

EDITORIAL

De pocos años a esta parte se están produciendo nuevas formulaciones en materia de I+D+i que en estos días están empezado a estamparse en los textos legales de una nueva política científica o en informaciones oficiales y ministeriales que nos anuncian cómo se va a vertebrar la política científica de nuestro país. Tales anuncios y consideraciones constituyen, pues, los trazos de un nuevo escenario real que ha empezado a construirse, que vale tanto como decir de una nueva época sobre cuya importancia quisiéramos llamar la atención. No tenemos el menor empacho en proclamar que, desde la creación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de la Universidad española de la postguerra no recordamos un momento tan interesante en la formulación de nuevas ideas y proyectos tocantes a la política científica, tecnológica y de la innovación.

Con esta última afirmación difícilmente nos eximiríamos del peligro de parecer petulantes o ponderadores gratuitos de supuestas glorias de nuestro tiempo, o desconocedores de épocas en las que la I+D española funcionó con no escaso decoro y sensatez.

En realidad no se trata de parangonar épocas o méritos pasados y presentes, sino de advertir que la evolución de la vida social ha producido situaciones cuya mera descripción objetiva es por sí misma un alegato argumental. Tal sucede con el binomio Prosperidad – Ciencia que en el último cuarto del siglo XX y comienzos del XXI ha producido resultados espectaculares en el Poder Económico, en el Poder Político, en el Poder Militar, en la Sanidad, en la percepción de nuestro planeta y de nuestro medio ambiente. Se ha puesto de manifiesto que casi toda la sustancia de la vida de los pueblos y de la actividad política de los Estados tiene que ver con su desarrollo científico-tecnológico. Esto ha sido así desde la más remota antigüedad, pero ha sido ahora cuando se ha percibido como un hecho aplastante. La historia de la Tecnología

cada vez más será una clave interpretativa fundamental de la Historia en general. Un pequeño detalle como la aparición de los estribos en los caballos tuvo consecuencias importantes en la formación de las fronteras europeas; y el imperio hitita se fundó sobre la base de un descubrimiento metalúrgico que daba una desconocida dureza a sus espadas. Pero ha sido desde Silicon Valley y desde la aparición de las Tecnologías de la Comunicación cuando la investigación científico-tecnológica se ha constituido en consciente eje central de la vida de las sociedades avanzadas. Queremos decir con todo esto que la formulación de una nueva política científica y de unos nuevos conceptos al respecto no son tanto el fruto meritorio de inteligencias privilegiadas cuanto ineludibles imposiciones de la realidad imperante.

En el caso español ha habido condicionantes que han retrasado el despertar de nuestra sociedad a la tecnología y la innovación modernas. Los cuarenta años de autarquía, con las fronteras cerradas, permitían a nuestros empresarios montar empresas sin base tecnológica propia e imputando a costos el pago al extranjero del *royalty* correspondiente. Era un planteamiento expeditivo que ni siquiera llegaba a cuestionarse pensando en un futuro democrático y de fronteras abiertas, porque en nuestra clase empresarial –en realidad en la totalidad de nuestra sociedad– fallaba la cultura científica como parte integrante de nuestra cultura general. Después se desarrolló la industria del Turismo y de la Construcción con los resultados de todos conocidos a efectos de enriquecimiento espectacular. La existencia de una Banca muy competente, operando por encima de estos dos fenómenos, determinó el predominio de una economía financiera o especulativa que orientaba el afán de lucro hacia actividades lejanas de las luchas y durezas de una economía real. Esta situación se hizo explícita hace pocos años, pero el advenimiento de la actual crisis económica, con sus problemas, y también con sus enormes posibilidades, ha te-

nido como resultado en las personas más responsables y conscientes la formulación de una tarea nacional apremiante: la transformación de la economía de España, eminentemente financiera, en una economía real, mediante el desarrollo del aparato científico, tecnológico y de innovación. Este es el tema de nuestro tiempo.

Nos parece de justicia reconocer que el arranque efectivo de la política española en esta dirección ha de referirse al presidente Rodríguez Zapatero que en la pasada legislatura ha tenido un empeño constante en ir aumentando, años tras año, la cuantía de las partidas presupuestarias para I+D. En este terreno ha cumplido religiosamente sus promesas y el mundo de la investigación pública española ha empezado a desenvolverse con una aproximación a la decencia que habría sido más ostensible y convincente si la raza de los sempiternos expertos de nuestro *establishment* científico, encargada de aprobar proyectos y dispensar fondos, hubiera experimentado paralelamente una mejora en sus hábitos y puntos de vista, y un aumento de su voluntad ética. Creemos que la ciencia española está transmitiendo una impresión nueva hacia el exterior. Y no es la menor señal de esto el hecho sorprendente de que, en estos últimos años, casi la mitad de los concursantes a programas y proyectos de nuestro sistema público de investigación la integran extranjeros, de Europa y de otros países, que han querido unirse a investigadores o grupos de trabajo españoles cuya ejecutoria científica recababa su interés y admiración.

La perspectiva alarmante de la crisis económica nos hizo recibir con júbilo las reiteradas proclamaciones presidenciales de que no pensaba contraer los presupuestos en achaque de atención social y de investigación científico-tecnológica. La Oposición condenaba como prodigalidad irresponsable el anuncio de unos Presupuestos no restrictivos en estos terrenos, pero creíamos que en lo que respecta a la I+D+i española era valiente, sabia y digna de encomio la voluntad presidencial de seguir financiando con mayor holgura. En estas estábamos cuando se ha producido un cambio de propósitos. El Presidente ha anunciado que el Ministerio de Ciencia e Innovación va a ser el más perjudicado por la contención del gasto público en el año 2009. El aumento en I+D+i va a ser del 6,7 %, y se ha reducido en un 5,1 respecto al año pasado.

Esta marcha atrás del Presidente no es tan grave por sus consecuencias crematísticas, porque la actividad de I+D se desarrolla de hecho en contextos plurianuales, y no se va a hundir el mundo porque durante un año el dinero sea menos abundante. La verdadera importancia del extremo que comentamos radica en que no pocos habíamos llegado a creer que, por fin, teníamos un Presidente de Gobierno para el que la Ciencia, la Tec-

nología y la Innovación era el bien supremo, el ideal indeclinable, el florón intangible. Esa era la imagen que ha venido transmitiendo el presidente Rodríguez Zapatero, y habría sido congruente con dicha imagen que no hubiera admitido presiones, ni reclamaciones, ni reducciones en asunto de tanta monta y de tanta consecuencia para el futuro de nuestro país. ¿Le falta perseverancia y firmeza a nuestro Presidente? Y no es sólo eso. Su vivencia de la política parece esconder derivaciones lúdicas que le llevan a perderse en regates cortos, tratándose de asuntos cuya entidad no admite matices transaccionales ni cesiones al capricho voluntarista. Decimos esto porque parece que ha transigido con el Gobierno vasco en asunto tan grave como las transferencias de I+D+i que no interesan en realidad a los que tiran del carro de la investigación en Euskadi y tan sólo movilizan a los profesionales de la política nacionalista cuyo menester más satisfactorio consiste en ir ganando batallas a Madrid.

Quizá lo mejor que ha hecho el presidente Rodríguez Zapatero es poner en el Ministerio de Ciencia e Innovación a la ministra Cristina Garmendia. Por lo que hemos visto hasta ahora, ella parece que va a representar en nuestra vida nacional el último capítulo de aquel arbitrio español que ya en González de Cellorigo advertía de que “la riqueza sólo crece por la natural y la artificial industria”, “mientras las operaciones especulativas y los privilegios administrativos empobrecen el reino porque generan el abandono de los oficios y de las actividades productivas”. Como lo exigía el punto de nuestra Historia al que hemos llegado, Cristina Garmendia lisa y llanamente se ha planteado llevar a cabo el último capítulo de la modernización de nuestro país que no es ni más ni menos que la transformación de nuestra economía financiera y bancaria en una economía real. Y para esta tarea no cabe duda de que ha ido al lugar adecuado.

En efecto, el mundo empresarial, si ha de ser competitivo y próspero, tiene que surgir de lo que ha empezado a llamarse la industria del conocimiento. Convertir ideas nuevas en cosas nuevas, y venderlas con lucro, implica un proceso que discurre fundamentalmente por la Universidad, los Centros de Investigación, los Parques Tecnológicos y las empresas de producción. Quizá ha resultado algo traumático para algunos el desgajamiento de la Universidad respecto a la totalidad del sistema educativo. Incluso pudiera suceder que las Facultades más doctrinales o especulativas se sintieran menos apreciadas o reconocidas en cuanto partes de un mundo repensado como agente de prosperidad económica y de bienestar del pueblo. Por otra parte Cristina Garmendia ha creado instrumentos jurídicos que invitan al docente o al investigador universitario a pasar hasta cinco años en el seno de una empresa, sin me-

Visión global, respuesta global

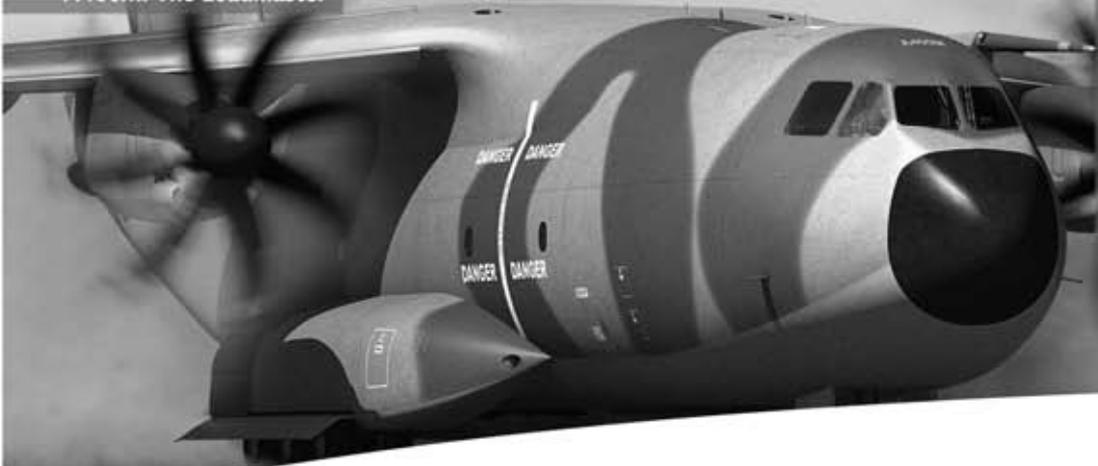


A330 MRTT: El Transporte/Cisterna más capaz



CN-235 USCG: La referencia para la Vigilancia Marítima y seguridad Nacional

A400M: The Loadmaster



Damos respuesta a los nuevos requerimientos del mercado con soluciones innovadoras y competitivas. Sofisticados Sistemas de Misión imprescindibles para la Vigilancia Marítima y Seguridad Nacional, la más completa gama de aviones de transporte táctico y logístico, o aviones multimisión (Multi Role Tanker Transport). Hoy en día la División de Aviones de Transporte Militar actúa globalmente con productos que ofrecen la mayor efectividad con la última tecnología.

EADS
MILITARY TRANSPORT
AIRCRAFT

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, Celia de la Cuadra.

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

Una nueva etapa para la Ciencia en España. JOAN CALABUIG RULL	6	Microhilos magnéticos amorfos: del laboratorio a la empresa spin-off PILAR MARÍN PALACIOS	25
La implantación de la I+D+i en la Comunitat Valenciana, de la teoría a la práctica JOSÉ M ^a GUIJARRO Y JORGE	8	Aproximación para la activación del uso sostenible de los Recursos Genéticos de Leguminosas. Desarrollo de técnicas de pre-mejora respetuosas con los polinizadores MARÍA JOSÉ SUSO	32
Estrategias Regionales de Innovación: el caso de la Comunidad Valenciana IGNACIO FERNÁNDEZ DE LUCIO Y ELENA CASTRO MARTÍNEZ	11	Aportaciones de Cajal al conocimiento del núcleo celular: El cuerpo accesorio MIGUEL LAFARGA, IÑIGO CASAFONT, ROCÍO BENGOCHEA, OLGA TAPIA Y MARÍA T. BERCIANO	36
PSE-Arfrisol una alternativa al ahorro energético en edificios de oficinas JESÚS HERAS RINCÓN	15	Gases para la Industria Farmacéutica LIEVE DE PAEPE	43
Torresol Energy, la apuesta de SENER por la energía termosolar por concentración ÁREA DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE SENER GRUPO DE INGENIERÍA	20	El objetivo final debe ser: coches de emisiones cero FRANCESC ANDREU	45

noscabo del *currículum* universitario y de su antigüedad en el mismo. ¿Puede dar lugar todo esto a derivaciones no del todo acertadas?

Respecto al decreto sobre los cinco años de permanencia de los docentes universitarios en las empresas nos gustaría saber cómo cuantifica la ministra la importancia de este arbitrio legal. ¿Piensa la ministra en una tupida red de desplazamientos universitarios desde las Universidades hasta las empresas para investigar en nuevos productos? ¿Sería esa la manera por excelencia de solucionar el problema de la tecnología empresarial? Ignacio Fernández de Lucio, coordinador del grupo *Ingenio* de la Universidad de Valencia, en un trabajo titulado *Cómo innovan las empresas españolas* ha puesto de manifiesto con absoluta solvencia que las empresas verdaderamente innovadoras y productoras de tecnología son las que tienen dentro de ellas mismas un equipo propio y estable de investigación. Ello nos devuelve a la concepción tradicional de la Universidad como formadora de doctores y licenciados capaces de integrar estos equipos empresariales y estables de investigación.

La Ministra se ha adelantado a tranquilizar a quienes temen por la autenticidad y la continuidad del *Alma Mater*. Ella ha advertido: “no podemos olvidar algo básico: la Universidad tiene también el cometido *esencial* (el subrayado es nuestro) de garantizar el mantenimiento de determinados saberes y campos de investigación que, aunque no sean percibidos por la opinión pública como relevantes para la competitividad económica deben preservarse en el ámbito universitario como parte de una función histórica y cultural”. Por otra parte su percepción de la Universidad es brutalmente exigente de acuerdo con los cánones internacionales de las naciones cultas. Ella ha soltado a los cuatro vientos que ni una sola Universidad española figura entre las cien mejores de Europa. Y ha planteado como un ultimátum que, para el año 2015, tienen que estar nuestras Universidades entre las mejores de Europa. Es la llamada *Estrategia Universidad 2015* que implica al Gobierno, a las Universidades, a las Comunidades Autónomas y a los agentes sociales.

Uno de los principales ejes de la *Estrategia Universidad 2015* es el programa *Campus de Excelencia Internacional* que pretende ubicar instalaciones científicas y empresas de alto valor añadido en los entornos de los campus universitarios, creando espacios de vida universitaria socialmente integrada en el distrito urbano o en el territorio, y generando gran calidad de vida y altas prestaciones de servicios. Los *Campus de Excelencia Internacional* deben dar lugar a nuevas construcciones de viviendas universitarias, de residencias de post-grado y de investigadores que sirvan no sólo para facilitar las funciones propias del programa sino para transformar

nuestro paisaje ambiental y dar visibilidad a la nueva y acrecentada presencia de la industria del conocimiento en nuestra sociedad. Porque la Universidad tiene que ser el “polo tractor” o la “fuente de riqueza y bienestar” de nuestra sociedad.

En su hoja de ruta Garmendia ha elevado a las alturas de los propósitos gubernamentales un *desideratum* largo tiempo postulado por la comunidad científica: el pacto de Estado por la Ciencia o, lo que es lo mismo, la sustracción a la dialéctica partidista y de las luchas electorales de la política científica y tecnológica. El asunto es relevante por muchos conceptos, y no es el menor la cólera, la frustración, la impotencia y el alejamiento de muchos investigadores, que no soportan el comportamiento fuertemente politizado de bastantes cargos del *establishment* científico socialista que desde 1986 gobiernan en exclusiva y hasta se han mantenido incomprensiblemente durante los ocho años de gobierno de Aznar. La Ministra se haría un favor a sí misma entrando a remozar esos cargos con otro tipo de personas. Se haría un favor a sí misma porque la gigantesca e histórica tarea que se ha planteado se vería más garantizada si los docentes y los investigadores científicos colaboran con creciente entusiasmo.

Garmendia se ha planteado para pronto una nueva Ley de la Ciencia, un Estatuto del Personal Docente o Investigador y el del Estudiante Universitario que debe hacer de la vocación científica un reto menos heroico, más decoroso y humano. El compromiso de nuestros científicos con la ciencia se ha hecho menos difuso y más acuciente, por cuanto se han concretado en cinco las áreas en las que debe distinguirse la I+D+i españolas: salud, biotecnología, nanotecnología, tecnología de la comunicación, y las energías renovables y el cambio climático.

La Ministra viene trabajando febrilmente y quemando etapas en la definición de un proyecto que supone una transformación trascendental de la vida española. Ha sido valiente, perspicaz y sensata en el anuncio de sus propósitos. Por otra parte, hay en España bastantes investigadores quemados, decepcionados, que no creen en los políticos, y a los que suponemos proclives a ver las grandes ideas de Garmendia como propias de *Antoñita la Fantástica*. Por desgracia, puede que las cosas se frustren o que todo quede en un exiguo parto de los montes. Si ello es así lo lamentaremos, pero con toda nuestra alma queremos decir a la Ministra que cuenta con nosotros y cuenta con nuestra admiración. En este país nuestro siguen haciendo falta –quizá por poco tiempo– nuevos Jovellanos y atrevidos arbitristas. Y por lo visto hasta ahora creemos que esta mujer puede ser quizá el último de ellos. ■

Una nueva etapa para la Ciencia en España

AUTOR: JOAN CALABUIG RULL
*Diputado
Portavoz de Ciencia
del Grupo Parlamentario Socialista*

La nueva legislatura ha comenzado en un contexto muy diferente a la anterior. La crisis económica mundial está hoy en el centro de las preocupaciones de todos los actores políticos y económicos y lógicamente de los ciudadanos. Sus dimensiones, intensidad e impacto no fueron previstas por ningún organismo internacional.

En España, tanto el gobierno como la oposición, terminaron la legislatura anterior realizando previsiones de crecimiento muy por encima de lo que los hechos nos han demostrado. El proceso ha sido muy acelerado y sus límites todavía son inciertos.

En este contexto, la contención presupuestaria es una realidad inevitable y afectará a todas las administraciones. El Gobierno ha presentado unos Presupuestos del Estado que responden a lo que la sociedad española necesita en un período de crisis económica como el que estamos viviendo. La previsión es que en 2009 los ingresos se reduzcan entorno al 11% y nos situemos en un déficit presupuestario del 1'5% sobre el PIB. En este escenario es evidente la necesidad de un esfuerzo de austeridad, de rigor y de contención en el gasto.

Las prioridades son evitar que las consecuencias de la crisis recaigan sobre los sectores más modestos y estimular la recuperación económica. Se trata de seguir en la senda de la modernización económica, lo que incluye un nuevo modelo de crecimiento y un desarrollo sostenible. Por esa razón, los recursos destinados a investigación y desarrollo tecnológico crecerán por encima del incremento presupuestario global y no se verán afectados por los recortes que van a producirse en otras áreas de la gestión gubernamental.

No es posible que el Presupuesto del Estado resuelva por sí mismo la crisis, pero sí que puede contribuir a paliar sus consecuencias y a dar mayor solidez a la recuperación cuando esta se produzca. Pare ello, también es imprescindible que todos los representantes políticos, económicos y sociales actúen con responsabilidad y contribuyan a generar confianza.

La legislatura anterior estuvo caracterizada por el fuerte crecimiento económico lo que permitió mantener el superávit y a la vez, incrementar sustancialmente los recur-

sos destinados a la I+D+i, la inversión y las políticas sociales. En el caso de la Ciencia y la Investigación se vivieron incrementos históricos multiplicándose casi por tres los recursos destinados a estas materias.

La realidad es que los avances han sido muy importantes, se han incorporado miles de nuevos investigadores, se han creado nuevas infraestructuras y se han impulsado programas como Ingenio 2010.

La sociedad española conoce, cada vez más, el valor que la Ciencia aporta a nuestro progreso y nuestro bienestar. Así mismo, es una realidad que las empresas cada vez son más conscientes de la necesidad y la rentabilidad de la inversión en I+D+i. Es patente que cada vez tenemos más proyectos de investigación y mejores investigadores.

Las circunstancias actuales van a orientar los esfuerzos a la absorción y la racionalización de los grandes incrementos de los años anteriores. Se trata de digerir y optimizar los medios alcanzados hasta ahora y a la vez, mantener el impulso hacia nuestra convergencia con los países más avanzados. Este es el margen que nos permite el momento actual del ciclo económico. Sin embargo, la actual coyuntura no implica el alejamiento de los objetivos fundamentales. Las previsiones para el inicio de la recuperación la sitúan hacia finales de 2009 y por tanto, en la segunda parte la legislatura los márgenes disponibles se incrementarán.

Lo que, en cualquier caso, resulta evidente es que el gobierno tiene la firme determinación de cambiar nuestro patrón de crecimiento económico acercándonos a la sociedad del conocimiento.

Así, el Presidente del Gobierno ha planteado el objetivo de situar a España en el 2015 entre los diez países más avanzados del mundo en educación universitaria, ciencia, tecnología e innovación. La aspiración es que para esa fecha algunas de las universidades españolas se sitúen entre las 100 primeras del mundo, que nuestros organismos públicos de investigación alcancen el liderazgo científico-técnico en alguna de las áreas del conocimiento, que más empresas que apuesten por la I+D+i y que mejore la percepción de la ciencia en España.

El cambio de modelo económico es un objetivo irrenunciable, y lo es desde la convicción de que deberemos recorrer ese camino con decisión si queremos afrontar los retos de la globalización y mejorar nuestros niveles de bie-

nestar colectivo. Lo contrario supone una deriva hacia el declive y la excesiva dependencia de sectores como la construcción, con los evidentes riesgos que ello entraña.

Para avanzar hacia el objetivo marcado se necesitará un esfuerzo sostenido, un marco adecuado y estable y un amplio acuerdo político y social.

La creación del Ministerio de Ciencia e Innovación es un hito clave en el camino hacia el cambio de nuestro modelo económico. La nueva estructura permitirá sumar esfuerzos para que, cada vez más, la inversión en I+D+i se corresponda con los resultados económicos que nuestro país demanda y necesita.

La creación del nuevo Ministerio debe permitir mejorar, en su conjunto, el impacto social y económico de todo el sistema científico y tecnológico y, por tanto, de la capacidad de las universidades y los centros de investigación para mejorar la explotación de sus resultados de forma que sea posible convertir los frutos de la investigación en productos y servicios que creen nuevas industrias y más y mejor empleo.

Para ello, es necesaria una gobernanza en sintonía con los tiempos actuales. En este sentido, cabe señalar que el marco legal adoptado el 1986 ha sido fundamental para que se produjera un salto delante de dimensiones históricas y para nuestra homologación internacional. El número de patentes obtenidas por la investigación española ha tenido un notable crecimiento y España se encuentra ahora entre los diez primeros lugares del mundo en publicaciones científicas.

La Ley de la Ciencia del 1986, con sus defectos y sus virtudes, cumplió un papel importante pero necesita ser actualizada para adaptarse a la situación de la España contemporánea.

Las nuevas realidades que hacen necesario el nuevo marco legal se encuentran en varias vertientes.

Por una parte, se ha producido el desarrollo de los Estatutos de Autonomía de las Comunidades Autónomas, permitiendo que estas mejoren su capacidad para establecer sus propias políticas de I+D e innovación, lo que hace recomendable establecer nuevos mecanismos de cooperación y coordinación.

Por otro lado, España se ha consolidado política y económicamente en el seno de la Unión Europea. La construcción del Espacio Europeo de Investigación, el VII Programa Marco de la UE y la internacionalización nos obligan a impulsar los instrumentos para nuestra proyección y nuestro trabajo internacional.

Hoy, además, existen muchos más recursos humanos y materiales y por lo tanto, existe una complejidad mucho ma-

yor que en 1986. Por ello, también es necesario adaptar las estructuras para afrontar los retos del presente y futuro.

Por todo ello, la Ministra de Ciencia e Innovación anunció la elaboración de una nueva Ley que, de acuerdo con las previsiones, pretende ser aprobada en la primera mitad de 2009.

El Grupo Parlamentario Socialista y el resto de grupos mostraron su coincidencia con la necesidad de este nuevo marco legal para la Ciencia en España. El objetivo es dotar a nuestro país del marco estable y duradero que la ciencia necesita para ofrecer a la sociedad todas sus potencialidades y para transformar nuestro modelo de crecimiento económico.

Así mismo, todos los Grupos han expresado la conveniencia de que esta nueva ley sea producto del consenso político y social más amplio posible, en el marco de un Pacto por la Ciencia.

Pero, más allá de la modernización de los instrumentos de gobernanza estamos también ante un cambio de prioridades. En este sentido, la Ministra Cristina Garmendia ha dejado claro que una vez situados en los puestos de cabeza de la publicación científica debemos dar un impulso decidido a la transferencia de conocimientos a los procesos productivos.

Este es un ámbito donde a España, como a muchos otros países europeos, le queda más camino por recorrer y es por ello que se trataría de preparar el terreno para alcanzar también el éxito en esta vertiente.

Para ello, es necesario simplificar y dotar de mayor agilidad los procedimientos, removiendo obstáculos e impulsando todas las potencialidades de la investigación científica y tecnológica.

Se trata de avanzar hacia un tejido empresarial más intensivo en conocimiento, movilizar la inversión privada y promover un entorno social más favorable a la ciencia, la innovación y el espíritu emprendedor.

Para ello, se pretende mejorar la información y los incentivos a las empresas, remover las barreras para que haya más científicos que apuesten por el camino emprendedor, para que más investigadores den el salto a la empresa privada y para potenciar la transferencia del conocimiento y la capacidad de registrar patentes que sean aplicables.

El objetivo fundamental es cambiar el patrón de crecimiento y convertirnos en una verdadera sociedad del conocimiento donde ese sea precisamente el fundamento de nuestra creación de la riqueza. ■

La implantación de la I+D+i en la Comunitat Valenciana, de la teoría a la práctica

LA I+D+i EN LA COMUNITAT VALENCIANA

AUTOR: JOSÉ M^a GUIJARRO Y JORGE
*Subdirector del Instituto Tecnológico
de Óptica, Color e Imagen AIDO
y doctor en Economía*

Somos testigos de una era en la que prácticamente es indiscutible la importancia que tiene la I+D+i para que las empresas sean competitivas en un mercado globalizado. Sin embargo, parece que aunque es una cuestión evidente en el tejido empresarial valenciano el mensaje no está calando como debería y es necesaria la colaboración entre las distintas administraciones para dar impulso a la implementación tecnológica en las pymes y la consolidación de una verdadera cultura de la innovación.

Aún queda un largo camino por recorrer pero los datos muestran que esta realidad, aunque lentamente, está cambiando. Un ejemplo es el número de empleados en actividades de I+D en equivalencia jornada completa, que en 2006 aumentó en un 8,1% respecto a 2005 en la Comunitat Valenciana. En particular, destaca el caso de las mujeres, cuyo incremento fue del 9,3%. Además, en 2006, 188.978 personas trabajaron en actividades de I+D a jornada completa, lo que representa el 9,57 por 1.000 de la población ocupada.

Según un informe de la Cámara de Comercio, si elegimos la provincia de Valencia como ejemplo se puede apreciar que durante el año 2007 más del 60% de las empresas industriales realizaron o están realizando algún proyecto de innovación. Con respecto a estos tipos de proyectos, en el que más invierte la empresa industrial valenciana es en los destinados a la creación de nuevos productos. Así lo indica el 65% de las empresas innovadoras, de las que más de la mitad ha realizado en 2007 algún tipo de innovación de proceso. Por otra parte, la mejora en la calidad y el diseño de producto se sitúa como una de las prioridades de la industria, por eso, el 46% de las empresas que innovan lo hacen en una mejor gestión de la calidad y el 37% en la optimización del diseño.

El estudio también revela que en 2007 poco más del 30% de las empresas de la provincia de Valencia que han innovado en 2007 lo han hecho en tecnología y también en tecnología de la información y las comunicaciones (TIC), que pueden ejercer un gran impacto sobre el crecimiento de la producción y el empleo, por lo que se deberían aprovechar de forma óptima. Ahora bien, hay que tener en cuenta que los efectos beneficiosos de las TIC crecerán de forma ex-

ponencial cuanto mayores sean los esfuerzos inversores en investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i) dedicados tanto a la exploración de sus posibles aplicaciones y posteriores desarrollos, como a la formación de sus posibles usuarios.

Además, entre el 25% y el 30% han innovado en los proyectos relacionados con la comercialización, nuevos materiales y gestión ambiental. Por su parte, los proyectos dirigidos a mejorar e incrementar la eficacia en la distribución y logística, así como en el servicio post venta son los que reciben una menor atención por parte de los empresarios de la industria valenciana, dado que menos del 15% de las empresas innovan en estos aspectos.

Si tomamos como referencia el **Plan Valenciano de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación** (PVIDI) recoge un conjunto de documentos que analizan, diagnostican y realizan recomendaciones para la mejora de las empresas en materia de I+D+i. En ese sentido, el Alto Consejo Consultivo en Investigación y Desarrollo de la Presidencia de la Generalitat Valenciana ha realizado dos informes correspondientes a los años 1998 y 1999, en los que se analizan las potencialidades y las debilidades del sistema de innovación y se proponen recomendaciones a la política valenciana de I+D+i. Por otra parte, la Fundación COTEC ha realizado un documento de debate sobre el Sistema de Innovación de la Comunitat Valenciana (Libro Verde) que arroja también un diagnóstico muy completo y una serie de recomendaciones del máximo interés para el diseño del presente Plan.

En líneas generales, el diagnóstico al que se llega es que existen unos recursos limitados, pues aunque en la fase más reciente de crecimiento económico la Comunitat Valenciana ha logrado asemejarse a los niveles de bienestar de la Unión Europea, esta aproximación no ha tenido lugar en las actividades del entorno de la I+D+i que constituyen, precisamente, el nuevo factor sobre el que se va a sostener el crecimiento económico. Si el problema de la debilidad del sistema de investigación y desarrollo tecnológico es importante para el conjunto del estado español, todavía lo es más para la Comunitat Valenciana que se encuentra por debajo de la media nacional. Sin embargo, hay que dejar constancia de la dificultad y complejidad que entraña la lectura de este documento en particular y cuyos contenidos son demasiados generales por lo que las medidas concretas de apoyo quedan diluidas entre formalismos y consideraciones.

EL APOYO DE LA ADMINISTRACIÓN

Y OTRAS ENTIDADES

Un pilar fundamental para potenciar la inversión en I+D+i de las empresas valencianas sigue siendo el apoyo que prestan a las pymes las distintas administraciones. En ese sentido, el Consell ha invertido en los últimos 5 años cerca de 35 millones de euros en la formación de más de 4.400 investigadores y ha financiado unos 4.000 proyectos de investigación a los que ha destinado 160 millones de euros.

Desde la Generalitat Valenciana, se está trabajando en el **Segundo Plan de Competitividad de la Empresa Valenciana, Plan Valenciano de la Innovación 2008-2011** que contendrá una serie de medidas instrumentales necesarias para alcanzar los objetivos establecidos, por lo que aún es pronto para hablar de los detalles. En cualquier caso, contará con tres pilares esenciales: los Planes Sectoriales de Competitividad, las medidas de apoyo a la I+D+i empresarial y el apoyo a la Red de Institutos Tecnológicos. En ese sentido, para la edición del presente año se cuenta con un total de 21 planes sectoriales y un presupuesto global destinado de 30 millones de euros. Además, las medidas de apoyo a la I+D+i empresarial también han visto incrementado su presupuesto en 2008 de forma notable.

También, destacaría como principales novedades el nuevo programa de apoyo a la participación empresarial en proyectos nacionales y europeos de I+D+i, la plataforma de Servicios de Empresa e Innovación del Mediterráneo Español (SEIMED) liderada por el **Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA)**, y por supuesto, el reciente cheque innovación que se está gestionando en la actualidad. Esta última iniciativa se ha concebido como un instrumento ágil y flexible cuyo objetivo es permitir a las microempresas y pymes de la Comunitat Valenciana _especialmente aquellas que no hayan desarrollado actividades de innovación en los últimos años_ contratar auditorías tecnológicas y servicios avanzados especializados de alto valor añadido por un valor de hasta 6.000 euros por empresa. Con el cheque innovación se ha marcado como objetivo para 2008 llegar a cerca de 500 empresas de toda la Comunitat, proporcionándoles así una oportunidad para contrastar, de primera mano, las mejoras de competitividad resultantes de participar en actividades de I+D+i de la mano de agentes externos especializados, como los distintos Centros Tecnológicos.

En ese sentido, merece una mención especial el **IMPIVA**, que apoya el desarrollo de la innovación en la industria valenciana a través de una serie de medidas que se incluyen en el programa *Expande* con el objetivo de apoyar la creación y el desarrollo de gabinetes de I+D, la iniciati-

va *Gesta* encaminada para llevar a cabo soluciones tecnológicas avanzadas en áreas de especial interés por su potencial para la Comunitat, el programa de Creación de Empresas de base tecnológica, los programas de Promoción al Diseño e Innoempresa, ambos para apoyar la innovación organizativa y de gestión, y para finalizar, el programa de asistencia al emprendedor a través del cual se apoya la actividad de los **Centros Europeos de Empresas Innovadoras (CEEI'S)**.

Con respecto a estos últimos, el papel de los CEEI'S en la Comunitat Valenciana adquiere cada vez un mayor peso. Estos centros apoyan tanto la creación de nuevas empresas como la diversificación de las existentes. En la actualidad se encuentran en funcionamiento cuatro CEEI, en las localidades de Alcoy, Castellón, Elche y Valencia.

Otra entidad a destacar es **Cevalsi**, que surgió en el seno de la Fundación Oficina Valenciana para la Sociedad de la Información (OVSI). Es un centro de investigación cuya misión es observar, analizar, evaluar y ofrecer información acerca del impacto de las modernas tecnologías en la sociedad. Cevalsi nació con el Segundo Plan de Modernización de la Comunitat Valenciana, *Moderniza.com*, en la legislatura anterior, y sigue su andadura en la actualidad integrado en el Plan Estratégico de Consolidación de la Sociedad Tecnológica y del Conocimiento (PETIC) que forma parte de *Avantic 2004-2010*.

En la misma línea se sitúa **La Asociación para el Fomento del Comercio Electrónico Empresarial y las Nuevas Tecnologías (ANETCOM)** es un entidad sin ánimo de lucro, creada en 2000 por la Generalitat y por el Consejo de Cámaras de la Comunitat Valenciana con el objeto de cubrir el vacío existente en lo referente a la Sociedad de la Información y del Conocimiento y su relación con el ámbito empresarial. Anetcom tiene como reto alcanzar la excelencia competitiva del tejido empresarial de la Comunitat, por lo que la asociación ofrece al empresario información, conocimientos y medios adecuados para la incorporación exitosa de las TIC en sus procesos de negocio.

Por último quería destacar la labor de **Confederación Empresarial Valenciana (CEV)** que ha creado la Comisión de Innovación y Tecnología que tiene como misión lograr que las empresas de la Comunitat Valenciana conozcan, aprendan y desarrollen una cultura de innovación como una estrategia permanente, para competir mejor y obtener buenos resultados. Entre sus principales retos destaca impulsar y coordinar las actuaciones de la empresa y la universidad en materia de ciencia y tecnología. Con este objetivo se crea la Fundación *Innova*, participada por la CEV y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), que gestiona su parque científico, la Ciudad Politécnica

de la Innovación, con la finalidad de poner todo su potencial al servicio de la investigación y el desarrollo empresarial.

EL PAPEL DE LOS CENTROS

TECNOLÓGICOS

Precisamente, los Centros Tecnológicos desempeñan una importante labor dentro del tejido empresarial en lo que se refiere a la aplicación del conocimiento adecuado a las necesidades de innovación de las empresas. Hay que destacar que la **Red de Institutos Tecnológicos de la Comunitat Valenciana** (REDIT) cuenta con 14 institutos tecnológicos, más de 8.000 empresas asociadas y más de 12.000 clientes, lo que supone más de 1.300 puestos de trabajo al servicio de empresas y empresarios.

Los Institutos Tecnológicos se financian a través tanto de fondos públicos como privados, repartiéndose los porcentajes de la siguiente manera: las empresas privadas aportan por sí solas el 50% de los ingresos de los Institutos Tecnológicos; la Generalitat Valenciana el 30% y la Administración del Estado y la Unión Europea los restantes 10% cada una. Durante el ejercicio 2006, los ingresos totales sobrepasaron los 100 millones de euros. De esta cifra, el 91% se destinó a acciones de I+D+i y el resto a diversas iniciativas, entre las que destaca la formación. Es importante destacar que en 2008 el IMPIVA va a destinar a los Institutos Tecnológicos cerca de 47 millones de euros, lo que representa un incremento del 14%.

Precisamente, los datos de un estudio internacional de impacto elaborado por la **Federación Española de Centros Tecnológicos** (FEDIT) –que en la actualidad preside Emilio Pérez Picazo, director del Instituto Tecnológico de Óptica, Color e Imagen (AIDO)– desvelan que las empresas incrementaron un 56% sus ventas gracias a la investigación, desarrollo e innovación aportado por los centros tecnológicos, lo que ha repercutido en la mejora de la facturación y los ingresos, así como en la creación de productos o servicios nuevos, optimizando los anteriores y aumentando la competitividad.

UN CAMINO POR RECORRER

Hay que trabajar conjuntamente en la labor de atraer empresas situadas en los diversos sectores de la economía a los diferentes campos de las nuevas tecnologías, estableciendo las condiciones óptimas para que se encuentre la existencia de un tejido productivo, humano, investigador y tecnológico consistente y competitivo. No es difícil comprender que aquellas regiones mundiales que no sepan cómo alcanzar esas condiciones óptimas no estarán en el escogido mundo de las sociedades privilegiadas por su alto nivel de bienestar.

En el futuro de nuestra sociedad y en la parte que le corresponde a su bienestar por la influencia de alcanzar unos niveles óptimos en I+D+i, la labor mencionada no es algo que se deba dejar solamente en manos de la Administración, ni de la universidad, ni de los centros tecnológicos. La labor es conjunta y en ella tienen un papel principal las propias empresas. Del sector privado deben surgir las iniciativas, demandas, reivindicaciones y también compromisos que dinamicen a los demás actores en la labor global de alcanzar los óptimos niveles de desarrollo, garantizándose de esta manera un nivel de crecimiento competitivo y sostenible.

Hay que tener en cuenta que, según los últimos datos disponibles, el gasto en I+D en la Comunitat Valenciana ha sido de 913,2 millones de euros en 2006, lo que representa un 0,96% del PIB regional y un aumento con respecto al 2005 del 5,2%. De este gasto tan sólo el 38,2% ha sido financiado por el sector privado, mientras que en España este porcentaje se eleva al 55,7.

Las razones que explican el bajo porcentaje de inversión en I+D en la Comunitat Valenciana son en su gran mayoría estructurales. La mayor parte de las empresas son pymes y además, el peso de las compañías de los ámbitos tradicionales es demasiado grande, por lo que existen muy pocas empresas que ofrezcan productos de tecnología avanzada.

Esta situación es reflejo de una realidad compleja y desproporcionada al observar cómo las grandes empresas y las comunidades científicas desarrollan con éxito estrategias de crecimiento basadas en la innovación y, sin embargo, vemos como las pymes –que como hemos indicado con anterioridad forman la mayoría del entramado empresarial valenciano– encuentran serias dificultades para desarrollar y adaptar las innovaciones a su particular escala de recursos y mercados.

Entre las principales barreras a la innovación en nuestra región destaca la falta de un número elevado de empresas con dimensiones suficientes para el desarrollo de una I+D propia. Además, hay que resaltar la ausencia de una formación gerencial adecuada para afrontar procesos de crecimiento basados en estrategias de innovación. Otro factor problemático es la resistencia a los cambios derivados de la modernización debido a que los trabajadores ven cuestionadas sus habilidades. En este punto, también se da el caso de empresarios que valoran la inversión en investigación como un coste de riesgo y de difícil amortización.

Ahora es un buen momento de toma de conciencia en el que todos los sectores implicados debemos trabajar para disminuir esas barreras a la innovación y aunar esfuerzos para recorrer juntos el complejo pero fructífero camino de la innovación. ■

Estrategias Regionales de Innovación: el caso de la Comunidad Valenciana

LA I+D+I EN LA COMUNITAT VALENCIANA

AUTORES: IGNACIO FERNÁNDEZ DE LUCIO¹
ELENA CASTRO MARTÍNEZ¹
INGENIO (CSIC-UPV). Instituto de Gestión
de la Innovación y del Conocimiento

1. INTRODUCCIÓN

La generación de nuevos conocimientos (a través de la investigación científica y técnica y el desarrollo tecnológico), y su transformación en bienes y servicios nuevos o mejorados a través de la innovación son elementos clave del crecimiento económico (Lederman y Maloney, 2003).

Dos factores condicionantes de la innovación están estrechamente ligados al territorio: de un lado, la capacidad de absorción de los nuevos conocimientos para adaptarlos a las condiciones locales y transformarlos en innovaciones (Simmie, 2005); de otro lado, el establecimiento de relaciones entre los agentes que participan en el proceso de innovación. Así se ha llegado a hablar de una "comunidad de innovación" que incluye el conjunto de personas e instituciones que participan de la creación y difusión del conocimiento en un territorio determinado (Lynn et al., 1996).

No es de extrañar, por ello, que haya un renovado interés por potenciar el desarrollo económico desde una dimensión regional o local. La evidencia empírica muestra el papel fundamental que desempeñan las consideraciones espaciales en la organización de la actividad económica y en la definición del entorno competitivo. El territorio no se comporta como un sustrato neutro para la actividad económica, sino que puede describirse como un sistema dinámico de actores que interrelacionan entre sí y que presenta capacidades evolutivas específicas.

Mediante el análisis de un caso, el de la Comunidad Valenciana, este artículo trata de poner de manifiesto la importancia para las regiones de establecer estrategias regionales de innovación acordes con las características de sus sistemas de innovación.

2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

VALENCIANO DE INNOVACIÓN

El Sistema Valenciano de Innovación ha sido analizado en profundidad (Fernández de Lucio y col., 2007), pero a fin de contextualizar el análisis ulterior, a continuación se describen los parámetros básicos que lo caracterizan. En términos de población, la Comunidad Valenciana (CV) representa el 10,8% del total español, en tanto que el PIB supone un 9,7%. Esa ligera diferencia hace que la renta per cápita de la Comunidad Valenciana represente alrededor del 90% de la nacional. Otro indicador social de gran relevancia, la tasa de desempleo se sitúa en un 8,4%, cifra similar a la media española de ese año².

Dentro de la estructura productiva, una serie de sectores de tecnología media-baja (minerales no metálicos (cerámica), textil, cuero, calzado, alimentación y metalurgia y fabricación de productos metálicos) suponen más del 50% del total, mientras que los sectores industriales más intensivos en conocimiento (química, maquinaria y equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos y fabricación de material de transporte) apenas representan el 4% del PIB y el 3,5% del empleo. La construcción y los servicios de bajo contenido en conocimiento (comercio, hostelería, inmobiliarias, etc.) representan casi el 50% del PIB (INEa, 2008). Otro aspecto relevante del entorno productivo es el tamaño de las empresas, pues afecta a su capacidad para acometer actividades de I+D. Pues bien, sobre un total de casi 380.000 empresas censadas en la Comunidad Valenciana, más del 97% tienen menos de 19 empleados y sólo hay 130 empresas con más de 500 empleados, de las cuales 94 pertenecen al sector servicios (INEb, 2008).

Una de las debilidades fundamentales de la economía valenciana es el reducido peso de los sectores más intensivos en I+D, los denominados de alta y media-alta tecnología³ (AyMAT). El número de ocupados en sectores de alta y media-alta tecnología apenas representa el 7,3% del total de

¹ INGENIO (CSIC-UPV). Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento. Ciudad Politécnica de la Innovación, Camino de Vera s/n. 46002 Valencia.

² Salvo que se indique lo contrario, todos los datos recogidos en el artículo se refieren a 2006, último año para el que se dispone de información sobre las actividades de I+D e innovación.

³ De acuerdo con el INE, se consideran sectores manufactureros de alta tecnología (M.A.T.) los siguientes: aeroespacial, máquinas de oficina y ordenadores, electrónica y comunicaciones y farmacéutico. De tecnología media-alta (M.M.A.T.): Instrumentos científicos, maquinaria eléctrica, industria del automóvil, química excepto farmacia y maquinaria y equipo mecánico. Se consideran servicios de alta tecnología (S.A.T.) los siguientes: correos y telecomunicaciones, actividades informáticas e investigación y desarrollo.

Tabla 1. Principales indicadores de I+D e Innovación en la Comunidad Valenciana en 2006

Indicador	Comunidad Valenciana	España	CV/España (%)
Gasto interno en actividades de I+D	913.161	11.815.217	7,7
Empresas + IPSFL	348.610	6.578.656	5,3
Administración	109.353	1.970.824	5,5
Universidades	455.198	3.265.739	13,9
GID/PIB	0,96	1,2	
Personal I+D (en EJC)	15.722	188.978	8,3
Empresas + IPSFL	5.817	83.440	7,0
Administración	2.145	34.588	6,2
Universidades	7.760	70.950	10,9
Personal I+D por cada 1.000 ocupados	7,3	9,6	
Investigadores (en EJC)	9.386	115.798	8,1
Empresas + IPSFL	2.512	40.293	6,2
Administración	1.399	20.063	7,0
Universidades	5.475	55.443	9,9
Investigadores por cada 1.000 ocupados	4,4	5,9	
Gasto I+D por investigador	97	102	
Gasto en Innovación	830.052	16.533.416	5,0
GINN (% sobre el PIB)	0,87	1,69	

Fuente: INE (2008), Estadísticas de las actividades de I+D e innovación en 2006

ocupados en España y tan sólo un 5,6% en la Comunidad Valenciana, pero casi todos están en sectores de tecnología media-alta y en servicios; los ocupados en sectores de alta tecnología ascienden a 6.800 sobre una población ocupada de 2 millones de personas (INEc, 2008). Esta estructura productiva tendrá efectos sobre las actividades de I+D, como se verá más adelante.

Otro importante factor a analizar dentro del entorno productivo es el que hace referencia a la formación de los recursos humanos, pues determinan la capacidad de absorción y de generación de nuevos conocimientos de los agentes económicos. En este aspecto la evolución de la Comunidad Valenciana ha sido notable en los últimos 30 años y ello ha tenido como consecuencia que las distancias entre la CV y España se han acortado, pues en 1977 los titulados superiores en la CV representaban el 7% de los existentes en España y en 2007 representan el 9% del total (Fundación Bancaja-IVIE, 2008), sin embargo, este porcentaje sitúa todavía a la CV por debajo de la media española.

El análisis de los principales indicadores de la actividad de I+D en la Comunidad Valenciana para el año 2006,

que se recogen en la Tabla 1, muestra que los recursos –económicos y humanos– dedicados a actividades de I+D son algo inferiores a lo que le correspondería en el contexto nacional, un punto y medio, de acuerdo con los indicadores socioeconómicos ya comentados y, por ello, los indicadores con relación al PIB y a la población activa son inferiores a la media nacional. El indicador que presenta el menor nivel es el de innovación; ello se debe, en gran medida, a la estructura productiva, en especial a la escasa presencia de sectores manufactureros de alta y media alta tecnología. La estructura del esfuerzo en actividades de I+D en la Comunidad Valenciana ha evolucionado notablemente desde los años 90, cuando las empresas apenas ejecutaban el 30% del gasto y ocupaban al 13% de los investigadores. A lo largo del decenio, las empresas de la Comunidad Valenciana han aumentado el esfuerzo considerablemente, pero no han logrado evolucionar al ritmo preciso para alcanzar los niveles medios de España. Las diferencias son más acusadas en términos de investigadores, factor clave en este tipo de actividades. La reducida actividad de I+D del sector empresa se basa, en gran medida, en la estructura productiva (E. Castro e I. Fernández de Lucio, 2006), como ya se comentó con anterioridad.

A pesar de que las cifras son inferiores a lo que le corresponderían en función de su peso en el conjunto de la economía nacional, todos los indicadores han mejorado sustancialmente en el último decenio, especialmente a partir de 2002.

La comparación internacional muestra que España presenta uno de los porcentajes más bajos de empresas innovadoras que cooperan en actividades de innovación y que la cooperación con entidades extranjeras es menor aún. Esto es una consecuencia de la estructura industrial y de servicios española, con una preponderancia mayor de sectores industriales y de servicios de bajo contenido tecnológico. En el caso de la CV, Tortajada et al. (2005) encontraron que la cooperación es aún más baja que a escala nacional.

En síntesis, el sistema de innovación valenciano (SIV) se caracteriza por su debilidad, derivada de su reducido tamaño, por el desequilibrio en la ejecución de la I+D entre el sector público y las empresas, como consecuencia tanto de la presencia mayoritaria de PYMEs como por pertenecer a sectores de baja-media tecnología, por la baja proporción de titulados superiores que emplean y, en fin, por la escasa propensión a cooperar entre las empresas y entre éstas y los otros elementos del SIV. Estas características, propias de una región periférica, nos llevan a la conclusión de que en este tipo de regiones parece inapropiado hablar de sistema de innovación (SI) si no es con la finalidad de estructurar el conocimiento sobre el fenómeno innovador en las citadas regiones.

3. ESTRATEGIAS TERRITORIALES

DE INNOVACIÓN

En 1994, la Comisión Europea, puso en marcha una iniciativa para ayudar a las regiones europeas en el proceso de elaboración de sus estrategias regionales de innovación (Regional Innovation Strategy, RIS); para ello, la Comisión facilitó a los responsables de las políticas de innovación de las regiones europeas una metodología y una plataforma para promover, diseñar, implementar, gestionar y evaluar sus políticas de fomento de la innovación (Oughton et al., 2002). Con esta iniciativa, las regiones podían aprender de sus propias experiencias y de las de otras regiones de similares características. La metodología RIS identifica una serie de criterios que facilitan la elaboración de las citadas estrategias regionales de innovación (European Commission, 1998, 1999).

Estas orientaciones son importantes, pues un error que se suele cometer en regiones periféricas cuando no se utilizan metodologías que incluyan un análisis inicial de la situación, como se propone en la antes descrita, es que se copian estrategias o iniciativas que han tenido éxito en re-

giones generalmente más avanzadas y con estructuras productivas diferentes, sin tener en cuenta las características del propio sistema regional de innovación.

El análisis de los resultados de la iniciativa comunitaria en 24 regiones europeas (Zabala-Iturriagoitia et al., in press) ha permitido extraer una serie de conclusiones sobre los principales aspectos sobre los cuales deberían incidir las estrategias de innovación en regiones periféricas, como la Comunidad Valenciana, en función de las características de sus respectivos sistemas de innovación, para llegar a consolidarlos.

Se debe incidir prioritariamente en las *capacidades* del sistema de innovación. Para ello, es necesario que las estrategias de innovación hagan hincapié sobre una serie de aspectos cruciales del sistema: la capacidad innovadora de las PYMEs, las infraestructuras públicas I+D y la diversificación hacia sectores de alta tecnología. Como se ha identificado en el apartado anterior, algunas de las principales carencias del SIV en materia de innovación son el escaso nivel de esfuerzo en actividades de investigación, el bajo nivel tecnológico y la reducida capacidad de absorción del entorno productivo de la región. Por ello, es primordial dotar a las empresas valencianas, desde un comienzo, de recursos humanos formados, sobre todo, de titulados. Sin ellos, tiene poco sentido decir que las empresas valencianas deben realizar mayores esfuerzos en I+D, pues carecen de los recursos necesarios. En este contexto, debe subrayarse que las relaciones de las empresas con las universidades en temas de I+D se desarrollan con escasa fluidez.

Para alcanzar este objetivo, es primordial que los alumnos de las universidades realicen prácticas y proyectos finales en las empresas, convenientemente supervisados por tutores académicos y empresariales; con este instrumento se puede lograr que las empresas perciban la utilidad de los titulados universitarios en sus empresas y también se favorezca la cooperación con las universidades a partir de estas primeras experiencias.

Por otra parte, y a pesar de la dificultad que ello supone en territorios como la CV, con bajas capacidades investigadora y de absorción, es necesario que se realice un esfuerzo importante en la *diversificación del tejido industrial*, para lo cual es necesario, en primer lugar, favorecer que las universidades fomenten el espíritu emprendedor entre los alumnos a partir de una innovación educativa bien realizada y establezcan programas de apoyo a la creación de nuevas empresas a fin de que los nuevos egresados creen sus propias empresas, más intensivas en conocimiento que las existentes, y ofrecer infraestructuras avanzadas para las nuevas empresas, en segundo lugar.

Paralelamente, es necesario crear un *entorno favorable a la investigación y a la innovación*, en el cual los empresarios

muestren su preocupación por estas actividades, orientando las mismas hacia la creación endógena de tecnología.

Finalmente, es labor de las instituciones de la CV la *atracción de inversión extranjera* de grandes empresas abiertas y con actividades en sectores tecnológicamente avanzados (telecomunicaciones, biotecnología, biomedicina, nanotecnología, etc.).

Como se ha indicado precedentemente, no se puede hablar en sentido estricto de un SIV porque aunque existe un conjunto de agentes que desarrollan actividades de investigación, para que exista un sistema es necesario que se produzcan, además, interacciones fluidas entre los actores del propio sistema para facilitar la *difusión del conocimiento y el aprendizaje*. En el contexto valenciano de débil articulación del sistema de innovación, además de los mecanismos disponibles para favorecer las relaciones, desde los más intensivos, como la financiación de proyectos entre varias instituciones hasta los orientados a favorecer encuentros, como foros, clubes, etc., es esencial que existan estructuras de interfaz en la medida en que faciliten y promuevan no sólo relaciones sino que, además y preferentemente, favorezcan un cambio cultural en los agentes sobre los cuales actúan, para lo cual es necesario que las políticas de innovación apoyen y faciliten la labor de estas estructuras que deben estar diseminadas por todo el sistema regional de innovación.

Los Centros de Innovación y Tecnología tienen una fuerte implantación en la CV. Son, también, infraestructuras que pueden realizar una labor eficaz en la articulación del SIV, dinamizando las empresas hacia la innovación y haciendo una labor de puente entre las universidades y los organismos públicos de investigación y las empresas, particularmente las PYMEs, formando personal especializado y difundiendo las nuevas tecnologías genéricas para incrementar la capacidad de absorción de estas empresas y, finalmente, desarrollando actividades de I+D aplicadas, adaptadas a las necesidades de las PYMEs de la región.

Por último, en las regiones más avanzadas y competitivas se observa un sistema de innovación en el que se desarrollan múltiples e intensos *procesos de aprendizaje mutuo entre los actores*. Para favorecer este tipo de procesos en la CV es necesario crear los mecanismos que contribuyan a la creación de capital social y de una buena gobernanza, adaptados a las especificidades de esta comunidad autónoma. En esta etapa es primordial la labor de liderazgo por parte de la administración regional, actuando como catalizador y facilitador de estas redes sociales, y favoreciendo la creación de una región que aprende. En esta línea, se considera como una región que aprende al espacio donde tiene lugar un proceso de relación entre diferentes actores del sistema de innovación con el objeto de favorecer el desarrollo de capacidades colectivas y el trabajo en red, el

aprendizaje acumulativo a través de las interrelaciones basado en la cooperación de los actores del SRI. Los procesos de aprendizaje se suelen facilitar, sobre todo en el ámbito de las nuevas tecnologías, en los llamados “polos de innovación” en los que aprenden a innovar conjuntamente actores diversos procedentes de los medios académicos y empresariales, que constituyen una profundización del concepto de los Parques Tecnológicos. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Castro Martínez, Elena; Fernández de Lucio, Ignacio: ‘La I+D empresarial y sus relaciones con la investigación pública española’ en J. Sebastián y E. Muñoz (eds.) *Radiografía de la investigación pública en España*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- European Commission (1998): “Regional Innovation Strategy Pilot Projects. Article 10 of the European Regional Development Fund”. Brussels: European Commission.
- European Commission (1999): “A Guide to Regional Innovation Strategies”. Brussels: European Commission.
- Fernández de Lucio, I., Castro Martínez, E., Zabala Iturriagoitia, J.M (2007): “Estrategias regionales de innovación: el caso de las regiones europeas periféricas” en X. Vence Deza *Crecimiento y políticas de innovación. Nuevas tendencias y experiencias comparadas*. Ed. Pirámide. Madrid.
- Fundación Bancaja-IVIE (2008): “Capital Humano en España y su distribución provincial”. <http://www.ivie.es/banco/capital.php>
- INE (2008a): “Contabilidad regional de España”. <http://www.ine.es>
- INE (2008b): “Directorio central de empresas”. <http://www.ine.es>
- INE (2008c): “Indicadores de alta tecnología”. <http://www.ine.es>
- Lederman, D., y Maloney, W. (2003). *R&D and development*, World Bank Policy Research Working Paper 3024.
- Lynn, L.H., Reddy, M.N. y Yaram, J.D. (1996): «Linking technology institutions: The innovation community framework», *Research Policy*, 26, pp. 91-106.
- Oughton, C., Landabaso, M. and Morgan, K. (2002): “The Regional Innovation Paradox: Innovation Policy and Industrial Policy”, *Journal of Technology Transfer*, 27, pp. 97-110.
- Simmie, J. (2005): “Innovation and space: A critical review of the literature”, *Regional Studies*, 39, pp. 789-804.
- Tortajada Esparza, E., Fernández de Lucio, I., Ybarra Pérez, J. A. (2005) “Evolución de la Industria Española del Calzado”, *Economía Industrial*, nº 355/356, pp.211-227.
- Zabala-Iturriagoitia, J.M., Jiménez-Sáez, F., Castro-Martínez, E. (in press): “Evaluating European Regional Innovation Strategies”. *European Planning Studies*.

PSE-Arfrisol una alternativa al ahorro energético en edificios de oficinas

AUTOR: JESÚS HERAS RINCÓN
*Unidad de Eficiencia Energética
en la Edificación (UiE3)
CIEMAT. Madrid*

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICT) cifra en 5 toneladas la emisión de CO₂ de una familia media a la atmósfera, de las cuales 2 toneladas son originadas en la producción de energía eléctrica y las 3 restantes proceden del consumo para el acondicionamiento del edificio, gasto centrado en calefacción, refrigeración e iluminación. A este respecto, el sector de la edificación genera un 33% del consumo energético. Para reducir estas cifras el Gobierno aprobó en marzo del 2006 el nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE) que es de obligado cumplimiento desde el 29 de septiembre de ese mismo año. El contenido fundamental de dicha ley estipula el reducir la demanda de energía de los edificios a partir del diseño del mismo y tener en cuenta el uso de Captadores Solares Térmicos (CST) para la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y Paneles Fotovoltaicos (PV) para el abastecimiento de energía eléctrica para electrodomésticos e iluminación. Unos requerimientos que se pueden solucionar

con el uso de estas técnicas y de la Arquitectura Bioclimática, encareciendo la construcción de un 10 a un 15%, con posibilidades de amortizar la inversión de 5 a 10 años.

Para profundizar en este tema teniendo casos reales analizados, cuantificados y estudiados en condiciones reales de uso y por primera vez en España, el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC), a través del Plan Nacional de I+D, pone en marcha un Proyecto Singular y Estratégico sobre Arquitectura Bioclimática y Frío Solar (PSE-ARFRISOL) coordinado por el CIEMAT, para reducir el consumo energético en cinco edificios de oficinas ubicados en muy diferentes climatologías (Almería, Madrid, Asturias y Soria). La idea es experimentar en el sector terciario (oficinas de 1000 m²), y poder extrapolar los avances que se consigan en ahorro energético al sector residencial. El objetivo de este estudio es conseguir que cada prototipo, también denominado "contenedor-demostrador de investigación (C-DdI)", consiga ahorrar de un 80 a un 90% de la energía convencional en su acondicionamiento térmico a través de la adecuación de la Arquitectura Bioclimática y la aplicación de la Energía Solar para calefacción y refrigeración.



C-Ddi de la Universidad de Almería, Edificio CIESOL



Edificio 70 del CIEMAT, C-DdI del CIEMAT en Madrid

El esquema de trabajo de PSE-ARFRISOL contempla el desarrollo de 9 Subproyectos (SP). El primero centrado en estudios previos o simulación, seguido de 5 SP dedicados a trabajos de obra (SP2 - SP6), otro sobre evaluación energética (SP 7) y otro más centrado en el desarrollo de I+D y Sistemas (SP 8), así como uno último de Difusión para “cambiar la mentalidad” en el ahorro de energía en los edificios. En estas fases de construcción participan: DRAGADOS, OHL, FCC Construcciones, ACCIONA y DRACE. La parte tecnológica la desarrollan: ATERSA, GAMESA SOLAR, UNISOLAR, ISOFOTÓN y CLIMATEWELL. La coordinación del proyecto así como buena parte de la investigación corre a cargo de la Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación (UiE3) del CIEMAT en colaboración con la Universidad de Almería (UAL), la Universidad de Oviedo (UNIOVI) y la Fundación Barredo. Además, la Real Sociedad Española de Física (RSEF) participa en la difusión del proyecto (SP 9), junto con el CIEMAT, elaborando Unidades Didácticas para acercar este tema a alumnos de primaria y secundaria que han sido evaluadas convenientemente en diversos centros educativos elegidos mediante muestreo en las CCAA en las que se desarrolla el proyecto. Adyacente a este objetivo, la Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación (UiE3) del CIEMAT está emitiendo documentos sobre ahorro energético analizado en diversos edificios desde 1986 y las ventajas de este tipo de edificios para intentar concienciar a la sociedad y “cambiar mentalidad” sobre el consumo de energía en el sector de la edificación. noticias que están siendo publicadas en revistas especializadas, periódicos y otros medios de comunicación de masas (radio, televisión e internet).

DETALLES CONSTRUCTIVOS

En cuanto al diseño arquitectónico de los cinco C-DdI se han considerado los diferentes materiales empleados en la construcción adaptándolos a las climatologías y a los proyectos arquitectónicos de cada uno de ellos realizados por los cinco equipos de arquitectos que intervienen en PSE-ARFRISOL.

El primero de ellos, el Centro de Investigaciones en Energía Solar (CIESOL) es el único del C-DdIs, ya construido, y ocupado por personal de la Universidad de Almería (UAL) y del CIEMAT. Diseñado por el arquitecto almeriense, Javier Torres Orozco, fue inaugurado en diciembre del 2005. Investigadores de ambos centros, participan en la toma de datos relativos a la calidad del aire y al comportamiento energético. Los detalles constructivos del CIESOL incluyen materiales como la piedra, el ladrillo y la chapa. Además cuenta con fachadas ventiladas, muros gruesos al norte y delgados al sur. Acompañan a estas instalaciones captadores solares y bombas de absorción, máquinas que transforman el calor en frío. Dos sistemas que asisten las necesidades de calefacción y refrigeración a través de energías no contaminantes.

A escasos 40 kilómetros de distancia y también en Almería se está construyendo el segundo C-DdI de PSE-ARFRISOL, el edificio de la Plataforma Solar de Almería (PSA). El diseño corre a cargo del arquitecto Juan José Rodríguez García y se inauguró el 13 de diciembre del 2007. Entre los materiales utilizados destacan el ladrillo, el mármol de Macael, el hor-

migón armado y el cemento, junto a cerramientos de poliuretano proyectado. Los pavimentos son de Gres Compacto y dan como fruto un edificio de gran apariencia bioclimática. Desde septiembre del 2006, fecha en la que comenzaron las obras, la UiE3 ha trabajado conjuntamente con las empresas participantes para mejorar el diseño de los forjados, las losas alveolares y la optimización en la entrada de radiación solar en los despachos o la integración de las marquesinas de sombreadamientos. Además se ha insistido en la puesta en marcha de suelo radiante para la calefacción, los tubos enterrados desarrollados para la entrada de aire atemperado a climatizadores o en la perfecta integración de los paneles fotovoltaicos en la estructura inicial del edificio. Este proyecto incorpora avanzadas técnicas bioclimáticas tanto activas –captadores solares térmicos, bombas de absorción y paneles fotovoltaicos– como pasivas –chimeneas solares, doble pérgola o ventilación cruzada–.

Muy diferente es la ampliación del actual Edificio 70 del CIEMAT en Madrid que cuenta con una fachada ventilada de plaqueta cerámica y una doble pérgola diseñada para soportar los captadores solares térmicos y sombrear la cubierta principal de la construcción. Este C-DdI está en construcción y se terminó a finales del año 2007. En el diseño confeccionado por el arquitecto del CIEMAT, Juan Carlos Gutiérrez García, predominan los materiales cerámicos en fachada y muros. Asimismo, tendrá implícito el uso de paneles fotovoltaicos integrados en las ventanas y en la parte lateral de la fachada. Por otro lado, los captadores solares aportarán la energía térmica necesaria para el apoyo a la calefacción y para el funcionamiento de las bombas de absorción centradas en la obtención del efecto conocido como “Frío Solar” ya descrito en el C-DdI del CIESOL.

El penúltimo C-DdI, es el edificio de la Fundación Barredo, ubicado en la localidad asturiana de San Pedro de Anés, diseñado por Emilio Miguel Mitre y Carlos Expósito Mora. En su estructura (se empezó a construir en abril de 2007), se encuentran fachadas ventiladas, galerías-invernaderos o muros de inercia. Sus materiales se componen de piedra de Covadonga, madera o aislante de lana de roca, que dan como fruto una apariencia parecida a la de un antiguo “hórreo” asturiano. Entre las instalaciones encontramos máquinas de absorción para afrontar los días más calurosos en verano; una caldera de biomasa, de bajo consumo, para afrontar los días más fríos del año.

El último C-DdI DE PSE-ARFRISOL, el del Centro de Control y Accesos del Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER) en Cubo de la Solana (Soria), se comenzó su construcción en septiembre y según el proyecto de obra, diseñado por Emilio Miguel Mitre y Carlos Expósito Mora, tiene una doble piel en fachada que protegerá de las altas temperaturas en verano o del duro invierno de la zona. Como complemento constructivo destaca la lana de roca que se utiliza como aislamiento no contaminante y del recubrimiento exte-

rior de paneles GRC. Además, como el resto de los C-DdI estará dotado de bombas de absorción, empleadas para refrigerar el edificio mediante “Frío Solar” y, al igual que el de la Fundación Barredo, tendrá implícita una caldera de biomasa de bajo consumo para afrontar el duro invierno de la región en vez de otra energía convencional de apoyo.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, UN PASO ADELANTE A PARTIR DEL CTE

Ahora bien para llevar a cabo lo que exige el CTE, tal y como comentábamos en el comienzo de este artículo, se debe dar “un paso adelante” sobre la nueva normativa con el uso de la energía solar para el acondicionamiento térmico de edificios y así usarla para calefacción y refrigeración, y no sólo quedarse en lo que exige el CTE, producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

En definitiva se busca el aprovechamiento del clima, la orientación y el diseño relativo a cada construcción para reducir el consumo energético, apoyado por la utilización de captadores solares y bombas de absorción para profundizar en el estudio del “Frío Solar”, es decir utilización térmica de la energía solar, contando también con la incorporación de módulos fotovoltaicos. Tanto los sistemas pasivos como los activos estarán integrados en la envolvente de los C-DdI.

Los investigadores de PSE-ARFRISOL, para tener un conocimiento detallado de este tipo de construcciones, usan métodos teóricos (simulación) y experimentales (monitorización) para medir y cuantificar cada aporte o pérdida de energía.

La *simulación* consiste en la utilización de modelos matemáticos que incluyen las descripciones de los procesos de intercambio de calor y masa presentes en un edificio (conducción, convección, radiación, infiltraciones, etc.). A partir de datos climáticos, diseño arquitectónico, estrategias pasivas y cargas energéticas internas (iluminación, ocupación, aparatos eléctricos y equipos de climatización, etc.), la simulación permite predecir el comportamiento energético del edificio (temperaturas interiores, demandas de calefacción y refrigeración, humedades relativas, etc.). Indicadores que aclaran que este proceso puede ser muy largo, al comprobarse cada factor un gran número de veces para obtener un conocimiento teórico del futuro comportamiento del mismo.

Dada la complejidad matemática de estas tareas, se han desarrollado y se utilizan diferentes softwares especializados en el análisis energético de edificios: ESP-R, DOE-2, SERIRES, TRNSYS, ENERGYPLUS, etc., dependiendo de las necesidades de cada caso, aunque esto necesita el desarrollo de algoritmos matemáticos y de bastante investigación sobre las diferentes estrategias de diseño, que son más completos y complejos que el LIDER y el CALENER, modelos recomendados por el CTE.



C-Ddi de la Plataforma Solar de Almería

En el proceso de *monitorización* se realizan balances energéticos a partir de valores experimentales reales registrados; tanto de las variables exteriores meteorológicas (radiación solar, temperatura ambiente, humedad, velocidad y dirección de viento), como de las interiores para caracterizar el comportamiento energético y el confort térmico alcanzado (temperatura y humedad). Un proceso que comienza inmediatamente después de ya construido el edificio para medir en condiciones reales de uso. En PSE-ARFRISOL se prevé que este proceso dure entre el 2008, año en el que se espera que terminen las obras de los edificios y el año 2010.

EVALUACIONES ENERGÉTICAS

DE CADA CD-dI

Estudios Teóricos

El fruto de estas investigaciones teóricas, son las diferentes propuestas energéticas que llevan a cabo los investigadores de PSE-ARFRISOL y luego son integradas por cada uno de los arquitectos mencionados en cada C-DdI. Por ejemplo en C-DdI de la PSA se analizó y se insistió en la construcción de una doble pérgola para integrar tanto paneles radiantes para enfriamiento radiativo nocturno como captadores solares para calefacción y refrigeración solar (bomba de absorción), por suelo radiante, además este C-DdI tiene chimeneas solares combinadas con filtros humectantes. Factores que potenciarán el ahorro de energía respecto a un edificio convencional.

En el caso del CIESOL se han estudiado las corrientes internas de aire, así como la temperatura, viento y humedad. El resultado es un estudio pormenorizado de la ventilación cruzada existente en el C-DdI para evitar una heterogeneidad de

la temperatura media interior. Hecho que ayudará a tener una temperatura constante interior en la construcción independientemente de la climatología mediterránea de Almería.

En el siguiente C-Ddi, el ED-70 del CIEMAT, los investigadores han propuesto la ejecución de un sombreado en la fachada sur de la construcción. Estructura que lleva implementada Paneles Fotovoltaicos (FV) en la planta 1ª y 2ª para regular las altas temperaturas del verano de Madrid.

Muy diferentes son los estudios energéticos de los C-DdIs de la Fundación Barredo y del Centro de Control de Accesos del CEDER que se ha centrado en comprobar como se comporta la galería central acristalada de ambas estructuras y los sombreados implícitos en los dos proyectos para potenciar la ganancia solar en la época invernal.

En definitiva todas estas comprobaciones pretenden optimizar el comportamiento energético del edificio y según la UiE3 un estudio riguroso de cada C-DdI, comprobado en condiciones reales de uso, ayudaría a reducir el consumo de un 60 a un 100%, pues se ha comprobado que sólo con técnicas solares pasivas éste puede ser del orden del 50%, a las cuales hay que sumarles las obtenidas con las solares activas integradas. Esto se comprobará una vez que se acaben de construir los cinco C-DdI.

Estudios Experimentales

Actualmente se están acabando de completar los trabajos de simulación teórica de los cinco prototipos a partir de los proyectos diseñados por los arquitectos, unidos a los de las instalaciones tanto convencionales como solares diseñados por las ingenierías respectivas, y seguidamente los investigadores analizarán cómo se comporta cada edificio en condiciones reales de uso. Es-

tas comprobaciones, centradas dentro de la monitorización implican por un lado el análisis del edificio y por otro el estudio de las técnicas constructivas individuales.

1) Comenzado con el CIESOL, inaugurado en diciembre 2005, se ha desarrollado el diseño del experimento para decidir los lugares adecuados para colocar los sensores térmicos y climáticos en el interior y exterior del edificio, para medir su comportamiento energético en condiciones reales de uso. Asimismo se han colocado los diferentes sensores y se ha comenzado la toma de datos experimentales. En lo referido al ED-70 del CIEMAT en Madrid y el adyacente al de la PSA, desde hace más de un año, se han instalado sensores, de las mismas características, para medir la parte ya existente de la construcción, al ser una obra que consiste en una ampliación de un edificio ya existente.

2) Pero lo realmente importante es la medición de los condicionantes exteriores e interiores para poder cuantificar su comportamiento. Por un lado las medidas de temperatura, humedad, velocidad de viento o radiación solar exterior determinan el comportamiento de los componentes y materiales en "la piel del edificio". Mientras que los datos de la temperatura, la humedad, la calidad del aire y los intercambios térmicos con el terreno determinan, entre otras variables, el confort térmico de los ocupantes de la construcción.

En lo referente al estudio de técnicas constructivas individuales, los investigadores han decidido colocar sensores que midan la temperatura del aire en los tubos enterrados del C-DdI de la PSA para comprobar el comportamiento de esta técnica bioclimática y cómo afecta al comportamiento del edificio, así como los tubos enterrados de agua para intercambio de calor con el terreno, en el C-DdI de la Fundación Barredo. Asimismo, se ha previsto la colocación de sensores de temperatura en la parte inferior de cada C-DdI, para evaluar el intercambio térmico de éstos con el terreno sobre el que se asientan. Dichos sensores ya han sido instalados en el C-DdI de la PSA y la Fundación Barredo y en breve se colocarán los del ED-70 del CIEMAT. En el C-DdI del CEDER, dado que se trata de una rehabilitación, los investigadores examinan la posibilidad de colocación de dichos sensores.

Unos trabajos llevados a cabo con el diseño del experimento del C-DdI del ED-70 del CIEMAT en Madrid, el edificio de la PSA y del CIESOL. Pero sin duda, lo que diferencia y es una característica importante del PSE-ARFRISOL es que se va a medir y cuantificar el comportamiento de los edificios durante por lo menos tres años (2008-2009-2010). Idea que determinará las carencias y ventajas de cada C-Ddi según se vaya utilizando y evaluando energéticamente su comportamiento, en



Arriba, C-DdI del CEDER en Soria (Cubo de la Solana). Abajo, contenedor demostrador de investigación (C-DdI) de la Fundación Barredo en Siero (Asturias).

condiciones reales de uso y comprobando con lo estudiado teóricamente.

CONCLUSIONES

En definitiva, los integrantes del Consorcio del PSE-ARFRISOL buscan obtener cinco objetivos diferentes que conformen:

- 5 Edificios (Contenedores - demostradores de investigación) de oficinas singulares en cuanto a diseño, instalaciones y resultados energéticos cuantificados en condiciones reales de uso.
- Edificios de oficinas eficientes energéticamente con un consumo entre 80% y 90% menos que los actuales, medido, analizado y cuantificado.
- Instalaciones y Equipos solares: captadores, módulos fotovoltaicos y bombas de absorción, estudiados y optimizados para uso racional de la energía y su puesta en el mercado.
- Módulos educativos elaborados por profesores apropiados y validados por "muestreo" en centros educativos elegidos.
- Documentos elaborados para "cambiar de mentalidad" a los diferentes sectores de la sociedad, con el objetivo de convencer al usuario final en el empleo de los sistemas de calefacción y refrigeración, entre otras funciones, para ahorrar energía tanto en verano como en invierno en cualquier tipología de edificios, no sólo de oficinas. ■

BIBLIOGRAFÍA

1. Revista Tecnoambiente. Número 161 (Año 2006). "PSE-ARFRISOL, un paso adelante en el ahorro de energía en edificación". Autor: Heras Rincón, Jesús
2. Revista Nuevas Tecnologías. Número 4 (Año 2006). "PSE-ARFRISOL sinónimo de eficiencia energética en la edificación". Autor: Heras Rincón, Jesús
3. ECOCONSTRUCCIÓN. Número 4 (Año 2007). "PSE-ARFRISOL en Pleno desarrollo". Autor: Heras Rincón, Jesús
4. El INSTALADOR. Numero Junio 2007. "PSE-ARFRISOL busca reducir el consumo energético en edificios de oficinas". Autor: Heras Rincón, Jesús

AGRADECICMIENTOS

Se agradece a todos los miembros del Consorcio de PSE-ARFRISOL su colaboración. El PSE-ARFRISOL, Referencia PS-120000-2005-1, es un Proyecto científico-tecnológico singular de carácter estratégico aceptado por el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007, cofinanciado con Fondos FEDER y subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC).

Torresol Energy, la apuesta de SENER por la energía termosolar por concentración

AUTOR: ÁREA DE ENERGÍA
Y MEDIO AMBIENTE DE SENER
GRUPO DE INGENIERÍA

El pasado 12 de marzo SENER y Masdar, compañía de energías alternativas de Abu Dhabi, presentaron en rueda de prensa, en la Diputación Foral de Bizkaia en Bilbao y ante los principales medios nacionales y regionales, la nueva empresa Torresol Energy. SENER, empresa nacida en la capital vizcaína en 1956, volvía a su lugar de origen para dar a conocer una de las mayores iniciativas del Grupo de Ingeniería en el campo de las energías renovables, una aventura conjunta para el desarrollo de plantas de Energía Solar por Concentración (ESC) con las innovaciones tecnológicas de la ingeniería española, tanto en sistema de colectores cilíndrico – parabólicos (CCP) como en sistema de receptor central de torre y campo de heliostatos.

De la mano de SENER y Masdar, Torresol Energy nace con el objetivo de convertirse en líder mundial en el sector

de la Energía Solar por Concentración (ESC) y la misión de promover el desarrollo y explotación de grandes plantas solares por concentración en todo el mundo.

A corto plazo, Torresol Energy concentrará sus esfuerzos en el desarrollo de proyectos ya iniciados, como dos plantas de 50 MW con tecnología de torre central ubicadas en Sevilla (España) y en Abu Dhabi. Así, Torresol Energy promoverá la construcción de, al menos, dos plantas de Energía Solar por Concentración cada año, lo que representa un compromiso de inversión de 2.000 millones de euros para 2012. De este modo, la base de producción instalada en 2010 sumará cerca de 320 MW y se aproximará a los 1.000 MW dentro de diez años. A la par, cada nuevo proyecto de Torresol Energy introducirá y probará nuevas tecnologías con el fin de hacer de la Energía Solar por Concentración una opción económicamente competitiva y convertirla en una alternativa real, viable, ecológica y sostenible a las energías tradicionales. En este sentido, la protección del medio ambiente para las gene-



Sistema de colectores cilindro parabólicos SENERtrough.



Heliostato de SENER.

raciones futuras es uno de los compromisos fundacionales de Torresol Energy.

Las principales áreas de actuación de la compañía para el diseño, construcción y puesta en marcha de plantas de ESC serán la zona sur de Europa, incluida España, el norte de África, Oriente Medio y el suroeste de EE UU, donde Torresol Energy promoverá plantas con sistema de torre con receptor central a partir de la experiencia adquirida en los proyectos en España y Abu Dhabi.

En la zona sur de Europa los objetivos concretos de Torresol Energy se centran, aparte de en los ya mencionados proyectos, en impulsar la construcción de una nueva planta ESC en España, al tiempo que se promueven proyectos en otros países de Europa con potencia solar. En Oriente Medio y norte de África, además del inminente desarrollo de una central en Abu Dhabi, la nueva compañía espera desarrollar y construir otras tres plantas ESC antes de 2012. Por último, en Estados Unidos tiene previsto establecer acuerdos de colaboración con empresas de energías renovables americanas para comenzar el desarrollo de al menos una planta ESC en el suroeste del país.

SENER Grupo de Ingeniería controlará el 60% de Torresol Energy y Masdar, el 40% restante. El holding español aportará toda su experiencia en el desarrollo de tecnología punta que le ha situado entre los primeros puestos de la ingeniería mundial. Por su parte, Masdar contribuirá, a través de esta iniciativa, a diversificar la economía de Abu Dhabi y a reforzar la imagen del país como agente activo en la lucha global por el desarrollo sostenible del Planeta.

LA ENERGÍA SOLAR POR

POR CONCENTRACIÓN (ESC)

Los sistemas de generación que, desde hace más de un siglo, han cubierto la demanda de energía eléctrica, se sustentan fundamentalmente en el consumo de combustibles fósiles (carbón, gas natural y derivados del petróleo) y combustibles nucleares. Los inconvenientes que presentan estas energías son, por un lado, que la fuente primaria de energía es agotable y, por otro, que en el proceso de generación se producen emisiones de gases de efecto invernadero.

Torresol Energy apuesta por un nuevo futuro de sistemas de generación basados en plantas de Energía Solar por Concentración (ESC), cuya fuente primaria es inagotable y sus emisiones a la atmósfera son muy reducidas.

En la actualidad, existen múltiples tecnologías para el aprovechamiento de la luz solar como fuente primaria de energía: solar por concentración en fluidos térmicos, calentamiento directo de agua, generación eléctrica por células fotovoltaicas, etc. Estas tecnologías están orientadas a cubrir de diferente manera la demanda energética: generación de alta potencia, generación distribuida de baja potencia, consumos energéticos a nivel industrial y doméstico, etc.

Torresol Energy centra sus esfuerzos en las tecnologías orientadas al diseño, construcción y operación de centrales eléctricas de alta potencia, de varias decenas de megavatios (MW), destinadas a formar parte a medio plazo de los panoramas energéticos nacionales.



Instalación de lazos de colectores con el sistema SENERtrough en la planta de Andasol 1.

Las tecnologías que permiten plantear centrales eléctricas de alta potencia son actualmente dos: centrales de colectores cilindro-parabólicos y plantas de torre central.

- Las centrales de colectores cilindro-parabólicos se basan en el calentamiento de un fluido (aceite térmico) en un campo solar formado por conjuntos de espejos de forma parabólica, dispuestos en diferentes hileras horizontales. El aceite caliente se emplea para vaporizar agua, la cual conducida a una turbina de vapor acciona un generador que inyecta la energía eléctrica a la red.

- Las centrales de torre central se fundamentan en el calentamiento de sales en un receptor instalado a varias decenas de metros de altura sobre una torre. El campo solar está formado por un conjunto de heliostatos que dirigen la luz solar sobre el receptor. Las sales calientes se emplean de nuevo en este caso para vaporizar agua, con un esquema equivalente de generación eléctrica.

La Energía Solar por Concentración es limpia y fiable, tiene un bajo coste relativo, la capacidad de ser producida durante los picos altos de demanda y el potencial para satisfacer las necesidades crecientes futuras de un país.

Entre los proyectos de Torresol Energy hay tanto centrales de torre central con heliostatos como centrales CCP. Gemasolar, ubicada en Sevilla, es una planta de torre, mientras que Arcosol y Termesol son dos centrales CCP. Todas ellas son plantas que la compañía está ya desarrollando en España.

GEMASOLAR, LA TECNOLOGÍA

DE TORRE CENTRAL

Gemasolar es el primer proyecto de Torresol Energy desarrollado con tecnología de torre central y heliostatos.

La planta incorpora importantes innovaciones tecnológicas, entre ellas el sistema de receptor solar, pero también un sistema de almacenamiento del calor en sales fundidas, capaz de alcanzar temperaturas superiores a 500 °C. Se trata de la primera planta comercial que aplica este tipo de tecnología en el mundo, por lo que su importancia en el campo de las energías renovables es muy considerable, pues abre el camino a una nueva tecnología de generación eléctrica termosolar que puede constituir una mejor alternativa a las centrales termosolares comerciales de tipo cilindro - parabólico que se construyen actualmente.

La construcción de la planta va a comenzar en 2008 en Fuentes de Andalucía, en Sevilla, y podría concluir en dos años. Es una instalación que ocupa 185 hectáreas y que, una vez en funcionamiento, tendrá una potencia de generación de 17 MW. La energía generada (aproximadamente 100 GWh/año) será enviada, mediante una línea de alta tensión, a la subestación de Villanueva del Rey, donde se inyectará a la red de la Compañía Sevillana de Electricidad (ENDESA) para su distribución, principalmente en Andalucía, y será capaz de suministrar energía a 30.000 hogares.

Gracias a su novedosa tecnología, la planta de Sevilla triplicará la producción de electricidad del resto de plantas solares termoeléctricas de igual potencia con tecnología convencional. Esto se debe a que la mayoría de las plantas termoeléctricas en desarrollo carecen de un sistema de almacenamiento en calor, por lo que sólo pueden funcionar en horas de insolación. Gemasolar dispone por primera vez a un almacenamiento en calor de alta temperatura (>500 °C), que permite extender el periodo de funcionamiento normal de estas plantas. Las sales, constituidas por nitratos de sodio y potasio, se mantienen fundidas con la aportación de la energía solar recogida por los heliostatos, de tal modo que almacenan el excedente de calor acumulado durante las horas de insolación, lo que permite

seguir produciendo electricidad aún cuando no hay luz solar. Gracias a este sistema, la autonomía de Gemasolar será de unas 16 horas en ausencia de insolación. Además, la elevada temperatura a la que se capta la energía solar en el receptor de sales permite disponer de vapor de mayor presión y temperatura, lo que aumenta considerablemente el rendimiento de la turbina.

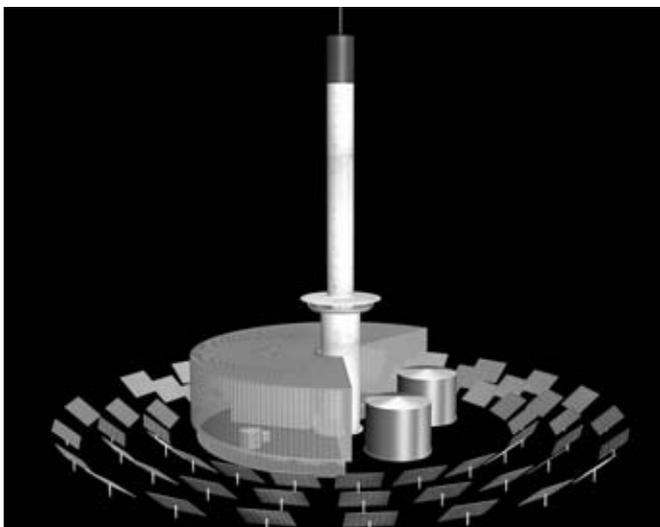
Gemasolar es un proyecto que SENER comenzó en 2006, cuando diseñó e instaló una unidad experimental en la Plataforma Solar de Almería (PSA) que durante 2006 y 2007 ha demostrado la validez del diseño del receptor, patentado por SENER, y del sistema de sales fundidas. Con el lanzamiento de Torresol Energy, el pasado mes de marzo, esta planta se convierte en un proyecto de la nueva compañía, junto con otras dos plantas con tecnología de colectores cilindro - parabólicos que también se van a construir en Andalucía.

ARCOSOL Y TERMESOL,

LA TECNOLOGÍA CCP

Torresol Energy promueve dos proyectos en España con tecnología de Colectores Cilíndrico Parabólicos (CCP), Arcosol y Termesol.

Arcosol será la primera planta termosolar de Cádiz y supondrá una inversión de 300 millones de euros, el mayor desembolso privado comprometido hasta la fecha en la provincia. Tendrá una potencia de 50 MW y una capacidad de generación de 3.250 horas de electricidad al año, lo que equivale al consumo medio de 45.000 hogares, o, lo que es lo mismo, de toda la capital gaditana. Por su parte, Termesol estará ubicada en Sevilla, será también una planta de 50 MW de potencia y tendrá unas características muy similares a la planta de Arcosol.



Futura planta termosolar Gemasolar.

En los dos proyectos la nueva empresa empleará la tecnología CCP de SENER, el sistema SENERTrough. Este sistema patentado por SENER ha demostrado unas características mecánicas mucho mejores que las de otros modelos existentes. Sus principales aportaciones se refieren a:

- La mejora en el diseño de los nuevos colectores, con un peso de acero y un número de horas de montaje sensiblemente inferiores a otros colectores similares. Hecho importante si tenemos en cuenta que una planta solar estándar de 50 MW incorpora 90.000 m de colectores cilíndrico-parabólicos y unas 15.000 toneladas de peso.
- La incorporación de almacenamiento térmico mediante sales fundidas que permite generar energía durante más de 7 horas sin irradiación solar.
- La optimización del ciclo térmico de generación energética que consigue mejorar la eficiencia energética.

El sistema SENERTrough actualmente está siendo probado en un lazo instalado en la planta solar Andasol 1, en Granada, que SENER lleva a cabo en UTE con COBRA para ACS y Solar Millenium. Cuando entre en funcionamiento este año se convertirá en la planta termosolar más grande de Europa, la segunda del mundo y la primera en utilizar sales fundidas para la generación de electricidad. Esta central tendrá una potencia de 50 MW y sistema de almacenamiento térmico en sales fundidas, gracias al cual será capaz de alcanzar un coeficiente de utilización anual de más del 40%, muy por encima de cualquier otra central solar existente. Su novedosa tecnología la ha hecho merecedora del premio Energy Global 2008, un galardón anual de la Fundación Energy Globe que se entrega en el Parlamento Europeo y que reconoce iniciativas medioambientales y de impulso a la eficiencia energética en el ámbito local.

SENER, PIONERA EN ENERGÍAS LIMPIAS

Si hacemos un poco de historia, la incursión de SENER en el campo de las energías renovables se remonta tiempo atrás. La empresa diseñó uno de los primeros generadores eólicos instalado en España, en Tarifa, y los primeros heliostatos de SENER para la Plataforma Solar de Almería (PSA) datan de hace más de 25 años. Pero fue a finales de 2001 cuando la empresa decidió apostar plenamente por un proyecto termosolar e identificó las excelentes posibilidades de futuro de este tipo de energía, limpia e inagotable. Sin embargo, este sector requería de mucha investigación y desarrollo y pocas empresas estaban aún dispuestas a invertir. SENER comenzó a desarrollar tecnologías propias en el campo de la energía solar en una búsqueda por la optimización de los resultados y la reducción de los costes, para conseguir una rentabilidad a largo plazo. Hoy día, con tres plantas en construcción y otros ocho proyectos en desarrollo, SENER es líder mundial en energía termosolar.



Izquierda, vista aérea de Andasol 1. Derecha, mecanismo de apunte del heliostato de SENER.

Entre los avances tecnológicos que le han situado a la vanguardia de la Energía Solar por Concentración, SENER ha desarrollado desde software, como el programa informático SENSOL, que permite el dimensionamiento y optimización de las plantas, hasta componentes, como pueden ser heliostatos, accionamientos de heliostatos, receptores de torre, sistemas de almacenamiento y utilización de sales fundidas, sistemas de generación directa de vapor y *beam-down* o sistemas de control de las plantas, así como colectores cilindro-parabólicos. En el caso de los colectores, destaca el ya mencionado sistema SENER-Trough. Pero la gran diferencia tecnológica estriba sin duda en el innovador sistema de almacenamiento térmico en sales fundidas, que permite duplicar el aprovechamiento energético de una central termosolar convencional y que SENER ha aplicado por primera vez en plantas comerciales. La empresa de ingeniería continuará desarrollando todas estas tecnologías y otras innovaciones tanto en sus proyectos como en las plantas lanzadas conjuntamente con Masdar a través de Torresol Energy, lo que permitirá a la nueva compañía mantenerse a la cabeza mundial en el sector de la ESC.

SENER, UN GRUPO PRIVADO

DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

SENER es un grupo privado de ingeniería y tecnología fundado en Bilbao en 1956, que busca ofrecer a sus clientes las soluciones tecnológicas más avanzadas y que goza de reconocimiento internacional por su compromiso con la innovación, con la calidad y por su independencia. SENER cuenta con más de 4.500 profesionales y una facturación de 753 millones de euros.

SENER agrupa las actividades propias de la ingeniería, además de participaciones industriales en compañí-

as que trabajan en los campos de Energía y Medio Ambiente, así como en Aeroespacial.

Desde sus inicios, SENER ha sido pionero en el campo de las energías renovables, con diversos proyectos promovidos por la División de Energía y Medio Ambiente y a través del desarrollo de nuevos procesos en el tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), purines y aceites, siempre bajo la premisa del uso eficiente de energía.

LA INICIATIVA MASDAR

En abril de 2006, Abu Dhabi, la capital de Emiratos Árabes Unidos, lanzó MASDAR, una compañía multifacética y multimillonaria de inversión en energías renovables y alternativas, y tecnologías limpias. MASDAR contribuye a explorar, desarrollar y comercializar dichas fuentes de energía futuras. MASDAR, que significa 'la fuente' en árabe, tiene cuatro objetivos principales: contribuir a la diversificación económica de Abu Dhabi; mantener y expandir la posición de Abu Dhabi en los mercados energéticos globales en evolución; contribuir a que Abu Dhabi se convierta en un centro de desarrollo tecnológico; y hacer una significativa contribución a la sostenibilidad del desarrollo humano.

MASDAR está desarrollando proyectos estratégicos de energía y tecnología a gran escala para conducir el liderazgo en energías alternativas y contribuir a la diversificación económica de Abu Dhabi. En el sector de la Energía Solar por Concentración (ESC), independientemente de Torresol Energy, MASDAR está desarrollando plantas ESC en Abu Dhabi, con la planta 'Shams 1' como buque insignia, que estará terminada a principios del año 2011. MASDAR también está construyendo un complejo industrial solar altamente integrado en Abu Dhabi. Con una extensión de cuatro kilómetros cuadrados, una vez finalizado será uno de los centros de producción solar más avanzados del mundo. ■

Microhilos magnéticos amorfos: del laboratorio a la empresa spin-off

AUTORA: PILAR MARÍN PALACIOS
*Instituto de Magnetismo Aplicado.
 Universidad Complutense de Madrid.*

1. ANTECEDENTES

Los materiales magnéticos amorfos ocupan un lugar de excepción entre los materiales metálicos, pues poseen una extraordinaria conjunción de propiedades físicas relacionadas con la ausencia de orden de largo alcance [1]. Destacan por su comportamiento mecánico, eléctrico y magnético.

La estructura amorfa es un estado energéticamente metaestable que se obtiene a partir de la técnica de enfriamiento ultrarrápido. Para obtenerla es necesario utilizar métodos que permitan la rápida condensación de los átomos o, lo que es lo mismo, la rápida solidificación del líquido metálico.

Se han obtenido amorfos en forma de cinta, hilo, películas delgadas, polvo y recientemente en "bulk" (aleaciones amorfas en masa) con dimensiones en el rango de los milímetros. Estos materiales tienen infinidad de aplicaciones basadas en sus destacadas propiedades físicas, entre las que destacan de una manera sobresaliente las magnéticas. Las cintas magnéticas se comportan excepcionalmente como materiales magnéticos blandos, con elevada susceptibilidad magnética y bajo campo coercitivo, además son capaces de resonar mecánicamente en presencia de una onda electromagnética, según el conocido fenómeno de resonancia magnetoelástica. En el caso de los hilos, la geometría cilíndrica aporta interesantes propiedades, entre las que destaca la magnetoimpedancia gigante, a partir de la cual es posible modificar la impedancia del hilo en presencia de un campo magnético.

Si analizamos una etiqueta de seguridad de un centro comercial o algún núcleo magnético de los utilizados en los modernos sistemas de telecomunicación, encontraremos una cinta amorfa de las fabricadas por VAC GmbH & Co. KG en Alemania. Trabajos realizados recientemente han permitido desarrollar un sistema diagnóstico muy económico, basado en resonancia magnetoelástica de cintas amorfas, capaz de realizar simultáneamente el análisis tromboelastográfico (TEG) y la medida de la velo-

cidad de sedimentación (ESR) de la sangre [2].

Los hilos magnéticos amorfos han permitido a Aichi Steel el desarrollo de económicos sensores de campo magnético en miniatura. Estos dispositivos, basados en la propiedad de magnetoimpedancia gigante, son capaces de detectar campos magnéticos con una resolución de 10^{-9} Tesla, mil veces mejor que la de los sensores convencionales.

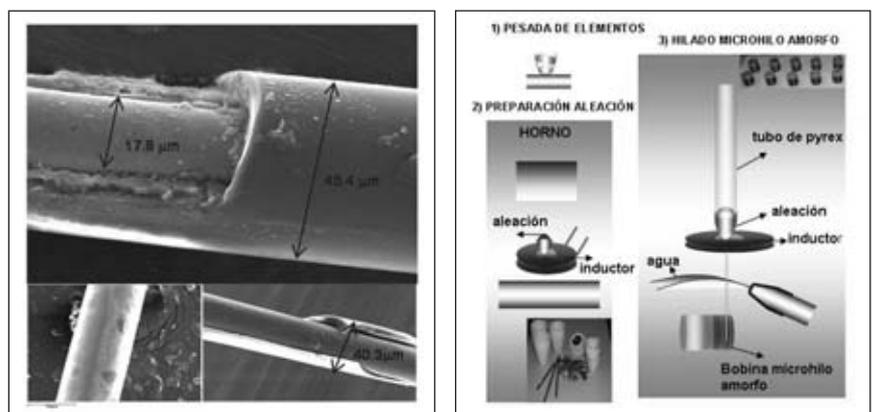
Entre todos los materiales amorfos aquí presentados los microhilos magnéticos con cubierta aislante destacan, además de por sus reducidas dimensiones, por una propiedad conocida como resonancia ferromagnética natural que les permite absorber la radiación electromagnética de alta frecuencia.

2. PRODUCCIÓN DE MICROHILOS

MAGNÉTICOS

Un microhilo magnético es un filamento metálico con estructura amorfa recubierto de pyrex. Su máximo diámetro es de 100 micras. La figura 1 muestra imágenes, obtenidas con microscopía electrónica de barrido, de tres microhilos. En dos de ellas se ha quebrado la cubierta de pyrex con objeto de visualizar el núcleo metálico.

La producción de microhilos magnéticos amorfos se realiza por el método de Taylor [3]. Se trata de una versión modificada de la técnica de enfriamiento ultrarrápido a partir de la cual se puede obtener un hilo metálico con un diámetro inferior a 20 micras recubierto de un vidrio aislante.



Izquierda, figura 1, imágenes de microhilos magnéticos obtenidas por microscopía electrónica de barrido. Derecha, figura 2, etapas del proceso de fabricación de microhilos amorfos.



Figura 3. Detalle del proceso de fabricación del microhilo amorfo.

A continuación se describe en detalle el proceso de fabricación de microhilos magnéticos cuyo diagrama esquemático se muestra en la figura 2. La pesada de los elementos constituye el primer paso del proceso. La composición elegida determina las propiedades magnéticas del microhilo. Las aleaciones más comunes son del tipo metal de transición-metaloides (MT-M). El metal de transición (Fe, Co, Ni) aporta el carácter magnético a la aleación, los metaloides (B, Si, C) favorecen la formación del amorfo. Posteriormente por inducción se obtiene una pastilla de aleación. La tercera etapa, cuyo detalle se muestra en la figura 3, es el hilado del microhilo amorfo por el Método de Taylor [3] y se describe del siguiente modo: La aleación obtenida en la segunda etapa se introduce dentro de un tubo de pyrex. El conjunto se coloca en el interior de un inductor conectado a un horno. La pastilla de aleación se funde transmitiendo el calor al extremo del tubo de pyrex. Una vez fundido el pyrex y después de un estiramiento inicial se procede al bobinado del conjunto. Partiendo de una pastilla de aleación de 3 gramos se obtiene una bobina de microhilo de 3 km. Un nivel de vacío bajo (~50–200 Pa de atmósfera inerte) dentro del tubo de pyrex previene la oxidación del metal. También, en conjunción con el calentado por inducción y de acuerdo al principio de levitación, este vacío asegura unas condiciones de bobinado estables. Para asegurar la continuidad del proceso, el tubo de pyrex se va desplazando en dirección vertical constantemente con una velocidad entre 0.5 mm^{-1} y 10 mm^{-1} . El ritmo de enfriamiento rápido necesario para obtener el estado amorfo, entre 10^5 K s^{-1} y 10^6 K s^{-1} , se alcanza enfriando el hilo con un chorro de agua de aproximadamente 1 cm por debajo de la bobina inductora.

Está claro que el éxito en la producción de microhilo continuo de calidad depende de una serie de factores. Como ya se ha indicado, la selección de material es crucial. La composición elegida debe ser del tipo "glass former" (capacidad que tiene la aleación por su composición de hacerse amorfa). En este tipo de aleaciones el líquido es relativamente estable comparado con las fases cristalinas. Este hecho está relacionado con los tamaños de los átomos de los elementos elegidos. Por otra parte el vidrio elegido debe tener una temperatura de trabajo superior al punto de fusión del metal, pero por debajo de su punto de evaporación. Además su viscosidad debe permitir el proceso. Los coeficientes de expansión térmica del vidrio deben ser ligeramente inferiores a los del metal.

3. PROPIEDADES MAGNÉTICAS

DE LOS MICROHILOS

El comportamiento magnético de un microhilo depende de dos factores fundamentales: microestructura del núcleo metálico y relación entre el radio del núcleo metálico y el radio total del microhilo ($r = R_m/R$). La figura 1 muestra los correspondientes diámetros para un determinado microhilo.

Las propiedades más importantes de los microhilos son las siguientes:

- **Resonancia magnetoelástica:** Los microhilos amorfos son materiales magnetostrictivos, lo que significa que en presencia de un campo magnético sufren una variación en su dimensión. Si el campo es alterno las variaciones de longitud se producen con la frecuencia del mismo.

Se produce resonancia magnetoelástica cuando la frecuencia del campo magnético aplicado sobre un material magnetoelástico coincide la frecuencia mecánica propia del mismo. Dicha frecuencia depende entre otros factores del módulo de Young, de la densidad y de la longitud del elemento sensor. Este principio puede ser utilizado para la realización de sensores y biosensores inalámbricos..

Cuando se genera un flujo magnético de una determinada frecuencia las vibraciones mecánicas del sensor pueden ser detectadas bien por métodos acústicos o midiendo las variaciones de impedancia en un inductor. Como la permeabilidad del sensor aumenta en el momento de la resonancia, la frecuencia de resonancia puede determinarse a partir de la máxima variación de impedancia en el inductor.

Cualquier modificación en la densidad del elemento sensor a través de su masa o en la viscosidad del medio en el que se encuentre puede hacer que la frecuencia de resonancia magnetoelástica cambie.

Otros autores han propuesto muchas aplicaciones para este fenómeno como sensores de pH, humedad, temperatura, viscosidad, tensión etc [1-3]. En el caso del sensor de pH se ha desarrollado un sistema que permite medir monitorizar *in-situ* y *in-vivo* y en tiempo real un pH. El sensor magnetoelástico está formado por una cinta amorfa magnetoelástica recubierta de una lámina de un polímero cuya elasticidad es sensible a los cambios de pH. Cuando el pH de su alrededor cambia, la masa o la elasticidad del polímero cambia desplazando la frecuencia de resonancia del sensor. La figura 4a muestra un esquema de funcionamiento del sensor magnetoelástico. Una bobina genera un campo magnético alterno de frecuencia variable con el tiempo. La bobina receptora detecta un máximo asociado a la frecuencia de resonancia. Si se modifica el entorno en

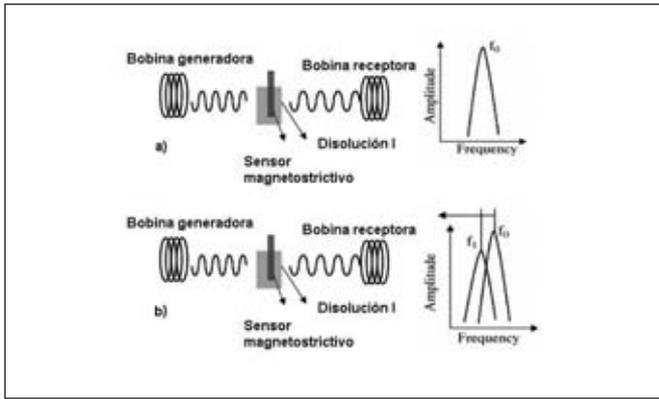


Figura 4. Esquema de funcionamiento de un sensor magnetoelástico.

el que se encuentra el sensor magnetoelástico (figura 4b) se produce un desplazamiento en la frecuencia de resonancia.

- Magnetoimpedancia gigante:** Se ha observado en hilos y microhilos con permeabilidad circular elevada [4]. La permeabilidad circular elevada se observa en hilos y microhilos magnéticos que poseen una estructura de dominios en los que la imanación se orienta circularmente. Si se hace pasar una corriente por el hilo el campo generado por la misma da lugar a una imanación circular de la muestras. El efecto de magnetoimpedancia gigante consiste en una variación relativamente grande de la impedancia del hilo asociado a un aumento de la permeabilidad magnética (hasta un 400 %) por la aplicación de un campo magnético continuo o una tensión. La medida de la impedancia se realiza haciendo pasar por la muestra una corriente de decenas de Mhz que genera una imanación circular en la muestra.

- Resonancia ferromagnética:** Es el fenómeno más interesante y tecnológicamente hablando el más prometedor. Este efecto se produce en la región de las microondas (entre 1 y 20 Ghz).

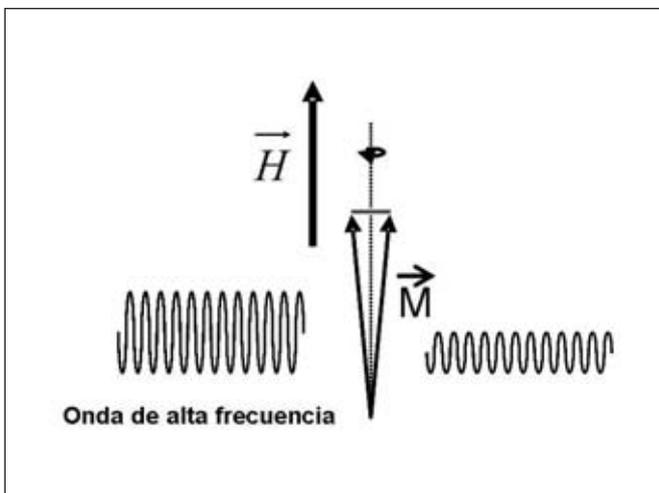


Figura 5. Esquema del fenómeno de resonancia ferromagnética.

La resonancia ferromagnética se manifiesta por la absorción por resonancia, en una sustancia ferromagnética, de una radiación electromagnética en el rango de microondas. Al aplicar un campo magnético estático sobre una muestra, llevándola a saturación, el momento magnético total de la muestra gira alrededor de la dirección del campo magnético estático. Si en estas condiciones se aplica un campo magnético alterno de alta frecuencia (en el rango de las microondas), transversal al campo estático, cuando la frecuencia del campo transversal es igual a la frecuencia de precesión del momento magnético, se produce un máximo de absorción de energía en el campo de alta frecuencia. La figura 5 muestra un esquema del fenómeno.

Este fenómeno se observa en los microhilos magnéticos [5] como consecuencia de que la longitud de penetración de las microondas es superior al diámetro del microhilo. Si el microhilo está imanado en la dirección longitudinal, la imanación, como consecuencia del efecto giromagnético, precede alrededor del eje del mismo con una frecuencia que viene determinada por la anisotropía magnética del material. El fenómeno se produce siempre que el microhilo está imanado en la dirección de su eje e incide una onda de la misma frecuencia que la de precesión de la imanación.

El ciclo de histéresis se puede definir como una de las curvas características de un material magnético y representa la imanación frente al campo aplicado cuando se realizan ciclos entre campos positivos y negativos. La figura 6 muestra los ciclos de histéresis correspondientes a dos tipos de microhilos magnéticos: biestables y no biestables.

Un material magnético blando es aquel que no presen-

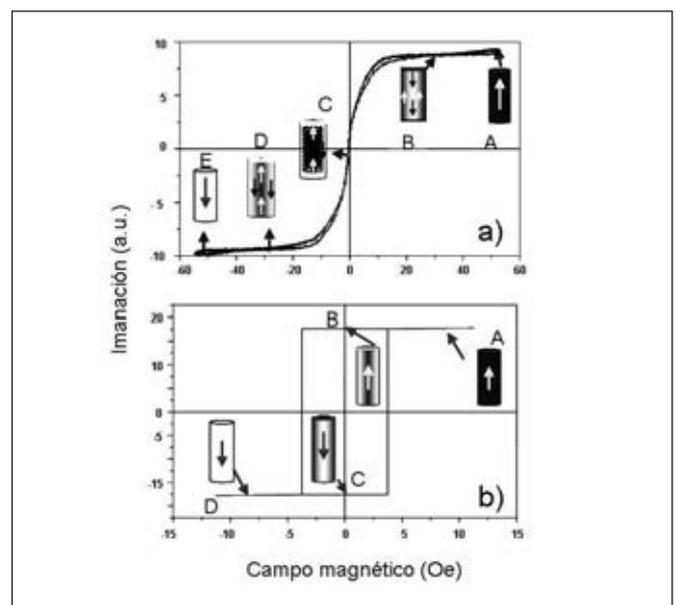


Figura 6. Ciclo de histéresis asociado a un microhilo no-biestable (a) y biestable (b). La figura muestra la evolución de los dominios magnéticos con el campo magnético aplicado.

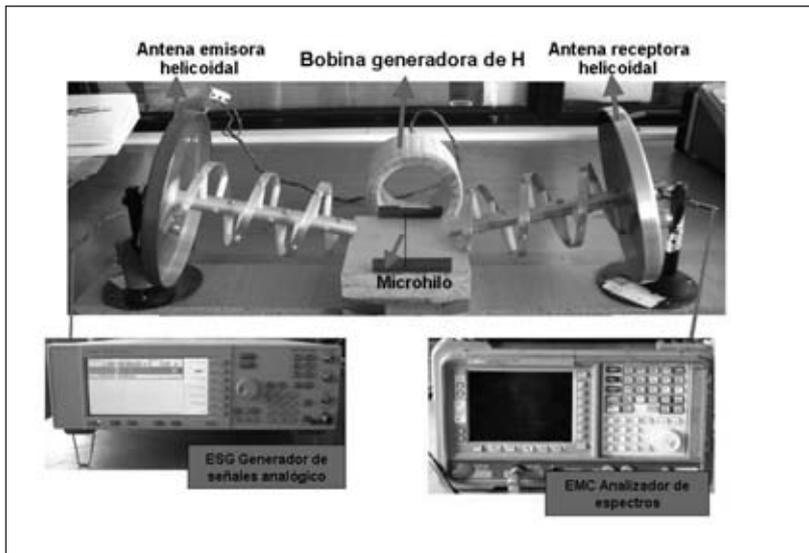


Figura 7. Montaje de experimento de resonancia ferromagnética en microhilos magnéticos.

ta imanación cuando el campo magnético es nulo pero se imana fácilmente con campos magnéticos relativamente bajos. Este es el caso del microhilo no-biestable. Como muestra la figura 6(a) en ausencia de campo magnético aplicado la estructura de dominios es tal que la imanación total es cero. Si se precisa tener imanación en la dirección longitudinal es necesario aplicar un campo magnético en esa dirección.

Por el contrario un microhilo biestable (figura 6(b)) se caracteriza por presentar, a campo cero, un dominio magnético con la imanación en la dirección longitudinal. Esto se debe a que posee anisotropía magnética de origen magnetoelástico asociada a las tensiones inducidas durante el proceso de fabricación. En este caso, como se observa en la figura 6(b), el ciclo de histéresis presenta forma rectangular.

Resonancia ferromagnética en microhilos no-biestables

Experimentos realizados demuestran como en el caso de un microhilo magnético no biestable con ciclo de histéresis como se muestra en la figura 6(a) se puede modular

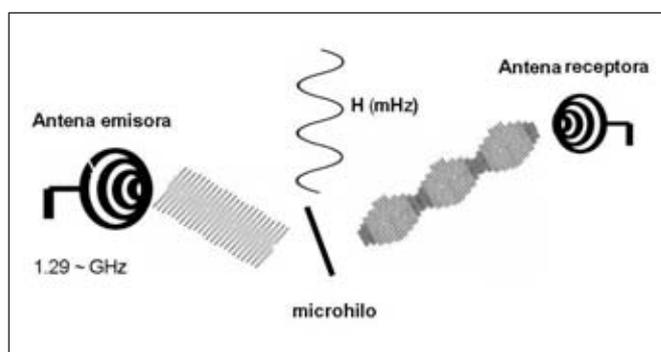


Figura 8. Esquema del experimento de modulación de una onda de GHz por la presencia de un microhilo magnético.

una señal de alta frecuencia.

La figura 7 muestra un esquema del dispositivo utilizado para las medidas. Un microhilo magnético se sitúa en el centro de unos carretes Helmholtz conectados a una fuente de corriente de baja frecuencia. De este modo la muestra se imana y desimana con la frecuencia de dicho campo. Simultáneamente una antena emisora genera una onda de alta frecuencia de una frecuencia fija (1.2 GHz) que coincide con la de resonancia ferromagnética del microhilo. La absorción de la onda por el microhilo se realiza con la periodicidad establecida por el campo de baja frecuencia lo que permite modular la señal de alta frecuencia. La figura 8 muestra un esquema del proceso.

El experimento se realizó con un microhilo de 10 cm de composición $\text{Fe}_{2.25}\text{Co}_{72.75}\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$ al que se le aplica simultáneamente un campo magnético de 10 Hz para imanar la muestra y una onda de 1.29 GHz.

La figura 9 muestra la evolución del nivel de potencia de la señal recogida por analizador de espectros con la intensidad del campo magnético de baja frecuencia aplicado. La evolución temporal de esta señal es consecuencia de la modulación experimentada por la señal de alta frecuencia. El efecto de modulación se modifica con la intensidad del campo magnético de baja frecuencia aplicado. La modulación máxima se da en el estado de saturación del microhilo. De este modo se muestra como el efecto de resonancia ferromagnética sólo se observa en presencia de un campo magnético y cómo cuando el campo de baja frecuencia cae a cero el efecto desaparece. El interés del experimento radica en la posibilidad de desarrollar, a partir de los mismos, sensores para la detec-

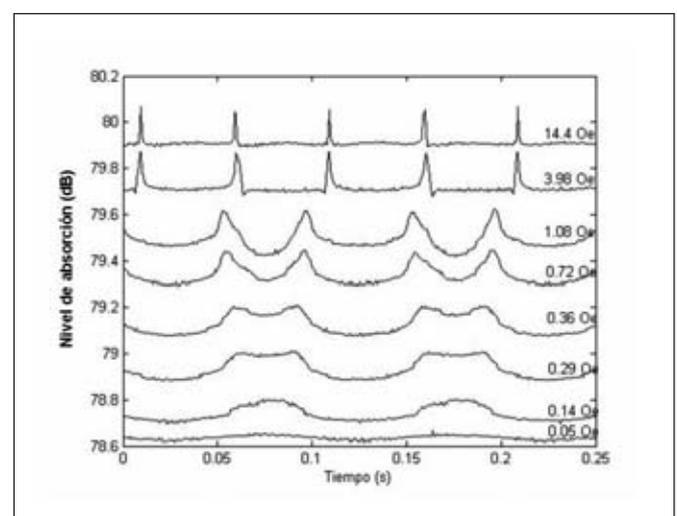


Figura 9. Evolución del nivel de potencia detectado en la antena receptora con la intensidad del campo magnético de 10 Hz.

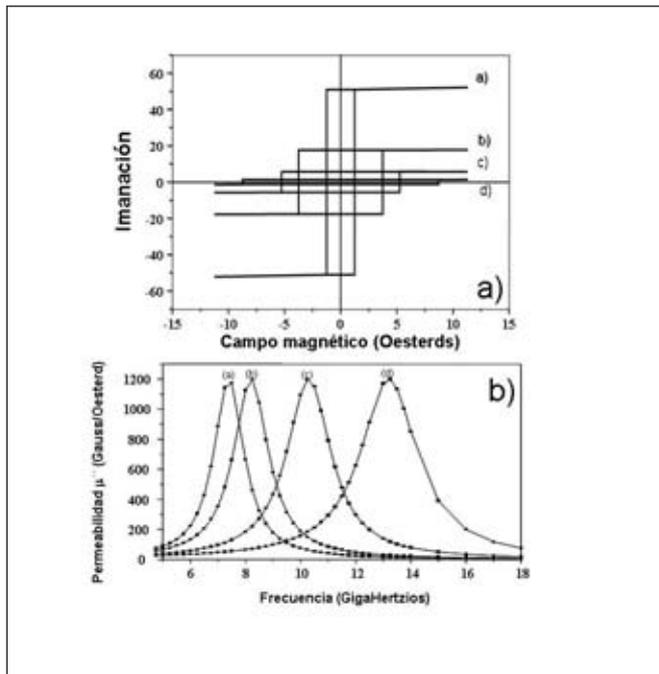


Figura 10. Ciclos de histéresis (a) y parte imaginaria de la permeabilidad magnética en función de la frecuencia para microhilos de composición $\text{Fe}_{89}\text{Si}_3\text{B}_1\text{C}_3\text{Mn}_4$ con diferente $\rho=R_m/R$; $\rho = 0,2$ (a); $\rho = 0,25$ (b); $\rho = 0,28$ (c); $\rho = 0,6$ (d).

ción de elementos magnéticos sin contactos.

Resonancia ferromagnética natural en microhilos biestables

Uno de los fenómenos más interesantes observados en microhilos amorfos ferromagnéticos es la resonancia ferromagnética natural [6]. Este tipo de resonancia se observó primeramente en ferritas en ausencia de campo magnético externo debido a la presencia de anisotropía magnética interna. En este tipo de resonancia el valor de la frecuencia está íntimamente relacionado con el de la anisotropía magnética.

En el caso de los microhilos magnéticos biestables cuya magnetostricción es positiva, la presencia de tensiones internas inducidas en el proceso de fabricación hace que la imanación se presente según la dirección longitudinal aun no habiéndose aplicado ningún campo magnético externo. Este hecho permite la observación de resonancia ferromagnética cuando se hace incidir una onda de GHz perpendicular al eje del microhilo aun en ausencia de campo magnético de baja frecuencia.

La figura 10(a) muestra los ciclos de histéresis asociados a cuatro tipos de microhilos de composición FeSiBCMn pero con diferente geometría. El parámetro considerado es $r=R_m/R$. La figura 10(b) muestra curvas

teóricas de cómo debe evolucionar la parte imaginaria de la permeabilidad magnética con la frecuencia para este tipo de muestras. El máximo observado en estas curvas se corresponde con la frecuencia de resonancia asociada a cada tipo de microhilo. A mayor anchura de ciclo de histéresis, es decir mayor anisotropía magnetoelástica, mayor frecuencia de resonancia ferromagnética.

4. MICROMAG 2000, S.L.

Micromag 2000, S.L. es una empresa spin-off del Instituto de Magnetismo Aplicado que surge con objeto de desarrollar productos basados en las propiedades del microhilo magnético.

Micromag ha desarrollado tres productos en los que el microhilo juega un papel fundamental. Son los siguientes:

- Absorbente de la radiación de alta frecuencia en banda ancha (0.5-20 GHz). Este material permite la absorción tanto de la radiación utilizada en telefonía móvil como de la radiación radar.

Se realiza un pintado sobre la superficie metálica a pantallar. Una de las capas de pintura tiene integrado el microhilo magnético absorbente. La Figura 11(a) muestra el esquema de pintado de la plancha metálica y la Figura 11(b) la imagen de las planchas absorbentes fabricadas por Micromag. Las características exactas del microhilo y de esta integración se encuentran recogidas en patentes propiedad de Micromag [6].

Las planchas así fabricadas se caracterizan en una cámara anecoica (recinto que absorbe toda la energía según la banda energética que consideremos) que incide sobre sus paredes, por lo tanto cualquier fuente energética situada en su interior debería responder como si estuviera en el espacio libre). La figura 12 muestra un esquema del dispositivo de medida así como una imagen de la cámara anecoica desa-

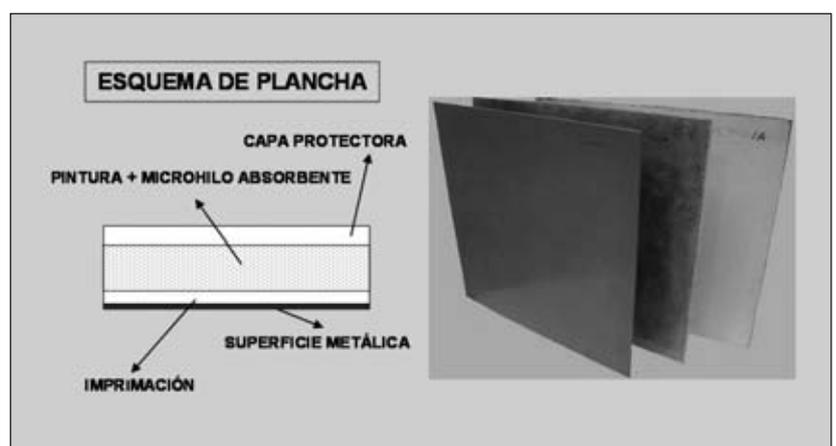


Figura 11. Esquema de pintado de plancha metálica con pintura absorbente (a), imagen de planchas fabricadas por Micromag (b).

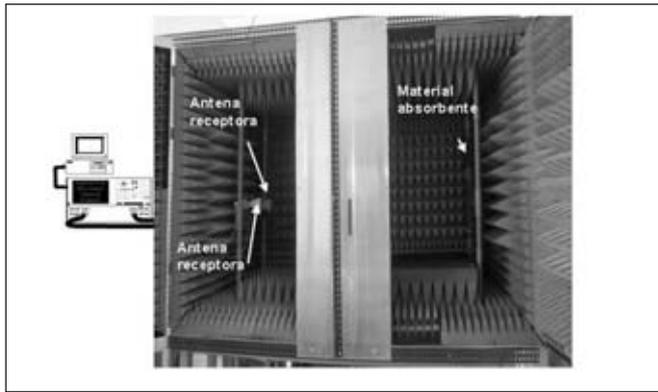


Figura 12. Configuración de antenas en cámara anecoica para caracterización de planchas absorbentes.

rollada en el Instituto de Magnetismo Aplicado para la caracterización de este tipo de materiales.

Para la caracterización de las planchas se realizan barridos en frecuencia entre 2 y 20 GHz. Cada muestra analizada se caracteriza por un espectro de absorción como los que se aparecen en la figura 13. Estos espectros son los obtenidos para planchas fabricadas, todas en idénticas condiciones, pero con microhilos de cuatro tipos diferentes y que son aquellos cuyo ciclo de histéresis se muestra en la figura 10. Se confirma lo esperado, a mayor campo de anisotropía mayor valor asociado al máximo de resonancia. Debe destacarse que los niveles de absorción y los anchos de banda obtenidos en pinturas de este tipo son mucho mejores que los que ofrecen otras empresas del sector con productos equivalentes.

- Etiquetas para sistemas antihurto.

Existen diferentes tipos de Sistemas Antihurto en los centros comerciales pero en particular el del tipo acustomagnético descrito en la patente US-4510489 utiliza etiquetas magnetomecánicas que están formadas por dos elementos: una cinta amorfa magnetostrictiva y una cinta magnética

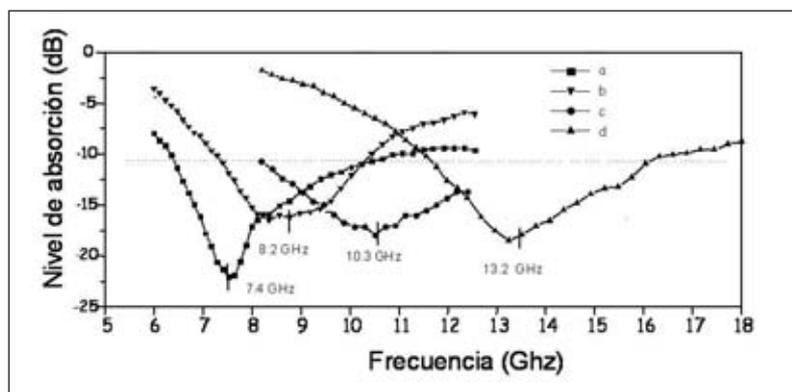


Figura 13. Espectros de absorción para planchas fabricadas con microhilos de composición $Fe_{89}Si_3B_1C_3Mn_4$ con diferente $\rho=R_m/R$; $\rho = 0,2$ (a); $\rho = 0.25$ (b); $\rho = 0.28$ (c); $\rho = 0.6$ (d).

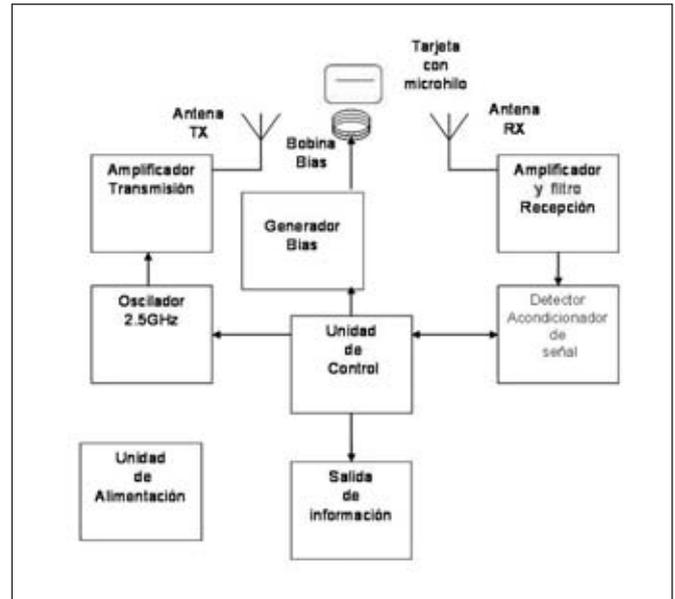


Figura 14. Diagrama de bloques del sistema identificador.

dura. El elemento magnetostrictivo se diseña de tal modo que resuena magnetoelásticamente a una frecuencia predeterminada siempre que se encuentre saturado. El equipo detector genera un campo magnético alterno en la zona de detección a la frecuencia predeterminada de tal modo que la cinta magnetoelástica vibra a dicha frecuencia. Una antena receptora es capaz de recibir dicha vibración.

Basándose en la propiedad de resonancia magnetoelástica del microhilo magnético Micromag 2000 ha sido capaz de desarrollar una etiqueta acustomagnética [7] en la que las cintas amorfas convencionales se sustituyen por microhilo magnético. Las ventajas en cuanto a tamaño y precio de la etiqueta son evidentes.

- Elemento base para sistemas de identificación, autenticación y codificación.

Es un sistema desarrollado por Micromag [8] que permite identificar objetos sin la posibilidad de que estos sean duplicados. Un claro ejemplo de su aplicación directa es la codificación e identificación de tarjetas bancarias. Cada tarjeta lleva integrado un microhilo único con objeto de hacer imposible su falsificación.

El sistema desarrollado y patentado por Micromag utiliza microhilos no-biestables y se basa en la modulación de una onda electromagnética de alta frecuencia mediante un microhilo magnético sometido a un campo alterno de baja frecuencia. Cada microhilo, debido a sus características individuales, proporciona una señal diferente que le identifica de forma inequívoca.

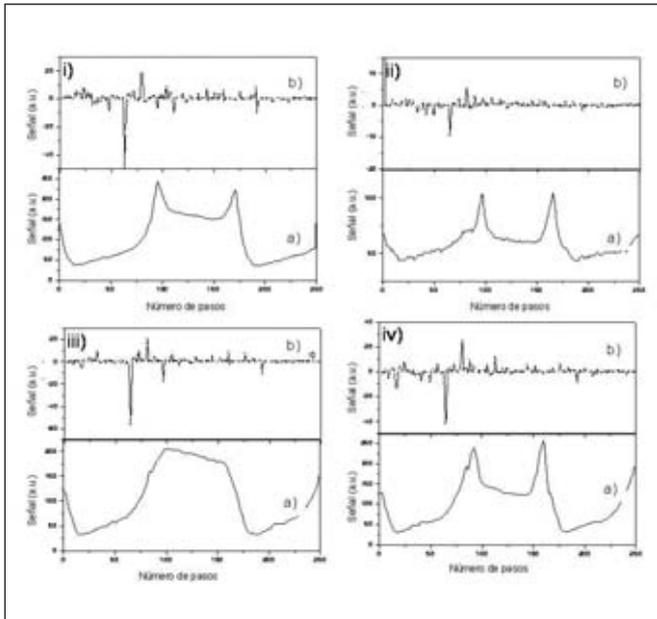


Figura 15. Señales detectadas y correspondientes transformadas para microhilos magnéticos con diferente ciclo de histéresis de baja frecuencia.

La señal obtenida por el equipo está intrínsecamente relacionada con el ciclo de histéresis de baja frecuencia del microhilo identificador. El elemento codificado es un material magnético caracterizado por un ciclo de histéresis de baja frecuencia y por una frecuencia de resonancia propia que viene determinada por la composición y la geometría del mismo.

El dispositivo, como se muestra en la figura 14, está formado por antena emisora conectada a un generador de alta frecuencia, una bobina conectada a generador de corriente de baja frecuencia y una antena receptora conectada a un detector acondicionador de señal que permite identificar al elemento magnético. La señal recogida en la antena receptora, cuya frecuencia es la del campo de baja frecuencia, se trata de tal manera que a cada elemento magnético se le asocian unívocamente un número finito de dígitos, lo que permite distinguir uno de otro. La figura 15 muestra las señales y las correspondientes transformadas para microhilos magnéticos con diferente ciclo de histéresis.

5. CONCLUSIONES

El presente artículo ha pretendido mostrar el microhilo magnético amorfo como un ejemplo de material con un gran potencial desde el punto de vista de las aplicaciones, debido a dos aspectos fundamentales: tamaño y amplia gama de propiedades magnéticas.

Además, este material da una muestra clara de algo a lo que la tecnología de materiales nos acostumbra cada día más, esto es el efecto de la geometría y el tamaño sobre

las propiedades de los materiales. De todas las propiedades aquí expuestas, es la resonancia ferromagnética la más interesante, y es la única que no se observa en amorfos de más tamaño o sin geometría cilíndrica. Además de la geometría cilíndrica, otro elemento fundamental es el diámetro; si no fuera inferior a la longitud de penetración el efecto no se pondría de manifiesto.

Por último se destaca la creación de una empresa de base tecnológica, Micromag 2000 S.L., como ejemplo de transferencia de tecnología. El potencial del material en cuestión sólo se ha puesto de manifiesto cuando de un modo riguroso y sistemático se ha sido capaz de integrarlo en pinturas en el caso del absorbente de radiación electromagnética o se ha desarrollado la electrónica necesaria para poder descodificar la señal procedente de una antena receptora. Este trabajo tan importante como el de investigación básica es el que le corresponde a la empresa de base tecnológica. ■

6. BIBLIOGRAFÍA

- Hernando A, Vázquez M. Engineering properties of rapidly solidified alloys 1993. In: Liebermann H H (ed.) *Rapidly Solidified Alloys*. pp. 553-589
- Somnath C.R, Keat G.O, Kefeng Z., and Craig A. G. Quantification of Blood Clotting Kinetics II: Thromboelastograph Analysis and Measurement of Erythrocyte Sedimentation Rate Using Magnetoelastic Sensors
- Taylor G F 1924 A method for drawing metallic filaments and discussion of their properties and uses. *Phys. Rev.* 24, 6555-6560
- Beach R S, Berkowitz A E 1994 Giant magnetic field dependent impedance of amorphous FeCoSiB wire. *Appl. Phys. Lett.* 64, 3652-3654
- Baranov S A 1988 Magnetic properties of amorphous microwire in the microwave range. *Zh. Teor. Fiz.* 68(1), 136-137
- Marín P, Cortina D., Calvo, J., Gómez J. Agudo P, Hernando A. Absorbedor de la radiación electromagnética basado en microhilos magnéticos (EP 200403082, EP5380256, US 11/315645)
- Marín P, Cortina D., Calvo, J., Hernando A. Etiqueta Magnetoacústica basada en microhilo magnético y método de obtención de la misma (EP 200603200)
- Marín P, Cortina D., Calvo, J., Hernando A. Método y sistema para la caracterización individualizada de elementos magnéticos basado en resonancia ferromagnética (EP 200600336)

AGRADECIMIENTOS

La autora del trabajo quiere agradecer su colaboración en el mismo al equipo de Micromag 2000 S.L., a la Dra Ainhoa González Gorriti y al Prof. Antonio Hernando del Instituto de Magnetismo Aplicado.

Aproximación para la activación del uso sostenible de los Recursos Genéticos de Leguminosas. Desarrollo de técnicas de pre-mejora respetuosas con los polinizadores

AUTORA: MARÍA JOSÉ SUSO
Instituto de Agricultura Sostenible, (CSIC)

La alarma con respecto a la erosión genética, reducción de la diversidad genética, de los Recursos Fitogenéticos (RF) fue ya articulada por los científicos a mediados del siglo veinte y desde entonces ha sido una parte importante tanto de los tratados nacionales como internacionales. En la actualidad la promoción del uso sostenible de los RF es una recomendación prioritaria del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA) cuyo Órgano Rector tuvo su primera reunión en junio 2006 en Madrid. El TIRFAA, en su artículo 6 añade que la búsqueda de una mayor diversidad de los cultivos debe de ir acompañada de una investigación que ponga a disposición de los agricultores una agrobiodiversidad más amplia. Por lo tanto es en este contexto en el que hay que enfocar los objetivos de conservación de los RF.

El propósito de mi artículo es sugerir una aproximación al uso sostenible de los Recursos Genéticos de Leguminosas Grano (RG/LG) (habas, garbanzos, lentejas, guisantes, etc.) a través del reforzamiento de una investigación que atienda a las necesidades de aumento de la producción, de la calidad y de la sostenibilidad ambiental basada en la integración del conocimiento de la relación planta-polinizador (RPP) en el esfuerzo de conservación.

EL MARCO DE ACTUACIÓN

El uso sostenible de los RF es una tarea compleja. La misión es no solamente mantener la diversidad genética sino también integrar los componentes agro-ecológicos que sostienen el proceso que crea la diversidad en un sistema abierto y dinámico.

Estrategias futuras que conecten conservación de los RF y el uso sostenible del germoplasma deben considerar los dos siguientes asuntos interrelacionados:

1) Desarrollo de una aproximación que saque el mayor partido de la biodiversidad disponible localmente en el agro-ecosistema. Hay que conceder una atención especial a la biodiversidad silvestre, fauna silvestre por ejemplo, relacionada

con el agro-ecosistema. Teniendo en cuenta que las Leguminosas son visitadas por un gran número de abejas (solitarias, domésticas y abejorros) es obligado hacer un mejor uso de estos polinizadores potenciales. El papel de los polinizadores como agentes de polinización y de cruzamientos tiene que ser considerado. Los polinizadores contribuyen al cuajado de la semilla y de la vaina, y al desarrollo de plantas vigorosas que escapan a enfermedades y a la sequía, pero también, y de forma importante, a la polinización cruzada. Como agentes de cruzamiento tienen una función muy importante en la estructura de la diversidad entre y dentro de los cultivares locales. Los polinizadores como agentes de polinización cruzada deberían también ser considerados en los programas de conservación: introgresión y de incorporación. Por ejemplo los polinizadores pueden ayudar a aumentar el nivel de alogamia en el desarrollo de un programa de incorporación o a mantener la producción y la estabilidad de la producción en las poblaciones.

2) La proposición de alternativas a la producción para los agricultores a través del desarrollo de los servicios no alimentarios de los cultivos, por ejemplo a través del desarrollo de la función ambiental. La producción de LG tiene efectos beneficiosos sobre el agro-ecosistema, tales como suministrar un paisaje atractivo y, más importante, sitios de alimentación y de anidamiento para las abejas. Hasta hace poco, las polinización ha sido considerada como uno de los "servicios libres de la naturaleza" por lo tanto dada por supuesto y no valorada; raramente se ha considerado como un "input". Pero este punto de vista debe cambiar porque hay una gran evidencia que indica que los polinizadores están en declive en el mundo. Es obligado considerar cómo los cultivos de LG pueden sostener abejas y abejorros en abundancia los que, a su vez, contribuyen a la mejora del cultivar (variedad vegetal cultivada) local.

En el contexto del agro-ecosistema los servicios suministrados por los polinizadores y suministrados por las leguminosas son interdependientes, y también la conservación de los polinizadores y de los recursos genéticos del cultivo. El diseño de estrategias que conecten conservación y uso sostenible de los RG requiere un esfuerzo masivo enfocado en el entendimiento de los patrones de variación de ambos componentes: polinizador y planta. Es necesario ir



mas allá de la simple descripción de la diversidad de la variedad local y hacerse preguntas más complejas pero al mismo tiempo más significativas. Estas preguntas incluyen los modos en los que los componentes y no-componentes del cultivo, tales como los polinizadores y las plantas, se relacionan.

¿COMO IMPLEMENTAR ESTAS CUESTIONES

EL MARCO DE LA CONSERVACIÓN

Y USO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS

DE LAS LEGUMINOSAS GRANO?

Hay dos aproximaciones principales. 1) Introgresión. Implica la transferencia, a partir de los RG, de caracteres altamente heredables gobernados por uno o pocos genes, a los materiales del mejorador, y 2) Incorporación. La introgresión es la aproximación mayoritariamente practicada en la actualidad porque el análisis de los complejos génicos condujo a la creencia de que para evitar la vulnerabilidad de los cultivos se necesitaban nuevas fuentes de resistencia a enfermedades y plagas. Sin embargo, esta creencia pasa por alto dos cuestiones importantes: 1) La heterocigosidad y la heterogeneidad son mecanismos de defensa contra estreses impredecibles, y 2) Se ha demostrado que la heterogeneidad y la heterocigosidad están asociados con una reducción de la vulnerabilidad de los cultivos. Consecuentemente, la investigación tiene que apoyar un programa de incorporación en el que se de mas énfasis a un mantenimiento del nivel de heterogeneidad y de heterocigosidad a través del apoyo a métodos complementarios de conservación *ex situ* que suministren un manejo dinámico de los RG.

El término dinámico se refiere a diferentes conceptos en el campo del manejo del germoplasma. Inicialmente se refería a las poblaciones mantenidas y manejadas en su habitat (conservación *in situ* y "en la granja") pero también el término dinámico se refiere a la utilización del germoplasma a través de un programa de incorporación. Este método de conservación, permite que el proceso eco-evolutivo que dio forma a la diversidad genética y a la adaptabilidad continúe a través del desarrollo de poblaciones de reservorio masales (PRM; "mass reservoir"). Las PRM son poblaciones altamente variables y heterogéneas derivadas del cruzamiento entre un gran número de entradas de distintos orígenes, que se multiplican a lo largo de varias generaciones y se propagan en distintos ambientes, tanto *in situ* (en manos de los agricultores), como *ex situ* (en los bancos de germoplasma). La reproducción de las PRM a lo largo de una serie de ambientes diversos conduce a preservar una gran parte de la variabilidad para uso inmediato en mejora y apoya una mejora participativa. Esta estrategia requiere la elección de los sitios para la multiplicación, el control de la polinización cruzada, el control del flujo génico entre las PRM locales y el uso de los criterios de selección de los mejoradores y de los agricultores, cuando sea necesario, para evitar una evolución no favorable a través de la selección natural. En cada sitio se promueve la recombinación y también una selección que contribuya a la adaptación de las poblaciones individuales. La diversidad y la recombinación tienen que maximizarse en la fase inicial. El sistema de cruzamiento es de gran importancia para la respuesta adaptativa de cada población y juega un papel principal en la estructuración de la diversidad entre y dentro de las poblaciones. Se ha demostrado que en una población finita bajo selección la respuesta adaptativa óptima se alcanza con un sistema de polinización cruzada mixto: de aloga-

mia parcial. Para definir estrategias en un programa de incorporación es esencial que se desarrollen los descriptores del sistema de cruzamiento.

ASPECTOS RELEGADOS

Un programa de incorporación requiere suficiente recombinación, que tiene que ser maximizada, y aislamiento de los materiales actuales de mejora. La polinización cruzada debe favorecerse porque produce genotipos variables y crea nuevas combinaciones alélicas en cada generación. Los beneficios de la incorporación, re-agrupamiento de los alelos a lo largo de las generaciones y generación de variabilidad para una selección futura han sido claros y patentes en plantas alógamas. Sin embargo, en las especies autógamias, y una gran parte de los cultivos de LG lo son, se pueden presentar dificultades. La investigación para el uso sostenible de los RG/LG tiene que orientarse hacia el desarrollo de una tecnología que ponga mayor énfasis en el perfeccionamiento de técnicas que aumenten el nivel de polinización cruzada. Esta tecnología además tiene que ser respetuosa con el medio ambiente y hacer uso de los recursos locales. Tradicionalmente, los programas de incorporación están basados en el método de selección recurrente y la polinización cruzada se ha facilitado utilizando andro-esterilidad. Sin embargo, teniendo en cuenta que una dispersión de polen efectiva depende del manejo por parte de la planta, a través de las características florales, del comportamiento del polinizador, la alogamia y consecuentemente el nivel de recombinación se puede aumentar a través de la selección de caracteres florales que aumentan el nivel de alogamia. Dado que la investigación en RG/LG ha puesto poca atención en estos asuntos, hay una gran carencia en la capacidad de mantener estos recursos de modo eficaz.

Se puede pensar que un inconveniente importante en el desarrollo de un programa de incorporación es que la evolución bajo domesticación de un gran número de LG ha conducido a autofecundación y asociado al paso de polinización cruzada a autofecundación se producen cambios en las características de las plantas que conducen a una disminución o alteración de las claves de alimentación para los polinizadores y de las recompensas. Por lo tanto, ¿es posible implementar un cambio en el sistema de cruzamiento autógeno hacia otro basado en una tendencia a la alogamia?



CONVERSIÓN DE ESPECIES

AUTÓGAMAS EN ESPECIES

CON UN CRUZAMIENTO MIXTO

Hay un asunto relacionado con la conversión de una especie autógena en parcialmente alógama que habría que analizar y es nuestro modelo del sistema de cruzamiento.

Una reflexión que me gustaría compartir es la siguiente. Ha habido una aceptación generalizada del hecho de que autogamia y alogamia son estados estables y relativamente simétricos. Efectivamente, investigaciones anteriores sobre el sistema de cruzamiento concordaban en que alogamia y autogamia son estados alternativos y estables de la evolución del sistema de cruzamiento. Las poblaciones de las plantas o son alógamas o son autógamias. Sin embargo, estudios empíricos actuales enfocados en el análisis del sistema de cruzamiento (1) muestran que la distribución de la frecuencia de alogamia de las poblaciones de especies anemógamas (polinizadas por el viento) es claramente bimodal. Las poblaciones anemógamas son o altamente autógamias o altamente alógamas, de forma que los valores de alogamia intermedios son muy raros. En contraste, las poblaciones de especies polinizadas por insectos presentan un sistema de cruzamiento mixto. Las poblaciones de especies entomógamas, caso de las LG, experimentan cantidades significativas de alogamia y de autogamia.

Este cambio del entendimiento del sistema de cruzamiento desde el convencional hacia el reconocimiento de que las poblaciones de muchas especies entomógamas son parcialmente alógamas implica, por lo tanto, que los factores que generan valores intermedios de alogamia pueden ser analizados y la selección para mayores niveles de alogamia puede ser llevada a cabo. Además, podemos reflexionar que el sistema de cruzamiento en los cultivos locales, en manos de los agricultores, puede diferir del que los mejoradores tradicionalmente han supuesto, como de hecho se ha demostrado ya en especies tales como soja y lenteja, por poner dos ejemplos, en las que se han indicado valores de alogamia más altos que los esperados (2, 3)

AISLAMIENTO ENTRE LAS POBLACIONES

RESERVORIOS MASALES

Asegurar un aislamiento adecuado entre las PRM durante la multiplicación es un paso importante en el mantenimiento de la integridad genética durante un programa de incorporación.

Un campo de multiplicación de germoplasma es un mosaico de diferentes poblaciones de un cultivo o de distintos cultivos y es en este contexto en el que el aislamiento de las PRM tiene que ser evaluado. Hay una serie de poblaciones creciendo a una distancia unas de otras pero que pueden estar ligadas por la dispersión de polen. De importancia crítica pa-

ra la determinación de la estrategia de aislamiento es la determinación del flujo génico entre las parcelas debido a polen. Los mejoradores están familiarizados con estudios de este tipo, pero en general el flujo génico debido a polen se ha analizado considerando las parcelas de cultivo como sumideros de polen. Los esfuerzos eran minimizar la importación de polen de fuera de los límites de la parcela. Sin embargo, en un campo de multiplicación de germoplasma hay que analizar también la exportación de polen. El flujo génico debido a polen tiene que ser analizado desde la perspectiva del movimiento de polen fuera de la parcela, esto es, las entradas comportándose como donadoras de polen. Este aspecto es importante no solamente para implementar el aislamiento entre entradas sino también para entender el mantenimiento de la diversidad en los campos de los agricultores.

Se comentan continuación los resultados de un estudio llevado a cabo con el objetivo de ensayar la efectividad de diferentes estrategias de aislamiento para el control del flujo génico debido a polen (4). El estudio se centró en las habas, *Vicia faba*, especie considerada como modelo debido a su comportamiento alternativo como autógena y alógama. Por lo tanto, este análisis puede servir como base para estudios posteriores en otras especies de LG con mecanismos polinizadores semejantes.

Los patrones de flujo génico se analizaron para probar la efectividad de las siguientes estrategias de aislamiento: 1) una zona libre de vegetación; 2) la misma zona plantada por *Vicia narbonensis*. La función de la *Vicia narbonensis*, una especie incompatible pero con flores similares, es desalentar a los polinizadores a abandonar la parcela, y 3) la misma zona de aislamiento pero con dos cultivos trampa, un genotipo andro-estéril y otro tetraploide. Los cultivos trampas se utilizaron para servir como sumideros de polen (sitios para que las abejas depositen el polen después de forrajear para alimentarse del néctar). Los resultados indicaron que el flujo génico es dependiente de una combinación particular de localidad, barrera y genotipo. Así, plantar una barrera rodeando las parcelas, en vez de utilizar un área no cultivada, parece ser más o menos eficaz en la prevención del flujo génico dependiendo de la localidad y del genotipo. La frecuencia de flujo génico está influenciada por la interacción entre comportamiento del polinizador, las barreras y el cultivar (variedad vegetal cultivada). Esta interacción tiene que ser local y rigurosamente estudiada para tomar decisiones sobre aislamientos apropiados.

La hipótesis de un efecto generalizado de las barreras sobre los genotipos se tiene que rechazar y reemplazar por una explicación más compleja de los patrones encontrados. No han sido estudiados adecuadamente los métodos de aislamiento entre las poblaciones cuando se multiplican y su influencia en la estructura genética. La expansión de métodos de investigación para la evaluación cuantitativa del flujo génico, de las barreras al flujo génico y de la determinación rápida de las entradas que presentan gran flujo potencial permitirá elegir el método más deseable para cada población.

EL CAMINO HACIA EL FUTURO

¿Cuál es la dirección a seguir en el futuro para abordar de forma efectiva el uso sostenible de los RG/LG?

Para promover el uso sostenible de los RG/LG a través de un programa de incorporación es conveniente y necesaria una investigación en dos fases:

1) En primer lugar, el sistema de cruzamiento y las fuerzas que lo conforman (relación planta-polinizador) tiene que ser evaluado. Considerando que no todos los sitios tienen el mismo nivel de alogamia, es imperativa una aproximación geográfica que cubra un rango extenso de ambientes ecológicos.

2) En segundo lugar, la variabilidad genética para caracteres relacionados con el sistema de cruzamiento tiene que ser investigada en los cultivares locales con el objetivo de identificar el germoplasma con alto grado de alogamia potencial. Los descriptores florales tienen que ser re-examinados en el papel que pueden jugar en la evaluación de materiales del banco en este sentido. Variación genética de caracteres relacionados con el sistema de cruzamiento en los cultivares locales indicará que la selección en estos materiales es factible y una aproximación de valor para el desarrollo de germoplasma mejorado.

La conservación y uso sostenible de los RG requiere una visión holística que analice cómo los polinizadores y las características de la planta interactúan para dar forma a la estructura genética del cultivar. El uso reciente de marcadores moleculares hipervariables, los nuevos avances en la estimación del sistema de cruzamiento en combinación con análisis de regresión y de sendero, suministra oportunidades excitantes para ir más allá de la introgresión de genes o caracteres, que ha sido un rasgo central de pre-mejora, hacia una estrategia orientada hacia la obtención de poblaciones locales mejoradas. Los mejoradores y conservadores de germoplasma deberán abordar cuál es la mejor manera de integrar los avances en las áreas de la biología reproductiva y de poblaciones para facilitar el uso sostenible de los recursos genéticos. ■

REFERENCIAS

- (1) Vogler, D. W.; Kalisz, S. 2001. Sex among the flowers: The distribution of plant mating systems. *Evolution* 55 (1) 202-204
- (2) Ohara, M., and Y. Shimamoto. 2002. Importance of genetic characterization and conservation of plant genetic resources: the breeding system and genetic diversity of wild soybean (*Glycine soja*). *Plant Species Biology* 17:51-58.
- (3) Horneburg, B. 2006. Outcrossing in lentil (*Lens culinaris*) depends on cultivar, location and year, and varies within cultivars. *Plant Breeding* 125: 638—640.
- (4) Suso, M.J., Gilsanz, S., Duc, G., Marget, P. and Moreno, M.T. 2006. Germplasm management of faba bean (*Vicia faba* L.): Monitoring intercrossing between accessions with inter-plot barriers. *Genetic Resources and Crop Evolution* (2006) 00: 1-13

Aportaciones de Cajal al conocimiento del núcleo celular: El cuerpo accesorio

AUTORES: MIGUEL LAFARGA, IÑIGO CASAFONT, ROCÍO BENGOCHEA, OLGA TAPIA Y MARÍA T. BERCIANO
Departamento de Anatomía y Biología Celular, Universidad de Cantabria, Santander. Centro de Investigación en Red de Enfermedades Neurodegenerativas (CIBERNED).

FUNDAMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN DEL NÚCLEO CELULAR

En los últimos 20 años se han logrado importantes avances en el conocimiento de la organización del núcleo celular. Fruto de estos avances es nuestra concepción actual de que el núcleo está organizado en compartimentos estructurales y funcionales, que tienen un gran dinamismo y están implicados en la replicación y transcripción del DNA, así como en el procesamiento y transporte de los RNAs nucleares (Misteli, 2005). La replicación es el proceso de síntesis de DNA, mecanismo que permite duplicar los cromosomas, portadores de la información genética, antes de cada división celular. La transcripción es el mecanismo de síntesis de RNA a partir del molde de DNA. En el caso de los genes que codifican proteínas, permite copiar la información del DNA en moléculas de RNA que serán traducidas en el citoplasma para generar las proteínas codificadas en los genes. El procesamiento del RNA mensajero (mRNA), que codifica proteínas, incluye tres modificaciones esenciales en el RNA naciente (tránsito primario): a) el "splicing", proceso que conduce a la eliminación de las secuencias intrónicas, no codificantes, b) la formación de una caperuza de guanosina metilada en el extremo 5', modificación necesaria para que el mRNA sea reconocido por la maquinaria citoplasmática de síntesis de proteínas, el ribosoma, que traduce el mensaje del mRNA en una proteína, y c) la poliadenilación, que consiste en la adición de 100 a 200 nucleótidos de adenina al extremo 3' (cola de poli A), mecanismo que estabiliza los mRNAs y previene su degradación por nucleasas.

La caracterización morfológica de los compartimentos nucleares es bien conocida desde los clásicos estudios citológicos realizados por Cajal (1910), a escala de microscopía óptica, y por Monneron y Bernhard (1969), a escala de microscopía electrónica. Ahora sabemos que estos compartimentos estructurales disponen de una maquinaria molecular muy compleja, parcialmente identificada en los últimos 20 años con métodos de inmunofluorescencia e hibridación *in situ* que utilizan anticuerpos y sondas para reconocer proteínas y ácidos nucleicos (RNAs y DNAs) que juegan un papel esencial para la fisiología nuclear (Lamond y Earnshaw, 1998; Misteli, 2005).

En la actualidad, el núcleo se considera organizado en dos compartimentos principales, el cromatínico o cromosómico, donde se distribuyen los cromosomas y se produce la replicación y transcripción del DNA, y el intercromatínico, ocupado por otras estructuras y cuerpos nucleares implicados en el procesamiento de RNAs nucleares. En el dominio cromosómico, cada cromosoma queda confinado en un territorio cromosómico que ocupa un subvolumen nuclear específico (Cremer y Cremer, 2001). En el dominio intercromatínico se organizan varias estructuras nucleares, principalmente, el nucleolo, las áreas de factores de "splicing" o "speckles" nucleares y los cuerpos nucleares de Cajal. El nucleolo es la estructura nuclear mejor conocida. Es el compartimento nuclear donde se produce la síntesis y procesamiento de los RNAs ribosomales (rRNAs) que, una vez unidos a proteínas ribosomales específicas, se ensamblan para formar los ribosomas, la maquinaria celular que realiza la síntesis de proteínas (Olson y Dundr, 2005, Boisvert et al., 2008). Las áreas de factores de "splicing" o "speckles" nucleares son dominios enriquecidos en factores de "splicing", que incluyen proteínas y ribonucleoproteínas nucleares de pequeño tamaño (snRNPs) implicadas en el "splicing" de pre-mRNAs, un mecanismo nuclear que corta y elimina las secuencias intrónicas del pre-mRNA, que no codifican la proteína, y empalma las secuencias exónicas que son codificantes (Lamond y Spector, 2003). Otro dominio nuclear muy importante es el "cuerpo accesorio" o cuerpo nuclear de Cajal, "Cajal Body" (CB) en la literatura internacional. Concentra la proteína específica coilina p80, que es esencial para la integridad estructural y ensamblaje molecular de los CBs (Cioce y Lamond, 2005). Además, contiene dos tipos de factores que son esenciales para el "splicing" de los pre-mRNAs: snRNPs espirosomales y la proteína de supervivencia de las motoneuronas SMN ("survival of motor neurons"). También comparte moléculas con el nucleolo tales como la proteína fibrilarina y determinadas ribonucleoproteínas nucleolares de pequeño tamaño (snoRNPs) (Carvalho et al., 1999; Gall, 2000; Berciano et al., 2007). Desde un punto de vista funcional, el CB tiene una importancia fundamental en la biogénesis de dos tipos de ribonucleoproteínas, snRNPs y snoRNPs, que son esenciales para el procesamiento nuclear (maduración) de los RNAs mensajeros y ribosomales, respectivamente (Cioce y Lamond, 2005).

CONTRIBUCIÓN DE CAJAL AL

CONOCIMIENTO DEL NÚCLEO CELULAR

La primera referencia estructural de la organización nuclear en compartimentos la encontramos en el trabajo de Cajal (1910) sobre el núcleo de las neuronas piramidales del cerebro humano

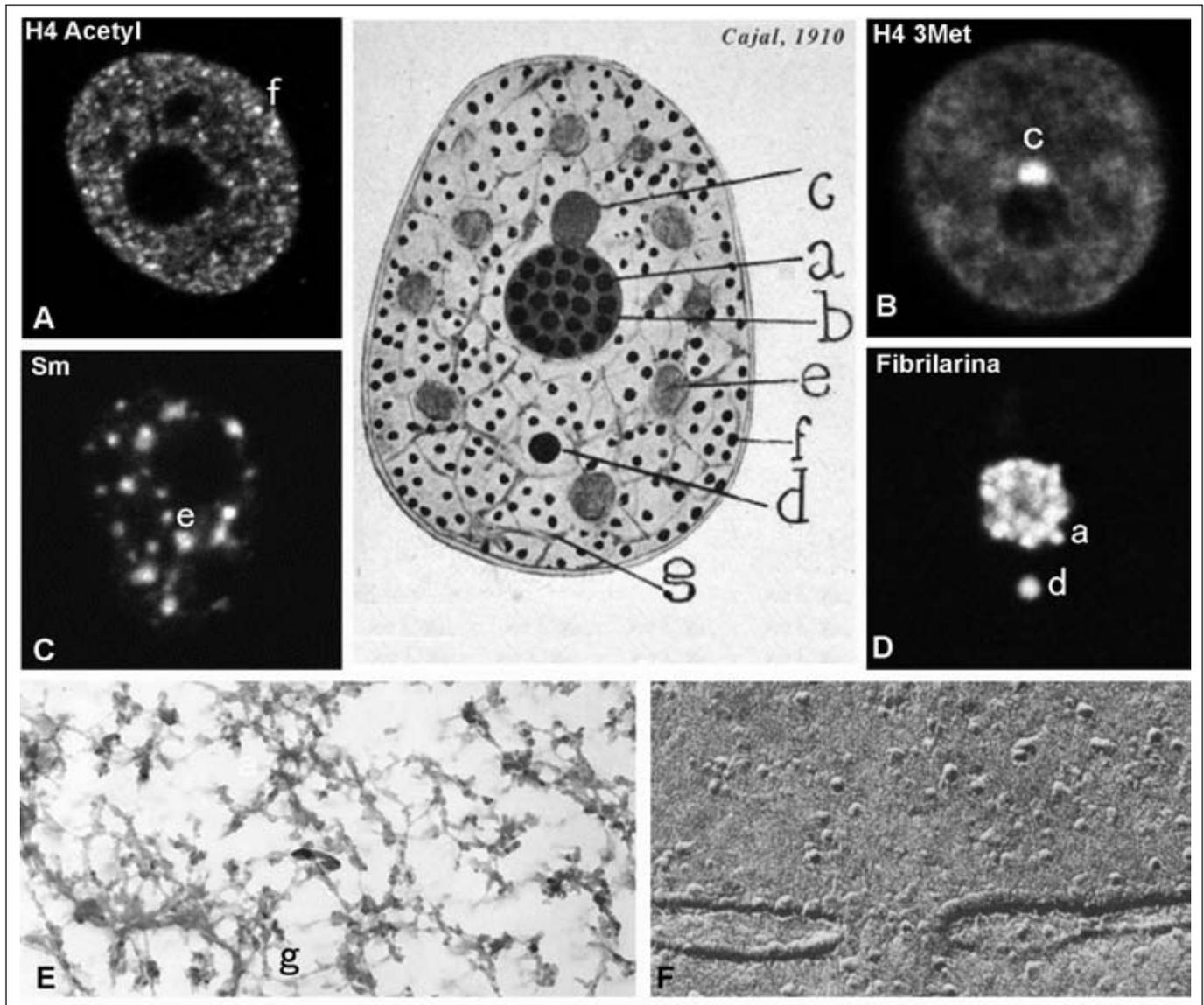


Figura 1. Representación esquemática de las estructuras del núcleo celular identificadas por Cajal en su artículo de 1910 sobre el núcleo de la neuronas piramidales de la corteza cerebral (Original depositado en el Museo Cajal, Instituto Cajal, CSIC, Madrid). Los paneles que rodean al dibujo de Cajal son imágenes de microscopía confocal (A-D) y microscopía electrónica (E y F) que ilustran los equivalentes estructurales y moleculares del núcleo celular en la actualidad.

y de algunos mamíferos. Este estudio representa una pieza maestra de la citología nuclear. Cajal utiliza un método diseñado por él, el proceder del nitrato de plata reducido, para impregnar con gran vigor y observar al microscopio las diferentes estructuras del núcleo celular, algunas de las cuales no habían sido caracterizadas con los métodos tradicionales de la época basados en la tinción con anilinas ácidas y básicas. En este estudio se describe con gran detalle y fiabilidad la morfología, distribución nuclear y afinidad por la plata (argentofilia) de los componentes del núcleo celular, así como de sus variaciones en distintos tipos neuronales y en diferentes especies. En la figura 1 se reproduce un esquema de Cajal del núcleo de la pirámide cerebral humana en el que se establece, en palabras de Cajal, ... "la existencia de las siguientes organitos o partes nucleares: el **nucleolo**, compuesto de las esferas argentófilas y de la materia intersticial (Fig. 1a y b); los **grupos o costros peri-**

nucleolares de Levi (Fig. 1c); el **cuerpo accesorio**, señalado por nosotros (Fig. 1d); los **granos neutrófilos** del nucleoplasma (Fig. 1f); los **grupos hialinos** (Fig. 1e); la llamada **red de filamentos de linina** del carioplasma (Fig. 1g), y, en fin, el **jugo nuclear o carioplasma** y la **membrana**".

En los paneles que rodean al esquema original de Cajal de la figura 1 presentamos el equivalente actual de las estructuras nucleares descritas por Cajal, utilizando métodos modernos de microscopía confocal láser y microscopía electrónica. Resulta sorprendente la enorme fiabilidad de los hallazgos de Cajal que han sido confirmados con las técnicas más sofisticadas de análisis del núcleo celular. Así las "esferas argentófilas del nucleolo" corresponden a las unidades de transcripción de los genes ribosomales, los centros fibrilares; los "grupos perinucleolares de Levi" representan agregados de cromatina condensada (he-

terocromatina perinucleolar); el “cuerpo accesorio” es el cuerpo nuclear de Cajal que comentaremos más adelante; los “grumos hialinos” corresponden a las áreas de factores de “splicing”, y la “red de filamentos de linina” refleja el esqueleto o matriz nuclear que, entre otras funciones, parece servir como andamiaje estructural que ofrece puntos de anclaje para el DNA de los cromosomas. En el caso de los “granos neutrófilos”, sólo muy recientemente hemos podido determinar su equivalente actual en la organización nuclear. Estructuras idénticas pueden detectarse utilizando métodos que nos permiten observar la acumulación focal de RNAs nacientes, los denominados focos o factorías de transcripción (Casafont et al., 2006), que se visualizan como microfocos (puntos) distribuidos por el núcleo. Probablemente, entre las proteínas que se asocian a los RNAs recién sintetizados se encuentra alguna muy argentófila responsable de la impregnación argéntica de los granos neutrófilos. También resulta intrigante la representación que hace Cajal de la “membrana nuclear” como dos líneas concéntricas que delimitan el núcleo (Fig. 1), cuando la existencia de una doble membrana nuclear sólo se puede determinar con la alta resolución que ofrece la microscopía electrónica. Aunque la doble línea representada por Cajal podría indicar, simplemente, el deseo del autor de subrayar el límite del núcleo, Cajal reproduce la “doble membrana nuclear” en otros dibujos como, por ejemplo, en su ilustración del núcleo de un ovocito de coneja. Una posible explicación es que el líquido fijador utilizado por Cajal para procesar las muestras de tejido nervioso hubiera producido una dilatación del estrecho espacio perinuclear que queda entre las dos membranas nucleares, no observable con la resolución del microscopio óptico, pero haciéndose visible al dilatarse artificialmente. Cajal pudo representar esta dilatación del espacio perinuclear con una doble línea/membrana.

Cajal en su libro “Historia de mi labor científica” (1923) se atribuye como descubrimientos propios de la estructura del núcleo celular el “cuerpo accesorio”, los “grumos hialinos” y la red o “armazón nuclear de filamentos de linina”. Por su interés histórico voy a reproducir el párrafo en el que Cajal comenta estos tres descubrimientos. “Por lo que toca a la estructura íntima del núcleo de las células nerviosas, nuestros insistentes análisis revelaron (aparte la comprobación de muchos datos referentes al núcleo, grumos perinucleolares de Levi, granulaciones neutrófilas del jugo nuclear, etc.) estas tres cosas: a) la presencia de un corpúsculo especial de pequeña talla, nuestro cuerpo accesorio, cuyas afinidades tintoriales le separan abiertamente del nucleolo principal y de los nucleolos accesorios de los autores; b) la coloración mediante el método argéntico de determinadas redes interiores, el armazón fibrilar, y c) la determinación anatómica y microquímica de ciertos grumos recios dispersos por el jugo nuclear, los grumos hialinos.”

Mientras que las contribuciones de Cajal al conocimiento de la arquitectura neuronal de los centros nerviosos y a la organización de los circuitos neuronales han sido ampliamente conocidas y reconocidas por la comunidad científica internacional en el campo de las Neurociencias básicas y clínicas, la importante

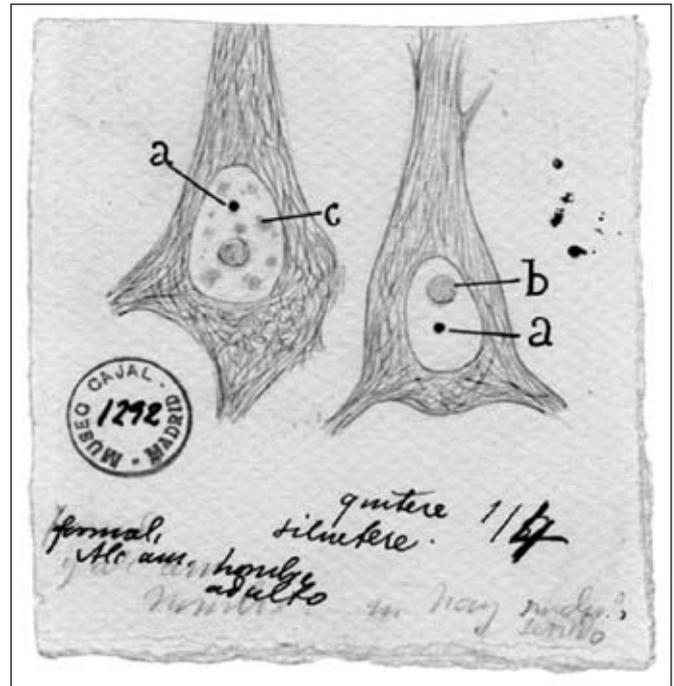


Figura 2. Reproducción de un dibujo original de Cajal que ilustra la organización de las neurofibrillas, en el citoplasma, y el nucleolo, cuerpo accesorio y grumos hialinos del núcleo celular. (Original depositado en el Museo Cajal, Instituto Cajal, CSIC, Madrid).

contribución de Cajal al conocimiento del núcleo celular ha tenido una repercusión más limitada. Este hecho se explica porque Cajal publicó un solo artículo, y en castellano, sobre el núcleo celular frente a una extensísima obra científica en el campo de las Neurociencias a la que dedicó la mayor parte de su actividad investigadora. De sus tres descubrimientos sobre la estructura del núcleo celular sólo el “cuerpo accesorio” ha tenido un reconocimiento universal. Es necesario que los científicos conocedores de la obra científica de Cajal sigamos reivindicando la paternidad e importancia de sus otros descubrimientos.

EL “CUERPO ACCESORIO” DE CAJAL

Seguidamente, analizaré la evolución histórica e importancia actual del cuerpo accesorio, una organela fascinante del núcleo celular. En 1903, Cajal, utilizando una de sus variantes del método del nitrato de plata reducido, en la que las muestras de tejido nervioso se fijan con alcohol amoniacal, observa una inclusión nuclear redondeada (de 0,5 a 1 µm de diámetro), muy bien definida e intensamente argentófila que aparece en una gran variedad de poblaciones neuronales del hombre y de otros vertebrados. Aunque el descubrimiento fue inicialmente publicado en un artículo de 1903 sobre un nuevo método de impregnación argéntica, la descripción detallada de “cuerpo accesorio”, conjuntamente con la de otros compartimentos nucleares, aparece en el trabajo publicado en 1910 comentado anteriormente. La figura 2 reproduce un dibujo original de Cajal de dos neuronas piramidales humanas impregnadas con

el proceder del nitrato de plata reducido. En el citoplasma el autor ilustra con gran detalle la distribución del citoesqueleto neuronal de neurofibrillas (neurofilamentos, en la actualidad). A escala del núcleo celular, aparece perfectamente definido un cuerpo redondeado y nítido, que destaca por su intensa argentofilia en comparación con la tinción más débil del nucleolo y grumos hialinos. Cajal bautiza a este nuevo cuerpo nuclear con el nombre de "cuerpo accesorio" del nucleolo.

Con la incorporación de las técnicas de microscopía electrónica al estudio del núcleo celular, Monneron y Bernhard (1969) describen en hepatocitos un cuerpo nuclear, formado por hebras densas arrolladas de material fibrilar, que denominan "coiled body" (cuerpo arrollado). En su estudio, estos dos investigadores no hacen referencia al artículo de Cajal de 1910, probablemente no lo conocían, y presentan el "coiled body" como una nueva estructura nuclear identificada con el microscopio electrónico. En 1983, en nuestro laboratorio adaptamos el método del nitrato de plata reducido para su aplicación en microscopía electrónica y demostramos, en varios tipos neuronales, que el "cuerpo accesorio" de Cajal y el "coiled body" de Monneron y Bernhard (1969) eran la misma estructura (Lafarga y cols., 1983). La reacción argéntica se producía específicamente sobre las hebras densas arrolladas del "coiled body" (Fig. 3 C-D). Sin embargo, fue necesario esperar hasta 1999 para que la comunidad científica reconociese formalmente el descubrimiento de Cajal. Modestamente, pensamos que las aportaciones de nuestro grupo de trabajo al conocimiento del "cuerpo accesorio" contribuyeron de manera importante a dar a conocer entre los investigadores del núcleo celular el descubrimiento de Cajal. Así, en un "EMBO Workshop" sobre la organización funcional del núcleo celular, celebrado en Praga en 1999, el profesor Joe Gall, de la "Carnegie Institution of Baltimore", apoyándose en las observaciones realizadas por nuestro grupo de trabajo y por otros investigadores, propuso la adopción del nombre de "Cajal body" en sustitución de "coiled body", como homenaje a Cajal y reconocimiento del descubrimiento del "cuerpo accesorio" (Carvalho y cols., 1999; Gall, 2000). Desde esa fecha, el nombre de "Cajal body" (cuerpo nuclear de Cajal, en castellano) ha sido universalmente aceptado en la literatura internacional, incluyendo los textos de Biología Celular. A dos de los autores de este artículo nos cabe el honor y la satisfacción de haber participado en la primera publicación internacional (Carvalho et al., J. Cell Biol, 1999) en la que aparece por vez primera el nombre de "Cajal body" en sustitución del de "coiled body".

LA ERA MODERNA DEL CUERPO

NUCLEAR DE CAJAL ("CAJAL BODY", CB)

Respecto a la caracterización molecular del cuerpo de Cajal, además de su argentofilia demostrada por Cajal (Fig. 3A), los clásicos estudios citoquímicos con el método del EDTA, que contrasta selectivamente las estructuras enriquecidas en RNA, demostraron la presencia de RNA en el CB (Monneron y Bernhard,

1969; Lafarga et al., 1983). Este hallazgo fue confirmado y ampliado con los estudios del laboratorio de Fakan (1984) que aplicaron técnicas de inmunocitoquímica ultraestructural para demostrar la presencia de ribonucleoproteínas en el CB. Cabe destacar en esta época las investigaciones de un grupo español (Moreno Díaz de la Espina et al., 1982) sobre la organización de los CBs en células de plantas. Este grupo utilizó técnicas de autoradiografía para analizar, a escala ultraestructural, la incorporación de un precursor radiactivo para la síntesis de RNA en estructuras nucleares. Demostraron la ausencia de transcritos primarios, RNA nacientes, en el CB, lo que descartaba a esta estructura como un sitio de transcripción y de "splicing" de los pre-mRNAs, toda vez que este último proceso ocurre cotranscripcionalmente. Estos resultados también sugerían que el RNA que se acumula en los CBs no pertenecía ni a mRNAs ni a rRNAs, dado que ambos tipos se acumulan en los sitios de transcripción tras un pulso muy corto de exposición a un precursor para la síntesis de RNA como la uridina tritiada.

La era moderna en el conocimiento del cuerpo de Cajal se inicia, a comienzos de la década de 1990, con el descubrimiento del laboratorio del doctor Tan, del "Scripps Institute in La Jolla", de que el suero de un paciente con una patología autoinmune marcaba específicamente los CBs, entonces denominados "coiled bodies", en una gran diversidad de tipos celulares de vertebrados, invertebrados y plantas (Gall, 2000). La proteína que reconocía el suero autoinmune tiene un peso molecular de 80 kD y fue bautizada como coilina (de "coiled", Andrade et al., 1991; Gall 2000, Cioce y Lamond, 2005). A partir de este descubrimiento, se consiguió clonar el cDNA de la coilina y obtener proteína recombinante para producir anticuerpos específicos dirigidos contra la coilina (Fig. 3B). La caracterización de un marcador molecular de los CBs representó un gran avance para la identificación de otros componentes moleculares del CB. Así, en la misma década de los noventa, el grupo del doctor Angus Lamond, en laboratorio de la EMBO de Heidelberg, desarrolló métodos de hibridación *in situ* para la detección de snRNAs ricos en uridina (U RNAs). Estos estudios revelaron la acumulación en los CBs de U1, U2, U4, U5 y U6 snRNAs, implicados en el "splicing" de los pre-mRNAs, así como la presencia de U7 snRNA, que participa en el procesamiento específico de los pre-mRNAs de las histonas que no sufren el "splicing" (Lamond y Carmo-Fonseca, 1993; Cioce y Lamond, 2005). Posteriormente se identificó la presencia en los CBs de una segunda categoría de RNAs pequeños nucleolares, particularmente el U3 snoRNA, y, más recientemente, de RNAs pequeños específicos del CB, los denominados scaRNAs (Jady y Kiss, 2001; Carmo-Fonseca, 2002). Como conclusión, los estudios de hibridación *in situ* demuestran la naturaleza de los RNAs localizados en el CB (snRNAs, snoRNAs y scaRNAs) y aportan una pista esencial para conocer el papel del CB en el procesamiento nuclear de pre-mRNAs y pre-RNAs.

En relación con la participación del CB en el procesamiento de pre-mRNAs, una contribución muy importante fue el descubrimiento por el grupo del laboratorio del doctor Dreyfuss,

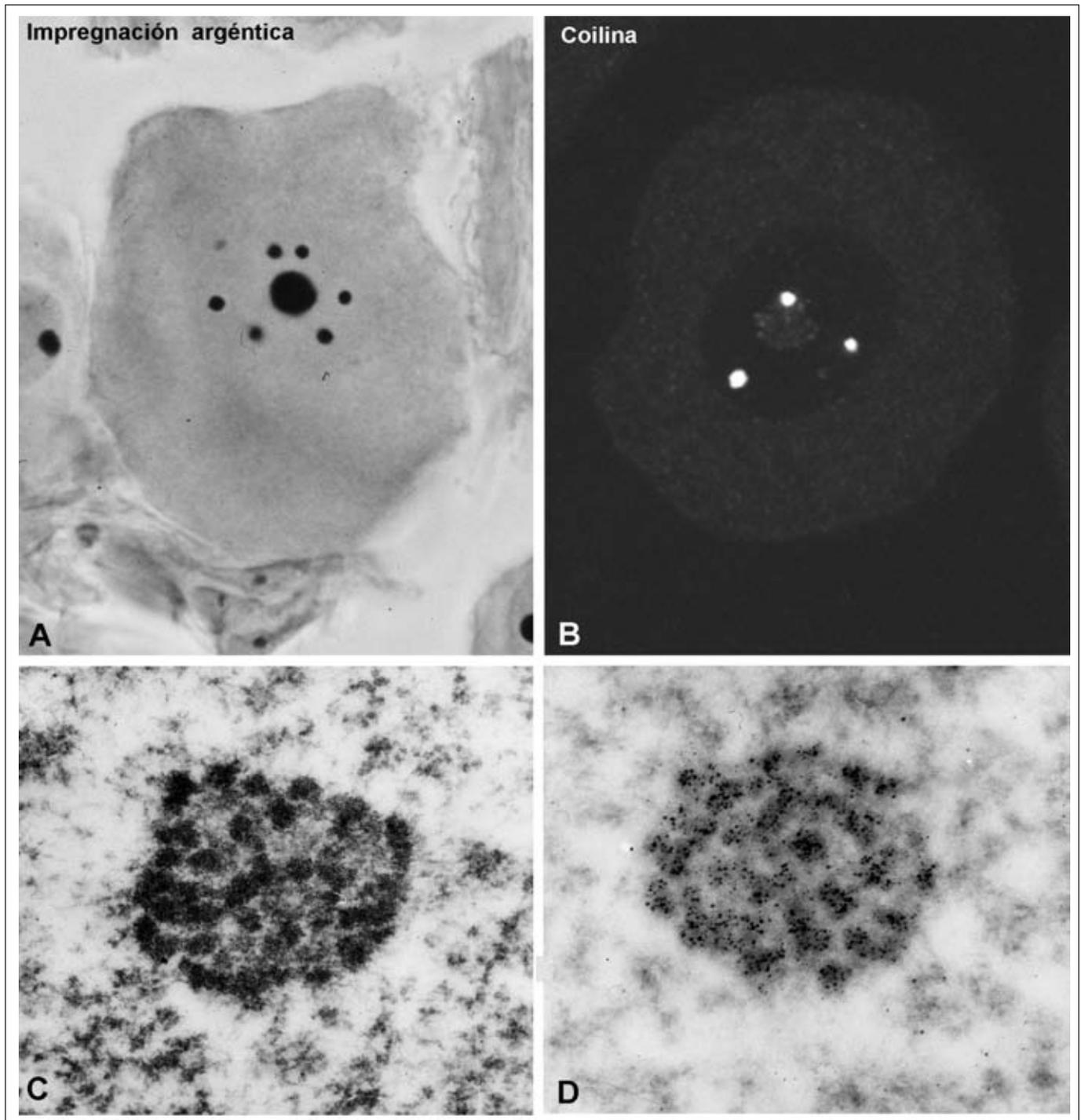


Figura 3. A. Impregnación argéntica de una neurona de un ganglio raquídeo que muestra numerosos cuerpos nucleares de Cajal, de pequeño tamaño, y un único nucleolo, de gran tamaño, todos ellos intensamente teñidos con la plata. B. La inmunofluorescencia con un anticuerpo anti-coilina nos permite identificar específicamente los cuerpos nucleares de Cajal, dos libres en el nucleoplasma y uno asociado al nucleolo. Neurona de un ganglio raquídeo. C y D. Ultraestructura de un típico cuerpo nuclear de Cajal formado por hebras densas arrolladas de material fibrilar denso embebidas en un matriz amorfa (C). La aplicación del método de nitrato de plata reducido a nivel de microscopia electrónica demuestra la impregnación selectiva de las hebras densas del cuerpo arrollado (D). Los paneles C y D son una reproducción de las Figuras 10 y 11 del artículo Lafarga et al., *Anat. Embryol.* 1993 con licencia de Springer).

del "Howard Hughes Medical Institute of Philadelphia", de un nuevo complejo multiproteico formado por la proteína de supervivencia de las neuronas motoras (SMN) y varias proteínas asociadas, identificadas como "Gemins". Este complejo se localiza en el citoplasma y se concentra en cuerpos nucleares

denominados "gems" (asociados a los CBs) y en los propios CBs (Liu y Dreyfuss, 1996; Carvalho et al., 1999). El complejo SMN actúa como factor de "splicing" y es necesario también para el ensamblaje en el citoplasma de las snRNPs espliceosomales. El ensamblaje requiere de la exportación al citoplasma de los U

snRNAs sintetizados en el núcleo. En el citoplasma, estos U snRNAs se asocian a dos complejos proteicos, el SMN y el Sm (formado por siete proteínas), para formar las ribonucleoproteínas del "splicing" (snRNPs), que son importadas al núcleo y reclutadas por el CB donde se completa la maduración molecular de estas snRNPs (Cioce y Lamond, 2005), por un mecanismo que comentará más adelante.

Desde un punto de vista funcional, sabemos que el CB no es un sitio de transcripción ni de "splicing" de los pre-mRNAs (Moreno Díaz de la Espina et al., 1982; Casafont et al., 2006), pero es una estructura nuclear dependiente de transcripción: su número y tamaño se relaciona positivamente con la actividad transcripcional global de la célula (Lafarga y cols. 1991, 1998; Lamond y Carmo-Fonseca, 1993; Pena et al., 2001, Berciano et al., 2007). Un estudio de nuestro laboratorio (Lafarga et al., 1991) aportó la primera evidencia experimental de que la formación de CBs es dependiente de transcripción. Utilizamos como modelo celular las neuronas del núcleo supra-óptico, un centro nervioso que produce una hormona anti-diurética (vasopresina). Observamos que la estimulación osmótica de estas neuronas, mediante deshidratación de los animales experimentación, producía una activación transcripcional que se acompañaba de un incremento en el número de CBs. El efecto era reversible y el número de CBs se normalizaba a valores control cuando cesaba el estímulo osmótico. Por el contrario, la inhibición de la actividad transcripcional, inducida con drogas como la actinomicina D o mediante un estrés neuronal, producía una dramática reducción o desaparición de los CBs (Lamond y Carmo-Fonseca, 1993; Lafarga et al., 1998). La conexión entre transcripción y CB se fundamenta en el hecho de que la activación transcripcional incrementa la producción de pre-mRNAs y pre-rRNAs y aumenta la demanda de snRNPs y snoRNPs, cuya maduración se lleva a cabo en los CBs. El incremento de la demanda de snRNPs y snoRNPs parece estimular el ensamblaje de más CBs para aumentar su producción. De esta manera, la formación de CBs se acomoda dinámicamente a las variaciones de la actividad transcripcional global de la célula.

Respecto al papel de los CBs en la maduración de las snRNPs, sabemos que estas ribonucleoproteínas son transferidas al CB desde el citoplasma. En el CB, las snRNPs experimentan dos tipos de modificaciones, la metilación de algunas ribosas y la conversión de uridinas a pseudourinas (rotación de la base nitrogenada sobre la ribosa), que están dirigidas por una familia de RNAs pequeños (scaRNAs) localizados específicamente en el CB (Jady y Kiss, 2001; Carmo-Fonseca, 2002). Una vez completada su maduración, las snRNPs pueden ser transferidas a los sitios de transcripción donde se ensamblan en espliceosomas, la maquinaria molecular que lleva a cabo el "splicing" de los pre-mRNAs. En el caso de las snoRNPs destinadas al nucleolo, el U3 snoRNA se sintetiza en el núcleo y migra directamente al CB donde se producen dos modificaciones importantes: la tri-metilación del extremo 3' y la unión de este snoRNA tri-metilado a la proteína fibrilarina

para ensamblar las snoRNPs, que serán transferidas al nucleolo donde operan en el procesamiento de los pre-rRNAs (Carmo-Fonseca, 2002). Los estudios en células vivas han demostrado que los CB se mueven entre la cromatina y el nucleolo (Platini et al., 2000), esta dinámica debe de favorecer la transferencia molecular de snRNPs y snoRNPs desde el CB a la cromatina y el nucleolo.

Seguidamente comentaremos la importancia de la coilina, el marcador molecular de los CBs (Andrade et al., 1991), para el ensamblaje molecular de los CBs. Una aproximación experimental para estudiar la importancia de una proteína consiste en generar un sistema celular que tenga un déficit en el gen que la codifica. En el año 2001, el laboratorio de Greg Matera, en la "Case Western University of Cleveland" generó un ratón knock-out para la coilina. La pérdida de los genes de la coilina producía una elevada mortalidad fetal. En los animales que sobrevivían se producían signos de envejecimiento precoz. El estudio del comportamiento de los CBs en estos ratones knock-out, realizado con la colaboración de nuestro grupo de trabajo (Tucker et al., 2001) demostró la falta de formación de CBs en todas las células analizadas, indicando que la coilina es necesaria para el ensamblaje de los CBs. Cuando a los fibroblastos de este ratón mutante se les incorporaba el gen de la coilina normal, mediante técnicas de transfección celular, la síntesis de coilina inducía la formación de típicos CBs que reclutaban snRNPs. Esto demostraba que la coilina no sólo era necesaria para el ensamblaje inicial del CB sino también para el reclutamiento ulterior de las snRNPs espliceosomales.

RELACIÓN DEL CB CON

LA PATOLOGÍA HUMANA

El descubrimiento del factor SMN ha permitido establecer la primera conexión entre el cuerpo de Cajal y la patología humana (Carvalho et al., 1999). Existen dos copias (centromérica *SMN1* y telomérica *SMN2*) del gen que codifica la proteína SMN (Lefebvre y cols., 1998). Mutaciones o deleciones de la copia telomérica (*SMN1*) son responsables del 96% de los casos de atrofia muscular espinal, un cuadro neurodegenerativo que produce parálisis muscular debida a la muerte de las motoneuronas espinales (Lefebvre y cols., 1998). Esta enfermedad en su forma más severa, el síndrome de Wernig-Hoffman, es una de las principales causas de mortalidad de base hereditaria en la infancia. Aunque el gen *SMN2* normalmente no se afecta en la atrofia muscular espinal, el 90% del mRNA resultante de su transcripción codifica una forma truncada de la proteína SMN (no tiene la región codificada por el axón 7) que no es funcional. La consecuencia es un importante déficit en la producción de la proteína SMN funcional, que altera el ensamblaje molecular de los CBs y conduce a una severa alteración del procesamiento nuclear de los pre-mRNAs, particularmente del "splicing". Esta disfunción del procesamiento de los pre-mRNAs afecta preferentemente a las motoneuronas espinales que mueren por un mecanismo de apoptosis. Por otra parte, la proteí-

na SMN forma también un complejo con la ribonucleoproteína hnRNP-P que está implicado en el transporte axonal del mRNA de la actina hasta la terminación del axón. La síntesis de actina y su ensamblaje en filamentos finos de actina en la terminación del axón es un proceso fundamental para la formación de la sinapsis neuromuscular entre las motoneuronas y las fibras musculares estriadas esqueléticas. La reducción de la concentración de SMN en las motoneuronas de pacientes con atrofia muscular espinal conduce a un déficit de actina en el extremo axonal. Esto interfiere gravemente con el proceso de formación de la sinapsis neuromuscular y contribuye al mecanismo de muerte de las motoneuronas, que son privadas de la influencia trófica que ejercen las fibras musculares sobre la supervivencia de las motoneuronas (Kariya et al., 2008).

Sobre la base de los datos comentados anteriormente, el cuerpo de Cajal juega un papel fundamental en el procesamiento de RNAs nucleares. Las alteraciones que afectan al normal ensamblaje y funcionamiento de esta importante estructura nuclear pueden producir una severa perturbación en la maduración nuclear de los mRNAs y en la biogénesis nucleolar de los RNAs ribosomales. ■

REFERENCIAS

- Andrade LE, Chan EK, Raska I, Peebles CL, Roos G, Tan EM. (1991) Human autoantibody to a novel protein of the nuclear coiled body: immunological characterization and cDNA cloning of p80-coilin. *J. Exp. Med.* 173:1407-1419
- Berciano MT, Novell M, Villagra NT, Casafont I, Bengoechea R, Val-Bernal JF, Lafarga M. (2007) Cajal body number and nucleolar size correlate with the cell body mass in human sensory ganglia neurons. *J. Struct. Biol.* 158:410-420
- Cajal SR. (1903) Un sencillo método de coloración selectiva del retículo protoplasmático y sus efectos en los diversos órganos nerviosos de vertebrados e invertebrados. *Trab Lab. Invest. Biol.* 2:129-221.
- Cajal SR. (1910) El núcleo de las neuronas piramidales del cerebro humano y de algunos mamíferos. *Trab. Lab. Invest. Biol.* 8:27-62.
- Cajal SR (1923) Recuerdos de mi vida. Historia de mi labor científica. Madrid.
- Carmo-Fonseca M. (2002) New clues to the function of the Cajal body. *EMBO Rep.* 3:726-727.
- Carvalho, T., Almeida, F., Calapez, A., Lafarga, M., Berciano, M.T., Carmo-Fonseca, M. (1999) The spinal muscular atrophy disease gene product, SMN. A link between snRNP biogenesis and the Cajal (coiled) body. *J. Cell Biol.* 147: 715-728.
- Casafont I, Navascués J, Pena E, Lafarga M, Berciano MT. (2006) Nuclear organization and dynamics of transcription sites in rat sensory ganglia neurons detected by incorporation of 5'-fluorouridine into nascent RNA. *Neuroscience* 140:453-62.
- Cioce M, Lamond AI. (2005) Cajal bodies: a long history of discovery. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 21:105-31
- Cremer T, Cremer, C. (2001) Chromosome territories, nuclear architecture and gene regulation in mammalian cells. *Nature Rev.* 2: 292-301.
- Fakan S, Leser G, Martin TE (1984) Ultrastructural distribution of nuclear ribonucleoproteins as visualized by immunocytochemistry on thin sections. *J. Cell Biol.* 98:358-363.
- Gall J. (2000) Cajal bodies: The First 100 Years. *Ann. Rev. Cell Dev. Biol.* 16, 273-300.
- Jady BE, Kiss T. (2001) A small nucleolar guide RNA functions both in 2'-O-ribose methylation and pseudouridylation of the U5 spliceosomal RNA. *EMBO J.* 20:541-551.
- Kariya S, Park GH, Maeno—Hikichi Y, Leykekhman O, Lutz C, Arkowitz MS, Landmesser MT, Monani UR (2008) Reduced SMN protein impairs maturation of neuromuscular junction in Mouse model of spinal muscular atrophy. *Hum. Mol. Genet.* (en prensa).
- Lafarga M, Hervas JP, Santa-Cruz MC, Villegas J, Crespo D. (1983) The accessory body of Cajal in the neuronal nucleus. A light and electron microscopy approach. *Anat. Embryol.* 166:19-30.
- Lafarga M, Andres MA, Maqueira E, Berciano MT (1991) Organization of nucleoli and nuclear bodies in osmotically stimulated supraoptic neurons of the rat. *J. Comp. Neurol.* 308:329-339.
- Lafarga M, Berciano MT, Garcia-Segura LM, Andres MA, Carmo-Fonseca M. (1998) Acute osmotic/stress stimuli induce a transient decrease of transcriptional activity in the neurosecretory neurons of supraoptic nuclei. *J. Neurocytol.* 27:205-217.
- Lamond AI, Carmo-Fonseca M. (1993) The coiled body. *Trends Cell Biol.* 3:198-204.
- Lamond AI, Earnshaw WC. (1998) Structure and function in the nucleus. *Science* 280:547-553.
- Lamond AI, Spector D L. (2003) Nuclear speckles: a model for nuclear organelles. *Nature Rev. Mol. Cell Biol.* 4:605-612.
- Lefebvre S, Bürglen L, Frezal J, Munnich A, Melki J. (1998) The role of the SMN gene in proximal spinal muscular atrophy. *Hum Mol Genet* 7:1531-1536.
- Liu Q, Dreyfuss G. (1996) A novel nuclear structure containing the survival of motor neuron proteins. *EMBO J.* 15:3555-3565.
- Misteli T. (2005) Concepts in nuclear architecture. *BioEssays* 27:477-487.
- Monneron A, Bernhard W. (1969) Fine structural organization of the interphase nucleus in some mammalian cells. *J. Ultrastruct. Res.* 27:266-288.
- Moreno Díaz de la Espina S, Risueño MC, Medina FJ. (1982) Ultrastructural, cytochemical and autoradiographic characterization of coiled bodies in the plant cell nucleus. *Biol. Cell.* 44:229-238.
- Olson MOJ, Dundr M. (2005) The moving parts of the nucleolus. *Histochem. Cell Biol.* 123:203-216.
- Pena, E., Berciano, M.T., Fernandez, R., Ojeda, J.L., Lafarga, M. (2001) Neuronal body size correlates with the number of nucleoli and Cajal bodies, and with the organization of the splicing machinery in rat trigeminal ganglion neurons. *J. Comp. Neurol.* 430: 250-263.
- Platani M, Goldberg I, Swedlow JR, Lamond AI. (2000) In vivo analysis of Cajal body movement, separation, and joining in live human cells. *J. Cell Biol.* 151:1561-74
- Tücker KE, Berciano MT, Jacobs EY, LePage DF, Shpargel KB, Rossire J, Chan M, Lafarga M, Colon RA, Matera AG. (2001) Residual Cajal bodies in coilin knockout fail to recruit Sm snRNPs and SMN, the spinal muscular atrophy gene product. *J. Cell Biol.* 154:293-307.

Gases para la Industria Farmacéutica

AUTOR: LIEVE DE PAEPE
*European Product Manager Analytical
and Laboratories, Air Products*

La industria farmacéutica es el sector líder en el uso de gases especiales y sus equipos de regulación para una amplia gama de aplicaciones y procesos, para los cuales, se requieren los estándares más altos de calidad. Sin embargo, no todos los fabricantes son conscientes de las nuevas tecnologías desarrolladas que ayudan a mejorar considerablemente la fiabilidad y eficacia de los procesos de producción del gas.

Hoy en día, los gases especiales son usados para llevar a cabo un amplio número de procesos farmacéuticos. Por ejemplo, el nitrógeno es comúnmente usado como un gas inerte para prevenir reacciones químicas durante la producción y procesos de envasado de fármacos. Otras veces, los gases puros, como el oxígeno, son usados para la creación de reacciones necesarias o para facilitar el crecimiento de un cultivo bacteriano. La fiabilidad de los gases especiales utilizados en todos estos procesos es esencial para que la industria farmacéutica pueda asegurar altos estándares de calidad.

NUEVAS DIRECTIVAS

Durante los últimos años se ha producido un cambio legislativo con la aparición de nuevas directivas, la 2004/27/EC y 2004/28/EC (que sustituyen a las directivas 2001/83/EC y 2001/82/EC) en relación con los "Active Pharmaceutical Ingredients" (API) para usos humanos y veterinarios, que exige a la industria farmacéutica que asegure la calidad y trazabilidad en cada etapa del proceso de producción. Como parte de esta seguridad, deben usar gases altamente fiables, los cuales cumplan los requerimientos de la Farmacopea Europea. Esto significa que los gases utilizados tienen que ser producidos de acuerdo a "las buenas practicas de producción" GMP parte II, la cual se debe aplicar a todas los API's.

En las directivas mencionadas es donde se establece la obligación para los fabricantes de productos farmacéuticos de utilizar sólo principios activos que hayan sido producidos según las normas de correcta fabricación (GMP) para materias primas. Estas directivas se incorporaron a la legislación española a través de la Ley 26/2006 del 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios.

La Ley española, en consonancia con las directrices europeas, incorpora la obligación para los laboratorios farmacéuticos de cumplir con las GMP, tanto si se utilizan principios activos o materias primas dentro de la elaboración de medicamentos, como si el laboratorio fabrica únicamente dichas materias primas y no el medicamento final. Esta obligación se extiende a todos los procesos de división, acondicionamiento y presentación previos a la incorporación de la materia prima en un medicamento.

La tendencia desde finales de la década de los 90 ha sido ir aumentando el control en todas las etapas de fabricación de medicamentos, y



se ha ido prestando más atención cada vez a las etapas previas o posteriores a la incorporación del principio activo responsable de la acción farmacológica.

La introducción de esta legislación está teniendo un gran impacto en la industria, ya que está obligando a muchos productores a revisar el uso habitual de gases especiales y a buscar cómo mejorar los procesos donde sea necesario. Aquellos que elijen cambiar a proveedores que son capaces de producir gases que vienen con una seguridad de trazabilidad, análisis certificados así como que cumpla con los requerimientos especificados por la Farmacopea Europea, pueden minimizar la necesidad de controles externos y, de este modo, mejorar la eficiencia de sus procesos.

En el caso de Carburos Metálicos, Grupo Air Products, cumple toda las exigencias actuales de la Parte II de las GMP, que incluyen por ejemplo, el control de las instalaciones, la validación de las etapas de nuestros procesos, el control de los registros y la documentación, el certificado de análisis, la trazabilidad y la liberación del producto final.

Igualmente, la tecnología patentada BIP®, disponible para nitrógeno, argón y helio, asegura que los gases contienen menos de 10 ppb de oxígeno, menos de 20 ppb de humedad y menos de 100 ppb de THC. Esto no sólo elimina la necesidad de filtros adicionales y previene los llamados cilindros rogue, sino que también proporciona una seguridad de fiabilidad durante un largo periodo de tiempo.

Air Products ha ampliado su línea Experis de gases especiales con los gases grado Pharma, especialmente pensados para la industria farmacéutica. Cada uno de estos gases va acompañado de un certificado de análisis donde, además de asegurar la calidad del gas grado Pharma se cumple con la Farmacopea Europea mediante un número identificativo, que permite a los fabricantes obtener el certificado que corresponde de forma online.

La gama de gases incluye el nitrógeno, uno de los gases más comúnmente usados, el dióxido de carbono y el oxígeno. ■



Grupo de Materiales Vítreos y Cerámicos de la Construcción



IETcc - CSIC

El Grupo de Materiales Vítreos y Cerámicos de Construcción (GLASCECON) del Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción del CSIC (IETcc) desarrolla su actividad en investigación científico-técnica, divulgación (artículos, cursos de doctorado, Master) y formación (tutorías, tesis doctorales y especialización postdoctoral).

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO- TECNOLÓGICA

- Valorización de residuos industriales y mineros mediante la aplicación de las técnicas de vitrificación y sinterización
- Obtención y caracterización tecnológica de nuevos pavimentos de gres porcelánico
- Diseño composicional de fritas para recubrimientos vidriados de plaquetas cerámicas
- Desarrollo de nuevos materiales de construcción por sinterización y sinterización + cristalización de vidrios
- Caracterización de productos de piedra natural (miembro de la red nacional RedPNAT)

LINEAS DE ACTIVIDAD TÉCNICA

- Caracterización de materiales de construcción vítreos y cerámicos en uso
- Optimización del diseño de materiales cerámicos de construcción
- Investigación de patologías en materiales de construcción de tipo cerámico y vítreo
- Caracterización de materiales vítreos y cerámicos del Patrimonio Histórico-Artístico (miembro de la Red CSIC sobre Patrimonio Histórico y Cultural)

COLABORACIONES CON OTROS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de su actividad investigadora, el Grupo GLASCECON colabora con numerosos grupos nacionales e internacionales de reconocido prestigio.

El objetivo final debe ser: coches de emisiones cero

AUTOR: FRANCESC ANDREU
Nissan Iberia S.A.

El Nissan X-Trail FCV de hidrógeno ya ha realizado miles de kilómetros por España dejando un rastro de tan solo agua. Ha emitido cero gramos de cualquier gas nocivo para el medio ambiente.

La reducción de las emisiones de CO₂ supone el mayor reto al que deben enfrentarse los fabricantes de automóviles en la actualidad, ya que este gas es una de las principales causas del calentamiento global. Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) para conseguir un incremento aceptable de la temperatura global de no más de 2° en próximas décadas, será necesario reducir progresivamente las emisiones de CO₂ hasta el 70% de aquí al año 2050.

Para la consecución de estos ambiciosos objetivos de reducción de gases sólo existen en la actualidad dos vías: la primera, a corto plazo, prevé la reducción del dióxido de carbono en un 30% mejorando la actual tecnología de los motores de combustión interna; por ejemplo, la tecnología CVT (Continuous Variable Transmission) en las transmisiones automáticas puede reducir las emisiones hasta un 20%.

Tampoco hay que olvidar las emisiones producidas fuera del uso del vehículo, es decir, durante el proceso productivo, logístico y administrativo que pueden superar el 3%. Por este motivo, algunas instalaciones productivas en España ya utilizan energías renovables, como en la planta de la Zona Franca de Barcelona que dispone de una de las mayores instalaciones industriales de paneles solares térmicos y fotovoltaicas en España y que le ha permitido reducir las emisiones un 12%. También la planta de fundición situada en Cantabria reducirá las emisiones en un 22% gracias a un innovador sistema que aprovechará los humos del cubilote para generar nueva energía.

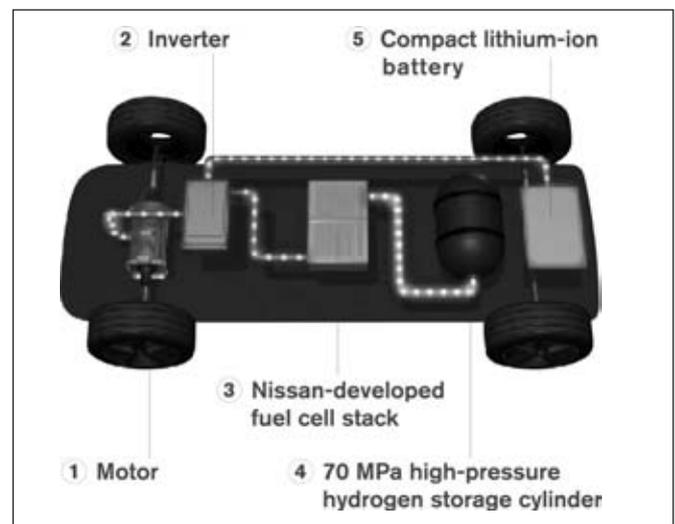
Nobstante, no hay que olvidar que el 90% de las emisiones provienen directamente del uso de los vehículos durante su ciclo de vida, por este motivo y con el objetivo de reducir un 70% las emisiones, las medidas a aplicar en los vehículos deben ser drásticas y trabajar con el objetivo de hacer coches de emisiones cero, como los coches totalmente eléctricos EV (Electric Vehicle) PIVO2 o el NU-VU, presentado recientemente en el Salón de París, o los de células de combustible FCV (Fuel Cell Vehicle).

Efectivamente, la última generación de vehículos con célula de combustible alimentada por hidrógeno, ya ha circulado por España durante el pasado mes de septiembre. Esta es la prueba de la viabilidad de esta tecnología en el uso diario. Un motor de 122 CV le

permite alcanzar una aceleración de 0 a 100 k/h en 14,5 segundos y una velocidad máxima de 155 km/h. Tiene una autonomía de hasta 500 kilómetros y puede transportar 5 pasajeros. Todas estas cifras equivalen a las de un vehículo de su misma categoría con motor de combustión interna pero con una gran diferencia: sus emisiones de gases contaminantes equivalen a 0. Tan solo agua.

Las células de combustible están formadas por membranas de polímeros electrolíticos (PEM) que generan energía eléctrica. El gas hidrógeno (H₂) se introduce por el polo negativo (ánodo) de la célula, allí cada molécula se divide en dos protones y dos electrones a través de un catalizador de platino. Los electrones abandonan la célula generando energía eléctrica, mientras que los protones pasan a través de la membrana. El gas oxígeno (O₂) entra por el polo positivo (cátodo) de la célula y se encuentra con los protones de hidrógeno y los electrones de regreso. El residuo es sólo agua. Las células de combustible PEM cuentan con un voltaje de circuito abierto de aproximadamente 1,0 V, y una temperatura de funcionamiento de unos 85°C.

La pila de células de combustible PEM es apropiada en automoción ya que su potencia, eficiencia y temperatura de funcionamiento son ajustables en función de la necesidad de cada vehículo. La potencia total de la pila se consigue añadiendo más células a la serie hasta obtener el voltaje deseado y estableciendo la superficie de la célula para obtener la corriente máxima deseada. Su alta eficiencia del 50-60% le permite un reducido consumo de un kg de hidrógeno por cada 100 km, lo que supone el doble de eficiencia respecto al modelo de gasolina. La potencia y eficiencia de la pila de células de combustible depende de su temperatura y de la humedad de la membrana. Estas variables están totalmente controladas



Esquema del sistema de la célula de combustible.



A la izquierda, depósito. A la derecha y arriba, batería. A la derecha y abajo, pila de combustible.

para asegurar una buena conducción y eficiencia, además de un rápido encendido y apagado.

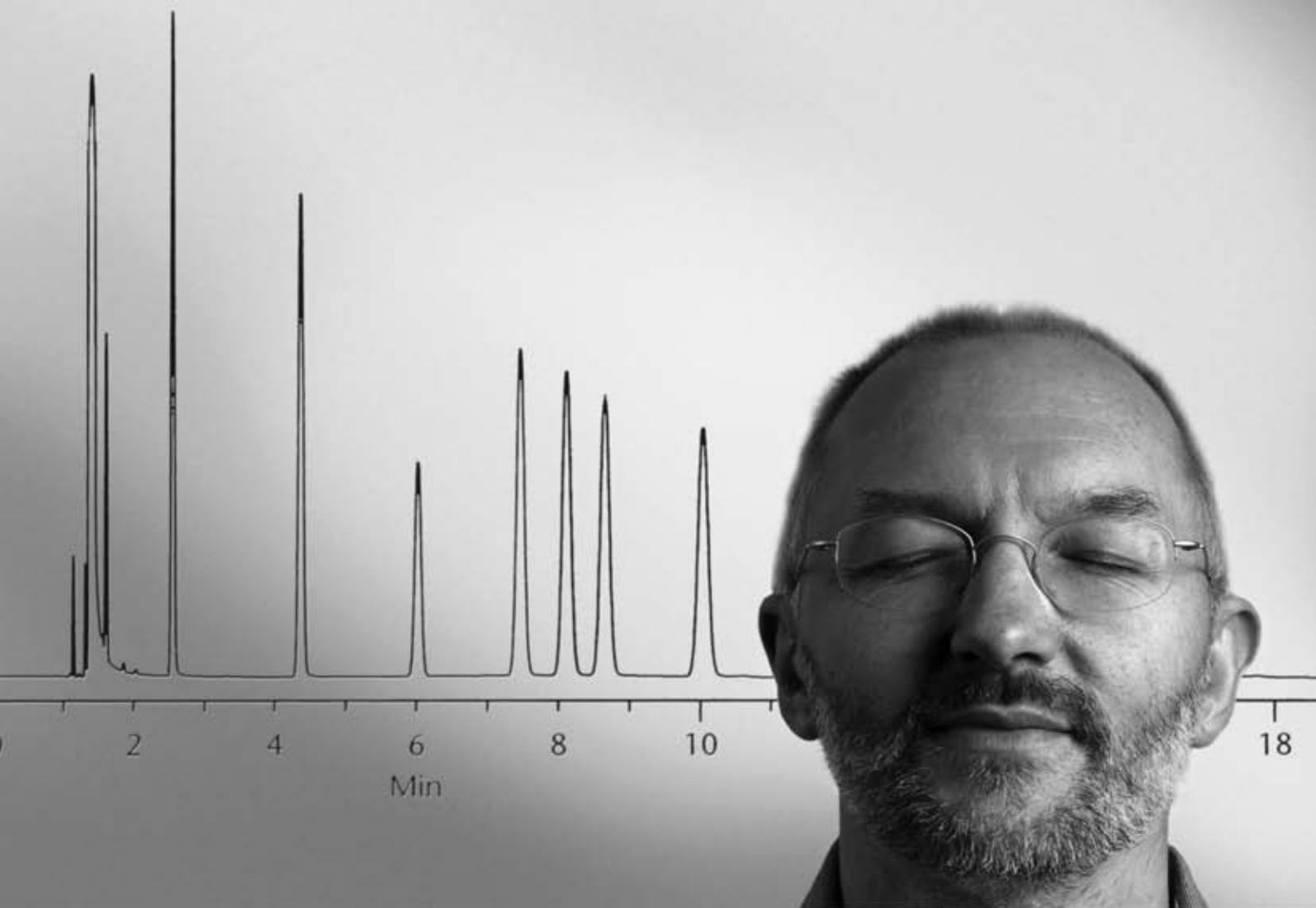
Además de la eficiencia de su pila de células de combustible, el X-TRAIL FCV también consigue un gran ahorro de combustible al utilizar una magneto permanente, un motor eléctrico DC sin escobillas y una batería compacta de iones de litio de gran potencia, ambas tecnologías desarrolladas por Nissan. El motor produce un par constante de 280 Nm entre 0 y 3.000 rpm, que equivale al que se consigue con un motor de gasolina de 3.000 cc que le permite una gran elasticidad de uso. El régimen máximo de este motor (12.000 rpm) se corresponde con la velocidad máxima del coche, lo que elimina la necesidad de una transmisión. El motor alcanza una eficiencia de funcionamiento del 85-90% en condiciones normales de conducción. Este sistema aprovecha la energía producida en la frenada recargando la batería. Ésta complementa la potencia de aceleración aportando hasta 25 kW, debido a su alta densidad de potencia (140 kW/kg). A la vez proporciona energía adicional cuando el vehículo se detiene, lo cual permite que la pila de células de combustible se apague.

Ub depósito especial almacena el gas hidrógeno comprimido a 350 o 700 bares, dependiendo de la presión disponible en la estación de hidrógeno. En el escaso del depósito de 350 bares almacena 3,7 kg de hidrógeno, mientras que el depósito de 700 bares almacena 5,0 kg, lo que proporciona una autonomía de 370 km y 500 km respectivamente en un ciclo de conducción mixto. Este depósito de última generación, incluye un revestimiento interno de aluminio y una capa externa de C-FRP (una fibra de carbono). Esta capa proporciona una gran resistencia y elasticidad para conseguir la máxima cobertura de la superficie. Recientemente ha conseguido la certificación KHK emitida por el Instituto de Seguridad de Gas de Alta Presión de Japón. Esta certificación de seguridad del depósito incluye pruebas de impacto, incendio y sobre-

presión. La seguridad del hidrógeno se ha aumentado al colocar el depósito en el interior y mediante la utilización de sensores de detección de hidrógeno y de impacto que cortan el suministro de hidrógeno cuando sea necesario además ha superado todas las pruebas de impactos frontales, laterales y traseros según la rigurosa normativa japonesa.

Nissan inició su investigación y desarrollo de vehículos con célula de combustible en 1996, pero aumentó sus esfuerzos en gran medida en 2001. En cinco años, y con un presupuesto de 850 millones de dólares estadounidenses, se desarrollaron cuatro prototipos de vehículos y la pila de células de combustible original de Nissan. Pero la investigación continua, y actualmente se centra en conseguir que esta tecnología sea asequible y duradera. La próxima generación de pilas de células de combustible de Nissan, anunciada en agosto de 2008, dobla la densidad de potencia de la pila hasta alcanzar los 2,0 kW/l, mientras que reduce el coste en un 35% y aumenta su vida útil en un 75%.

La tecnología ya existe, y se esta trabajando para conseguir una gran durabilidad de las piezas clave como la pila de células. La innovación en los materiales así como la simplificación de los sistemas, traerá una reducción sustancial de los costes. Las prestaciones y autonomía ya son equiparables a los vehículos equivalentes. La seguridad también ha sido certificada por los organismos oficiales competentes en la materia. El confort de marcha (sonoridad interior o vibraciones) alcanza niveles que jamás se conseguirán con motores convencionales. Y la producción de hidrógeno (que en la actualidad podría abastecer 250 millones de coches como el X-Trail FCV) cada vez será más eficiente con la utilización de energías renovables. Queda solamente el factor mercado pero que con todos los demás factores solucionados y con los esperados incentivos fiscales hace que el sueño de los coches de emisiones 0 circulando por nuestras carreteras sea una realidad muy cercana. ■



El mejor análisis requiere silencio



El mejor análisis requiere "silencio". La tecnología BIP® implica la eliminación de purificadores externos asegurando menos tiempos muertos y la reducción de costes en su laboratorio, y ofrece gases portadores con menos de 10 ppb de oxígeno y 20 ppb de humedad.

No es posible realizar un buen trabajo con un "alto nivel de ruido". Por eso envasamos la línea de gases Experis® en nuestras exclusivas botellas BIP® que garantizan los niveles de pureza más altos para las aplicaciones de laboratorio más exigentes.

Como dice Michel Tondus, Director Técnico Europeo de Experis®, "hacer funcionar un cromatógrafo de gases sin una botella BIP® es como hacer funcionar un deportivo de alta gama con gasóleo". Michel tiene motivos para saberlo. Lleva más de 25 años contribuyendo a que los clientes de Carbueros Metálicos y del grupo Air Products se sientan más tranquilos gracias a las pautas analíticas más rigurosas. Este logro es fruto de la pasión por el éxito que

compartimos en toda la empresa, y que han comprobado nuestros clientes que utilizan las mezclas de gases más puros, estables y precisos. Vd. también puede comprobarlo llamando al 93 290 26 00.

Regístrate para recibir una de nuestras exclusivas memorias USB con toda la información que usted necesita conocer acerca de los gases Experis® – visite www.carbueros.com/tranquilidad

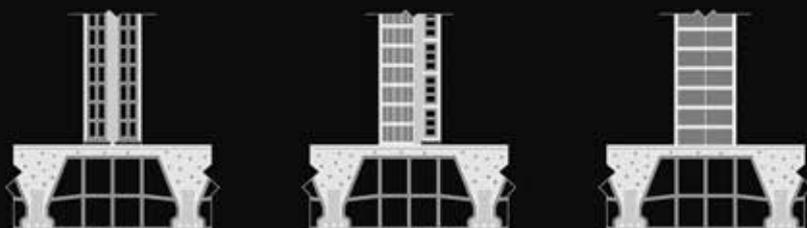


calidad de vida



SSSSSSSS

Nuevo sistema constructivo
de alto aislamiento acústico para cumplir
el Código Técnico de la Edificación



Desarrollado por la Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas
www.silensis.es

silensis
Paredes de Ladrillo