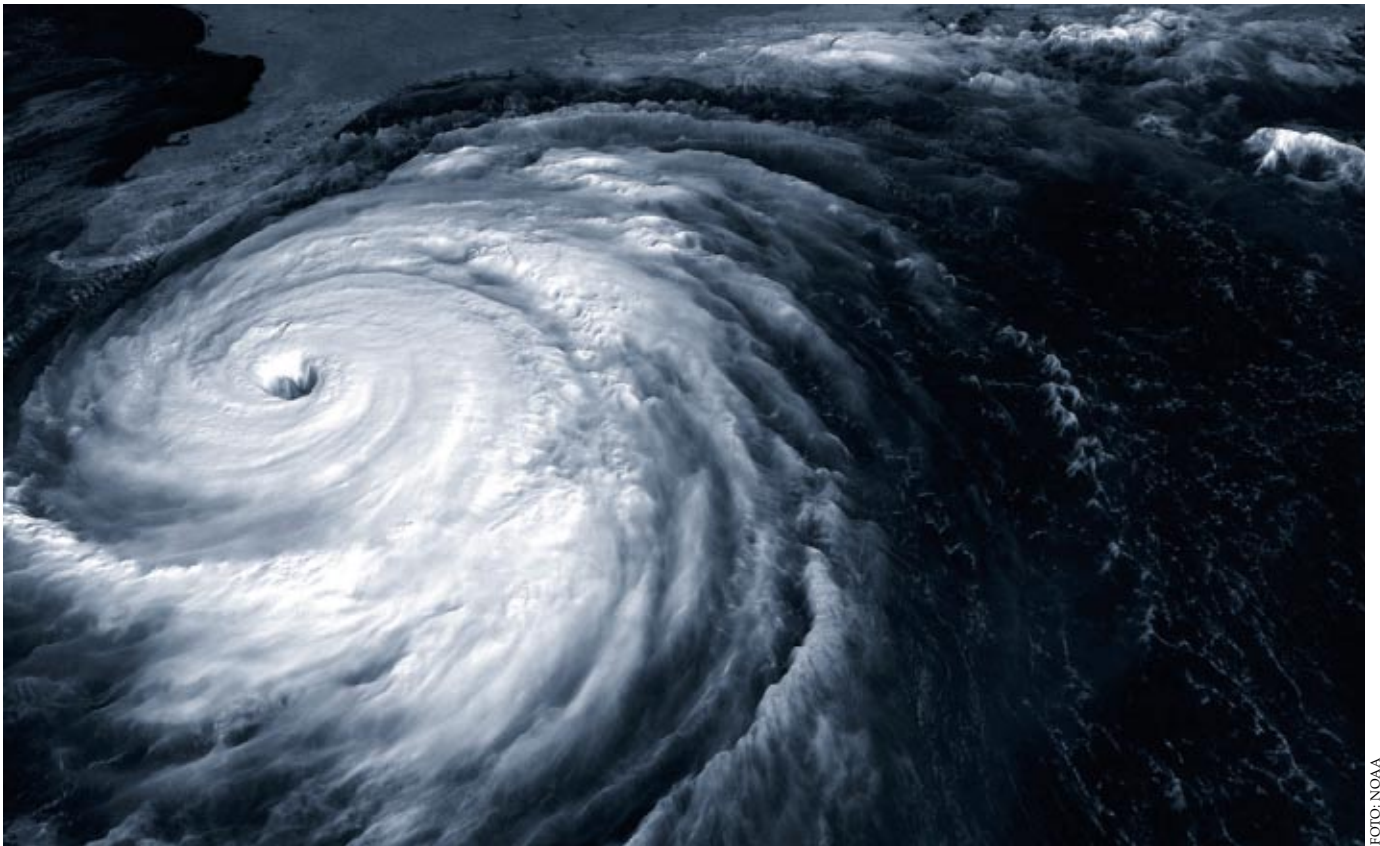


FOTO: NOAA

Sputnik unos días antes. A veces los periódicos, con tal de vender, dicen cualquier cosa...

En todo caso, si seguimos hablando de temores podríamos no terminar nunca. Puestos a temer cosas, casi todo es temible. La ciencia puede intentar prever, sin duda, pero sobre todo debe intentar saber más de lo que sabe. Y por ahora sabemos bien poco de muchos procesos nuevos. Por ejemplo, la circulación del agua en las corrientes oceánicas. La gran capacidad calorífica del agua la convierte en un potente volante de inercia térmico, capaz de traducir los cambios a otras escalas temporales y espaciales, con retardos y modulaciones bien diferentes a los que se producen en la atmósfera.

Además, los movimientos del agua oceánica no sólo se rigen, como le ocurre también al aire, por cuestiones de dinámica planetaria, sino que además tienen un movimiento tridimensional debido a causas, al tiempo, térmicas y de salinidad. Estas corrientes termohalinas, que se dan en superficie y también a diversas profundidades, varían mucho según se incorpore al agua líquida mundial parte del hielo fundido –la mayoría de agua dulce– que flota en el Ártico o que fluye desde el interior de las islas heladas, como Groenlandia, o del continente antártico. Y la modificación de los climas producida por estas variaciones de las corrientes marinas puede resultar enormemente importante, y a veces incluso paradójica: en pleno calentamiento, pueden producirse retrocesos bruscos hacia el frío glacial en ciertas regiones del mundo por esta causa. Un tema abordado, eso sí en clave de Hollywood y por tanto llena de exageraciones y aceleraciones temporales sumamente improbables, por la película “The day after tomorrow”, aquí traducida por “El día de mañana”.

En suma, y ante tanta incertidumbre, ¿qué hacer? ¿Podemos quedarnos cruzados de brazos, porque nadie nos garantiza que lo que hasta ahora creemos saber sea cierto? Aparentemente, podría ser una postura defendible. Se puede observar hoy día una tendencia general a mantener el statu quo, aunque no se diga abiertamente: siempre resulta más sencillo seguir aplicando las recetas conocidas que tomar nuevas decisiones que pudieran entrañar, además, grandes riesgos socioeconómicos. Con la excusa de que las predicciones científicas tienen un gran margen de incertidumbre.

Pero, con los datos en la mano, semejante actitud pasiva ya no se puede defender, al menos razonablemente. Los datos reales, y los estudios prospectivos más serios, no dan pie al optimismo ni al mantenimiento, sin más, del statu quo. Es obvio que algunas de las acciones que se contemplan para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero podrían resultar desproporcionadamente dañinas para la economía. Pero también es cierto que se pueden tomar de manera inmediata –y sin grandes repercusiones negativas– decisiones que, por su prudencia, podrían resultar aceptables tanto si es cierto que el cambio climático va a ser catastrófico como si no. El Protocolo de Kioto es un buen ejemplo, aunque más que tibio en sus pretensiones. ¡Y aun así difícilmente lo vamos a cumplir!

Una de esas medidas, precisamente obviada por los americanos, es el ahorro de energía. El mundo desarrollado no sólo consume –es decir, transforma– enormes cantidades de energía sino que, y esto es mucho más grave, en gran medida la desperdicia. Tanto en los métodos de producción como en el transporte y, desde luego, en la utilización final. Es conocido el da-

to de que los habitantes de los Estados Unidos podrían hacer todo lo que hacen ahora, y con costes sensiblemente iguales, con la mitad de la energía de la que en estos momentos consumen.

Una mayor eficiencia energética en los procesos productivos, lo que implica un considerable ahorro de los recursos disponibles, junto a unas políticas severas y constantes de reforestación y mejora de los cultivos y la ganadería, no sólo no harán daño sino que, incluso sin cambio climático, mejorarían notablemente la calidad de vida del conjunto de la humanidad. Pero no hay que olvidar que los países en vías de desarrollo, que fueron muy pobres y que ahora están dejando de serlo rápidamente –por ejemplo, la India, y desde luego China, que cuenta con la cuarta parte de la población mundial y casi un tercio de las reservas planetarias de carbón–, no quieren ni oír hablar de posibles frenos a ese desarrollo. La futura amenaza de un cambio climático a gran escala les asusta menos que la posibilidad de abandonar ese camino que les ha comenzado a alejar de la miseria. Coinciden así las estrategias dilatorias del país más rico del mundo, que también es el que más CO₂ produce –la cuarta parte del CO₂ mundial–, y del país más poblado del mundo, que en unos años se convertirá a su vez en el mayor emisor. Curioso...

De ahí la importancia que se le suele atribuir a la transferencia gratuita de tecnología de los países ricos a los más pobres. Una tecnología moderna que es ahora mucho menos contaminante, pero que ha sido costosa de desarrollar y está en su mayoría en manos privadas. ¿Será capaz el sistema capitalista de asumir esas transferencias tecnológicas por simple altruismo ante la amenaza del cambio climático futuro?

En general, casi nadie explica cómo va a afectarnos negativamente el cambio climático. Suele hacerse, eso sí, un ejercicio de catastrofismo inminente, lo cual en estos temas climáticos a tan largo plazo resulta contradictorio –¿si es a largo plazo, cómo puede ser inminente?-. O bien se apela a fenómenos con reminiscencias apocalípticas, casi bíblicas –como la inundación del diluvio, en este caso simbolizada por la subida del nivel del mar– o a las catástrofes habituales, que se dice que van a ser mucho peores que en el pasado –sequías o inundaciones, y fríos o calores excesivos, ciclones tropicales, incluso tsunamis, que todo vale, aunque un tsunami viene originado por un terremoto submarino, y nada tiene que ver con el clima...-.

Sabemos con certeza algunas cosas –por ejemplo, el notable incremento de CO₂ en la atmósfera–, tememos bastantes más –por ejemplo, el aumento de temperatura en los próximos cien años–, e ignoramos aún muchas más. Pero nadie duda ya de que el cambio climático ha comenzado a acentuarse por la mano del hombre; y seguramente va a seguir haciéndolo con intensidad creciente en este siglo.

En todo caso, y puesto que siempre ha habido cambios climáticos, la cuestión clave parece ser la del ritmo del cambio actual, que puede ser excesivamente acelerado. Hasta ahora, los cambios de clima geológicos eran de algunos grados en millo-

nes, o muchos miles de años. O unos pocos grados en unos pocos siglos. Aunque comienzan a aparecer evidencias de cambios brutales, de unos grados en pocos decenios... Lo que ahora estamos encarando es algo parecido a eso último: un posible cambio climático de bastantes grados en sólo un siglo. Puede que muchas plantas y muchos animales no tengan tiempo de adaptarse con suficiente éxito. Y eso puede suponer convulsiones biológicas de gran magnitud y amplio espectro. Que quizá afecten gravemente a los cultivos y la ganadería de todo el mundo.

Pueden... Quizá... Como es obvio, todo dependerá de lo que seamos capaces de hacer, o de no hacer, en el futuro. Si el clima cambia a lo largo del siglo actual de forma muy rápida, no por ello desaparecerá la vida en la Tierra. Lo que sí puede ocurrir es que muchos ecosistemas que hoy conocemos podrían transformarse en cosas menos deseables..., para nosotros. Y que las fuentes de alimentos del mundo entero quizá se vean alteradas gravemente, algo que tampoco parece deseable tal y como está el precario equilibrio geoestratégico mundial.

Los países en desarrollo, y sin duda también los países desarrollados, sí van a notar estos efectos no tanto en su supervivencia vital como en sus economías. Es decir, los países menos pobres quizá dejen de crecer y mejorar, e incluso podrían volver a ser pobres, y en los países ricos la proporción de paro y otros graves conflictos sociales podría aumentar notablemente.

El cambio climático asusta, pues, no tanto porque vaya a propiciar catástrofes inmediatas y masivas sino porque a la larga, pero no tan a la larga como para que no lo vean nuestros nietos, puede cambiar sustancialmente las reglas del juego: a los países ricos les va a costar más seguir siendo ricos –aumentará en ellos la proporción de pobres y desempleados–, y los países en desarrollo verán frenado su proceso de huida de la pobreza.

De los países extremadamente pobres hay poco que decir: es difícil pensar que el cambio climático empeore aún más su ya pésima situación actual, cuando se están literalmente muriendo de hambre y sed (y de epidemias de todo tipo, por supuesto). Lo que pasa es que si ante una catástrofe súbita y masiva surge siempre una respuesta generosa y espontánea, no siempre eficaz pero sin duda convincente, ante un problema a más largo plazo, paulatino en su desarrollo –y muy alarmante, sí, pero de cara a generaciones que incluso no han nacido todavía–, la postura de la sociedad y de sus gobernantes es más tibia.

Quizá sea éste, ya lo hemos visto, el mayor problema de los que plantea el cambio climático: su ausencia de dramatismo a corto plazo, su escasa audiencia catastrofista de cara al mundo de hoy. No parece que hasta ahora los expertos hayan insistido mucho en semejante cuestión, pero es indudable que un poco más de pedagogía en torno a este aspecto podría ser mucho más efectiva que los más sesudos estudios científicos. Aunque de éstos es de los que podemos esperar las respuestas definitivas a las muchas incógnitas que aún subsisten al respecto. ■

El ruido electromagnético del agua. La misión SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity)

AUTOR: ANDRÉS BORGES
E.A.D.S CASA Espacio

LA MISIÓN

SMOS es la segunda misión de oportunidad de la Agencia Espacial Europea (ESA) dentro del programa de Exploración de la Tierra "Planeta Vivo". Las misiones de oportunidad se han concebido para avanzar en el conocimiento del comportamiento de la Tierra y en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan realizar nuevas técnicas de observación desde el espacio.

La misión SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) tiene como objetivo lanzar al espacio un satélite que proporcione mapas de humedad del suelo y de salinidad de los océanos, así como datos que ayuden a profundizar en la estructura de la criosfera. Hasta la fecha no se han podido obtener mapas de humedad y salinidad desde el espacio, con lo cual la medida de estos parámetros geofísicos es local y no continua. De ahí la importancia de contar con un satélite que proporcione la medida de estos dos parámetros geofísicos del planeta a lo largo de toda la superficie y con una frecuencia de repetición alta (entre tres y cinco días).

Oceanógrafos, geólogos y biólogos otorgan una gran importancia a la obtención y cuantificación de los mapas de salinidad y humedad para mejorar las predicciones climatológicas, entender mejor la relación entre el ciclo del agua y la meteorología y proporcionar nuevos enfoques para conocer el fenómeno del cambio climático. La salinidad influye en la circulación de las masas de agua en los océanos que provocan la formación de los fenómenos climatológicos conocidos como El Niño o La Niña, que provocan inundaciones o sequías. La evaporación y la filtración del agua dependen del grado de humedad del suelo y del contenido de agua de la vegetación, que son piezas clave para entender el ciclo hidrológico y vigilar las reservas de agua dulce del planeta.

RADIÓMETROS E INTERFEROMETRÍA

La misión SMOS consiste en un satélite de órbita baja heliosíncrona con una altitud de 755 km y tiempo de revisita de 3 días, cuyo instrumento es un radiómetro que mide de forma pasiva el ruido electromagnético generado por la Tierra

en banda L (1.4 GHz) con una resolución espacial de 50-100 km y 5 K de sensibilidad radiométrica, en dos modos de operación: dual (con polarización de las antenas en vertical y horizontal) o polarimétrico (combinando ambas polarizaciones simultáneamente).

Un radiómetro detecta la radiación electromagnética radiada por un cuerpo que se encuentra a una cierta temperatura en una banda de frecuencia determinada. Dado que las microondas son sensibles a cambios en la constante dieléctrica del medio, cualquier cambio en el contenido de agua induce cambios en las propiedades del dieléctrico y afecta a la emisividad y por tanto a la temperatura de brillo detectada por el radiómetro. Los teóricos de microondas han encontrado una relación directa entre la humedad del suelo y la salinidad de los océanos con la emisividad de la Tierra a 1,4 GHz. Además, la frecuencia de trabajo seleccionada es una banda protegida para radioastronomía y por tanto libre de interferencias.

El instrumento del SMOS es un radiómetro interferométrico con apertura sintética en 2D. La interferometría con apertura sintética es la alternativa a los instrumentos de apertura real ya que permite sintetizar una antena teórica de apertura muy grande (el tamaño de la antena condiciona la resolución geométrica, cuanto más grande sea la antena menor será la resolución) a partir de un conjunto numeroso de pequeñas antenas, con lo cual se consigue que la relación peso del instrumento / resolución geométrica sea muy adecuada para una misión espacial. Los análisis realizados han demostrado que la estructura en Y, con antenas distribuidas a lo largo de los brazos, optimiza la resolución espacial y la sensibilidad del Instrumento.

LA ARQUITECTURA DEL INSTRUMENTO

El satélite de SMOS se compone de una plataforma genérica PROTEUS, desarrollada por CNES y Alcatel Space Industries y la carga de pago, basada en el Instrumento, cuyo contratista principal es EADS CASA Espacio que desarrolla para la ESA.

El instrumento consta de tres brazos en forma de "Y", y una estructura central que soporta los tres. Cada brazo se compone de tres segmentos que están unidos por bisagra. Los brazos están plegados a los flancos de la estructura central durante el lanzamiento. El mecanismo de despliegue de los bra-



zos consiste en un motor de muelles, un regulador de velocidad y un conjunto de correas y poleas que transmiten el par motor a todos los segmentos del brazo para que el despliegue sea simultáneo y que no provoque un momento cinético perturbador al satélite. El despliegue de los brazos se produce cuando el lanzador ha situado al satélite en la órbita adecuada y la velocidad de giro ha sido controlada.

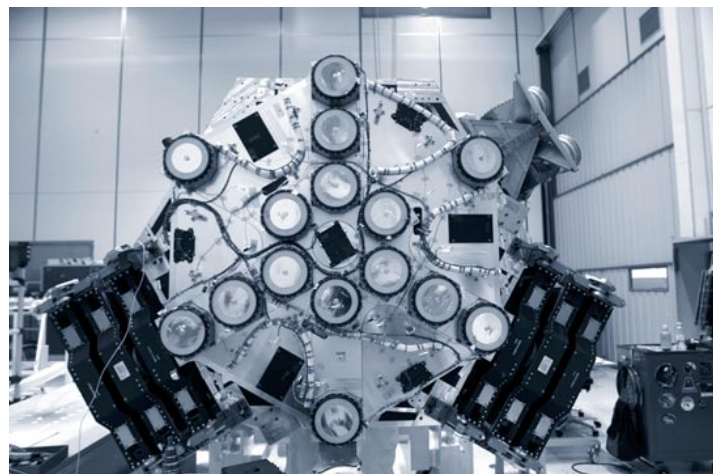
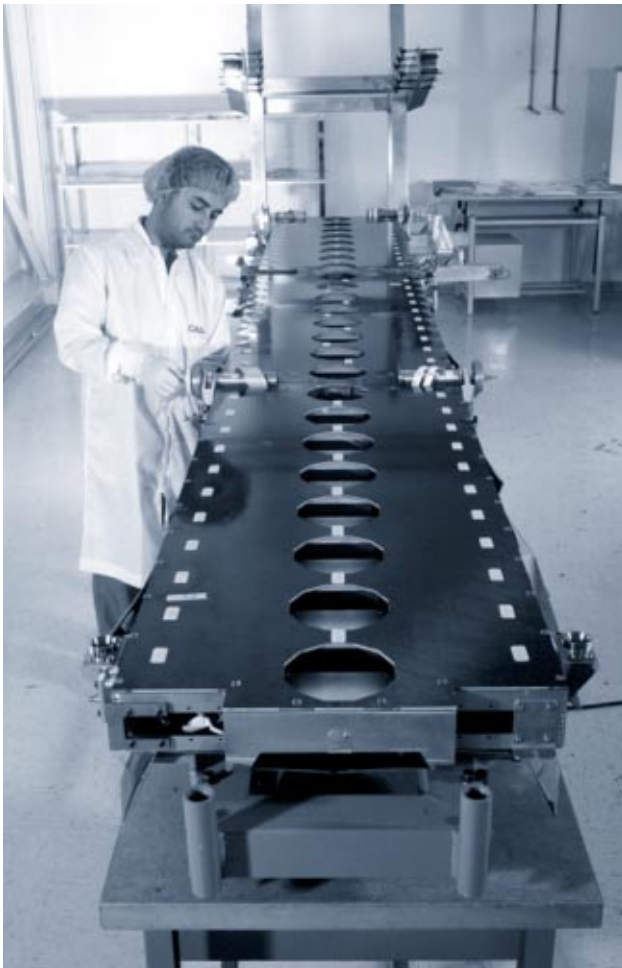
La estructura central y la de los brazos están hechas con fibra de carbono, que proporciona una alta rigidez para soportar las cargas que sufre el Instrumento durante el lanzamiento con un mínimo peso. La envergadura del Instrumento con los brazos desplegados alcanza los 8 metros con un peso de 350 kg.

A lo largo de los tres brazos y en la estructura central se ubican 66 LICEF (Light Cost Effective Front-end). Cada LICEF se compone de un receptor en banda L (1404 – 1423 MHz) y una antena de parche de cuatro sondas con un circuito de combinación/polarización que facilita que un único diseño del receptor se pueda ubicar en cualquier posición de la estructura del Instrumento y que sea la antena la que polarice el LICEF a los ejes eléctricos globales. Los LICEF son realmente, los ojos del Instrumento. Cada LICEF mide el ruido emitido

por la Tierra en banda L a través de una compleja cadena de amplificación y filtrado en RF e IF, compuesta de MMIC (Miniaturized Monolithic Integrated Circuit) con el fin de reducir el consumo y el peso. El resultado es un 1 ó un 0 de la fase y cuadratura de la señal recibida dependiendo del nivel de ruido captado. LICEF es un receptor muy selectivo en frecuencia para evitar captar señales perturbadoras de bandas adyacentes que enmascararían el ruido de la Tierra que se quiere medir.

La señal digital producida por cada LICEF se transmite al DICOS (Digital Correlator) que tiene como función correlar las señales producidas por todos los LICEF para crear la antena sintética. DICOS consiste en 18 ASICs con 27x27 correladores cada uno que realizan la función XOR con las señales digitales en fase y cuadratura de los LICEF y acumulan el resultado en palabras de 16 bits. La transmisión de estas señales se realiza a través de fibra óptica por ser inmune a las interferencias y permitir una elevada velocidad de transmisión.

Las variaciones de temperatura afectan a las prestaciones del instrumento, ya que los LICEF se distribuyen a lo largo de toda la estructura y las condiciones ambientales en el es-



pacio varían de uno a otro a lo largo de la orbita y las estaciones. Para ello se ha diseñado un sistema de control térmico muy preciso que garantiza que la temperatura entre dos cualesquiera LICEF sea de menos de 6 grados centígrados. No obstante, los LICEF se calibran para unificar su comportamiento cada cierto tiempo. La calibración se consigue inyectando el mismo ruido a todos los LICEF y correlando las señales de cada LICEF como cuando el Instrumento está en modo de Observación.

Los datos generados por DICOS durante la observación y la calibración son enviados a Tierra a través de una antena en banda X para su post-procesado. Los mapas de temperatura de brillo se obtienen a partir de la función de visibilidad del instrumento. La Universidad Politécnica de Cataluña ha desarrollado un método conocido como "Extended CLEAN" que es una modificación de la transformada inversa de Fourier de las correlaciones generadas a partir de los unos y ceros de los LICEF. Los mapas de temperatura de brillo son transformados en mapas de humedad y salinidad después de aplicar los algoritmos científicos.

EL CONTROL DE LA MISIÓN SMOS

El control de la misión SMOS se realizará desde el Segmento Terreno de Operaciones del Satélite que esta compuesto de:

- Centro de control y mando (SMOS Satellite Command and Control Centre), situado en Toulouse que se responsabilizará del control del satélite durante toda su vida operativa.

- La red terrena de telemetría, telecomando y "tracking" (Telemetry, Tracking and Telecommand Earth Terminal), que utiliza la red de estaciones de seguimiento de satélites del CNES y la estación de Kiruna de la ESA. Los telecomandos y la telemetría del satélite se transmite a través de la banda S de la plataforma PROTEUS.

- El centro de programación de operaciones (Payload Operations Programming Centre), encargado de definir la programación y las operaciones del Instrumento y de recibir los datos del Instrumento a través de su banda X.

- El centro de procesado de datos de la carga de pago (Payload Data Processing Centre), cuya misión principal es procesar, calibrar y archivar los datos científicos de la misión. Dicho centro distribuirá los mapas de temperatura de brillo y los mapas elementales de Salinidad y Humedad entre la comunidad científica.

El centro de programación de operaciones y el de procesado de datos del Instrumento estará ubicado en la estación de seguimiento de satélites de la ESA en Villafranca (Madrid) que se esta desarrollando dentro del Programa Nacio-

nal del Espacio Español dirigido por el CDTI (Centro Desarrollo Tecnológico Industrial).

DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

DE LA MISIÓN SMOS

SMOS parte de una idea compartida entre los institutos CESBIO francés y el de Ciencias del Mar del CSIC español. EADS CASA Espacio aceptó el reto tecnológico en 1993 y comenzó a desarrollar actividades dentro de los programas de desarrollo tecnológico de la ESA, encaminadas a hacer posible el instrumento.

Por ejemplo, el despliegue de los tres brazos del instrumento requirió un esfuerzo de desarrollo especial dada la complejidad del sistema. Para ello ha sido necesario desarrollar un mecanismo de despliegue que consiste en un motor de muelles, un regulador de velocidad y un conjunto de correas y poleas que transmiten el par motor a todos los segmentos del brazo, para que el despliegue sea simultáneo y que no provoque un momento cinético perturbador al satélite. Fue en las primeras fases del programa en 1998, cuando EADS CASA Espacio fue seleccionada por la ESA para hacer el desarrollo del prototipo de un brazo completamente equipado del Instrumento (Demonstrator Pilot Project I/II). El prototipo tenía como objetivo el desarrollo de todas las tecnologías espaciales necesarias para la construcción del Instrumento y la realización de varios ensayos que demostraran la viabilidad del concepto. Los logros del proyecto se materializaron en los ensayos exitosos de despliegue de un brazo completo y la validación de imágenes. Este último ensayo consistió en obtener imágenes de una fuente patrón con un prototipo a escala en la cámara anecoica. El ensayo incluyó el procesamiento de los datos para obtener los mapas de temperatura de brillo y su comparación con mapas de temperatura de brillo simulados de la fuente patrón. Sin duda alguna, los resultados obtenidos con el demostrador, facilitaron la aprobación de SMOS en 1999 como segunda misión de oportunidad.

En la siguiente fase, se desarrolló el SEPS (SMOS Performance Simulator), simulador del Instrumento y de la misión, que reproduce fielmente el comportamiento del instrumento y permite validar la arquitectura, las prestaciones y los algoritmos de procesamiento de datos a través de simulaciones, utilizando como estímulo mapas de temperatura de brillo comerciales de la Tierra. Este tipo de simulador normalmente se desarrolla en las fases avanzadas del proyecto, sin embargo, al haberlo desarrollado en la fase inicial del programa, permitió avanzar enormemente en la comprensión del funcionamiento del instrumento. Gracias a esta herramienta de ingeniería, se ha podido simular la obtención de mapas de temperaturas de brillo de cualquier zona de la Tierra, para:

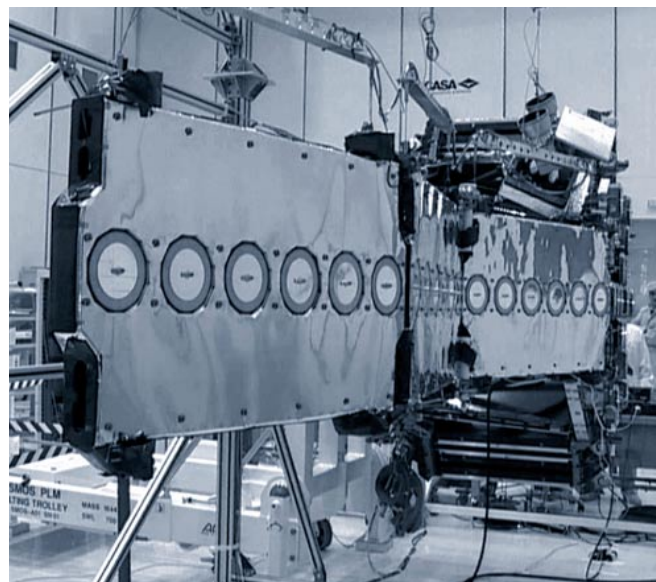
- verificar que el diseño eléctrico y de radiofrecuencia fueran los adecuados,

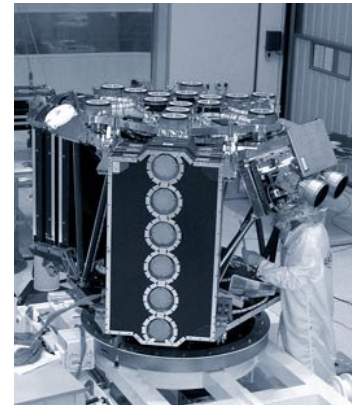
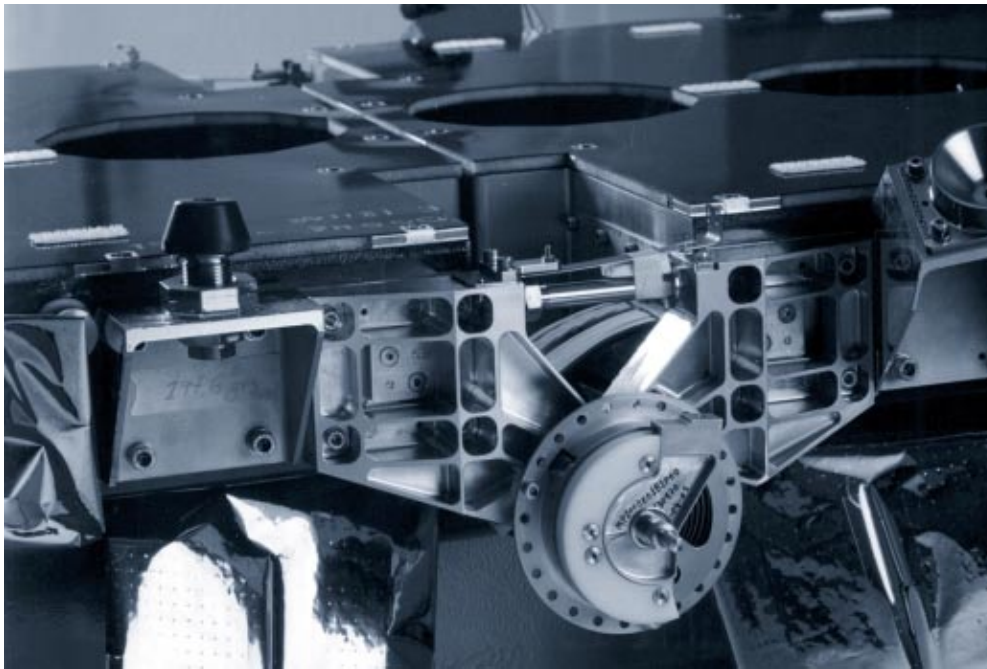
- ayudar a preparar la fase de operación del segmento terreno con datos muy similares a los que se van a utilizar en el futuro, y

- generar datos para la comunidad científica y poder así, poner a punto sus algoritmos de transformación de mapas de temperatura de brillo a mapas de humedad y salinidad.

De gran importancia para llevar a cabo la misión fue la necesidad de desarrollar para los receptores LICEF, un diseño de antena de doble polarización implementado en un PCB (Printed Circuit Board) de dos caras y un filtro en banda L, cuya característica principal radica en el hecho de ser muy selectivo, consiguiendo una discriminación de frecuencia idónea. En ambos desarrollos primaba un esfuerzo de optimización, a través del cual se ha conseguido un peso y unas dimensiones considerablemente reducidas. Estos receptores, deben cumplir unas características muy estrictas de similitud, figura de ruido, alta ganancia y selectividad, bajo consumo y masa, con fiabilidad espacial. El proyecto ha llevado a cabo la calificación para el espacio de los componentes electro-ópticos necesarios, aumentando el reto tecnológico que supone el lanzamiento de SMOS.

El receptor LICEF tiene en su entrada un LNA (Low Noise Amplifier) diseñado a medida en tecnología híbrida. Destacan su alta ganancia y figura de ruido extraordinariamente baja (menos de 0,9 dB), manteniendo muy bajo consumo. Dicho amplificador está conectado a un filtro paso-banda en banda L, que ha sido optimizado para lograr un diseño eléctrico y mecánico que cumpla con los exigentes requisitos y, al mismo tiempo, sea fácilmente industrializable teniendo una alta repetitibilidad. Para ello, se ha modificado el acoplo de entrada-salida, inicialmente inductivo a uno ajustable capacitivo. Se ha incrementado el volumen efectivo de la cavidad mediante el contorneado de las paredes de la carcasa para reducir las pérdidas y se han revisado los materiales escogidos, que serán aluminio pa-





ra todo el filtro excepto para los resonadores, donde se empleará plata pura, por razones de estabilización térmica y mejora de pérdidas así como una mayor facilidad constructiva.

Otro desarrollo importante para la consecución del instrumento ha sido el diseño de un control térmico capaz de mantener las excursiones de temperatura, entre cualesquiera de los receptores LICEF, en un rango de entre 5 y 6 grados centígrados. Si este rango fuera mayor, las prestaciones del instrumento peligrarían.

FASES Y LANZAMIENTO

Al proyecto inicial de demostración, le sucedieron los contratos de fase A (análisis de misión, viabilidad de la misión, y concepción inicial de la arquitectura del Instrumento) y fase B (diseño de detalle del Instrumento) de la misión SMOS.

La firma del contrato para la fase de construcción del satélite (fase C/D) se firmó en Madrid, el 11 de junio de 2004, a pesar de que algunos trabajos comenzaron a finales de 2003. A lo largo de este año, se fabricaron los equipos para los modelos eléctrico (EM) y estructural y térmico (STM) del instrumento, llevándose a cabo parte de su integración. Después de finalizada ésta, y pasando exitosamente la revisión crítica del diseño, se procedió a la campaña de los ensayos de éstos dos modelos. Se hicieron pruebas de las propiedades másicas, de vibración, de ambiente acústico, despliegues funcionales del brazo y ensayos de balance térmico, que han sido pasados todos ellos con total éxito.

De hecho, la Agencia Espacial Europea, a través del jefe de programa, ha felicitado a EADS CASA Espacio, por la labor profesional desarrollada en su papel de contratista

principal del instrumento del satélite y responsable de los ensayos.

Ahora, ya en 2006, se ha comenzado a integrar el modelo de vuelo (FM) en las instalaciones de EADS CASA Espacio en Madrid-Barajas. Hacia el final del año se entregará dicho modelo completamente ensayado, para su posterior integración en la plataforma Proteus y poder hacer más ensayos, esta vez con el satélite completo.

El objetivo final es el de lanzar el satélite a mediados de 2007.

SMOS abre un nuevo camino a EADS CASA Espacio en el liderazgo y desarrollo de proyectos complejos de sistemas espaciales, que podría tener continuidad en una fase operacional para las agencias meteorológicas y medioambientales, para la cual se han iniciado ya conversaciones con la comunidad de usuarios.

PARTICIPANTES EN LA MISIÓN SMOS

SMOS es el fruto de la cooperación de tres instituciones europeas dedicadas al fomento de la industria y la ciencia espacial, CNES, ESA y CDTI. El Instrumento ha sido desarrollado por un consorcio de empresas y universidades europeas lideradas por la española EADS CASA Espacio. Gracias a la contribución española a la ESA, gestionada por el CDTI, la mayor parte del instrumento corre a cargo de empresas españolas, entre las que cabe destacar a MIER, RYMSA, GMV, CRISA, Sener y Tecnológica, así como la Universidad Politécnica de Cataluña. Por otro lado, en lo referente al segmento terreno, hay que mencionar la labor de INDRA Espacio, INSA y GMV. Además, colaboran empresas importantes de otros 10 países europeos, como EADS Astrium GmbH, Kayser Threde, Ylinen, etc. ■

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 ENERGIA, 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. 1º, C.I.F. A-83/550.236

MEDICINA Y SALUD

Alternativas terapéuticas en el post-transplante: Inmunoterapia adoptiva específica de sangre de cordón (SCU) umbilical en el post-transplante de células progenitoras hematopoyéticas

AUTORES: D.V. BREIER, S. QUEROL, J. GARCÍA
*Programa de Sang de Cordó. Centre de Teixits
i Teràpia Cel·lular
Banc de Sang i Teixits. Barcelona*

Los trasplantes de SCU emparentados y no emparentados son, desde hace más de una década, una alternativa terapéutica valiosa en el tratamiento de enfermedades potencialmente mortales hematológicas y no hematológicas.

La sangre de cordón umbilical posee un número de ventajas, y algunas limitaciones en el contexto de los trasplantes alogénicos de progenitores hematopoyéticos. Son dos de sus principales ventajas, el gran potencial proliferativo y la inmadurez inmunológica, lo que lleva a la realización de trasplantes de células progenitoras hematopoyéticas superando las barreras de la compatibilidad HLA.

Su inmediata disponibilidad, gran diversidad de combinaciones HLA, ausencia de riesgos para el donante de la misma, disminución y menor severidad de la Enfermedad del injerto versus huésped (GVHD, del inglés) en el receptor del trasplante y, el riesgo prácticamente nulo de transmisión de enfermedades virales, lleva a un incremento progresivo de los trasplantes de SCU a nivel mundial que se cifra en más de 600 al año.[1]

Más recientemente, datos experimentales *in vitro* sugieren el alto potencial, quizás único, de estas células para producir productos biológicamente activos como herramientas terapéuticas en la facilitación del injerto, la inmunoterapia y, en el futuro, la medicina regenerativa.

Sin embargo, la sangre de cordón posee algunas limitaciones que deben ser superadas:

- En primer lugar, las unidades de SCU son únicas y sus donantes no disponibles, con excepción de las

donaciones de SCU relacionadas. Esto hace que la infusión de linfocitos del donante (DLI) no sea viable en la amplia mayoría de los casos. La solución a este problema, y una de nuestras líneas actuales de investigación, es la utilización de linfocitos CD3 expandidos *ex vivo* a partir de una porción de la unidad criopreservada.

- En segundo lugar, la inmunidad T placentaria y neonatal al nacimiento es inmadura con respecto a su contraparte adulta, necesitando ser “educada”. Con respecto a la primera limitación, existe, en la actualidad estudios que demuestran claramente la factibilidad de la expansión de los linfocitos humanos de SCU, sugiriendo que las células T de sangre de cordón son suficientemente competentes para generar linfocitos T citotóxicos con efecto GVL efectivo.

- En tercer lugar existe una cantidad limitada de células efectoras disponibles en la unidad de SCU. Esto hace que en la actualidad, las líneas de investigación se vuelquen a la ingeniería celular para alcanzar los efectos deseados. Estudios fase I/II utilizando sangre de cordón umbilical expandida *ex vivo* ya se han realizado, mostrando sólo un pequeño aumento de incidencia de GVHD, explicado por la presencia de células dendríticas entre las células expandidas [2, 3].

Podemos definir a la *Inmunoterapia celular* como la administración de células efectoras del sistema inmune como tratamiento de una enfermedad [4]. Resulta evidente que los pacientes receptores de quimioterapia, trasplante alogénico de células progenitoras hematopoyéticas, o pacientes receptores de trasplante de órgano sólido, reciben como parte de su tratamiento terapia inmunosupresora que los hace propensos a infecciones severas y potencialmente fatales, por lo que toda terapia que intente restaurar su respuesta inmune protectora puede resultar beneficiosa. Como hemos

mencionado en el párrafo anterior, la inmunidad de la SCU es limitado comparada con la del adulto, la respuesta celular T se encuentra reducida porque: a) existe un número limitado de linfocitos T citotóxicos, y b) las células T neonatales responden a la estimulación CD3, por omisión, siendo tolerantes predominantemente contra antígenos extraños (para proteger al recién nacido de reacciones inmunes contra antígenos maternos). Sin embargo, ante aumento del estímulo o co-estimulación con agentes productores de respuesta inflamatoria, la respuesta neonatal es Th1 potente (inmunidad protectora) a igual nivel que la respuesta Th1 adulta.

Debido a esta alorreactividad disminuida y el menor número de linfocitos T infundidos, la incidencia y severidad de GVHD se encuentra disminuida en el post trasplante de SCU. Pero esto, no se acompaña de una reactividad disminuida contra infecciones, ni de un incremento de las recaídas, ya que está demostrado que el efecto GVL (Injerto contra la leucemia) se mantiene intacto.[5-7]. Las diferencias en la recuperación linfocitaria post trasplante sugieren que gran parte del efecto GVL estaría mediado por la recuperación NK temprana, tanto numérica como funcional.

Toda terapia celular, requiere la consecución de pasos sucesivos para la obtención del producto requerido. Así, las células inmunofectoras deben aislarse a partir del paciente o del donante alogénico, ser expandidas *ex vivo*, bajo condiciones reproducibles y aplicables a la clínica, para luego ser infundidas al paciente. Dos condiciones resultan básicas para el éxito de la inmunoterapia celular: el número de células infundidas, (típicamente se requiere entre 10^9 y 10^{11}) y la actividad biológica de las mismas (deben ser capaces de anidación efectiva, interactuar con otras células del sistema inmune y realizar in vivo sus funciones respectivas) [8].

La infusión de linfocitos del donante (DLI) es una terapia inmune ampliamente difundida que busca generar reacciones de injerto versus leucemia, mediado por células T y NK. De esta manera busca erradicar la enfermedad mínima residual, las recaídas, las infecciones virales y otras infecciones así como la aparición de síndromes linfoproliferativos post-trasplante. El equilibrio entre GVHD y GVL es frágil y pequeños cambios pueden inducir tanto aumento del rechazo, recaída y síndrome linfoproliferativo post trasplante (PTLD) por un lado, o un aumento de la gravedad de la enfermedad injerto versus huésped, a pesar de un mejor injerto y un mejor efecto injerto versus leucemia. El desafío consiste en encontrar la combinación exacta de mayor efecto injerto versus leucemia, minimizando el riesgo de enfermedad injerto versus huésped.

La terapéutica de infusión de linfocitos (DLI) del donante puede inducir, en casi un 50% de los casos, efec-

to injerto versus tumor, siendo este porcentaje aceptable a la luz de los pobres resultados obtenidos con segundos trasplantes (alternativa terapéutica estándar). Sin embargo las limitaciones son importantes: Falta de efectividad terapéutica en enfermedades como leucemia mieloblástica aguda y leucemia linfoblástica aguda, morbilidad y mortalidad por tratamiento considerables y alta tasa de recaídas.

La estrategia que busca evitar los problemas generados por el GVHD es la utilización de células T específicas que mantienen efecto injerto versus leucemia con reducido GVHD. Su acción citotóxica potente es mediada por las moléculas clase I y II del complejo mayor de histocompatibilidad. Su principal limitación consiste en la identificación de péptidos específicos virales o tumorales contra los que dirigir la terapéutica, así como la necesidad de protocolos diseñados específicamente para cada paciente.

Otra alternativa terapéutica menos difundida, con protocolos clínicos en curso [9], es la utilización de células citotóxicas inducidas por Citokinas (CIK), que resultan muy eficientes en el reconocimiento y exterminio de células diana tumorales, independientes del reconocimiento HLA y de la administración de IL2, resultando así mejor tolerado por el paciente.

La modificación de la técnica de DLI, tiene como objeto la producción de un efecto más específico basado en la inducción o selección de determinadas células T citotóxicas (CTL), seguido de su expansión y estimulación con células dendríticas autólogas o Células presentadoras de antígenos artificiales, y su posterior administración al paciente. Las CTL puede ser *policlonaes* (cuyo riesgo es que contengan células T no reactivas contra el antígeno deseado, incluyendo algunas que produzcan GVHD en el paciente) o *específicas* contra un determinado virus o antígeno tumoral (en este último caso la limitación se presenta en individuos carentes de inmunidad específica para el antígeno blanco seleccionado). El enfoque más frecuente consiste en generar CTL específicas anti Citomegalovirus o anti Epstein Barr Virus (líneas Celulares CD4 y CD8), anti Antígenos menores del complejo mayor de histocompatibilidad, anti oncogenes determinados, y la expansión de células reguladoras CD4+CD25+.

Las células mononucleares de sangre de cordón umbilical, resultan una fuente inestimable de células efectoras debido a sus características distintivas como: su amplia e inmediata disponibilidad, ausencia de riesgo para el donante, ausencia de desmotivación del donante (unidad criopreservada = unidad disponible), bajo riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, número de precursores hematopoyéticos y de células efectoras

ras inmunes aumentados (no sólo tienen números más altos de precursores hematopoyéticos, sino también mayor frecuencia de células Natural Killer o precursores de células LAK en comparación con sangre periférica), y disminución de la enfermedad injerto versus huésped sin aumento de la recaída. [10].

¿Resulta entonces posible realizar inmunoterapia adoptiva a partir de sangre de cordón umbilical?

Si bien no existe un gran número de bibliografía al respecto, hay evidencia *in vitro* que sugiere que la sangre de cordón umbilical podría ser utilizada como herramienta inmuno-terapéutica. Se ha logrado con éxito la expansión policlonal de células de SCU, tanto en medios de cultivo que contienen suero como en medios de cultivo libres de suero fetal bovino estandar (aplicables clínicamente). Utilizando diferentes metodologías se han alcanzado expansiones en el rango de las 100 veces o más, basadas en el uso de moléculas coestimuladoras anti CD3 anti CD28 y la adición de IL2 *in vitro*. La principal limitación en estos procedimientos resulta la sensibilidad de los linfocitos de SCU a la criopreservación, lo que reduce el rendimiento del proceso.

Un paso intermedio para la producción de CTL, es la generación de células presentadoras de antígenos, siendo las células dendríticas, las células presentadoras por excelencia. Existe sólida evidencia de la eficiencia en generar células dendríticas a partir de células mononucleares de SCU tanto en medios que contienen suero fetal bovino estandar como en libres del mismo (aplicables clínicamente). Los pasos clásicamente consisten en un cultivo con Factor estimulante de colonias granulocíticas macrófágicas e IL4 y luego la maduración con TNF, PGE2 e IL6.

Existen algunas experiencias que demuestran que la sangre de cordón umbilical puede generar CTL específicos contra diferentes blancos: subtipos de HLA, antígenos tumorales como Her2/neu, y más recientemente contra células leucémicas HA-1. También existe evidencia de que, utilizando productos para expansión T (Ej.: cuentas inmunomagnéticas anti CD3 y CD28) se alcanza una expansión policlonal de células seleccionadas tanto de adulto como (evidencias preliminares) de SCU.

La expansión a partir de células de SCU es un área en desarrollo, pero, basado en las experiencias actuales es posible predecir alguno de sus resultados. Primero, el desarrollo de CTL específicos contra determinados virus, como CMV o EBV. Segundo, anticipar un desarrollo progresivo en las estrategias orientadas a la generación de células regulatorias para diferentes objetivos clínicos, tanto en Transplante de órganos sólidos como de células progenitoras hematopoyéticas.

¿Será entonces posible la expansión, en el contexto de la unidad de SCU, con volúmenes tan pequeños y números limitados de células? La vía es a través de la optimización de la mini bolsa de SCU. Si un producto de 5 ml (considerando sólo la bolsa pequeña de almacenamiento, reservando la unidad de 20 ml para el transplante) puede ser estimulado y expandido más de 100 veces, el producto final contendrá entonces células activas inmunocompetentes que corresponderían a más de 500 ml de sangre periférica. En el caso de que la unidad sea utilizada por completo, el volumen se multiplica por 5, convirtiendo al cordón en una verdadera plataforma terapéutica. ■

REFERENCIAS

1. García López, J., *Situación actual de los bancos de sangre de cordón umbilical y su utilidad terapéutica*. Acta Científica y Tecnológica, 2005(9): p. 37-39.
2. Shpall, E.J., et al., *Transplantation of ex vivo expanded cord blood*. Biol Blood Marrow Transplant, 2002. 8(7): p. 368-76.
3. Jaroscak, J., et al., *Augmentation of umbilical cord blood (UCB) transplantation with ex vivo-expanded UCB cells: results of a phase 1 trial using the AastromReplicell System*. Blood, 2003. 101(12): p. 5061-7.
4. Einsele, H. and H. Hebart, *CMV-specific immunotherapy*. Hum Immunol, 2004. 65(5): p. 558-64.
5. Ooi, J., et al., *A clinical comparison of unrelated cord blood transplantation and unrelated bone marrow transplantation for adult patients with acute leukaemia in complete remission*. Br J Haematol, 2002. 118(1): p. 140-3.
6. Rocha, V., et al., *Comparison of outcomes of unrelated bone marrow and umbilical cord blood transplants in children with acute leukemia*. Blood, 2001. 97(10): p. 2962-71.
7. Kato, S., [Comparison between unrelated bone marrow transplantation and cord blood transplantation in children with leukemia]. Rinsho Ketsueki, 2002. 43(6): p. 447-9.
8. Kim, Y.M., et al., *Ex vivo expansion of human umbilical cord blood-derived T-lymphocytes with homologous cord blood plasma*. Tohoku J Exp Med, 2005. 205(2): p. 115-22.
9. Leemhuis, T., et al., *A phase I trial of autologous cytokine-induced killer cells for the treatment of relapsed Hodgkin disease and non-Hodgkin lymphoma*. Biol Blood Marrow Transplant, 2005. 11(3): p. 181-7.
10. Wang, P., et al., *Cytotoxicity of cord blood derived Her2/neu-specific cytotoxic T lymphocytes against human breast cancer in vitro and in vivo*. Breast Cancer Res Treat, 2004. 83(1): p. 15-23.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos: "Esta línea de investigación está patrocinada por el programa "ALLOSTEM", dentro del VI Programa Marco de la UE"

La nanobiotecnología, en apoyo de las soluciones para la salud

AUTORAS: NEREA GARAGORRI, ISABEL OBIETA
INASMET-TECNALIA

Tecnologías punteras o de vanguardia, sofisticadas en extremo como las “nano”, de naturaleza y aplicaciones diversas, se pueden conjuntar para alcanzar las soluciones deseadas para la salud. Desde este punto de vista, el conocimiento, experiencia y liderazgo que INASMET-Tecnalia posee en los materiales, sus procesos y sus tecnologías representan una garantía y eficiencia en las soluciones desarrolladas.

La Unidad de Salud (UNSA) ocupa una atención prioritaria en las actividades que desarrolla INASMET-Tecnalia, junto a otras como las de Transporte, Energía y Medio Ambiente, Fundición, y Espacio.

El lugar destacado que ocupa la Unidad de Salud responde a la intensidad y amplitud de la demanda social sobre soluciones a esta clase de necesidades básicas. Por otra parte, en el desarrollo y aplicaciones de estas soluciones in-



terviene un factor técnico fundamental como es el conocimiento y dominio de la tecnología de los materiales o componentes utilizados.

NANOBIOTECNOLOGIA: SOLUCIONES

PARA LA SALUD

La respuesta de los gobiernos de los países más desarrollados a los nuevos desafíos innovadores ha sido la creación de programas específicos para el desarrollo de la nanotecnología. La comunicación COM (2004) 338: “Towards an European strategy for Nanotechnology” de la Comisión Europea propone acciones para el mantenimiento y fortalecimiento de la posición de la I+D europea en el ámbito de la nanociencia y la nanotecnología.

Lo cierto es que una especie de revolución científica y tecnológica está teniendo lugar en este campo. Una revolución basada en la capacidad desarrollada de medir, manipular y organizar la materia a la escala del nanómetro, es decir, a escala de los átomos. En la nano-escala, la física, la química, la biología, la ciencia de los materiales, la electrónica o la ingeniería convergen hacia los mismos principios teóricos y técnicas experimentales.

Es muy probable que los avances en nanotecnología conduzcan a cambios radicales en el modo en que se entienden y fabrican los materiales, dispositivos y sistemas. De hecho, muchas veces se dice que la nanotecnología está abriendo paso a la nueva revolución industrial.

La complementariedad existente entre la nanotecnología y la biología molecular ha dado lugar a la llamada nanobiotecnología. La miniaturización ha permitido ya acelerar los análisis biológicos, la posibilidad de auto-ensamblaje de moléculas biológicas o reconocimientos específicos, así como las posibilidades de dirigir medicamentos hacia la diana elegida y dosificar la cantidad.

Todo ello permite avanzar en aspectos antes inesperados de la biomedicina. Los biochips de tamaño nanométrico permitirán analizar rápidamente el ADN, proteínas o células. Se obtendrán nano objetos capaces de atravesar membranas, liberar fármacos o quemar tejidos en la escala nanométrica, además de su alta especificidad.

Será posible la construcción de nuevos nanomateriales con topografías y compuestos controlados de tal forma



que ayuden y promuevan la regeneración de tejidos. También se podrán conseguir nanopartículas que mejoren las imágenes o que puedan detectar hasta moléculas concretas y puedan visualizarse desde fuera.

Las aplicaciones serán múltiples: diagnóstico e imagen, medicina regenerativa y dosificación de fármacos. Tienen grandes posibilidades de aplicaciones campos como los nanomateriales para biosensores y para regeneración tisular, así como la de nanofabricación de dispositivos biomédicos y su biofuncionalización.

SOLUCIONES A LA REGENERACIÓN DE TEJIDOS

La Medicina Regenerativa es un área emergente que persigue la reparación de tejidos y órganos mediante la aplicación de métodos procedentes de Terapia Génica, Terapia Celular, Dosificación de Sustancias Biorregenerativas e Ingeniería Tisular (*), en lo fundamental.

La Ingeniería Tisular combina la utilización de células vivas y biomateriales que actúan como "andamiaje" tridi-

mensional en la reconstrucción y permiten realizar las funciones de la matriz extracelular del tejido. Cada tejido es diferente, siendo así diferentes los requerimientos a cumplir en la tentativa de imitarlos.

El grupo de regeneración de UNSA está trabajando en el desarrollo de formulaciones y formas complejas que respondan a diferentes necesidades fisiológicas, diferente mecánica, etc., dependientes del órgano y/o tejido.

Así para regeneración ósea se apuesta por materiales electroestimulantes como nanocomposites biodegradables funcionalizados con nanohidroxiapatita y nanotubos de carbono. Para tejidos blandos como la córnea el objetivo son los polímeros tipo hidrogel, que actúan de vehículo de componentes regeneradores como nanoesferas cargadas de una sustancia activa antiinflamatoria y células objetivo, en este caso corneales.

Ambas líneas pretenden dar respuesta a dos tipos de tejidos muy diferentes, tejido duro (hueso) y tejido blando (córnea) muy demandados por una sociedad cada vez más longeva y más exigente de una mayor calidad de vida. ■

(*) José Becerra Ratia, Terapia Celular e Ingeniería Tisular para la regeneración esquelética, Acta Científica y Tecnológica, N° 10, 2006, pp. 34-35

Matgas; un centro pionero en España

AUTOR: JAVIER SÁNCHEZ MOLINO
Director de Matgas

La colaboración de empresas e instituciones se ha configurado como un nuevo modelo de cooperación para la investigación entre los sectores público y privado, integrando los diferentes objetivos de las entidades que lo componen. Este tipo de unión da respuesta a las necesidades planteadas por la empresa, así como al desarrollo de productos de interés común. Otra ventaja es que este tipo de colaboraciones crea modelos eficientes para el desarrollo de I+D+I.

Matgas es un claro ejemplo de esta realidad ya que es el resultado de la estrecha colaboración establecida desde hace 20 años entre el Departamento de Investigación de Carburos Metálicos, las universidades y otros centros públicos para llevar a cabo actividades e impulsar proyectos de I+D.

El acuerdo firmado entre Carburos Metálicos, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Uni-

versidad Autónoma de Barcelona (UAB) ha permitido a Matgas ser el primer centro español dedicado a la investigación, desarrollo, transferencia tecnológica y enseñanza en el ámbito de los materiales y los gases. Su creación ha significado una inversión inicial de unos 5,3 millones de euros y tiene como objetivos primordiales; proporcionar soluciones a las necesidades tecnológicas y de formación en el ámbito de materiales y gases, gestionar el conocimiento para el desarrollo de tecnologías comercialmente aplicables, facilitar los procesos de innovación tecnológica e industrial y contribuir al desarrollo tecnológico del Campus de la UAB.

Ubicado en el Campus de la UAB, Matgas tiene un edificio propio de 4 plantas y 2.500 m². Este edificio está dotado de seis laboratorios, un área para plantas piloto y proyectos de preindustrialización, aulas y zonas de gestión. Para la gestión de los diversos proyectos se cuenta con un equipo multidisciplinar que se adapta a las necesidades de los proyectos en curso. De este modo se posibilita que personal de eleva-





da cualificación de los tres socios pueda trabajar conjuntamente en proyectos de alta calidad científica.

Entre sus laboratorios, uno está dedicado a tecnologías de fluidos supercríticos donde los tres socios han consolidado las actividades que realizaban hasta la fecha por separado; otro es un laboratorio de modelización y simulación equipado con los más modernos sistemas de computación en paralelo; otro es un laboratorio de nanotecnologías donde se abordan proyectos relacionados con nanopartículas, propiedades ópticas y mecánicas; otro es un laboratorio de energía, con capacidades para desarrollar proyectos de producción y almacenamiento de hidrógeno, y hay también un laboratorio de reactividad de gases donde se puede trabajar –cumpliendo las medidas de seguridad más rigurosas– con las herramientas más adecuadas para el correcto suministro y manipulación de gases.

PROYECTOS DE MATGAS

En el campo de los materiales se está llevando a cabo un importante proyecto de simulación matemática. El avance tecnológico en la velocidad de procesamiento y en las tecnologías de cálculo en paralelo junto con el desarrollo de nuevos códigos y algoritmos hace de las técnicas de simulación matemática una herramienta muy potente tanto para entender el comportamiento

fundamental de muchos procesos como para orientar la investigación experimental. Muchas de las técnicas de simulación matemática que se utilizan en la actualidad pueden dar información cuantitativa y son, por tanto, de gran interés práctico.

Matgas dispone de un cluster de ordenadores que funcionan en paralelo y que están desarrollando procesos de simulación en química cuántica y en termodinámica estadística, para diseñar, por ejemplo, un nuevo material para absorber gases. Antes de llevar a cabo un proyecto puramente experimental donde se vayan sintetizando compuestos a partir de la bibliografía existente, la experiencia previa y las asunciones de base, se puede “simular” el comportamiento de un gran número de materiales, seleccionar los que teóricamente mejor se comportarán y realizar un trabajo experimental menos costoso.

La nanotecnología es otro de los proyectos en los que se está trabajando actualmente. En Matgas se trabaja en tres áreas: producción y caracterización de nanopartículas, nanoemulsiones y nanocompuestos; propiedades ópticas a escala nanoscópica, y propiedades mecánicas a escala nanoscópica.

La nanotecnología es una de las áreas de mayor impacto potencial en un futuro próximo y donde se están concentrando muchos esfuerzos en todo el mundo. Las nanopartículas



tienen un gran interés en muchos ámbitos, desde la mejora de propiedades mecánicas de polímeros hasta el desarrollo de “drug delivery systems” en farmacia. Además de la producción de nanopartículas y de materiales nanoestructurados, el gran reto es la caracterización de estos materiales debido a sus pequeñísimas dimensiones. El laboratorio de nanotecnología de Matgas cuenta con equipos capaces de determinar las propiedades ópticas y mecánicas de estos materiales.

Matgas también está realizando un importante esfuerzo en el campo del hidrógeno, la energía del futuro. Entre las diferentes ventajas de este elemento podemos destacar que es el elemento más sencillo y abundante del universo además de incoloro, inodoro, insípido y no tóxico. Es por tanto, un combustible limpio, aunque presenta sin embargo grandes retos. El primero es poder producir hidrógeno evitando el uso de combustibles fósiles y de una forma rentable. Otro de los retos que plantea es poder almacenarlo y transportarlo más fácilmente que en la actualidad y a menor coste. Matgas trabaja en proyectos en este sentido. En la producción de hidrógeno se están explorando nuevas formas de producir hidrógeno como el proceso Sunhydrox que genera hidrógeno a partir de agua, luz solar y aguas residuales. También se trabaja en proyectos para el almacenamiento de hidrógeno explorando las posibilidades de distintos hidruros metálicos y químicos.

Entre los diferentes proyectos que se desarrollan se puede destacar en el campo de la alimentación el estudio de diferentes mezclas de gases inocuos para la conservación de productos de almacén atacados por plagas de insectos. Actualmente, los insecticidas que se utilizan son tóxicos y medioambientalmente perjudiciales.

Asimismo, se estudian y desarrollan las soluciones más eficaces de envasado de productos agroalimentarios en atmósfera protectora. Esta técnica permite controlar las reacciones químicas enzimáticas y microbianas manteniendo la calidad y prolongando el periodo de vida del producto.

Otros proyectos en este campo es las aplicaciones de CO₂ supercrítico y el estudio de nuevos sensores capaces de medir en tiempo real la calidad del dióxido de carbono alimentario.

Todos estos proyectos tienen una aplicación directa sobre diversos sectores como: químico, de materiales, farmacéutico, alimentario, biotecnología, curtidos, textil y otros en procesos de hidrogenación, condensación, oxidación, síntesis, micronización, cristalización, catálisis, extracción, separación de mezclas, polimerización y cromatografía, entre otros. ■

E-Diesel

AUTORES: FRANCISCO SORIANO, CARMEN MILLÁN,
RICARDO ARJONA
Greencell (Abengoa Bioenergía)
Avda. de la Buhaira 2, 41018-Sevilla

El modelo energético actual está fuertemente basado en el uso de energías de origen fósil, no renovables, como fuente principal. Estas energías son fáciles de obtener y manipular, y sobre todo relativamente baratas. Además, la mayoría del desarrollo tecnológico de los últimos dos siglos se ha orientado hacia el aprovechamiento de estas fuentes.

Según la Asociación Internacional de la Energía más del 75% de la energía consumida en el mundo durante el año 2004 fue de origen fósil, tal y como se muestra en la figura 1. Sin embargo, los recursos fósiles son limitados y por tanto este modelo energético es finito.

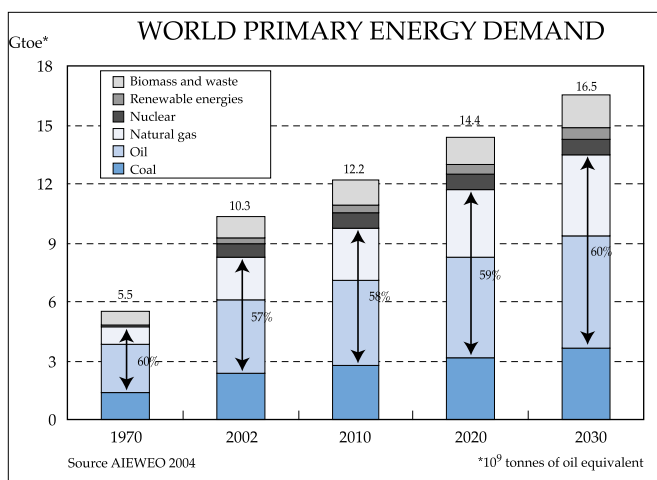


Figura 1 [1]

A mediados del siglo pasado Hubbert [2], a través de la observación de datos de producción durante la vida útil de un pozo de petróleo, dedujo un patrón general (curva de Hubbert) capaz de predecir con diez años de antelación (1959) el punto de máxima producción del petróleo americano (1970) y, como consecuencia, el inicio del declive de esta producción. El mismo Hubbert pronosticó más tarde que el año de máxima producción mundial se daría durante la primera década de este siglo. Algunas reservas de petróleo históricamente importantes (Mar del Norte, Gawar en Arabia Saudí o Cantarell en México) ya han dado indicios del declive de su producción. Aunque es difícil predecir con exactitud cuando se iniciará la crisis energética, lo cierto es que ya se ha producido un aumento alarmante de los precios del barril (figura 2).

Pero la problemática ligada a la disponibilidad de petróleo a bajo coste no se debe únicamente a que este recurso sea limitado, el consumo de las economías emergentes de Asia,

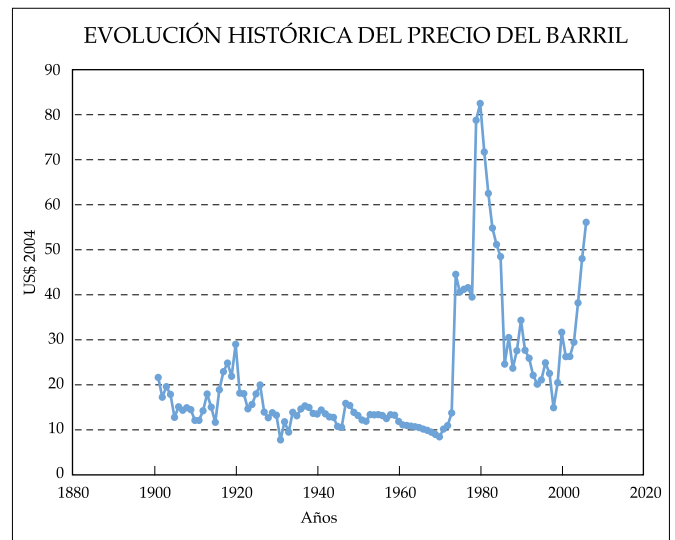


Figura 2 [3]

especialmente India y Asia, crece sin parar (se ha triplicado en diez años) y el crecimiento de sus poblaciones y economías indica que esta tendencia se va a mantener.

Además los países ya desarrollados siguen aumentando sus consumos año tras año. Esta situación está llevando a un agotamiento acelerado de los recursos.

Consumo de petróleo de China, India, Unión Europea (25) y EEUU, por años:

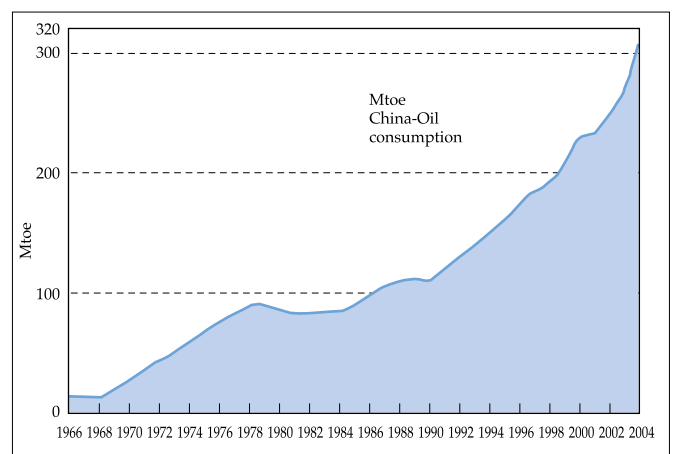


Figura 3 [1]

Por otro lado la capacidad de suministro de combustibles no está únicamente ligada a la producción, la capacidad de refino es un factor fundamental. La mayoría de refinerías del mundo se construyeron antes de la década de los ochenta, y mantienen capacidades de refino similares a las de hace veinte años.

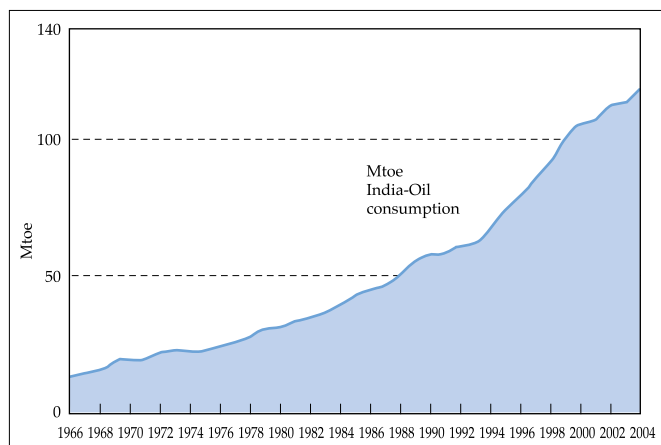


Figura 4

[1]

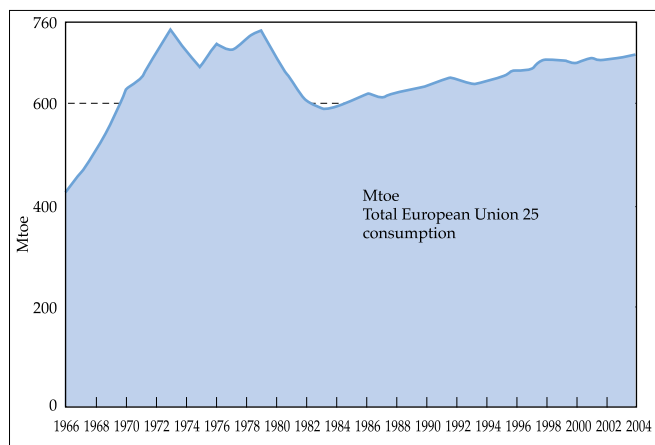


Figura 5

[1]

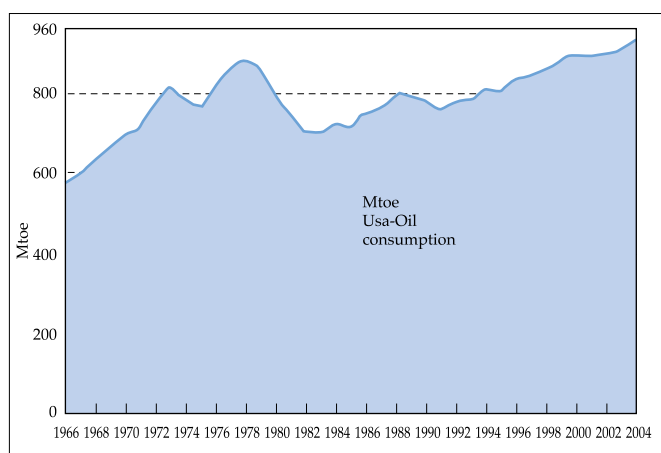


Figura 6

[1]

Esto favorece que algunos productos sustitutos como los biocombustibles capturen una parte de la nueva demanda que las refinерías tienen dificultades para atender.

En el plano político, la mayoría de los países desarrollados están realizando esfuerzos para promover los biocombustibles:

El pasado 31 de enero del 2006 el presidente norteamericano G. Bush declaró públicamente que su país es adicto al petróleo y que este problema sólo puede ser superado con inversión en tecnología. El gobierno americano ha gastado unos 10 billones de dólares en promover la investigación de energías alternativas desde el 2001. Algunos estados, como California, especialmente afectados por la contaminación han desarrollado sus propias normativas para promover los biocombustibles.

La Unión Europea ha fijado que para el 2010 el 5,75% de la energía dedicada a transporte en la unión sea de origen biológico, es decir biocombustibles. Algunos países europeos ya han iniciado el descenso del consumo de petróleo (Suecia y Alemania especialmente).

Una de las aplicaciones en las que el petróleo es especialmente eficiente, y donde es muy difícil encontrar sustituto,

es en el sector transporte, con un uso extendido en vehículos (coches, aviones, barcos...).

La principal alternativa existente al petróleo en el sector transporte es el uso de biocombustibles, combustibles de origen renovable, que presentan un balance neto nulo en sus emisiones de CO₂ y que además tienen emisiones asociadas de partículas, CO y otros contaminantes inferiores a las de los derivados petrolíferos.

Entre los diversos biocombustibles el bioetanol es uno de los más prometedores, empleado a gran escala en diversos países, tanto para su mezcla directa con gasolina como para la producción de ETBE, sustituto del plomo en las gasolinas y que mejora notablemente su índice de octano.

El empleo del bioetanol en mezcla directa está generalizado en países como Brasil y Estados Unidos, con porcentajes entre el 10 y el 85% de etanol en sus gasolinas. En países como Suecia se ha hecho ya popular el empleo de vehículos flexibles, derivados de los vehículos de serie, y que prácticamente con el mismo coste pueden utilizar mezclas de etanol con gasolina hasta el 85%. En España se está introduciendo también el empleo de estos vehículos.

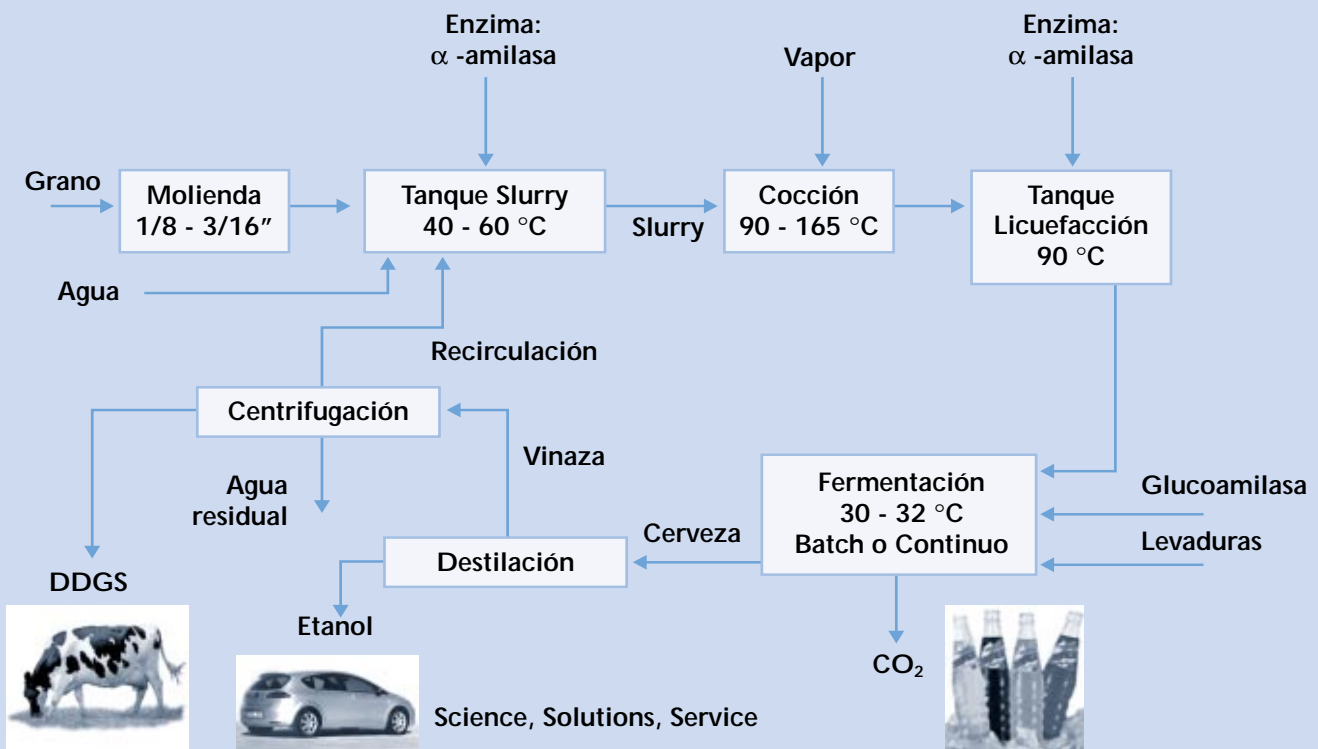
El uso del bioetanol en vehículos diesel mezclado con el gasóleo es una alternativa de sustitución de los derivados del petróleo especialmente atractiva en Europa, donde la venta de vehículos presenta un sesgo muy acusado hacia este tipo de vehículos con casi el 70% del total.

Abengoa Bioenergía es el primer productor europeo de bioetanol, con una producción en Europa que superará los 520 millones de litros anuales en 2006 y que en 2007 llegará a los 750. En Estados Unidos su capacidad productiva llegará a 420 millones de litros anuales en 2006 y a casi 750 en 2007.

La materia prima fundamental en la producción del bioetanol son los cultivos azucarados o con un elevado contenido en almidón, que tras una hidrólisis permiten pasar a una

ABENGOA BIOENERGÍA

Descripción tecnología "Dry Mill"



etapa de fermentación en la que se produce etanol que posteriormente, es depurado mediante destilación.

En el caso de la producción a partir de cereales, se generan co-productos que dan valor añadido al proceso, fundamentalmente un co-producto de alimentación animal que mantiene un elevado contenido proteico, en fibra y en grasa procedentes del cereal, y CO₂ de elevada pureza generado en la fermentación, que se emplea como gas para aplicaciones industriales. En la siguiente figura (figura 3) se muestra el proceso de producción del etanol a partir de cereal.

Actualmente Abengoa Bioenergía está desarrollando la tecnología de hidrólisis enzimática, con la que se pretende producir bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica, y que va a permitir diversificar los tipos de materia prima e incrementar su disponibilidad. Abengoa Bioenergía está construyendo la primera planta a escala mundial de hidrólisis enzimática, capaz de producir 5 millones de litros anuales de bioetanol.

El mercado del etanol en Europa presenta barreras derivadas fundamentalmente de la resistencia de las compañías petrolíferas a introducir un componente en las gasolinas, combustible en el que son excedentarias. Su empleo en mezclas con gasóleo permitiría su introducción en un sector en el que existe un déficit productivo en Europa derivado de la tipología de vehículos empleados.

El e-diesel es una mezcla de diesel (gasóleo) y bioetanol que, junto con un aditivo que favorece su estabilidad y mejora sus características en relación a la lubricidad y el índice de cetano, puede ser empleado en motores diesel sin modificaciones relevantes.

Este combustible presenta numerosas ventajas en relación al gasóleo, pero fundamentalmente la principal se asocia a la sustitución de un porcentaje relevante de combustible fósil por otros de origen renovable.

En la combustión de un motor se dan una serie de reacciones entre el combustible y el oxígeno y, según la concentración de combustible y de oxígeno, se generan una serie u otra de productos de la combustión, algunos de ellos altamente contaminantes. La temperatura y la presión también son factores determinantes en la formación de contaminantes.

Una combustión diesel, por definición, no es homogénea ya que en una cámara con aire a temperatura y presión elevadas, se inyecta una mezcla de hidrocarburos que se quema a medida que entra en la cámara. En las zonas ocupadas por el chorro de combustible hay una falta de oxígeno que genera monóxido de carbono y, sobre todo, fenómenos de pirólisis, lo que provoca que se generen hollines y carbonilla, y que son el origen fundamental de las partículas sólidas que emiten los motores diesel.

Existen diversas tecnologías para reducir la emisión de estos hollines, como las post-inyecciones, los filtros de partículas o el empleo de aditivos oxigenados. El e-diesel, introduce un componente oxigenado, el bioetanol, que mejora notablemente la combustión en el motor, y por tanto las emisiones de partículas, uno de los principales problemas de los motores diesel, se reducen de forma notable, con cifras superiores según algunos estudios al 40%. La presencia de bioetanol disminuye la zona reductora en el proceso de combustión dentro del motor y favorece la combustión completa del combustible.

Las mezclas bioetanol-gasóleo requieren, para su empleo en motores diesel un aditivo que mejore su comportamiento, fundamentalmente para incrementar su índice de cetano, que disminuye con la adición de bioetanol, para aumentar su lubricidad y para mejorar la estabilidad de la mezcla.

El índice de cetano permite evaluar la velocidad de evaporación y de autoignición del combustible, y un índice excesivamente bajo impide una buena marcha del motor e incrementa las emisiones de hidrocarburos. El aditivo empleado en el e-diesel tiene componentes que incrementan el número de cetano para compensar el efecto de la adición de bioetanol.

Otro efecto que ha de generar el aditivo se centra en favorecer la compatibilidad del combustible con los sistemas mecánicos del motor y en especial con el de inyección, que en los vehículos modernos trabaja por encima de las 2.000 atm, con un sistema de inyección muy preciso controlado electrónicamente, y requiere que el combustible ejerza un efecto lubricante sobre sus elementos. El bioetanol disminuye la lubricidad de la mezcla, y por tanto el aditivo ha de compensar dicho efecto para favorecer el comportamiento mecánico de las piezas móviles del motor.

Finalmente el etanol y el gasóleo tienden a segregarse en dos fases, efecto que se acentúa cuando se trabaja a bajas temperaturas, con elevadas proporciones de etanol o en presencia de agua. El aditivo empleado mejora notablemente la estabilidad de la mezcla y limita estos efectos.

En definitiva, el aditivo permite que el e-diesel, manteniendo sus ventajas en relación a una sustitución de un combustible fósil por un biocarburante y además favoreciendo la disminución en las emisiones de contaminantes, lubrique como el gasóleo, desarrolle la combustión como el gasóleo, y no sea más corrosivo que el gasóleo.

En la actualidad existen varios fabricantes que comercializan aditivos en EEUU. El primero en comercializarlos en Europa será O₂Diesel, que ha desarrollado un programa de aplicaciones en Estados Unidos y Brasil con numerosas flotas de

vehículos trabajando con e-diesel. Este aditivo es de origen renovable y por tanto presenta también ventajas sobre otros de origen fósil.

Una opción que Abengoa Bioenergía está valorando es el empleo de mezclas etanol, gasóleo y biodiesel, que además de favorecer la estabilidad de la mezcla permiten incrementar el porcentaje de sustitución por biocarburantes.

El e-diesel presenta una característica que lo diferencia negativamente del gasóleo, su bajo índice de inflamabilidad (*). Esto obliga a la adopción de medidas de seguridad fundamentalmente en las tareas de carga de combustible y el empleo de apagallamas en las bocas de los tanques o de boquillas que impidan el contacto entre combustible y aire (dry-locks). Las modificaciones necesarias en los vehículos para adaptarse a una operación de carga de combustible segura son relativamente sencillas y presentan un coste reducido.

Tras la descripción de las principales características del e-diesel como combustible, la pregunta es ¿cuándo se empezará a comercializar el e-diesel? La respuesta es de inmediato, ya que actualmente se comercializa en EEUU y Brasil para flotas cautivas de vehículos (empresas de transporte público, distribución de mercancías, armada americana...), y en Europa se están preparando las primeras demostraciones en flotas de transporte público.

Abengoa junto con O₂Diesel y Tussam (Transporte Urbano de Sevilla, S.A.M.) está desarrollando un plan de actuación para preparar las instalaciones, los procedimientos de operación y las modificaciones en los vehículos que permitan en un plazo breve el empleo de e-diesel en los vehículos de transporte público de Sevilla.

O₂Diesel suministra en la actualidad este combustible para flotas de vehículos industriales (grúas, camiones y camionetas) del puerto de Los Ángeles. En EEUU existen más de 500 vehículos que ya funcionan con e-diesel.

En resumen se puede decir que el e-diesel reúne todos los requisitos para iniciar su comercialización, reduce las emisiones contaminantes, es técnicamente viable y, una vez se defina el sistema logístico más adecuado, será económicamente viable, a lo que hay que añadir sus numerosas ventajas ambientales y socioeconómicas, derivadas del empleo de un combustible renovable. ■

[1] Statistical review of world energy 2005. British Petroleum.

[2] Dr. M. King Hubbert. "Energy from fossil fuels" Science 1949.

[3] Oil prices. OPEC (OPEP en español).

(*) El índice de inflamabilidad representa la temperatura a la cual puede arder el combustible a presión atmosférica (flash point, o punto de inflamación).

Sistemas Genómicos: La Genética al Servicio del Proyecto Reproductivo

AUTOR: XAVIER VENDRELL
*Responsable de la Unidad de Genética Reproductiva.
 Sistemas Genómicos S.L.*

Sistemas Genómicos es una empresa biotecnológica especializada en el Diagnóstico Genético y la Investigación Genómica. La compañía surgió del Departamento de Genética de la Universidad de Valencia, en el año 1998, siendo la primera empresa española dedicada a la Investigación Genómica, y una de las primeras empresas europeas en ofrecer un servicio de secuenciación de ADN. Desde su constitución, la principal línea de negocio de la empresa ha consistido en la prestación de servicios a la Industria Agroalimentaria y Bio-Farmacéutica. En los últimos años, la empresa ha ampliado su actividad en el área del Diagnóstico Molecular.

En la actualidad, Sistemas Genómicos es la mayor organización privada que proporciona análisis de ADN en España y la única que ha participado en proyectos internacionales de secuenciación de genomas. La empresa centra su actividad en cuatro áreas: Biomedicina, Investigación Genómica, Agroalimentación y Calidad Ambiental.

En el Área Biomédica, Sistemas Genómicos es una compañía líder en el diagnóstico molecular de enfermedades genéticas. Desde hace tres años, su División Biomédica viene desarrollando un programa de Genética aplicado a la Medicina, especializado en el diagnóstico y consejo genético de enfermos, y familiares afectados por trastornos de causa genética y hereditaria.

Dentro de la División Biomédica, la Unidad de Genética Reproductiva tiene por objeto poner a disposición de los profesionales de la Medicina Reproductiva los últimos avances en Genética Molecular y en Citogenética para la determinación de posibles anomalías en los padres y en la descendencia. Para ello, dicha Unidad ofrece todos los estudios genéticos necesarios a lo largo del proceso que constituye el proyecto reproductivo: Consejo Genético, estudios de enfermedades hereditarias en familiares, estudio genético de los usuarios de Técnicas de Reproducción Asistida, Diagnóstico Genético Prenatal, Diagnóstico Genético Preimplantacional (DGP) y estudio genético de abortos.

La metodología utilizada se enmarca en el área de la Citogenética y la Genética Molecular. Desde el punto de vista de la Citogenética, se realizan estudios citogenéticos constitucionales mediante la realización de cariotipos por tinción de bandas G en cromosomas metafásicos e interpretación con cariotipadores automáticos. Estos estudios permiten diagnosticar anomalías estructurales o numéricas en los cromosomas, relacionadas con síndromes malformativos, pacientes con antecedentes de alteraciones cromosómicas, parejas con abortos de repetición, así como en casos de infertilidad.

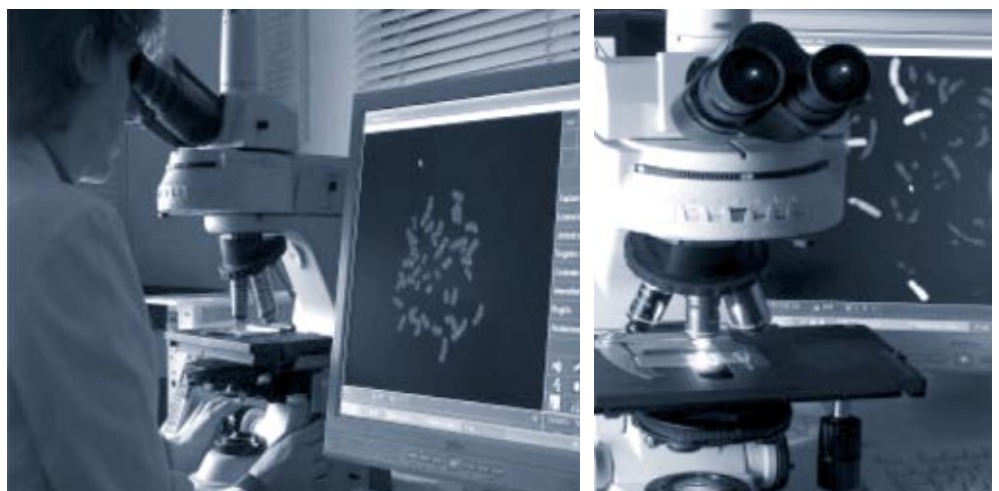
Por otra parte, el desarrollo de estudios citogenéticos prenatales es uno de los principales campos de actuación. El Diagnóstico Genético Prenatal se realiza sobre material proveniente del feto (líquido amniótico, vellosidades coriales o sangre de cordón umbilical), y está encaminado a la detección de posibles anomalías en la descendencia. Estas técnicas permiten la caracterización genética del feto mediante la realización de cariotipos, y aportan a los profesionales clínicos los datos necesarios para dirigir el consejo genético.

Desde el punto de vista molecular se están aplicando las últimas tecnologías en el estudio del ADN para la detección y caracterización de mutaciones responsables de gran número de patologías hereditarias.

INCORPORACIÓN

DE LAS TÉCNICAS DE FISH

La evolución de la Citogenética clásica hacia una escala molecular ha significado uno de los principales avances en el campo del diagnóstico genético en la última década. En este



sentido, la aparición de la hibridación *in situ* fluorescente (FISH), que combina técnicas de Citogenética clásica y Biología Molecular, ha abierto posibilidades analíticas de enorme valor diagnóstico. Cabe destacar el estudio de células interfásicas y la capacidad de detección de varias regiones cromosómicas al mismo tiempo.

En este contexto, la División Biomédica de Sistemas Genómicos, está ofreciendo desde principios de 2005 un servicio altamente especializado de Citogenética Molecular. Este servicio, basado precisamente en la aplicación de la técnica de FISH, permite visualizar secuencias concretas de ADN mediante técnicas fluorescentes. Brevemente, consiste en el marcaje molecular de regiones específicas de ADN con secuencias fluorescentes que pueden visualizarse mediante sofisticados equipos de digitalización de imagen y codificación de colores.

El desarrollo de las más modernas aplicaciones de la Citogenética Molecular dentro del Laboratorio de Genética nos permite abordar estudios que escapan a la capacidad de detección de la Citogenética clásica, entrando de lleno en el campo de la patología molecular, estudiando el origen de las enfermedades a través de la caracterización de las mutaciones que las provocan. Estas técnicas amplían las posibilidades diagnósticas, realizando estudios genéticos precisos, que son extremadamente importantes para el manejo clínico de los pacientes y sus familiares. Asimismo, la incorporación de esta metodología diagnóstica supone un salto cualitativo, situando a nuestro grupo entre los laboratorios de diagnóstico genético de más alto nivel.

APLICACIONES DE LA FISH

La técnica de FISH tiene gran importancia en el campo del diagnóstico prenatal y en el estudio de patologías concretas en enfermos o pacientes bajo sospecha clínica. La ventaja de la aplicación de la FISH en el Diagnóstico Prenatal radica en la enorme reducción del tiempo de obtención de los resultados (48 horas) para el estudio de las anomalías más comunes que afectan a los cromosomas 13, 18, 21, X e Y.

Por otra parte, el manejo de las técnicas de Citogenética Molecular hace posible el estudio de anomalías cromosómicas relacionadas con síndromes específicos asociados al cáncer hematológico y de tumores sólidos. El estudio genético de células somáticas para la detección del cáncer ha experimentado una creciente demanda por parte de los profesionales médicos. La importancia radica en la rapidez del diagnóstico (a las 24 horas de obtención de la muestra) y en la precocidad en la detección de las patologías.

Otra de las aplicaciones de la FISH es el estudio de células sin cultivar, procedentes de restos abortivos para el rastreo de más del 80% de las anomalías cromosómicas que afectan a los cromosomas 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, X e Y. Las ventajas

de la aplicación de la FISH en estos casos radican en la posibilidad de distinguir células fetales y maternas, la capacidad de detectar mosaicos debido al gran número de células analizadas, la rapidez del procedimiento (24 horas) y la posibilidad de evitar el riesgo de un eventual fallo del cultivo debido al tipo de material celular de que se trata.

Por último, el desarrollo de las técnicas de FISH nos ha permitido la puesta a punto de una de las técnicas diagnósticas más precoces que existen en la actualidad, el Diagnóstico Genético Preimplantacional (DGP) de embriones humanos. Esta herramienta diagnóstica altamente especializada permite detectar enfermedades genéticas en los embriones antes de la implantación en el útero materno a partir de una sola célula embrionaria. En la Unidad de Genética Reproductiva de Sistemas Genómicos se aborda el DGP, como apoyo a las Unidades de Reproducción Asistida, desde dos puntos de vista: la mejora de los resultados de FIV y la detección de enfermedades concretas en embriones de parejas con elevado riesgo de transmisión.

Mejora de los resultados de FIV

La existencia de embriones aneuploides puede ser la causa de las bajas tasas de embarazo e implantación en determinados pacientes de FIV y, en particular, en las mujeres de edad reproductiva avanzada. El estudio de las aneuploidias responsables de la mayoría de los abortos tempranos y los fallos de implantación en los embriones permite mejorar las tasas de embarazo e implantación, y reducir el número de abortos.

En Sistemas Genómicos ofrecemos el screening de aneuploidías mediante FISH de 5 cromosomas (13,18,21,X,Y), 7 cromosomas (13,16,18,21,22,X,Y) y 9 cromosomas (13,15,16,17,18,21,22,X,Y), dirigido a:

- Mujeres de edad reproductiva avanzada
- Parejas con abortos de repetición y cariotipo normal
- Parejas con fallos repetidos en programas de FIV
- Parejas con embarazos previos aneuploides
- Varones con elevada incidencia de anomalías espermáticas

Parejas con riesgo

Existe un grupo de pacientes con un elevado riesgo de transmitir anomalías genéticas a su descendencia, tanto anomalías cromosómicas estructurales (translocaciones, deleciones, duplicaciones, etc.), como anomalías que afectan a un solo gen. En estos casos las técnicas de DGP permiten la interrupción del patrón de herencia de la enfermedad y el nacimiento de niños sanos.

La Unidad de Genética Reproductiva de Sistemas Genómicos ofrece una comunicación clara y directa con las Unidades de Fecundación In Vitro basada en el intercambio de información y la proximidad. ■

Álvaro Azcárraga en SENER

Todos los años distinguimos a varios científicos y a varias empresas españolas con la placa de honor de nuestra asociación y aprovechamos la ocasión para darlos a conocer en esta revista como elementos de nuestro sistema ciencia-tecnología, que pueden alternar, incluso ventajosamente, con los científicos y empresas de las naciones europeas.

Es importante que, con estos ejemplos, el público español se entere de que no es invalidante la condición de español para ser alguien valioso en el mundo de la ciencia y de la innovación tecnológica.

Un caso absolutamente paradigmático para producir estos benéficos efectos es el de Álvaro Azcárraga Arana, jefe de la división aeronáutica de la empresa Sener. Es un ingeniero aeronáutico que ha ocupado puestos preeminentes en la investigación y en la industria espacial europeas, desde que en 1972 se incorporó a SENER para abrir la empresa a los más importantes programas espaciales y aeronáuticos internacionales. Ya en 1990 fue nombrado Presidente de la Federación Internacional Aeronáutica. Y en 1998 fue condecorado con el Premio Allan D. Emil por su contribución a la astronáutica europea. Pertenece a la junta directiva de ATECMA y de AFARMADE, asociaciones españolas de las industrias aeronáuticas y de la defensa. La propia Unión Europea le eligió como evaluador del Joint Research Centre.

Pues bien, ya va siendo hora de que registremos la concesión a Azcárraga de la medalla de oro de la Confederation of European Aeronautical Societies, que se le entregó en el Salón de Le Burguet en mayo de 2005. Con tal distinción se premiaba su contribución al desarrollo de la aeronáutica y del espacio a través de la cooperación internacional. En esta confederación entran ocho países: Francia, Alemania, Italia, España, Países Bajos, Suecia, Suiza y el Reino Unido, y cuenta con 25.000 miembros asociados. Se trata de la más distinguida condecoración europea en esta especialidad, que ha sido concedida en anteriores ocasiones a Jean Pierson (padre del Concorde), Walter Kröll, director del Centro Aeroespacial alemán, y a Sir Ralph Robins, presidente de ROLLS-ROYCE. En esta ocasión la candidatura de Azcárraga compitió con la de Tomas Enders, Presidente de EADS (la propietaria de Airbus) y Jean Paul Bechat, presidente de SNECMA, el fabricante de turbinas francés.

Ha sido un año copioso de reconocimientos. Fue elegido Presidente de la Fundación Euroespacio y Presidente de Galileo Sistemas y Servicios, la entidad española que forma parte como accionista de Galileo Industries, el fabricante del sistema europeo de navegación por satélite.

De estirpe alavesa, Azcárraga hizo ingeniería aeronáutica en Madrid, terminó la carrera en 1963, al año siguiente hizo un master en aeroespacio en la Universidad de Prin-



Álvaro Azcárraga

eton, y en el 1965 obtuvo el doctorado en la Politécnica de Madrid. Azcárraga es además un tipo pensante, con una sinceridad berroqueña para hacer diagnósticos certeros de política nacional y europea, y con una fe casi graciosa en el fenómeno humano. Por ejemplo, tiene debilidad por los tipos de biografía exótica que pueden decir algo especial, inaudito, pero acaso aprovechable. Un creativo al que nada le parece tan valioso como una idea. Viendo lo que Azcárraga es uno se explica que haya en España una empresa como SENER, mundialmente reconocida, con 17 satélites en órbita equipados con sus componentes, y entre ellos el más notorio de todos, el Hubble. ■

LIBROS



TERAPIA GENICA

Autor: Antonio Talavera
Editorial Ephemera.
Madrid. 2004

(...) Ciencia básica y aplicada, las dos alimentándose mutuamente para componer el tic-tac del reloj que mide el conocimiento, se ilustran muy bien en este

libro tan interesante y actual que ha escrito Antonio Talavera sobre Terapia Genética, una disciplina de inmenso potencial biomédico para el siglo XXI que aún no había sido abordada a este nivel en castellano (...) Se trata de un texto de divulgación científica cementado tanto por la experiencia directa del autor en laboratorios de prestigio de primera fila (C. Basilio, A. K. Kleinsmidt), así como por su formación en áreas diversas de la biología moderna (replicación celular, retrovirus, poxvirus, bacteriófagos, etc.), su participación activa desde la Sociedad Española de Virología (SEV) y también su labor docente entusiasta que realiza en la Universidad Autónoma de Madrid. Comenzando por la arquitectura de la herencia, desde los cromosomas al

nucleótido pasando por el concepto del gen, el libro nos introduce en las enfermedades genéticas sin descuidar los aspectos básicos, en las características de las dianas celulares destino final de la terapia, y nos aporta una descripción sistemática de distintos tipos virus, desde los sencillos de fácil manipulación hasta los más complejos o integrativos en el genoma celular, describiendo el fundamento pormenorizado de su uso como vectores en terapia génica. A continuación destaca la formación genética del autor al abordar enfermedades complejas, su visión en aplicaciones diversas de la terapia genética, con ejemplos ilustrados de complejidad diversa. Por último acaba con una reflexión (filosofía incluida) sobre el futuro, pero sin alejarse de la base científica, lo predecible y lo que no lo es. En definitiva un manual de conocimiento útil escrito por un erudito del gen para un público muy diverso, como guía para estudiantes e investigadores inquietos que deseen adquirir una visión integral y actualizada de la Terapia Genética, así como a modo de libro de consulta para médicos, farmacéuticos y otros profesionales de la biomedicina que generalmente y contra su deseo carecen de una formación genética adecuada...

(Extracto del Prólogo a cargo del Dr. José María Almendral del Río, Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, Universidad Autónoma de Madrid).

NOTAS

Polimorfismos genéticos que condicionan el éxito de los trasplantes de progenitores hematopoyéticos

CINTIA MANZANO, NOEMÍ SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, JOSÉ L. DÍEZ-MARTÍN & ISMAEL BUÑO

Servicio de Hematología. Hospital G.U. Gregorio Marañón. Madrid.
C/Doctor Esquerdo 46, 28007 Madrid.

Correo-e: ibuno.hgugm@salud.madrid.org

El trasplante de progenitores hematopoyéticos (TPH) es el procedimiento de terapia celular de elección para tratar distintas enfermedades hematológicas (leucemias, linfomas, mielomas, etc.) y no hematológicas (algunas enfermedades congénitas, autoinmunes, etc). El TPH alogénico pretende sustituir el sistema hemopoyético alterado de un paciente por otro sano procedente de un donante, familiar o no emparentado. El fundamento terapéutico del TPH alogénico reside en el tratamiento quimio-/radioterapéutico de acondicionamiento previo al trasplante, así como en el efecto inmune ejercido por células del donante contra células tumorales del paciente (efecto del injerto contra la leucemia o tumor -EICTL/T-). Las células inmunocompetentes del donante pueden reconocer como "extrañas", no sólo a las células tumorales del paciente, sino también a distintos tipos de células sanas de éste, provocando el efecto secundario conocido como

enfermedad del injerto contra el huésped (EICH). La intensidad de las fuerzas inmunológicas que se establecen entre donante y receptor (alorreactividad) es, por tanto, de crucial importancia, ya que determina la morbimortalidad y la evolución post-trasplante.

Las citocinas son mediadores proteicos solubles producidos por diferentes tipos de células, como linfocitos y macrófagos, que regulan la actividad de las células que las producen y de otras promoviendo procesos de proliferación y diferenciación celular y, consecuentemente, modulando la intensidad de la respuesta inmune. Es conocido que ciertos polimorfismos en los genes de algunas citocinas modifican su expresión, resultando en una mayor o menor producción de la proteína. Nuestros resultados y los de otros grupos han demostrado que algunas variantes alélicas son críticas para el desarrollo de complicaciones como EICH, rechazo, recidiva y para la supervivencia post-TPH. Por ejemplo, la presencia de alelos alorreactivos de una citocina anti-inflamatoria, la interleucina-10 (IL-10), en el donante, mostró una asociación estadísticamente significativa con el desarrollo de EICH crónica extensa, lo cual condiciona la morbimortalidad de los pacientes receptores. Estos resultados parecen indicar la existencia de una predisposición genética hacia el desarrollo de ciertas complicaciones post-trasplante. El análisis de un mayor número de pacientes así como de nuevos polimorfismos en los genes de las citocinas permitirá establecer grupos de pacientes con más riesgo a desarrollar dichas complicaciones y, por tanto, establecer las estrategias terapéuticas oportunas de una manera precoz. ■

NOTAS

Puesta en marcha del programa "PHISICO2" para la producción de hidrógeno sin emisiones de CO₂

El hidrógeno se ha postulado como una de las alternativas más prometedoras a medio plazo para combatir el efecto invernadero y el calentamiento global, ya que su combustión únicamente produce emisiones de vapor de agua. Para que esta afirmación sea totalmente real su producción debe desligarse completamente de la generación de CO₂, es decir, deben estudiarse métodos alternativos a los actuales de reformado con vapor, oxidación parcial o gasificación de diferentes combustibles fósiles, donde el dióxido aparece como subproducto en grandes cantidades, y de la electrolisis de agua, ya que la energía eléctrica necesaria se obtiene también en procesos con altas emisiones de este gas a no ser que se empleen energías renovables.

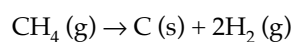
Centrado en este objetivo, el pasado 1 de enero se puso en marcha el Programa de Colaboración entre Grupos de Investigación "Producción limpia de hidrógeno: alternativas sin emisiones de CO₂" financiado por la Comunidad Autónoma de Madrid y en el que participan el Grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos, el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Grupo de Tecnología Solar Térmica del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, el Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial y las empresas Repsol-YPF y Hynnergreen. Las vías sometidas a investigación y desarrollo son los ciclos termoquímicos, fotoelectrolisis de agua, y descomposición catalítica de metano.

Los ciclos termoquímicos se basan en el empleo de calor para provocar la disociación del agua en hidrógeno y oxígeno. La transformación puramente térmica resulta inviable desde un pun-

to de vista práctico, ya que sería necesario alcanzar temperaturas del orden de 3.000 K. Por tanto se plantea la disociación del agua en varias etapas, combinando diferentes reacciones químicas donde se generan H₂ y O₂ de forma secuencial, lo que favorece su separación y evita el desarrollo de la reacción de recombinación. En esta línea se investigarán diferentes ciclos reactivos y se diseñarán y desarrollarán los reactores solares necesarios.

Mediante fotoelectrolisis se consigue descomponer la molécula de agua con la consiguiente producción de H₂ empleando energía solar directamente, sin necesidad de convertir previamente esta energía en electricidad. En estos procesos fotoelectroquímicos se utilizan materiales fotovoltaicos y semiconductores que al ser expuestos a la luz producen una diferencia de potencial eléctrico, la cual a su vez provoca la escisión de la molécula de agua. Las investigaciones se encaminarán al desarrollo de materiales con mayor efectividad.

La descarbonización de metano pasa por su descomposición en atmósfera inerte obteniendo hidrógeno gaseoso y carbono elemental.



Pese a que la eficiencia energética global de esta alternativa es menor que la del proceso de reformado con vapor de agua, presenta como ventaja de gran importancia la inexistencia de emisiones de CO₂, obteniéndose carbono sólido como coproducto. En este campo, la obtención de catalizadores que permitan el desarrollo de las reacciones a menor temperatura es de crucial importancia.

Para mayor información contacte con David Serrano Granados, Coordinador del Programa (david.serrano@urjc.es) o con Carmen García Gonzalo, Coordinadora del Subcomité de Difusión (garcia@c@inta.es). ■

Remodelación del Campus del CSIC en la Ciudad Universitaria de Madrid

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) se encuentra realizando un proyecto técnico de remodelación y acondicionamiento de su Campus en la Ciudad Universitaria de Madrid. El citado Campus se encuentra situado entre la avenida de Gregorio del Amo y la calle de Ramiro de Maéztu, y reúne a tres institutos del CSIC: el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), el Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM) y el Instituto del Frío (IF). Con la excepción del CIB, que se asienta en un edificio de nueva creación inaugurado en el año 2004, los otros dos centros, el CENIM y el IF, se encuentran instalados sobre un conjunto de edificios de mayor antigüedad, entre los 30 y los 50

años. Los primeros edificios del CENIM que dieron origen a este Campus se crearon en 1959. El CENIM y el IF con el paso del tiempo han ido adaptando su tecnología hacia formatos de trabajo experimental que precisan de una concepción diferente de los espacios del centro, haciendo prácticamente obsoletas algunas de sus antiguas instalaciones, y que a la vista de las necesidades experimentales actuales requieren de una remodelación profunda para hacer un uso eficaz de las mismas. Las actuaciones que se han de realizar para conseguir el objetivo de este proyecto son esencialmente de tres tipos: acondicionamiento de zonas no edificadas en la parcela del Campus, creación de nuevas instalaciones/infraestructuras para unidades de servicios comunes y posibilidades para la utilización conjunta de servicios ya existentes, y acondicionamiento de los edificios, instalaciones e infraestructuras propias de cada instituto. ■

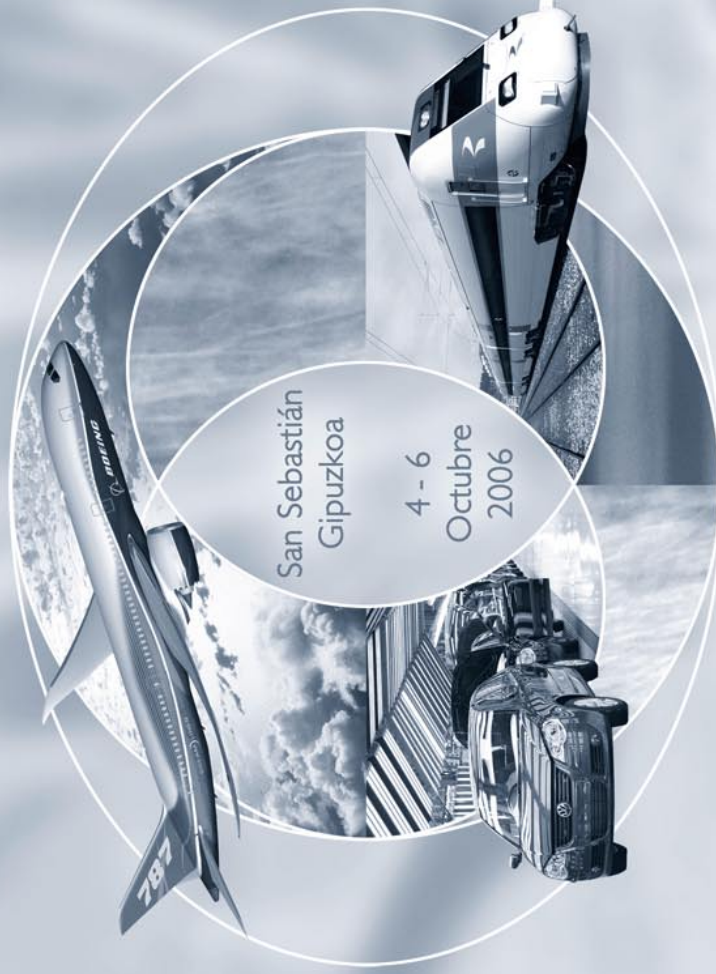
Ingeniería Avanzada
Soluciones
Innovadoras

AEROSPACIAL y SISTEMAS - COMUNICACIONES - VEHÍCULOS
SISTEMAS de ACTUACIÓN y CONTROL
CIVIL - ENERGÍA y PROCESOS - NAVAL



SENER

www.sener.es



TÓPICOS

Aligeramiento
Seguridad
Comfort

Mejora de Prestaciones
Procesos de Fabricación
Gestión de la Innovación

FECHAS RELEVANTES

Recepción de abstracts: 31 Marzo
Notificación de la aceptación: 30 Abril
Envío del trabajo completo: 30 Junio
Programa Final: 15 Julio
Fechas de la Conferencia: 4-6 Octubre