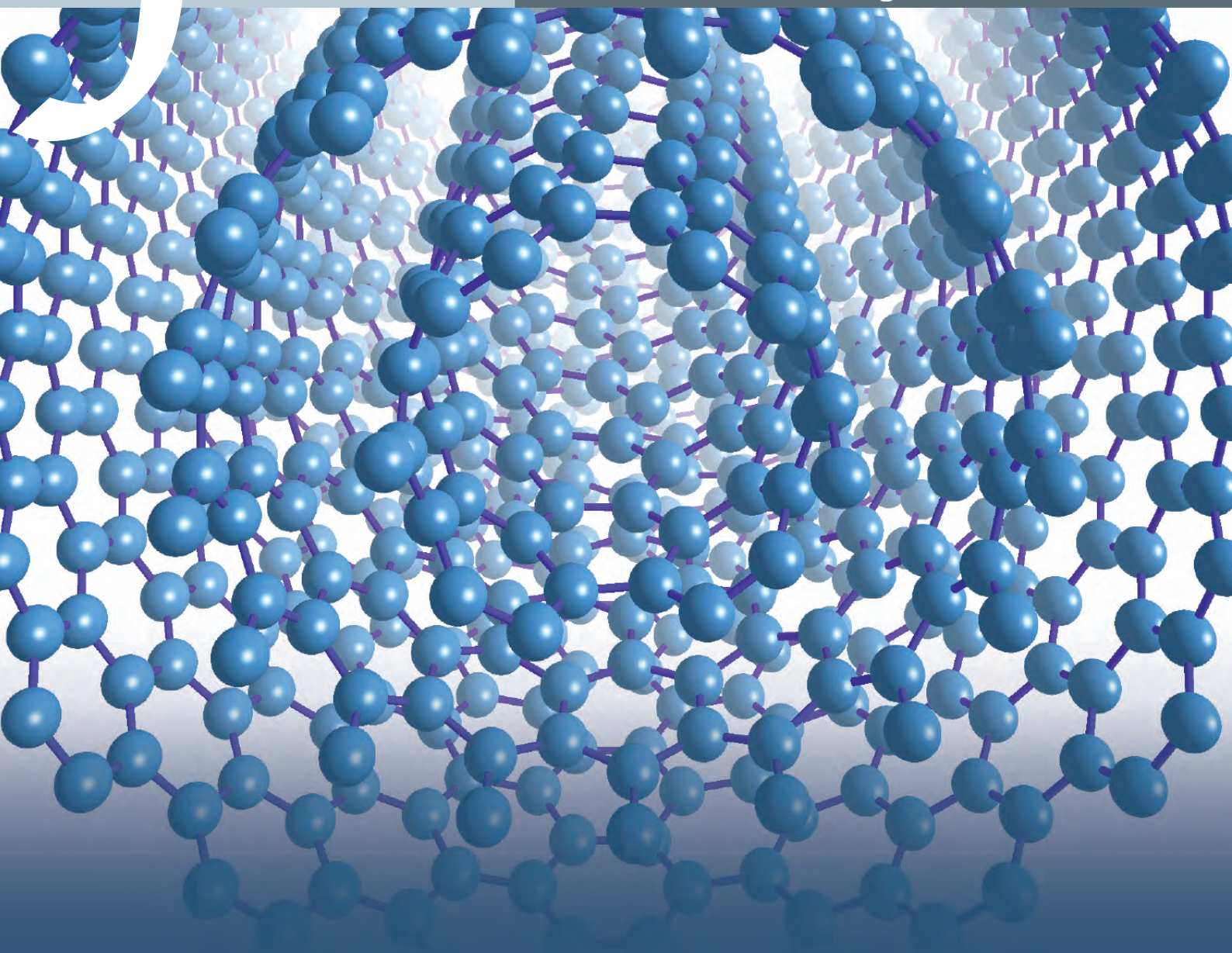




fis

Física y sociedad

Revista del Colegio Oficial de Físicos

Especial monográfico: **Creatividad e Innovación en España** ➡

Reportaje
La innovación en el
ámbito energético



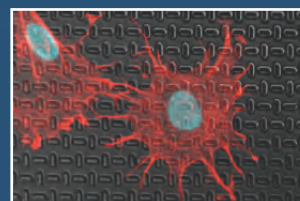
Entrevista
Cristina Garmendia
Ministra de Ciencia
e Innovación



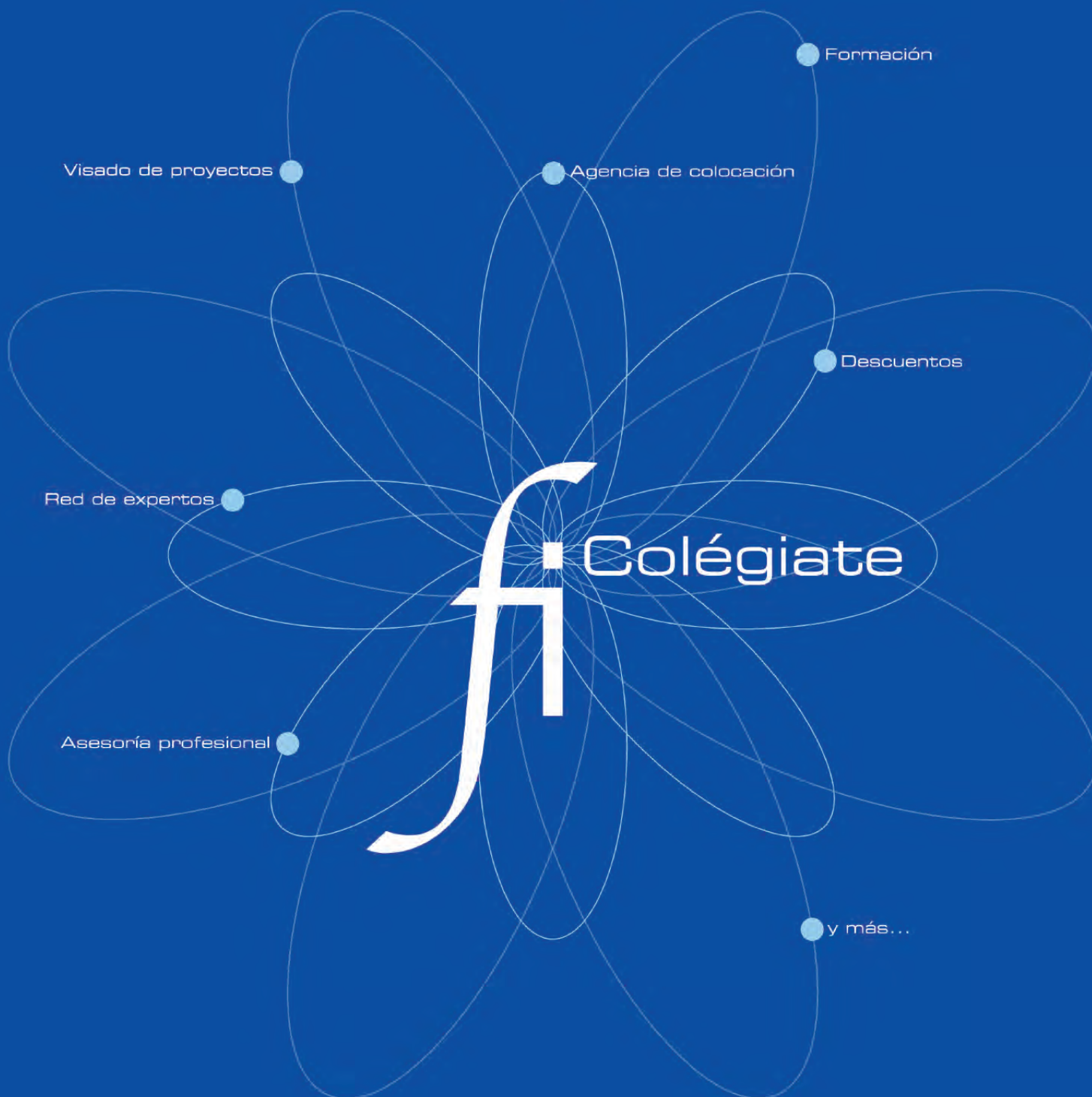
Reportaje
La innovación
abierta, clave en
telecomunicaciones



Año Europeo de la
Creatividad e Innovación



Reportaje
El despegue de
la nanotecnología
española



La unión hace la fuerza

Colégiate y disfruta de las ventajas
Más información en : www.cofis.es

4
6
10
14
16
17
18
19
20
21
24
28
29
30
31
32
33
34
36
40
41
42
43
44
45
46
47
53
54

Edición patrocinada por:



Editorial

Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo. Presidente del Colegio Oficial de Físicos

Entrevista con Cristina Garmendia Mendizábal

Ministra de Ciencia e Innovación

Innovación en energía

Cayetano López Martínez. CIEMAT

Entrevista con Miguel Duvison García

Director de Operación de Red Eléctrica de España

Innovación en el sector de las energías renovables

Fernando Sánchez Sudón. CENER

Toyota Prius Plug-In Hybrid, vehículo eléctrico híbrido enchufable

Karl Van Dijk. Toyota España

Innovación en el sector nuclear: residuos nucleares y reactores rápidos. Energía sostenible para miles de años

Enrique Miguel González Romero. CIEMAT

Sistemas de almacenamiento cinético para gestión de la energía

Luis García-Tabarés Rodríguez. CIEMAT

Captura del CO₂ originado por el empleo de combustibles fósiles

José Ángel Azuara Solís. Fundación Ciudad de la Energía

Entrevista con Maurici Lucena Betriu

Director general del CDTI

La innovación abierta, clave en telecomunicaciones

Luis Ignacio Vicente del Olmo. Telefónica I+D

Las TIC y la identificación personal: el DNI electrónico como herramienta que aporta seguridad, comodidad y agilidad

Sebastián Muriel Herrero. Red.es

Tecnologías accesibles: innovar para romper barreras

Carlos Rebate Sánchez. Indra

Cómo se ayuda a fomentar la innovación en Google

José Luis Pulpón Bejas. Google España

Las TIC en el diagnóstico por imagen

Josep Baró, Raúl Medina, Jaume Buscà y Jesús Fernández. ACPRO

Innovación para el futuro y el futuro de la innovación

Ana Morato Murillo. Fundación OPTI

La Ley de Moore mantiene su vigencia

Intel Corporation Iberia

Entrevista con Alberto Casado Cerviño

Director general de la OEPM

2010-2020: ¿La década del despegue de la nanotecnología española?

Antonio Correia y Pedro A. Serena Domingo. Fundación Phantoms y CSIC

Las herramientas para llegar al nanómetro: microscopios de Efecto Túnel y microscopios de Fuerzas Atómicas

Adriana Gil. Nanotec Electrónica

Nanomagnetismo en ciencia y tecnología: estatus y perspectivas

Andreas Berger. CIC nanoGUNE

Ciencia y Tecnología basados en nanomateriales de carbono: desafíos y perspectivas

Stephan Roche y Adrian Bachtold. CSIC

El gran hermano molecular: observando la sociedad de las moléculas

Roberto Otero Martín. IMDEA Nanociencia

La Nanomedicina: nuevas tecnologías aplicadas al diagnóstico y la terapia

Josep Samitier Martí. IBEC

Estructuras, dispositivos y sistemas nanoelectromecánicos (NEMS)

Álvaro San Paulo y Francesc Pérez-Murano. CSIC

Guía de recursos

actualidad **i** física

La creatividad y la innovación a examen

Alberto Miguel Arruti. Universidad CEU San Pablo

Bibliografía



Edita
Colegio Oficial de Físicos

Director
Alberto Miguel Arruti

Director de Información
Carlos Herranz Dorremochea

Consejo editorial
Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo
Alberto Virto Medina
Alberto Miguel Arruti
Ángel Sánchez-Manzanero Romero
Alicia Torrego Giralda
Juan Antonio Cabrera Jiménez
Carlos Herranz Dorremochea

Entrevistas
José López-Cózar

Redacción
Alicia Torrego Giralda
Marcos Galiana Cortés
Ana M.ª Gómez Sobrino
José F. Castejón Mochón
Carlos Herranz Dorremochea

Proyecto gráfico
www.rincondelingenio.com

Administración y publicidad
Colegio Oficial de Físicos
C/ Monte Esquinza, 28 - 3º dcha.
28010 Madrid
Tel: 91 447 06 77
Fax: 91 447 20 06
e-mail: comunicacion@cofis.es
www.cofis.es
www.fys.es

Fotomecánica e impresión
Dayton, S.A.
C/ San Romualdo, 26
28037 Madrid

ISSN. 113-8953
Depósito Legal: M-47086-2009

Imagen de portada



Simulación de nanotubo
realizada con el programa V_sim. Cortesía
de Stephan Roche.

La revista *Física y Sociedad* no se
hace necesariamente solidaria con
opiniones expresadas libremente en
las colaboraciones firmadas.

Queda autorizada la reproducción,
total o parcial, siempre que se haga
de forma textual y se cite la proce-
dencia y el autor.

La revista *Física y Sociedad* quiere
agradecer a los artistas que, desinte-
resadamente, han cedido sus fotogra-
fías a esta publicación.

El papel utilizado para la impresión
de *Física y Sociedad* tiene la califica-
ción de ecológico, calidad ECF.

Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo
Presidente del Colegio Oficial de Físicos

Crear el mañana innovando hoy

Define el diccionario *innovar* como «mudar o alterar algo, introduciendo novedades». Innovamos para cambiar algo y hacerlo mejor. Para renovarlo, en una palabra. Los expertos nos dicen que es la clave del crecimiento económico, de la competitividad y del bienestar en el siglo XXI y que la capacidad de una sociedad para innovar será crucial en una economía cada vez más impulsada por el conocimiento. La sociedad actual necesita de la innovación y la creatividad para crecer, avanzar y ser capaz de mejorar.

Desde esta perspectiva el Parlamento Europeo y el Consejo de la UE declararon 2009 como Año Europeo de la Creatividad y la Innovación. Se pretende «respaldar los esfuerzos de los Estados miembros para promover la creatividad por medio del aprendizaje permanente, como motor de innovación y como factor clave del desarrollo de las competencias personales, laborales, empresariales y sociales de todos los individuos en la sociedad». El objetivo es involucrar a todo el tejido profesional y social contando con los individuos, muy especialmente los jóvenes, para quienes el cambio es, quizá, una realidad más cotidiana y estimulante. Como declaran las instituciones europeas, se busca «alentar a las organizaciones a hacer un mejor uso de las capacidades creativas de las personas, tanto de los empleados como de los clientes o usuarios».

Crear, reza también el diccionario, es «producir algo de la nada». A veces no basta con mejorar lo presente, y hay que idear el futuro para que sea distinto. La creatividad y la innovación son por ello necesarias para encontrar soluciones nuevas y duraderas a los retos globales que se nos presentan, como son la energía, el desarrollo sostenible, el cambio climático o el futuro de la comunicación. Y *crear* significa también «criar, nutrir». Todo nuevo proyecto necesita sustento adecuado para que pueda desarrollarse y prosperar, dando lugar a un futuro mejor.

La ciencia y sus aplicaciones no son ajenas a este planteamiento, pues son empeños que necesitan un crecimiento estable y sin sobresaltos a largo plazo. Por esta

La sociedad actual necesita de la innovación y la creatividad para crecer, avanzar y ser capaz de mejorar

razón, en época de crisis es preciso formentar la innovación de forma decidida y mantenida por parte de todos, y muy especialmente por parte de las administraciones públicas. En circunstancias económicas como las que vivimos no conviene retraerse del esfuerzo continuado que con tanto éxito ha venido realizándose a lo largo de los últimos años para aumentar la inversión en investigación, desarrollo e innovación (I+D+I). Pero también el sector privado debe apostar con claridad por este camino.

Para contribuir a esta tarea, desde el Colegio de Físicos hemos querido con este nuevo número de nuestra revista volver a acercar el mundo de la física a toda la sociedad que se beneficia de sus avances. El resultado es un monográfico sobre creatividad e innovación en nuestro país, con un énfasis especial en tres grandes áreas de marcada relevancia para los físicos, como son el ámbito energético, las tecnologías de la información y la comunicación y los nuevos materiales y tecnologías que inspira la nanociencia.

En cada uno de estos bloques, investigadores de primera línea en España ofrecen un panorama general que se complementa con las contribuciones de una veintena de expertos en temas de plena actualidad. A todos expresamos nuestro agradecimiento por su tiempo y su ilusión por compartir sus conocimientos. Pero no cabe pretender recoger en tan pocas páginas todas las perspectivas posibles o en desarrollo. Para poder ampliar información y seguir las tendencias futuras de estos y otros campos, el lector interesado encontrará en estas mismas páginas recursos de utilidad.

No podemos terminar esta presentación sin mencionar las otras dos grandes celebraciones del 2009: el



→ Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo

Año Internacional de la Astronomía y el Año Darwin. Una y otra efeméride han inspirado infinidad de actividades divulgativas en torno al Universo, la Vida y su Evolución, que nos han permitido ponernos al día con los últimos descubrimientos. También hemos podido acercarnos más al pensamiento creativo, la vida y obra de grandes pensadores como Galileo y Darwin. Dos verdaderos innovadores en su tiempo y héroes científicos de hoy.

La ciencia y sus aplicaciones son empeños que necesitan un crecimiento estable y sin sobresaltos a largo plazo

Texto: José López-Cózar
Fotos: MICINN

□ Entrevista con Cristina Garmendia Mendizábal



«ESPAÑA ES UN PAÍS DE CIENCIA, SOMOS LA NOVENA POTENCIA CIENTÍFICA DEL MUNDO»

Cristina Garmendia Mendizábal (San Sebastián, 21 de febrero de 1962) es bióloga y empresaria. Sin militancia política, fue nombrada Ministra de Ciencia e Innovación el 1 de abril de 2008 al inicio de la segunda legislatura de Rodríguez Zapatero, para dirigir el rumbo de un ministerio de nueva creación que tiene como objetivo mantener a España entre las principales potencias científicas del mundo. Como asegura en esta entrevista, durante este año y medio se han hecho cosas importantes: «hemos mejorado los instrumentos de apoyo a la I+D+i empresarial, estamos ultimando la Ley de la Ciencia y la Tecnología que dará más oportunidades a nuestros investigadores y abordará el cambio de modelo productivo, y hemos dado los primeros pasos para la futura Estrategia Estatal de Innovación». Ahora también tendrá que lidiar con la crisis económica, pues su Ministerio sufrirá un fuerte recorte presupuestario en el año 2010.

En los últimos años se ha hecho un gran esfuerzo por fomentar la I+D+i en España ¿Qué resultados se han obtenido?

Gracias al esfuerzo inversor realizado durante los últimos años podemos decir que España es ya un país de ciencia. De hecho, somos la novena potencia científica mundial y nuestra producción científica se ha multiplicado por nueve en las últimas dos décadas, mientras que la del resto del mundo se ha duplicado.

Somos líderes en algunas áreas de investigación como la medicina regenerativa y la terapia celular. Sirva también como ejemplo la biomedicina, que ha avanzado sustancialmente en España, convirtiéndonos en uno de los países del mundo más atractivos para el desarrollo

de la investigación clínica gracias al marco legal en materia de investigación biomédica. Junto a esto, cabe destacar que hemos avanzado mucho en energías renovables.

Pero más allá de los desarrollos en determinadas áreas, creo que hemos avanzado en madurez: tenemos un sistema de ciencia y tecnología más maduro y diversificado, con nuevos agentes públicos y privados que investigan o apoyan la investigación. En este sentido, es destacable el mapa de Instalaciones Científico-Técnicas Singulares (las ICTS), aprobado en la Conferencia de Presidentes de 2007 y que está desplegándose con éxito por todo el país. Muchas de ellas, por cierto, tienen que ver con la física. Ahí están la subsección de la fuente de neutrones de Bilbao

«En 2010 se mantendrán las convocatorias del Plan Nacional de I+D en niveles semejantes a los del año anterior»



o el Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos de Salamanca, que ya están arrancando.

Por eso, ahora que estamos atravesando esta crisis, creo que debemos destacar los esfuerzos realizados y nuestras capacidades científicas y tecnológicas. Para ello estamos trabajando en la nueva ley de la ciencia, que abordará asuntos específicos de nuestro sistema de ciencia e innovación como son la carrera investigadora, el mejor funcionamiento de los centros de investigación, la transferencia entre universidades y empresas...

Sin embargo, el ministerio que usted dirige sufrirá un importante recorte presupuestario en el año 2010. ¿Cómo se entiende esto?

Quiero dejar claro que el Ministerio de Ciencia e Innovación garantiza la actividad científica en España durante el año que viene. Ahora bien, el escenario económico es diferente y por este motivo el Gobierno ha presentado un proyecto de presupuestos en el que, a diferencia de los años anteriores, la partida de I+D no crece de forma significativa.

Las prioridades de 2010 son, por una parte, mantener la actividad con todos los proyectos de investigación en marcha, becas y contratos en vigor, y, por otra parte, poner a disposición de la comunidad científica fondos para lanzar nuevos proyectos. Todo esto sin olvidar que las partidas presupuestarias refuerzan la política de becas y contratos de manera que en 2010 podemos incrementar un 13% más el personal investigador financiado con cargo a nuestros presupuestos.

Es decir, el Ministerio ha aplicado la austeridad a su propio presupuesto y al de sus organismos públicos de investigación, manteniendo las convocatorias del Plan Nacional de I+D en niveles semejantes a los del año 2009.

¿Sigue pensando que la I+D+i se convertirá en uno de los principales motores de la economía española?

No sólo lo creo yo, lo cree el Gobierno en su conjunto. Si no fuera así, no se explicaría el incremento sin precedentes de los ejercicios 2005-2009, que nos ha permitido casi triplicar el presupuesto destinado a ciencia e innovación.

Así lo creemos y, por consiguiente, a la vez que incrementamos los programas de ciencia, hemos estimulado a las empresas como protagonistas del cambio de modelo productivo, generando empleo cualificado y sostenible en el tiempo, pero no sólo de los sectores tecnológicos, sino también de los tradicionales.

Hay, además, datos que nos hablan de que el cambio de modelo ya se está produciendo. En el primer semestre de 2009 hemos visto cómo las empresas duplicaban las propuestas de proyectos de I+D presentados a las convocatorias del Ministerio y cómo se triplicaban las solicitudes para el programa de apoyo a la creación de empresas de base tecnológica.

Las empresas son cada vez más conscientes de los beneficios que reporta la inversión en I+D. Un estudio publicado por el Ministerio este año concluye que la inversión en I+D+i incrementa en un 16% la productividad de las pequeñas y medianas empresas y en un 18% el valor de sus exportaciones.

¿Estamos más cerca de países como Estados Unidos, Francia, Inglaterra o Alemania?

En algunas áreas de investigación hemos avanzado mucho, como ya he mencionado. Basta ver cómo España está junto a los países más avanzados en las nuevas iniciativas internacionales de ciencia como, por ejemplo, el acuerdo para la creación de grupos internacionales de investigación de excelencia con células madre, lo que nos sitúa a la vanguardia mundial junto a Estados Unidos, Reino Unido y Canadá.

Desde 2004, la inversión pública en I+D+i casi se ha triplicado y eso nos ha situado en la media de los países de la OCDE en cuanto a inversión pública en ciencia. Aunque la inversión privada empresarial no ha crecido al mismo ritmo, el efecto tractor de las inversiones públicas ha permitido que la inversión privada se aproxime al 15% interanual y que cada vez sean más las empresas que invierten en I+D+i.



«La investigación privada debe seguir ganando peso y aumentando su cuota sobre el total de la inversión en I+D»

La investigación en España sigue muy vinculada a las universidades y a los Organismos Públicos de Investigación (OPI) ¿Esto es bueno?

En todos los países del mundo el sector público desarrolla una buena parte de la investigación de excelencia, esa que da respuestas a retos que, en buena medida, aún no conocemos; esa que garantiza el bienestar y la competitividad del futuro.

En este sentido, es cierto que la investigación privada debe seguir ganando peso y aumentando su cuota sobre el total de la inversión en I+D. Pero el sector público debe retener su capacidad para la investigación en la frontera del conocimiento.

Más que establecer una dicotomía entre empresa y sector público, lo que debemos es trabajar por la cooperación entre ambos mundos. También aquí tenemos buenas noticias. Desde 2005 venimos incentivando de forma clara la cooperación público-privada como, por ejemplo, en el programa CENIT de grandes proyectos de investigación empresarial, en el que se ha venido exigiendo que las empresas subcontratasen un 25% del presupuesto a universidades y centros de investigación. Pues bien, el resultado es que los niveles están en torno al 30%. Es más, en proyectos de cooperación entre empresas que no exigen la concurrencia de centros públicos, como los del programa INTEREMPRESAS, las empresas están involucrando a universidades y OPI. Es la mejor muestra de que la cultura de cooperación ha calado en nuestro sistema.

¿Cómo se va a incentivar la financiación privada? Seguimos muy lejos de nuestros socios europeos.

Desde el Ministerio de Ciencia e Innovación estamos incentivando continuamente la iniciativa empresarial gracias, por ejemplo, a la nueva Secretaría General de Innovación que tiene entre sus misiones reforzar la conexión entre la investigación pública, incluida la universitaria, y el tejido productivo.

En tiempos de crisis fomentamos más que nunca la apuesta por las empresas innovadoras y así lo hemos hecho concentrando todas las ayudas empresariales a la I+D a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial, simplificando las solicitudes de ayudas, reduciendo la exigencia de avales y garantías financieras, realizando más subvenciones y créditos, manteniendo las deducciones fiscales a las actividades de I+D y facilitando la incorporación de más de 1.300 doctores este año a las empresas, entre otras medidas.

La Secretaría General está además impulsando una Estrategia Estatal de Innovación, a través de la cual que-

remos involucrar definitivamente al sector privado con la apuesta por la innovación.

¿En qué sector o sectores es necesario hacer un mayor esfuerzo innovador?

El Ministerio tiene una estrategia de actuación horizontal, de apoyo a la investigación y la innovación en todos los sectores. Financiamos a los científicos y a las empresas que presentan proyectos de calidad, porque están a la vanguardia del conocimiento o porque están vinculadas a una estrategia competitiva de la empresa. Nuestros programas de financiación competitiva -tanto los de financiación de ciencia como los de I+D empresarial- no están en su mayoría priorizados temáticamente.

Ahora bien, es cierto que tenemos cinco sectores identificados en el Plan Nacional de I+D 2008-2011 como de especial potencial: energía y cambio climático, salud, nanociencia y nanotecnología, biotecnología, y telecomunicaciones y sociedad de la información. De ellas, hay dos que hemos querido aportar especialmente dentro del fondo de I+D del PlanE: las energías renovables y la salud.

¿Nos falta cultura de innovación?

Como decía, muchas cosas han cambiado en los últimos años en España, por ejemplo en la cultura de cooperación entre universidades, OPI y empresas. No obstante, es cierto que nos falta cultura científica y de innovación en España, y que debemos avanzar hacia un entorno social más proclive a la actividad científica, la innovación y el emprendimiento. Éste es un eje fundamental del Ministerio que impulsamos desde el programa de cultura científica y de innovación, gestionado por la FECYT.

La importancia que damos a estas actividades se reflejan en los presupuestos: el programa de cultura científica y de innovación cuenta en 2009 con un presupuesto de 13 millones de euros, un 18% más que el año pasado. Dentro del programa se apoya a las estructuras de comunicación científicas y se impulsa la creación de nuevas; se promueven todo tipo de iniciativas de cultura científica -como las desarrolladas dentro de la semana de la ciencia- y, por primera vez este año, se llevan a cabo también iniciativas de apoyo a la cultura de la innovación.

Para innovar hace falta talento. ¿Contamos con muchos y buenos talentos?

Afortunadamente en España tenemos muy buenos investigadores que destacan, sobre todo, por la calidad de sus trabajos y logros científicos. De hecho, en los últimos seis años, el número de investigadores ha crecido a un ritmo sostenido del 7,8% anual de media, lo que significa que tenemos un importante potencial investigador.

«Los colegios profesionales tienen la obligación de abrir la ciencia a la sociedad y contribuir a su comprensión y participación pública»

Además, estamos siendo capaces de atraer talento de calidad del exterior. Basta pensar en la última convocatoria de las Starting Grants del Consejo Europeo de Investigación. En ella España ha conseguido un porcentaje de proyectos por encima de la media del Programa Marco y, además, un 31% de los beneficiarios son extranjeros. Es decir, en la principal convocatoria de apoyo al talento europeo, tenemos que casi un tercio de grandes promesas de la ciencia española son extranjeros que han optado por nuestro país para hacer carrera. Creo que son datos que ayudan a que acabemos con algunos mitos persistentes sobre la carrera científica en España.

¿Cuándo estará lista la nueva Ley de la Ciencia y la Tecnología? Se la esperaba en el primer año de legislatura y no termina de llegar.

El proyecto de Ley llegará al Parlamento en los próximos meses y abordará los aspectos más específicos del sistema de ciencia y tecnología, como la carrera investigadora, el mejor funcionamiento de los centros de investigación o los mecanismos de transferencia de tecnología, entre otros. Ciertamente, a pesar de las mejoras que he venido mencionando, la Ley vigente es de 1986 y es necesario un marco jurídico más adaptado a nuestras necesidades de hoy.

Los tiempos del proyecto de Ley dependen en cierta medida de otro importante proyecto del Gobierno: la Ley de la Economía Sostenible. Ambos son proyectos sinérgicos, aunque independientes. Ni toda la ciencia tiene que ver con la economía, ni todo el progreso económico se basa en la I+D.

¿Qué papel pueden jugar los colegios profesionales en el fomento de la cultura científica y emprendedora en la sociedad?

Sin duda tienen un papel reconocido, ya no sólo entre sus colegiados sino también una obligación social de abrir la ciencia a la sociedad y contribuir a su comprensión y participación pública, porque los científicos tenemos la responsabilidad de dar cuenta de nuestras investigaciones ante la ciudadanía. También la Ley de la Ciencia aborda el fomento de la cultura científica a través de la divulgación e intensifica el acercamiento entre ciencia y sociedad.

La creación del Ministerio de Ciencia e Innovación fue una de las grandes apuestas del Presidente Zapatero para esta nueva legislatura ¿Qué balance hace después de año y medio de trabajo?

El balance es muy positivo. Estamos ultimando la Ley de la Ciencia y la Tecnología para dar más oportunidades a nuestros investigadores y abordar grandes proyectos científicos al tiempo que abordamos el cambio de mode-



→ Cristina Garmendia en su toma de posesión el 14 de abril de 2008 con M.^a Teresa Fernández de la Vega, vicepresidenta primera del Gobierno.

lo productivo. Además, hemos mejorado los instrumentos de apoyo a la I+D+i empresarial, facilitando los trámites para la concesión de ayudas, lo que es muy importante para las empresas en estos momentos. También en el ámbito de la innovación, estamos dando los primeros pasos de la futura Estrategia Estatal de Innovación. Por último y como ya he apuntado anteriormente, hemos lanzado el nuevo programa de cultura científica y de innovación, para promover los valores de la ciencia y la innovación en la sociedad; un aspecto que considero esencial.

Para terminar, Ud. es experta en biomedicina y biofarmacia, ¿qué avances podemos esperar en este campo?

España ha avanzado mucho en estos campos. Actualmente, producimos alrededor del 2,4% de las publicaciones científicas de alto impacto en el ámbito de la biomedicina y nuestra participación no ha parado de crecer desde los años 90.

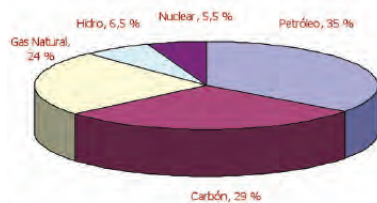
Los avances que esperamos en estos campos están relacionados con los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad para mejorar la calidad de vida y bienestar de la sociedad. En este sentido, hemos destinado unos 180 millones de euros del PlanE para entrar a formar parte de varias iniciativas internacionales de vanguardia como la alianza internacional de medicina regenerativa, en cooperación con Estados Unidos, o la puesta en marcha de un centro de secuenciación masiva en Barcelona, dotado con 15 millones de euros, donde integraremos la participación española en el Consorcio Internacional para la Investigación del Genoma del Cáncer. Se trata este último del «G-8 de la investigación contra el cáncer», donde nos situamos a la vanguardia para la lucha contra esta enfermedad. ■

«Tenemos un gran potencial investigador: en los últimos seis años, el número de investigadores ha crecido a un ritmo sostenido del 7,8% cada año»

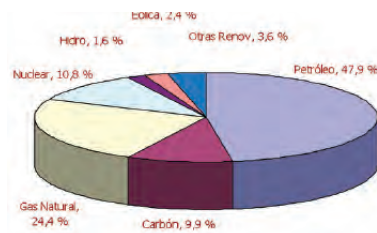
INNOVACIÓN EN ENERGÍA

La contribución de los combustibles fósiles al conjunto de la energía primaria consumida en el mundo a finales de 2008 era del 35% petróleo, 29% carbón y 24% gas natural. En conjunto un 88% del total, lo que, por muchas razones, configura un escenario insostenible incluso a corto plazo. El resto proviene de la energía nuclear, que supone un 5,5% del total, y de las energías renovables, principalmente la hidroeléctrica. Las energías procedentes del viento y del sol tienen hoy una presencia marginal, aunque empiezan a ser significativas en algunos países, singularmente en España (ver fig. 1).

Energía primaria en el mundo, 2008



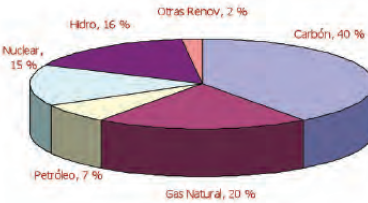
Energía primaria en España, 2008



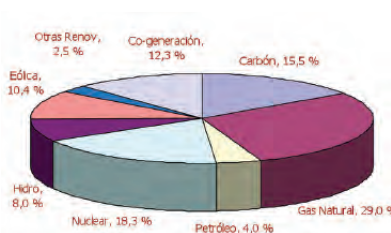
→ Figura 1. Energía primaria en el mundo y en España. (Fuente: AIE, MITC).

Un cambio significativo en este escenario requiere superar barreras tecnológicas, en unos casos para disminuir los precios y en otros simplemente para alcanzar el nivel de desarrollo industrial. En particular, la fusión nuclear supondrá un gran avance cuando consigamos dominarla, pero pasará aún mucho tiempo antes de que llegue a poder ser explotada comercialmente. No me referiré a ella en lo que sigue debido, precisamente, a lo lejano de su horizonte temporal, aunque es evidente que programas como ITER suponen un esfuerzo con-

Electricidad en el mundo, 2008



Electricidad en España, 2008



→ Figura 2. Electricidad en el mundo y en España.

siderable que permitirá su utilización masiva en el largo plazo; demasiado tarde para contribuir a resolver los graves problemas que se presentarán en las próximas décadas.

Una parte importante de la energía primaria es o se transforma en electricidad, cuya procedencia varía mucho de unos países a otros. Sin embargo es un rasgo común la notable presencia del carbón en la generación de electricidad (ver fig. 2), justamente el combustible fósil más contaminante, ya que emite cerca del

doble de dióxido de carbono a la atmósfera por unidad de energía producida que el gas natural, además de compuestos de azufre, nitrógeno y metales pesados. Así que, si queremos seguir utilizando el carbón como fuente de energía, debemos desarrollar procedimientos que eliminen o limiten las emisiones asociadas de CO₂ a la atmósfera. No me extenderé tampoco en este punto, ni en lo que se refiere a la energía de fisión nuclear, esencial, a mi modo de ver, para disminuir en el futuro el peso de los combustibles fósiles, porque hay contribuciones específicas sobre estos campos en este mismo número de la revista.

Los biocarburantes y el sector del transporte

La primera alternativa posible a los derivados del petróleo en el transporte es el uso de biocarburantes, bioetanol y biodiésel. El bioetanol, en particular, se obtiene casi exclusivamente a partir de la caña de azúcar en Brasil y del maíz en Estados Unidos. Pero el etanol fabricado a partir de cereales es la peor solución posible, no sólo por razones de impacto sobre la alimentación, sino por su escaso rendimiento energético. En efecto, la cantidad de energía contenida en un litro de etanol a partir de

La fusión nuclear supondrá un gran avance, pero pasará mucho tiempo antes de que sea explotada comercialmente

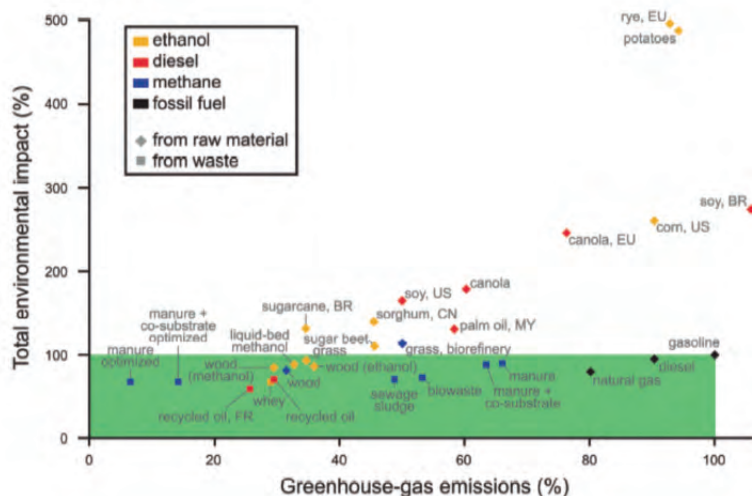


Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero generados en la producción de diversos biocombustibles (eje horizontal) frente a su impacto medioambiental total (eje vertical). Se comparan ambos efectos a partir de distintas biomásas en relación a una unidad energética equivalente de gasolina (que sería el 100%). Rainer Zah et al./Empa.

cereales es apenas superior a la que es necesario gastar en fertilizantes, semillas, cosechas, transporte y tratamiento. Desde el punto de vista energético no es razonable utilizar este tipo de materia prima, además de los problemas ligados al uso del agua y de tierra cultivable.

Por el contrario, el rendimiento energético de la caña de azúcar es muy superior, y todavía lo es más el etanol a partir de lo que se llama biomasa lignocelulósica, presente en plantas leñosas o herbáceas y en residuos orgánicos. Es lo que se llama etanol de segunda generación, sin efectos

sobre la alimentación, con menos costes energéticos y menos contraindicaciones ambientales (ver fig. 3). Sin embargo, la tecnología de producción de biocarburantes de segunda generación no está todavía al nivel de explotación industrial aunque hay ya algunas plantas piloto en las que se están experimentando varios procesos termoquímicos o bioquímicos. Los biocombustibles de segunda generación podrían disminuir la dependencia del petróleo en el sector del transporte, aunque no eliminarla, debido a las limitaciones de biomasa disponible en comparación con los consumos del sector.

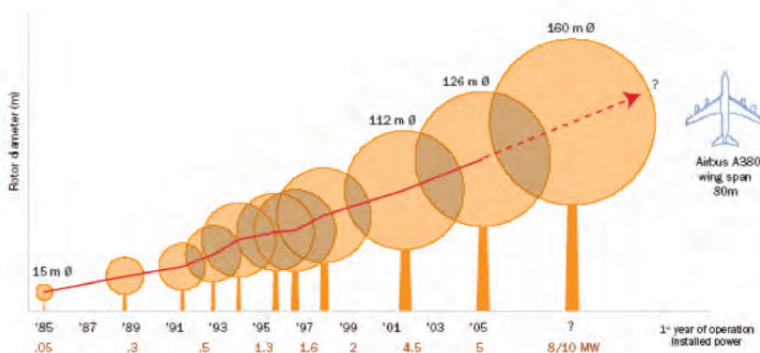


Figura 4. Año en el que se instaló el primer aerogenerador con el diámetro de rotor (en metros) y potencia (en megavatios) que se indica.

Electricidad renovable

Las ventajas de las energías renovables se derivan de su carácter sostenible, ilimitado, muy poco contaminante y su distribución territorial. Los inconvenientes pueden agruparse en dos categorías: elevado coste e intermitencia.

Una de las razones del alto coste de la electricidad renovable se debe a la dispersión de este tipo de energías. Otra parte del coste elevado de las renovables se debe a que la tecnología está todavía en un estadio poco avanzado de desarrollo. Para disminuirlo es preciso construir un mercado de dimensiones globales que abarate la producción de componentes y genere mejoras en la operación y mantenimiento de las plantas renovables.

Este principio se ha mostrado ya eficaz en el caso de la eólica. En efecto, a finales de 2008 ya existía una potencia eólica acumulada en el mundo de 121.000 MW, lo que ha permitido configurar un sector industrial dinámico y en crecimiento en todas las regiones del mundo. Los tres países que cuentan con una mayor potencia instalada son Alemania, Estados Unidos y España, aunque de los tres, y debido a su menor consumo total, es España quien obtiene una mayor fracción de su electricidad de esta fuente de energía, aproximadamente un 11% en 2008, con una potencia instalada de 16.700 MW a finales de ese año.

Gracias a las mejoras tecnológicas en el tamaño de los aerogeneradores (ver fig. 4), en los elementos móviles, en los materiales de que están contruidos, en los sistemas de conversión, transformación y evacuación y en los procesos de fabricación y montaje no está lejos el momento en que el coste unitario de la electricidad producida iguale al de la convencional.

Como ocurre con todas las renovables, está por resolver el problema ⇒

La fuente renovable más abundante, con diferencia, es el Sol



→ Figura 5. Bloque de potencia de Andasol I.
2 torres: $\varnothing = 36$ m; $h = 14$ m
28,500 tm de sales fundidas
7,5 h de almacenamiento a 50 MW

de la intermitencia mediante técnicas de almacenamiento. Para la electricidad de potencia, el sistema más simple y extendido es el bombeo de agua en presas de doble vaso, que existen en una medida insuficiente y cuyo aumento es un factor esencial para la extensión de las energías renovables y su integración en la red. En cuanto al almacenamiento electroquímico, los avances registrados en nuevas baterías para sustituir total o parcialmente a los motores de explosión podrían, a la larga, contribuir también al almacenamiento de la electricidad generada en plantas renovables.

Pero la fuente renovable más abundante, con diferencia, es el Sol. La tecnología solar fotovoltaica es una de las más versátiles y adaptables a los entornos urbanos debido a su carácter modular y a no requerir de grandes sistemas de transformación, en contraposición con los dispositivos termoelectrónicos, sufriendo de los mismos inconvenientes que otras renovables: precio e intermitencia. En cuanto a su difusión, el crecimiento en la potencia total

instalada en el mundo está siendo vertiginoso en los últimos tiempos, particularmente en España.

Actualmente la mayor parte de los paneles instalados están compuestos de células fabricadas con oblea de silicio, cristalino o policristalino. Existen otras alternativas para mejorar el rendimiento o para disminuir el coste de las células fotovoltaicas. Una es la exploración de otro tipo de materiales y técnicas de deposición, conocidas como sistemas de lámina delgada, que utilizan también silicio u otros materiales más exóticos, que mejoran la conversión fotoeléctrica. De todas formas, se estima que todavía durante bastantes años la tecnología dominante será la convencional, basada en oblea de silicio.

Sin embargo, es probable que la mejora en las prestaciones de los sistemas fotovoltaicos tenga lugar a corto plazo gracias a las técnicas de concentración que, gracias a dispositivos ópticos, son capaces de hacer incidir sobre una cierta superficie de material fotovoltaico la radiación solar captada sobre

una superficie mayor, con lo que aumenta su aprovechamiento.

Otra forma de utilizar la radiación solar para producir electricidad es mediante la tecnología termoelectrónica. Se trata, en este caso, de concentrar la luz solar sobre un receptor que contiene un fluido que se calienta y posteriormente transfiere ese calor a un sistema de conversión en electricidad en una turbina convencional. Es una tecnología conocida de antiguo, simple en sus principios y robusta, que está experimentando un desarrollo notable en los últimos tiempos, especialmente en España y en Estados Unidos. En lo que sigue consideraré únicamente la tecnología más extendida, de colectores cilindro-parabólicos.

Durante la década de los ochenta, tras la segunda gran crisis del petróleo, se construyó en el desierto de Mojave, en California, un conjunto de plantas (el complejo SECS) con una potencia total de 350 MW que han venido funcionando de forma satisfactoria hasta la fecha. Por otra parte, de la misma época data la fundación de la Plataforma Solar de Almería (PSA), hoy parte del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), que es un laboratorio de primera línea mundial en el que se han venido estudiando todas las tecnologías termoelectrónicas, formando personal y ensayando componentes y dispositivos. La existencia de la PSA es uno de los factores que explica el liderazgo de nuestro país en este campo.

Actualmente hay proyectos para construir este tipo de plantas en España hasta una potencia probable de unos 2.000 MW en los próximos dos o tres años, y hasta los 14.000 MW en diferentes estados de gestación, así como una cantidad también considerable en los Estados Unidos. En nuestro país acaba de entrar en

La eficiencia y el ahorro energético es la fuente de energía más abundante y barata y menos contaminante

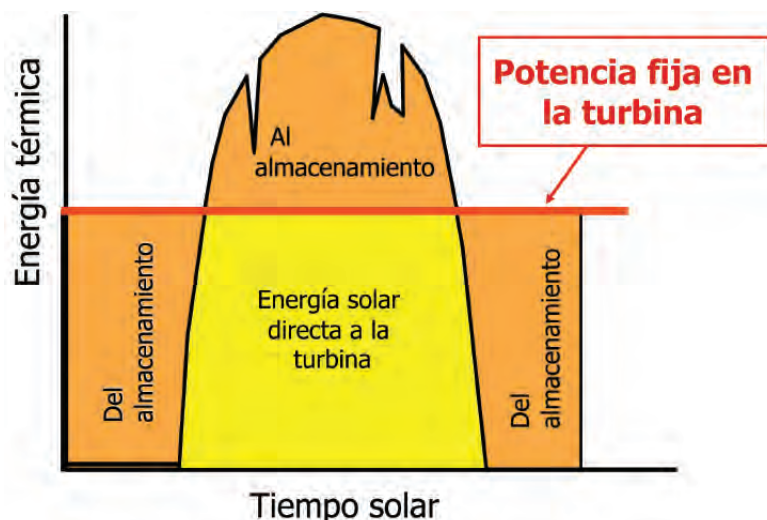


Figura 6. Almacenamiento en una planta termosolar.

funcionamiento, entre otras, la planta Andasol I, de 50 MW, situada cerca de Guadix, que tiene una importante peculiaridad, y es que incorpora un sistema de almacenamiento, esta vez de calor (ver fig. 5 y 6). En este tipo de plantas una parte del campo solar alimenta -mientras el sol brilla- al sistema de almacenamiento mientras el resto genera el calor que produce electricidad en la turbina. Así, cuando el sol se pone y la demanda eléctrica sigue alta, es posible seguir generando electricidad a partir de la energía almacenada. En el caso de Andasol I el almacenamiento tiene capacidad para seguir trabajando a la máxima potencia durante 7,5 horas sin sol, lo que hace que permita ajustar la entrega de electricidad a la demanda.

El almacenamiento térmico que se está ensayando en este tipo de plantas se basa en grandes cantidades de sales fundidas que almacenan calor elevando su temperatura y lo liberan cuando se enfrían. Es un sistema simple y seguro, aunque requiere movilizar, para las potencias que estamos manejando, cantidades considerables de sales. Existen otras alternativas que se irán definiendo y perfeccionando a medida que aumente nuestra experiencia en este campo.

Para que se produzca una reducción de costes son precisos algunos

avances tecnológicos, especialmente en la manufactura de los tubos absorbentes, el ensamblaje de los colectores y cambios en el fluido caloportador. En este sentido, existen programas de investigación avanzados cuyo propósito es la sustitución del aceite por otro fluido que simplifique el diseño de las plantas, abaratando su coste.

Conclusiones

Ante la situación descrita en los párrafos precedentes, no parece realista ni aconsejable prescindir de ninguna de las fuentes de energía disponibles, con las debidas precauciones y en los tiempos en los que la tecnología lo permita. A corto plazo urge preparar sustitutos de los derivados del petróleo para el transporte, entre los que no podemos dejar de considerar los biocombustibles de segunda generación. Respecto del carbón, que seguirá siendo una fuente abundante aunque potencialmente muy contaminante, se impone avanzar hacia su utilización con captura y secuestro de CO₂.

Pero quizá el reto más importante en estos momentos sea impulsar las energías renovables de forma que lleguen a suponer una fracción significativa del total, situación de la que estamos muy lejos hoy y en la que España ocupa un papel de vanguar-

dia. Para ello habrán de resolverse los problemas tecnológicos que limitan su difusión y afectan al elevado precio que hoy tiene, y se necesitará un decidido apoyo público. Por razones de gestionabilidad de las energías renovables y también atendiendo al futuro del sector del transporte, las tecnologías de almacenamiento de energía ocupan ya un lugar destacado en los programas de investigación energética, hasta el punto de que no es concebible un esquema sostenible sin un avance significativo en este campo.

Los reactores de fisión existen, han sido probados y han evolucionado hacia diseños cada vez más seguros y con un mejor aprovechamiento del combustible. No creo que sea razonable, en una situación de crisis energética, prescindir de esta fuente de energía, aunque su supervivencia depende en gran medida de la percepción pública. A corto plazo el problema se plantea en términos de prolongación de la vida útil de los reactores existentes. Sin embargo, el desafío fundamental en este apartado es el avance hacia los reactores rápidos de generación IV que permitirán reciclar los residuos y utilizar el combustible de forma óptima.

Por último, la eficiencia y el ahorro energético se configura como la fuente de energía más abundante y barata y menos contaminante, pero su aplicación sólo tiene sentido en los países ricos. En estos, debería darse una doble transformación en la percepción pública del problema de la energía. Por una parte, es preciso cambiar de hábitos de consumo energético que puedan hacer frente a un futuro de escasez y aumento de precio de la energía; por otra, una visión más realista y solidaria de las exigencias de un sistema energético sostenible y autónomo, como es la existencia de plantas de generación, líneas de transmisión, centros de transformación, afectación al paisaje por parte de las renovables, etc. ■

Cayetano López Martínez. Doctor en Ciencias Físicas y director general adjunto del CIEMAT, donde dirige el Departamento de Energía

Texto: José López-Cózar

Fotos: REE

□ Entrevista con Miguel Duvison García

«LAS RENOVABLES REPRESENTAN UNA PARTE IMPORTANTE DE LA CESTA ENERGÉTICA DE NUESTRO PAÍS»

A mediados de 2007, REE puso en marcha un centro de control de energías renovables (CECRE) para controlar y supervisar estas fuentes de energía. Después de dos años de funcionamiento, esta iniciativa pionera en el mundo ha conseguido la alabanza y admiración de buena parte de la comunidad internacional, desde representantes de la Unión Europea y miembros de organismos internacionales a jefes de estado. Miguel Duvison, director de Operación de REE, nos habla en esta entrevista del CECRE y de las posibilidades que ofrece al sector de las renovables en España.



España es el único país del mundo que cuenta con todos los parques eólicos conectados a un centro de control.

¿Con qué objetivo?

Cualquier sistema eléctrico está basado en el equilibrio dinámico entre la generación y el consumo de energía. La interconexión de todos los parques eólicos de más de 10 MW a un centro como el CECRE permite controlar este tipo de generadores con el propósito de mantener la seguridad del funcionamiento del sistema y de maximizar la producción de este tipo de generadores. Hay que tener en cuenta que en España disponemos de un potencial eólico realmente importante con unos 17.500 MW instalados, y que en 2016, si se cumplen las previsiones, llegaremos a los 29.000. De este modo, es absolutamente necesario que estos generadores estén bajo control del Operador del Sistema, de forma que se logre el doble objetivo anteriormente mencionado.

¿Garantizar la seguridad de suministro sigue siendo el principal objetivo de REE?

REE trabaja para garantizar la seguridad de suministro,

todo está supeditado a que los consumidores dispongan de energía eléctrica en las condiciones de calidad y seguridad exigidas por ley. Toda nuestra actividad diaria está enfocada a este objetivo, para lo que se requiere mantener el equilibrio entre generación y consumo en todo instante. De ahí la necesidad de control, no sólo de los generadores nucleares, hidráulicos o de las centrales térmicas de ciclo combinado, sino también de las energías renovables, que ya representan una parte importante de la cesta energética de nuestro país.

Entonces, ¿el CECRE viene a incidir en esta cultura de seguridad?

Gracias al CECRE sabemos cuál es la máxima penetración de energías renovables que se puede conseguir en cada instante sin poner en riesgo al conjunto del sistema eléctrico. Cuando se supera el umbral de seguridad aceptable, hay que dar instrucciones a los generadores de renovables para que desconecten sus equipos o reduzcan su potencia.

«El CECRE permite sacar mayor provecho a las energías renovables»

¿Qué otras cualidades tiene el Centro?

La existencia del CECRE permite pasar de hipótesis conservadoras apriorísticas a otras más próximas al tiempo real. Si no tuviéramos un centro de estas características nos veríamos obligados a desaprovechar parte del potencial eólico para evitar riesgos en la seguridad del sistema. Sustituyendo esas hipótesis conservadoras por otras basadas en el conocimiento de la realidad y el control en tiempo real, podemos integrar el máximo de producción renovable (eólica, en el caso que nos ocupa) que en cada momento puede absorber el sistema. Y además permite limitar la afectación de estos generadores y, por tanto, del sistema eléctrico, por los huecos de tensión (derivados de cortocircuitos producidos por tormentas o accidentes), más habituales de lo que se pueda imaginar en un principio. Sufriremos cientos de cortocircuitos a lo largo del año.

Con la existencia de un centro de control de estas características, ¿cuál es el límite de la energía eólica en España?

Gracias a un complejo modelo de simulación y a esa capacidad de control de la que hablábamos antes, podemos sacar el máximo provecho a la potencia eólica instalada actualmente. Tan pronto se consiga introducir nuevos cambios normativos que exijan a otro tipo de energías renovables, como la fotovoltaica, su adecuación tecnológica, su monitorización en tiempo real y su posibilidad de control, habremos dado otro salto de gigante para maximizar la penetración de las energías renovables en España.

Con esto quiero decir que en el sistema eléctrico no existe un techo predeterminado para la penetración de las energías renovables. Dependerá del desarrollo de la red y de la capacidad del sistema en cada momento. Y es que,

para cada escenario de generación-carga-transporte existe un límite de integración de renovables.

Entonces, ¿cuál es el techo de las energías renovables en este momento en nuestro país?

Si queremos llegar a las cifras de penetración de renovables contempladas por la Planificación aprobada por el Gobierno (está previsto contar con 29.000 MW eólicos para 2016, como decía antes), es preciso llevar a cabo una serie de actuaciones. Primero, reforzar la interconexión con Francia como un instrumento fundamental para robustecer nuestro sistema eléctrico y, por lo tanto, para integrar más renovables. Y, segundo, disponer de más hidráulicas reversibles (lo que conocemos vulgarmente como «bombeo»), ya que permitirá almacenar energía fluyente del viento o del sol que de cualquier otra forma se desperdiciaría.

¿Existe realmente alguna fuente renovable que dé estabilidad al sistema?

Sí, existe una, la hidráulica. Desde el punto de vista eléctrico se puede integrar toda la hidráulica disponible. ¿Por qué? Pues porque son los generadores más rápidos y fiables, que aportan inercia, regulación de frecuencia y tensión, y todas aquellas características físicas que necesita el sistema eléctrico. No en vano, la hidráulica es la renovable con la que soñaría cualquier país que quiera minimizar el consumo de combustibles fósiles... Pero, claro, la hidráulica tiene un límite debido a que los aprovechamientos hidráulicos llegan hasta donde se puede. Hay mucha oposición social a construir nuevos embalses y además España tiene una pluviometría en la que se registran periodos de sequía importantes. Por lo cual, sólo con hidráulica no es posible mantener el funcionamiento seguro del sistema. ■

Centro de Control para el Régimen Especial (CECRE)

El CECRE es una unidad operativa integrada en el Centro de Control Eléctrico (CECOEL). Desde él se gestiona y controla la generación de los productores de energías renovables instalados en nuestro país.

Este centro es, además, el interlocutor único en el tiempo real entre el CECOEL y cada uno de los centros de control de generación, habilitados por el ordenador del sistema, a los que están conectados los parques eólicos. Su función principal es supervisar y controlar a los generadores del régimen especial, principalmente eólicos, así como articular la integración de su producción en el sistema eléctrico de forma compatible con la seguridad de éste.

Para ello, recibe información sobre las unidades de producción que es necesaria para la operación en tiempo real. En concreto, cada 12 segundos, recibe de cada parque eólico los datos relativos a la potencia activa, reactiva, tensión, conectividad, temperatura y velocidad del viento. A partir de esta información, calcula la producción

eólica que en cada momento puede integrarse en el sistema eléctrico en función de las características de los generadores y del propio estado del sistema.

El cálculo se realiza con un desglose por parque eólico y con una agregación para cada nudo de la red de transporte, y es enviado a los centros de control de generación, quienes, a su vez, lo comunican a los productores para que procedan a la modificación de la consigna de potencia vertida a la red.

El CECRE permite integrar en el sistema eléctrico la máxima producción de energía de origen renovable, especialmente eólica, en condiciones de seguridad.



Innovación en el sector de las energías renovables

La importancia que tiene la incorporación a gran escala de las energías renovables en el abanico de opciones energéticas disponibles viene plenamente justificada por la urgente necesidad de conjugar dos elementos claves de la política energética: la garantía de suministro energético y la disminución del impacto ambiental de los procesos de generación de energía. Estos dos factores han propiciado en los últimos años un impulso al desarrollo de las fuentes energéticas de origen renovable que pilotan sobre dos ejes fundamentales.

Por un lado, la existencia de políticas regulatorias adecuadas y estables en el tiempo que faciliten la penetración en el mercado de estas fuentes de energía, y, por otro, un continuado y sostenido esfuerzo en las políticas de Investigación y Desarrollo que permitan conjugar la fiabilidad de las tecnologías de conversión energética de origen renovable, al menor coste posible. Estos dos aspectos, fiabilidad y reducción de costes, son los que movilizan todos los esfuerzos realizados y por realizar, y son los elementos tructores de la innovación en el sector de las energías renovables.

En el campo de la energía eólica podemos citar como los retos tecnológicos de futuro el desarrollo de métodos automatizados de fabricación, el uso de nuevos materiales en la fabricación de palas, como los termoplásticos, y el desarrollo de palas inteligentes que incorporen sensores para mejorar la operación de las máquinas. Las instalaciones que permitan verificar experimentalmente el comportamiento de los principales componentes de los aerogeneradores, como las palas o el tren de potencia, son una herramienta vital para validar los nuevos diseños y eliminar riesgos de fallo y, por tanto, reducir el *time to market* de los nuevos prototipos. Esta necesidad es lo que ha impulsado a CENER a poner en marcha sus instalaciones de ensayo de componentes de grandes aerogeneradores en Navarra.

Otro elemento de innovación importante en el sector eólico lo constituye el desarrollo de la eólica marina, que incluye aspectos como el desarrollo de tecnologías de evaluación de recurso eólico en el mar, el desarrollo de metodología y herramien-

tas de diseño específicas para generadores *offshore* y las tecnologías de sustentación en aguas profundas, plataformas flotantes, anclajes, etc.

En energía solar fotovoltaica los desafíos más importantes están relacionados con la reducción de costes y, en ese sentido, son necesarias diversas aproximaciones. Por un lado las tecnologías dominantes de silicio cristalino precisan de importantes esfuerzos para reducir el material empleado en su fabricación, como la reducción del espesor de las obleas, la reducción de los materiales pantalla que reducen la superficie de captación y el aumento del aprovechamiento del espectro solar mediante células tándem.

Las tecnologías de lámina delgada son otra opción importante en el desarrollo futuro de la energía solar fotovoltaica. Se trata de tecnologías que requieren menor consumo de material en su fabricación y utilizan técnicas de procesamiento más complejas, en algunos casos, que las tecnologías de Si basado en oblea. Los retos tecnológicos en esta área se centran en la industrialización a gran escala de los procesos de deposición del material fotovoltaico y en el aumento de la eficiencia y mejora de la estabilización.

Las células de concentración y las que utilizan materiales orgánicos son también aspectos interesantes que se están desarrollando en la búsqueda de alternativas a los paneles planos de silicio cristalino.

En energía solar termoelectrónica es importante destacar el desarrollo de concentradores avanzados de alta eficiencia y al menor coste posible, por lo que el desarrollo de mejores materiales reflectantes en cuanto a su durabi-

lidad y reflectividad, estructuras resistentes y ligeras y sistemas de seguimiento adecuados son aspectos comunes a todas las tecnologías (heliostatos, concentradores cilindro-parabólicos, discos solares, concentradores Fresnel). El desarrollo de receptores solares avanzados y los sistemas de almacenamiento térmico son también aspectos clave en el desarrollo de esta tecnología.

En el campo de la biomasa y los biocombustibles tal vez el desafío más importante se encuentre en el desarrollo de los biocarburantes de segunda generación, tanto por la vía bioquímica con la obtención de bioetanol de materiales lignocelulósicos, como por la vía termoquímica mediante gasificación de biomasa y posterior síntesis del biocarburante a través del gas de gasificación.

En definitiva, aunque el camino recorrido en el desarrollo y la innovación en el sector de las energías renovables ha sido muy importante es preciso un continuado esfuerzo en las políticas de innovación en este sector para conseguir una participación de las energías renovables, como la que aparece en los compromisos derivados de la Directiva Europea, que para España es el 20% de sustitución de energía primaria para el año 2020.



→ Infraestructuras de ensayos de tren de potencia de aerogeneradores en CENER

Toyota Prius Plug-In Hybrid, vehículo eléctrico híbrido enchufable

A pesar de que los méritos medioambientales de los vehículos eléctricos para desplazamientos urbanos están más que demostrados, los avances en esos vehículos se ven entorpecidos por el peso, el tamaño y el coste de las baterías de gran capacidad necesarias para ofrecer una autonomía apenas satisfactoria, así como la ausencia de una infraestructura de recarga adecuada.

Al lanzar el Prius híbrido recargable, Toyota ha considerado ambos problemas. Por una parte, ha determinado que, a la luz del progreso actual en el desarrollo de baterías, la arquitectura híbrida recargable es la solución tecnológica más viable para la electrificación de los motores.

Un vehículo híbrido recargable no tiene el problema de la autonomía limitada. De hecho, una vez que el vehículo supera la autonomía en modo EV (eléctrico), empieza a funcionar automáticamente como un híbrido combinado convencional.

El Prius híbrido recargable, que supone una expansión considerable de la capacidad del modo EV del sistema híbrido, evita los problemas tradicionales, de autonomía limitada y problemas de diseño, de los vehículos eléctricos actuales. Por otra parte, se puede recargar rápidamente conectándolo a una toma de corriente doméstica convencional o a una estación de carga pública.

A principios de 2010, más de 500 unidades equipadas con baterías de ión litio participarán en un programa de alquiler limitado en todo el mundo. De ellas, sólo en Europa se desplegarán más de 150 unidades. Antes de que estos vehículos puedan llegar a ser una realidad comercial, Toyota tiene que evaluar cada una de estas mejoras tecnológicas en un entorno real. A través de este programa, pretende evaluar la respuesta del mercado y saber qué características del producto suscitan más interés y por qué.

El motor del Prius híbrido recarga-

ble sustituye la batería hidruro de níquel por una nueva batería de ión litio de gran capacidad.

Prestaciones

Es la primera vez que se utilizan las baterías de ión litio en un vehículo híbrido Toyota. Las baterías de ión litio tienen unas características distintas de las de hidruro níquel: son más compactas, con una densidad volumétrica de energía superior, lo que significa que no tiene por qué afectar negativamente al peso del vehículo y su estructura.

Por otra parte, y lo que es más importante para conservar la funcionalidad intrínseca del vehículo, las baterías de ión litio se pueden recargar más rápidamente que las alternativas de hidruro de níquel. La batería del Prius híbrido recargable se puede cargar completamente en sólo una hora y media (a 200 V).

El sistema de batería de ión litio del Prius híbrido recargable tiene el doble de capacidad que el nuevo Prius, lo que garantiza una aceleración intensa y continua, y una velo-

cidad máxima de 100 km/h conduciendo en modo EV. Con la batería totalmente cargada, puede recorrer 20 km en modo EV, lo que supone un incremento de 10 km en comparación con su predecesor de hidruro de níquel. Para distancias superiores, el Prius híbrido recargable funciona del mismo modo que el híbrido combinado convencional.

El Prius híbrido recargable genera unas emisiones de CO₂ por debajo de 60 g/km y, como otros modelos híbridos combinados, alcanza una reducción considerable de emisiones de PM (aerosoles) y NO_x.

La reducción de emisiones de CO₂ es una ventaja clave del Prius híbrido recargable, gracias a su mayor autonomía en el modo EV. Se pueden reducir aún más las emisiones de CO₂ si la electricidad se genera mediante fuentes renovables, como turbinas eólicas o placas fotovoltaicas. En pocas palabras: cuanto menor es el porcentaje de energía procedente de combustibles fósiles, mejor es el rendimiento integral en cuanto a CO₂ del Prius híbrido recargable.



Innovación en el sector nuclear: residuos nucleares y reactores rápidos. Energía sostenible para miles de años

La operación de las centrales nucleares produce residuos radiactivos peligrosos para los seres vivos. La mayoría son de baja y media actividad con un riesgo limitado a unos cientos de años. En España se ha construido un almacenamiento en El Cabril (Córdoba), que proporciona una solución completa y aceptada para estos residuos. Sin embargo, para los residuos de alta actividad, básicamente los combustibles usados de las centrales nucleares, todavía no se ha implementado una solución completa aceptada públicamente.

Recientemente se ha reabierto el debate sobre una nueva aproximación, radicalmente distinta, a estos residuos de alta actividad. Al igual que en otras industrias, se propone su reciclado para, a la vez, reducir su cantidad y producir más electricidad. Esta opción estaba en la concepción inicial de la energía nuclear y ha sido y está siendo utilizada comercialmente por países nucleares tan importantes como Francia, el Reino Unido, Alemania o Japón. Dos motivos pospusieron su utilización generalizada: que por el momento es más cara que el uso de uranio enriquecido, y que despertaba dudas sobre el riesgo adicional de proliferación de usos no pacíficos de los materiales nucleares. La experiencia comercial durante más de 30 años ha demostrado que, con la supervisión de organismos internacionales, este riesgo puede ser controlado.

La inestabilidad de los precios, la inseguridad de los suministros de gas y petróleo, y el cambio climático sugieren la necesidad de sustituir, a escala mundial y de forma significativa, combustibles fósiles por energía nuclear (y energías renovables). Además, el bajo coste de generación de la energía nuclear ya ha lanzado a los países emergentes como China, India y otros a la construcción de centrales nucleares. Este incremento generalizado de la energía nuclear podría consumir las reservas de uranio (a precios competitivos) en menos de 200 años y aumentar drásticamente el número de almacenes geológicos profundos de residuos.

Una nueva versión del concepto de reciclado está siendo investigada para resolver estos problemas. Este nuevo reciclado utiliza la tecnología de reacto-

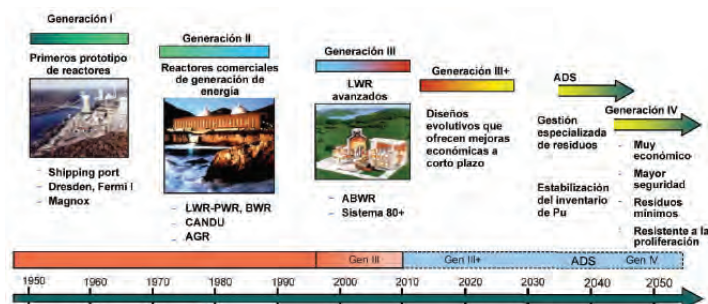
res rápidos de cuarta generación (Gen IV), que en el futuro (a partir de 2050) sustituirían a los actuales. Estos reactores, con importantes innovaciones sobre los 18 reactores rápidos ya operados con potencias significativas, están adaptados para utilizar el uranio y el plutonio contenidos en los combustibles usados actuales. Además, los reactores rápidos pueden ser diseñados para eliminar rápidamente los residuos y/o para regenerar nuevo combustible usando la parte del uranio actualmente no utilizado, el ^{238}U , según van consumiendo su propio combustible. De hecho, pueden generar más combustible del que consumen, multiplicando de forma efectiva los recursos de uranio por más de 50, hasta permitir la generación nuclear de electricidad durante miles de años.

Para alcanzar los máximos efectos en la reducción de residuos, además del plutonio hay que reciclar los actínidos minoritarios con las técnicas de Separación avanzada y Transmutación. Dependiendo de los países esto podría hacerse en los mismos reactores rápidos o en sistemas especiales subcríticos acoplados a aceleradores (ADS). El resultado final sería, en ambos casos, reducir los residuos finales en un fac-

tor próximo a 100.

El desarrollo de estos nuevos reactores se realiza dentro de grandes proyectos nacionales e internacionales, que actualmente consideran varias opciones tecnológicas, diferenciadas fundamentalmente por el refrigerante (sodio, plomo o helio) y la forma del combustible (óxidos, nitruros, carburos o metálicos). Dos importantes iniciativas son el Foro Internacional de Generación IV y la Plataforma Europea para la Energía Nuclear Sostenible (SNETP). Esta última ha diseñado una agenda estratégica de investigación que debería permitir elegir, en el año 2012, dos tecnologías (sodio y otra) y construir, en el año 2020, un demostrador con estas nuevas tecnologías.

Simultáneamente también se está mejorando el reprocesado, con variantes del proceso PUREX tales como el SANEX, adaptado para la gestión independiente de todos los actínidos, o el GANEX, que permite mantener unidos el plutonio y otros actínidos, aumentando la resistencia a la proliferación. Este conjunto de innovaciones podrían ofrecernos una energía nuclear completamente sostenible a largo plazo.



→ Evolución de la tecnología nuclear: pasado y perspectivas. El esquema indica las tecnologías para plantas de nueva construcción en función del tiempo. Durante el siglo XXI convivirán probablemente varias de estas tecnologías.

Sistemas de almacenamiento cinético para gestión de la energía

Cada día resulta más útil la posibilidad de almacenar energía. La razón está en que se puede modificar la ecuación del balance de su producción, que establece que la potencia generada debe igualar a la consumida. Cuando existe un almacenador, la ecuación anterior se modifica de manera que, ahora, la energía producida debe igualar a la suma algebraica de la consumida y de la almacenada, y el perfil de generación puede «desacoplarse» del de consumo con la consiguiente mejora de eficacia. Incluso sistemas de almacenamiento de pequeño tamaño pueden resultar muy útiles en diversas aplicaciones.

Independientemente de la tecnología de almacenamiento utilizada, cualquier sistema puede especificarse por tres variables genéricas: la energía, la potencia y el tiempo de actuación durante el cual el sistema almacena o libera energía (cociente de las dos primeras). Se tienen así sistemas de corto plazo (con tiempos del orden de las decenas de segundos) y de largo plazo (con tiempos que pueden llegar a horas).

Existen diversos procedimientos para almacenar energía, algunos de ellos utilizados desde hace tiempo, como es el caso de las baterías o el bombeo de agua. Modernamente y dentro del rango de energías y potencias medias-bajas compiten tres tecnologías que, aunque conocidas desde hace bastantes años, están en constante evolución tecnológica. Son el almacenamiento magnético superconductor (SMES), el almacenamiento electrostático en supercondensadores y el almacenamiento cinético en volantes de inercia. Cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes: los SMES, por ejemplo, consiguen potencias elevadas pero energías reducidas, a los supercondensadores les sucede lo contrario y, finalmente, los cinéticos se encuentran en una situación intermedia. En cualquier caso, su evolución tecnológica apunta en dos direcciones: mejorar la energía y el coste específico (por unidad de masa).

Los sistemas cinéticos están basados en un volante de inercia accionado por una máquina eléctrica

que trabaja como motor para almacenar la energía y como generador para liberarla. La cantidad que se puede almacenar está directamente ligada a la carga de rotura del volante utilizado. Cuando el peso del almacenador es importante, hay que recurrir a materiales ligeros y resistentes (fibra de carbono, por ejemplo) que tienen que girar por encima de 30.000 rpm. Cuando el peso no es determinante, basta con utilizar materiales resistentes pero pesados (metálicos), que pueden girar por debajo de las 10.000 rpm, aunque en ambos casos el sistema de guiado del volante es un reto tecnológico y suele incluir la levitación electromagnética.

El CIEMAT lleva trabajando más de diez años en sistemas de almacenamiento de energía de ambos tipos para aplicaciones que van desde el nivelado de consumo eléctrico en transporte ferroviario hasta la estabilización de la energía producida en sistemas eólicos aislados. En su Unidad de Aceleradores se desarrolló un sistema de almacenamiento cinético con volante de acero de alta resistencia y levitación magnética de 200 MJ de energía y 350 kW de potencia para el ADIF, con aplicaciones a la gestión de la energía consumida en la líneas de Alta Velocidad (proyecto ACE²).

Por otra parte, la Unidad de Energía Eólica desarrolló otro equipo para sistemas de generación aislada (proyecto SEDUCTOR) basado en máquina de reluctancia conmutada rápida (30.000 rpm) y volante de fibra de

carbono, pionero y base para el resto de desarrollos posteriores.

A finales del año 2006 se comenzó un Proyecto Singular Estratégico (PSE) denominado SA²VE, que incluye a 14 socios y cuya finalidad es el desarrollo de tecnologías y aplicaciones del almacenamiento avanzado de energía, con especial énfasis en el cinético. Este proyecto pondrá a punto nuevas técnicas de levitación y guiado, control de máquinas eléctricas, fabricación de volantes ligeros, etc., así como otras aplicaciones en el sector ferroviario, el de la edificación sostenible, los sistemas seguros de alimentación, las energías renovables, etc.

Son precisamente estas aplicaciones las que ya están en marcha, tanto a nivel de desarrollo como comercial, en diferentes lugares y muy especialmente en EE. UU. y Europa, donde ya se han instalado o se van a instalar en breve unidades en sistemas ferroviarios, instalaciones con alimentación crítica (aeropuertos, hospitales, instalaciones militares) o incluso en la red de potencia eléctrica como elemento de estabilización de frecuencia.



→ Instalación de almacenamiento cinético para el proyecto ACE²

Captura del CO₂ originado por el empleo de combustibles fósiles

Las acciones requeridas para reducir las emisiones de CO₂ son múltiples y pasan fundamentalmente por el ahorro y la eficiencia energética, el desarrollo de las energías renovables, el uso continuado de la energía nuclear y la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC).

La contribución de la CAC, en un escenario de estabilización de emisiones, podría llegar, según informes de la Agencia Internacional de la Energía, al 20% de la reducción necesaria (6,5 Gt/año de CO₂ capturadas y almacenadas a partir de 2050). Por economía de escala, el esfuerzo deberá centrarse en aquellas instalaciones industriales que concentran principalmente los focos más intensivos de emisión de CO₂: a) centrales térmicas, fundamentalmente de carbón aunque no de forma exclusiva; b) procesos de combustión en la industria y en el refino; y c) procesado de gas natural. El 25% de este tipo de focos que emiten más de 1 Mt/año son responsables del 85% de las emisiones mundiales de CO₂.

Las tecnologías que pueden ser empleadas para la captura de CO₂ pasan todas ellas por el empleo de técnicas de separación que permiten transformar las corrientes en las que actualmente el CO₂ aparece como un gas diluido en otras corrientes altamente concentradas en CO₂, con las condiciones adecuadas para su transporte e inyección en un almacenamiento geológico profundo en el que pueda ser confinada durante tiempo ilimitado. Existen tres opciones tecnológicas, todas ellas actualmente en desarrollo, para la captura de CO₂ en procesos industriales (ver figura):

Postcombustión: Captura de CO₂ aplicable a plantas con tecnología convencional de combustión. Tras los tratamientos adecuados de limpieza y depuración, el CO₂ presente en los gases de salida de caldera es separado mediante técnicas de lavado de gases, principalmente absorción y adsorción.

Precombustión: Se puede aplicar al gas procedente de un proceso de reformado de gas natural o al producido mediante la gasificación de carbón.

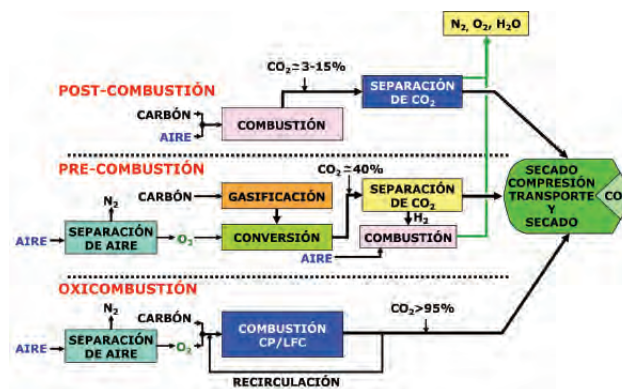
En ambos casos se requiere un proceso de limpieza y el tratamiento posterior en un reactor de desplazamiento para obtener CO₂ e H₂. El gas procedente del reactor de desplazamiento es sometido a un proceso de separación, normalmente de adsorción física, que consigue una corriente de CO₂ de gran pureza y a presión, si la gasificación opera en esas condiciones.

Oxicombustión: La combustión tiene lugar empleando oxígeno de pureza variable como comburente, en vez de aire, utilizándose una recirculación de gases de combustión para reducir la temperatura de hogar y facilitar la transferencia de calor. En este caso se consigue de forma directa una corriente que está constituida casi exclusivamente por CO₂ y H₂O a la salida de la instalación de combustión, de la que el H₂O puede ser fácilmente eliminado por condensación. En este caso la separación debe ser efectuada previamente para obtener O₂ puro a partir del aire ambiente, normalmente mediante técnicas criogénicas.

Actualmente se encuentran en fase de diseño o construcción una serie de plantas de desarrollo tecnológico a nivel internacional. De entre todas ellas destaca la iniciativa española de

la Fundación Ciudad de la Energía, que montará dos combustores, uno de carbón pulverizado de 20 MW_t y otro de lecho fluido circulante de 30 MW_t para operar en oxicombustión con diferentes tipos de carbón, incluyendo antracita autóctona de la zona del Bierzo. Su puesta en marcha está prevista para mediados de 2010. Se considera que el lanzamiento global de las tecnologías de CAC deberá ir precedida de dos tramos de acción previos de proyectos de demostración para aprendizaje y un lanzamiento inicial en países desarrollados.

Desde el punto de vista económico, las tres tecnologías llevan asociados unos mayores costes de inversión y de operación comparados con los correspondientes a las plantas convencionales homólogas. Este aumento de costes, ligado principalmente a las mayores necesidades de consumo energético para la compresión y separación, se traduce en una reducción neta del rendimiento de la planta, de modo que las instalaciones de producción eléctrica precisarán una mayor cantidad de combustible para generar cada kWh de electricidad producida. En términos de pérdida de rendimiento de ciclo, se han cuantificado las penalizaciones citadas en valores que oscilan entre un 7 y un 10% según las alternativas.



→ Opciones de captura de CO₂ más próximas a su aplicación comercial

Texto: José López-Cózar
Fotos: CDTI

□ Entrevista con Maurici Lucena Betriu

«LAS EMPRESAS INNOVADORAS TIENEN MAYORES TASAS DE CRECIMIENTO Y CREAN MÁS EMPLEO»

A la edad de 32 años, Maurici Lucena ha ocupado puestos de gran responsabilidad. Miembro del equipo de Miguel Sebastián que fuera responsable de la elaboración del programa económico del PSOE para las elecciones generales de marzo de 2004, dirige desde ese mismo año el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), uno de los centros públicos clave en el objetivo de mejorar la competitividad de las empresas españolas y su nivel tecnológico. Actualmente compatibiliza su labor en el CDTI con la presidencia del Consejo de la Agencia Espacial Europea (ESA), «un nombramiento», tal y como reconoce en esta entrevista, «que supone una gran satisfacción y un reto personal».



En la última remodelación ministerial el CDTI ha pasado de depender del Ministerio de Industria al de Ciencia e Innovación. ¿Por qué?

La creación del Ministerio de Ciencia e Innovación tiene como objetivo integrar a los principales componentes públicos del sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa: los ámbitos de la investigación y el empresarial, desde la creación de nuevo conocimiento hasta su aplicación a bienes y servicios. El cambio que trae la creación de este ministerio ha reforzado la posición del CDTI, que consolida su posición como entidad referente en la financiación y en la prestación de servicios de valor añadido en el ámbito de la I+D+i para las empresas españolas.

¿Es posible innovar en tiempos de crisis? ¿Por qué resulta tan importante?

No sólo es posible sino que es necesario para que las empresas puedan salir en mejores condiciones de la crisis y aprovechar el crecimiento posterior. Un reciente estudio realizado por el CDTI, *Impacto de la I+D+i en el sector productivo español*, cuantifica, por primera vez en España, las ventajas que tiene la inversión en I+D+i para las empresas españolas. Se pone de manifiesto que, en promedio, las empresas innovadoras tienen mayores tasas de crecimiento en las ventas y en la creación de empleo (normalmente, de mayor cualificación), en el valor de las exportaciones y en la producti- ➡

«El CDTI financia proyectos empresariales de I+D mediante la concesión de ayudas que contemplan una parte de subvención y otra de crédito»

vidad. Adicionalmente, están mejor capacitadas para sobrevivir a los períodos de recesión.

Algunas evidencias empíricas mostradas por este estudio son:

- Las empresas que realizan gasto en I+D+i ven incrementada la probabilidad de obtener mayores innovaciones en productos, procesos, de índole organizativa y también en la fase de comercialización de los productos, en comparación con las menos innovadoras.
- Esto se traduce en que las empresas innovadoras cuentan con una cartera de productos significativamente mayor.
- Las empresas españolas que han innovado en los últimos años muestran una clara propensión a incrementar su cuota de mercado, la cual es 10 puntos porcentuales superior a la tendencia registrada por las no innovadoras.
- La capacidad exportadora también se ve favorecida, al incrementarse alrededor de 18 puntos porcentuales. De este modo, el grado de internacionalización es mucho mayor entre las empresas innovadoras.
- Los resultados económicos son mejores entre las compañías que apuestan por la I+D, especialmente en el caso de las PYMES.
- Las empresas innovadoras tienen una capacidad de generación de empleo dos puntos porcentuales superior a las no innovadoras.
- Finalmente, y resultado de los efectos positivos de la innovación anteriormente mencionados, la productividad de las empresas españolas innovadoras es sustancialmente superior —16 puntos porcentuales—.

¿Son creativas nuestras empresas?

Podríamos utilizar los datos de demanda del CDTI como variable *proxy* de la capacidad de las empresas españolas para generar nuevas ideas y plasmarlas en un proyecto de I+D. Como datos más recientes tenemos los de la convocatoria de CENIT-E, cerrada el 16 de septiembre de este año. A esta convocatoria se han presentado 49 solicitudes, lo que representa el segundo mayor número de propuestas presentadas en las cinco convocatorias celebradas. Es un 53% más que la del año 2008.

Si observamos la demanda de proyectos de I+D al CDTI, con los últimos datos disponibles, entre 2007 y 2008 las solicitudes entrantes crecieron un 15%. Creo que estos datos, teniendo en cuenta la crisis económica, reflejan una buena situación de la capacidad de las empresas españolas para generar nuevas ideas.

El CDTI cuenta con un presupuesto global de 857 millones de euros para este ejercicio. ¿En qué se invertirá ese dinero? ¿Qué programas están en marcha y con qué objetivos?

En realidad, sumando otros conceptos como fondos europeos y patrimonio del Centro, el presupuesto anual es bastante mayor. En cualquier caso, el CDTI va a mantener un perfil de actuación similar al mantenido en los últimos cuatro años, con el objetivo último de mejorar la

competitividad de las empresas españolas mediante el incremento de su nivel tecnológico.

Para ello, el CDTI financia proyectos empresariales de I+D realizados individualmente o en consorcio, mediante la concesión de ayudas que contemplan una parte de subvención y otra de crédito, a tipo de interés cero y con largos períodos de amortización. Apoya, asimismo, la creación y consolidación de empresas de base tecnológica a través de la iniciativa NEOTEC.

En el ámbito internacional, gestiona y promueve la participación de empresas españolas en programas de cooperación tecnológica, como el Programa Marco de I+D de la Unión Europea, EUREKA, IBEROEKA y los Programas Bilaterales. Asimismo, el CDTI gestiona los retornos industriales asociados a la participación española en grandes instalaciones científicas internacionales. El CDTI concede ayudas para la preparación de propuestas al Programa Marco de I+D de la Unión Europea, ayudas a la preparación de ofertas a Grandes Instalaciones Científicas y ayudas para la Promoción Tecnológica Internacional, destinadas a la promoción y protección en mercados exteriores de tecnologías novedosas desarrolladas por empresas españolas.

Como novedades en 2009, destacaría, en el ámbito doméstico, la potenciación de los proyectos consorciados, con el lanzamiento de los proyectos interempresa nacional (para la financiación de proyectos realizados al menos por dos empresas, una de ellas PYME) y con la convocatoria extraordinaria de CENIT-E. Al mismo tiempo se han puesto en marcha nuevos instrumentos que incrementen la presencia española en programas internacionales de cooperación tecnológica, como los proyectos interempresa internacional, cuya primera convocatoria cerró el 16 de septiembre.

Adicionalmente, como respuesta al complejo escenario económico-financiero al que tienen que hacer frente las empresas españolas, el CDTI ha flexibilizado las condiciones financieras de sus ayudas. Así, se posibilita la disposición por anticipado de un 25% de la ayuda concedida (hasta 300.000 euros) en los proyectos de I+D, y se han rebajado las exigencias de garantías financieras.

También las PYMES necesitan innovar para ser competitivas en el mercado nacional y en el exterior ¿se las tiene en cuenta en su justa medida?

Creo que existe un error de apreciación, por parte de algunos sectores, sobre el público objetivo de las ayudas del Ministerio de Ciencia e Innovación a través del CDTI. Nuestras ayudas van dirigidas a todas las empresas y concretamente, en los últimos años, el porcentaje de PYMES con proyectos individuales de I+D aprobados supera el 60% de los beneficiarios.

El CDTI ha diseñado instrumentos específicamente orientados a este tipo de compañías, como los Proyec-

tos Interempresa Nacionales donde dos empresas, al menos una de ellas PYME, colaboran para la realización de un proyecto de I+D; los de Cooperación entre PYMES, destinados a resolver problemáticas comunes a las pequeñas y medianas empresas de un mismo sector; o la iniciativa NEOTEC, encaminada a la creación y consolidación de empresas de base tecnológica.

Pero también tienen cabida en otros esquemas de financiación, como los proyectos integrados, que requieren la participación de al menos una PYME, o los CENIT, donde se exige una participación mínima de dos PYME.

Asimismo, se han implantado medidas orientadas a las PYMES. Por ejemplo, las empresas están exentas de afianzamiento financiero en los proyectos aprobados cuando el riesgo vivo con el CDTI no supere los 500.000 euros.

En otro orden de cosas, en julio del año pasado usted fue elegido presidente del Consejo de la Agencia Espacial Europea (ESA). Es la primera vez que un español preside la ESA desde su creación en 1975. ¿Qué representa este nombramiento para usted y para España?

Para España supone el reconocimiento de los países europeos a la labor que se ha venido realizando en el terreno espacial ya que, desde su integración en la ESA como miembro fundador, nuestro país ha demostrado ser un socio fiable, tratando siempre de promover acuerdos y programas espaciales en beneficio de un proyecto común europeo.

Personalmente, el nombramiento ha supuesto una gran satisfacción y un reto, que he asumido con el compromiso de representar de forma equilibrada a los países miembros de la ESA en las tareas que el Presidente del Consejo tiene atribuidas.

¿Cuáles son los principales retos de la Agencia Espacial Europea para los próximos años?

En un futuro próximo debemos lograr el despliegue de la constelación de satélites Galileo y que se complete el sistema de observación de la Tierra GMES¹, así como la tercera generación del sistema meteorológico METEOSAT. Estos programas, esenciales para Europa, ponen de manifiesto la complementariedad presente y futura entre la UE y la ESA a la hora de desarrollar infraestructuras espaciales orientadas a los ciudadanos.

A más largo plazo, se están iniciando una serie de programas de amplio alcance entre los que destaca el Programa de Conocimiento del Medio Espacial, SSA², para la vigilancia de la basura espacial, así como de objetos potencialmente peligrosos -como los meteoritos- para la Tierra.

«En un futuro próximo debemos lograr el despliegue de la constelación de satélites Galileo y que se complete el sistema de observación de la Tierra GMES»



Finalmente, en el ámbito de la exploración, quizá sea posible lanzar una misión internacional conjunta a la Luna, aunque no hay nada seguro. En un estado más avanzado se encuentra ExoMars, prevista para el año 2016, que supondrá el inicio de una serie de misiones encaminadas a llevar al hombre a Marte, como muy pronto, en el año 2035.

¿Qué papel desempeñará nuestro país y las empresas españolas en la estrategia espacial europea?

España ha invertido de forma creciente en el sector espacial, aumentando la profundidad y variedad de sus responsabilidades en diversas misiones y actividades de la ESA. Este esfuerzo está permitiendo el acceso de las empresas españolas a un nivel de contratación acorde con sus posibilidades. Como ejemplo de su relevancia actual, destaca la participación española en programas de telecomunicaciones como SmallGeo, de observación de la Tierra —como GMES o MTG³—, y también en el área de exploración espacial, a través de nuestra contribución al programa ExoMars, a la ISS⁴ o al módulo ATV⁵.

En este contexto merece especial atención el Programa Nacional de Observación de la Tierra que, mediante el desarrollo de dos satélites de última generación, situará a España en la vanguardia del sector espacial. ■

¹Global Monitoring for Environment and Security

²Space Situational Awareness

³Meteosat Tercera Generación

⁴Estación Espacial Internacional

⁵Automated Transfer Vehicle

LA INNOVACIÓN ABIERTA, CLAVE EN TELECOMUNICACIONES

En el momento actual que el mundo vive, determinado por una delicada situación económica, el ritmo vertiginoso de los acontecimientos no nos permite reflexionar en profundidad sobre su impacto en algunos procesos empresariales, empezando por el propio proceso innovador.



Si la innovación —en su sentido más amplio— ha demostrado ser motor de progreso, la I+D (investigación y desarrollo) sigue siendo el catalizador de la innovación tecnológica más ambiciosa.

En este contexto, las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) asumen el principal protagonismo para salir de la crisis de forma airosa. Si el sector de las TIC es crítico para cambiar el modelo económico, la innovación en las TIC es la palanca para aportar valor. Aunque la tecnología ya no sea siempre el origen de las ideas innovadoras, sí es el medio para crear servicios; servicios que respondan y se adapten a las necesidades de los clientes y que definirán nuevos mercados.

Los datos del informe del Instituto

de Prospectiva Tecnológica de la Comisión Europea (*Mapping R&D Investment by the European ICT Sector*) constatan el papel relevante que desempeña el sector de las TIC en el marco de la I+D mundial. Su estimación es que son responsables del 26% de todas las inversiones de I+D de todos los sectores económicos.

Al examinarlo, se observa que las cifras comparativas de España con otros países de la UE no son muy favorables, como en otros datos relacionados con la innovación. Conviene recalcar que, cuando hablamos de los indicadores de I+D+i del sector TIC, es más relevante obtener datos asociados al resultado de la innovación que los clásicos indicadores asociados, por ejemplo, al esfuerzo en I+D.

Contamos con estudios bastante rigu-

rosos sobre la contribución favorable de las TIC al crecimiento de las economías. En EE. UU. y en Europa, más de la mitad de las ganancias en productividad son generadas por las TIC. Es indudable el impacto que han producido sobre la gestión empresarial, sobre la comunicación de las personas entre sí y de estas y las empresas, sobre los hábitos de consumo y sobre el acceso al conocimiento. Muy pronto tendrán también un impacto similar sobre las formas de aprendizaje, la atención sociosanitaria, la atención a personas con discapacidad, el control del cambio climático, etc.

Condiciones y beneficios de la innovación

Existen una serie de precondiciones básicas para que las TIC desempeñen, en un futuro a corto plazo, el papel que se les demanda. Una de ellas es la educación; es decir, la generación del talento y de las habilidades necesarias para generar y gestionar el conocimiento. Otra es la necesidad de compartir este conocimiento para innovar en colaboración. Tecnologías básicas de Internet, como la *www* nacieron en un centro de investigación —en ese caso el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas)— con el propósito de facilitar el proceso de compartir conocimiento.

Además de estas dos precondiciones, es necesario disponer de entornos regulatorios que impulsen la inversión y, por tanto, la innovación. En un sector tan tecnológico como el nuestro, invertir sig-

El ritmo vertiginoso de los acontecimientos no nos permite reflexionar en profundidad sobre su impacto

nifica innovar. La innovación, gestionada de un modo responsable, tiene un impacto positivo hacia la Sociedad.

Empresas como Telefónica están adaptándose a la nueva situación económica de una forma envidiada por compañías de otros sectores. Hemos ampliado mercados hasta estar en el grupo de los que marcan tendencia. Los que nos dedicamos a analizar y gestionar la tecnología en Telefónica creemos que hemos contribuido en este proceso. En cualquier caso, estoy convencido de que desempeñaremos un papel clave en los próximos años, para diseñar nuevos servicios que aporten valor. En Telefónica I+D abordamos este reto con el optimismo de contar con el talento y la masa crítica. Somos el primer centro privado de I+D de España y eso nos permite ser una organización de excelencia mundial. Pero, a la vez, abordamos el reto con la humildad y el sentido común de saber que no podemos hacerlo solos. La tecnología no es la fuente de ideas básica; la fuente son fundamentalmente los clientes. Por ello, en Telefónica I+D estamos saliendo al exterior para captar tendencias y estamos invitando a clientes a que se acerquen a nuestros *user experience lab* y *living labs*, a fin de que podamos conocer sus hábitos, necesidades, gustos y opiniones.

Hay que considerar, además, las múltiples dimensiones del entorno de la innovación. Una innovación bien gestionada ayuda a potenciar la imagen de marca, a crear expectativas favorables entre los inversores, a tener empleados más motivados y a ser el socio elegido en proyectos colaborativos; un aspecto muy importante en este entorno. Dos no colaboran si uno de ellos no quiere.

Para innovar de un modo más eficiente, Telefónica I+D está definiendo



de nuevas metodologías de desarrollo de proyectos de innovación que, aunque nacen del mundo del desarrollo *software*, serán aplicables a cualquier proyecto de I+D.

Estamos haciendo también un esfuerzo importante para proteger nuestros resultados, conscientes de que las patentes siguen siendo un instrumento fundamental de nuestra estrategia tecnológica.

Cloud computing, movilidad y banda ancha ubicua

Predecir cuáles van a ser las principales tendencias en el sector de las TIC es delicado, pero asumo el reto de ofrecer una visión a cinco años. Este horizonte temporal no es arbitrario. Por un lado, es más largo que el plazo que manejamos habitualmente para desarrollar nuevos productos y servicios. Por otro, no es tan lejano en el tiempo como para que el grado de incertidumbre sea muy elevado y las tendencias demasiado cercanas a la ciencia-ficción. Se trata del plazo aproximado en el que muchas tecnologías que ahora están en sus etapas preliminares de desarrollo, pueden

encontrarse próximas a su aparición en el mercado.

Para elaborar esta visión, nos apoyamos fundamentalmente en los expertos de Telefónica I+D y en su Observatorio Tecnológico.

Previamente, conviene tener en cuenta que la tecnología se desarrolla en un contexto determinado, no de forma aislada. Como indicaba el economista Giovanni Dosi hace ya veinte años «Los investigadores que desarrollan sus actividades dentro de un determinado contexto son acrílicos con la tecnología que desarrollan, al tiempo que excluyen tecnologías alternativas para usos similares». La I+D realizada dentro de un paradigma tecnológico hace que las actividades de innovación sean fuertemente selectivas, ya que están orientadas en direcciones bastante precisas, pues se desarrollan en los límites del paradigma. Esto aboca a imponer de facto determinadas limitaciones (enfoque, horizonte...) en la resolución de un conocimiento a la hora de plantear una oportunidad tecnológica o de resolver un problema.

Aunque la tecnología ya no sea siempre el origen de las ideas innovadoras, sí es el medio para crear servicios



Así, la evolución tecnológica de los próximos años se verá afectada por aspectos diversos como la situación económica global, el desarrollo energético, la presión sobre determinadas materias primas, el impacto de nuevas pandemias, la regulación global de mercados como el de las telecomunicaciones o, en general, la situación geopolítica mundial.

Para definir los nuevos escenarios será clave el impacto de aspectos como la evolución del perfil demográfico (progresivo envejecimiento en las sociedades más desarrolladas económicamente) y la multiplicación de la presión migratoria.

Al margen de la imprevisible evolución de estos factores, todo apunta a que la principal tendencia en el sector TIC en los próximos años (quizás podríamos hablar de «macro-tendencia») será la combinación de tres conceptos clave: *Cloud Computing*, movilidad y comunicaciones de banda ancha ubicuas.

La movilidad recibe, sin lugar a dudas, la máxima atención de analistas y expertos. Bajo unos parámetros gene-

rales de diversidad, sofisticación y complejidad, el futuro depara un mayor uso de *smartphones*, que acabarán siendo el futuro ordenador personal, que llevaremos siempre encima. La evolución de los sistemas operativos para dispositivos móviles, así como las nuevas alternativas de *software* de código abierto (*open source*) pondrán a los móviles cada vez más cerca del «modelo PC». Existen también expectativas de importantes avances en las redes de comunicación entre estos equipos móviles, lo que favorecerá la inclusión de servicios en red y la disponibilidad de aplicaciones sofisticadas con el móvil como pantalla. Por otro lado, la energía será un factor clave, sometido a una previsible presión económica, social y regulatoria hacia unas TIC energéticamente eficientes. En el caso concreto de la movilidad, y desde un punto de vista práctico, la mejora de la capacidad y tiempos de carga de las baterías constituirán un requisito imprescindible. Para ello, contaremos con nuevos medios de captación (piezoelectricidad, ambiente, solar, cinemáticas...) y se esperan avances sustanciales en el *Wireless Power*, aunque será para dispositivos y en entornos reducidos.

En cuanto al *Cloud Computing*, es decir, el traslado a Internet de las herramientas informáticas y la información que manejamos, consideramos que el *Cloud* del futuro será especializado, transparente, híbrido y tenderá más a la estandarización que ahora. En los próximos cinco años habrá entrado en una fase de productividad real, y proporcionará todo tipo de servicios de virtualización y de gestión remota.

Estas aplicaciones requerirán una disponibilidad de banda ancha accesible, en cualquier momento y desde cualquier lugar. En los próximos años, observaremos un cambio en los paradigmas de comunicaciones. Por ejemplo, la prevalencia de las comunicaciones «uno a uno», dejará paso al paradigma «uno a muchos», haciendo más habituales los entornos cooperativos e incrementando exponencialmente la complejidad de las redes actuales. La evolución esperable en las redes del futuro tiende al desarrollo de nuevos tipos de red, dotados de mayor capacidad de transmisión, el empleo de sensores como elementos de red y la disponibilidad de una mayor capilaridad, cediendo gran parte del control a los usuarios (capacidad de autogestión, autoorganización, autoconfiguración y autorreparación). En cuanto a la aplicación de las redes de comunicación en el hogar, habrá despliegues de fibra hasta el edificio (FTTH) más baratos y con un *time to market* de servicios más rápido, y se mejorarán los sistemas para la distribución eficiente de contenidos en el propio hogar. Esto provocará una demanda por parte de los consumidores de mayor simetría en la subida y bajada en banda ancha, así como de menor latencia. Y, como hemos comentado anteriormente, se tendrán en cuenta criterios de eficiencia energética.

Una parte relevante de los nuevos servicios que será posible proveer a

Las TIC son responsables del 26% de todas las inversiones mundiales de I+D de todos los sectores económicos

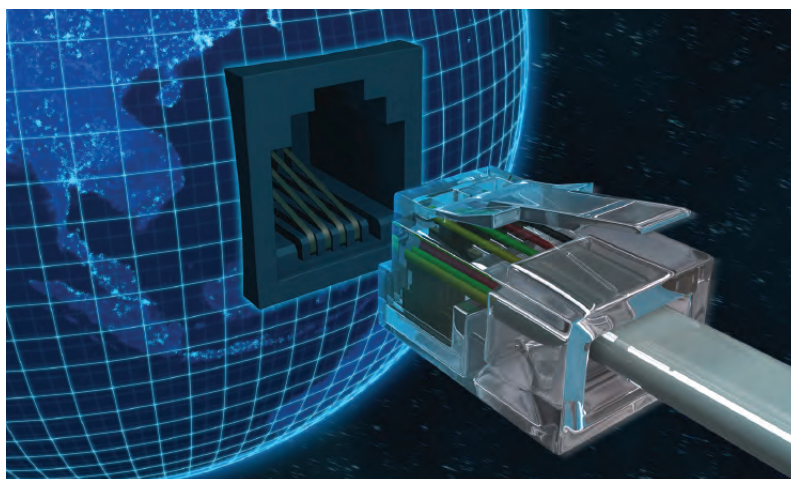
La innovación, gestionada de un modo responsable, tiene un impacto positivo hacia la Sociedad

partir de las nuevas tecnologías estará muy relacionada con soluciones en el ámbito financiero, la publicidad personalizada y las aplicaciones orientadas a la salud y el bienestar (telemedicina, rehabilitación virtual, entretenimiento, etc.) Para ello, incorporarán nuevas experiencias de comunicación e interfaz (servicios de voz a texto, por ejemplo) o empleo masivo de *widgets* (pequeñas aplicaciones que ejecutan funciones prácticas muy habituales, a las que se accede de una forma fácil y muy visual), como interacciones con servicios e información distribuida en Internet, así como nuevas y mejores capacidades (alta definición, 3D, realidad aumentada, etc.).

En relación con los dispositivos, se van a imponer los *smartphones* entre los equipos conectados móviles (uno de cada cuatro teléfonos será un teléfono inteligente de este tipo), pero también existe la posibilidad de que se extienda el uso de dispositivos más simples y baratos, «terminales tontos» o «de usar y tirar». Se impondrán las pantallas flexibles y transparentes. Los *Netbooks* y libros electrónicos tendrán también un fuerte impacto, así como otros elementos, como los sensores aplicados para ejercicios de rehabilitación y localización, el papel electrónico, dispositivos táctiles en general...

El conocimiento de los clientes se ampliará con conceptos como la personalización extendida a grupos, no solo a individuos. La información de los usuarios será un activo aún más valioso y de gran potencial.

Por último, hay aspectos como la identidad digital personal o las nuevas dimensiones del concepto de seguridad y privacidad, que cambiarán los planteamientos que tenemos actualmente, y seguramente se regulará el control y el acceso a determinados contenidos.



Hacia un modelo abierto de innovación

El pasado año 2008 se cumplió el décimo aniversario de la liberalización de las telecomunicaciones en España y 20 años de la creación de Telefónica I+D. Estas efemérides podrían constituir un buen momento para recapitular y mirar al pasado, pero los que nos dedicamos a la I+D+i tenemos el reto de pensar en el futuro. Entre nuestros objetivos tecnológicos, ya hemos integrado conceptos como las redes ultrarrápidas, la telepresencia, la Internet del futuro o el desarrollo de los servicios más avanzados, que faciliten la evolución de la sociedad de la innovación.

Estamos ante un entorno global que se tiene que adaptar a las necesidades locales y casi personales de cada individuo. En el mundo Internet que estamos impulsando, los modelos de negocio clásicos no tienen sentido, ni tampoco las barreras geográficas tradicionales. En Telefónica I+D también nos estamos globalizando; hablamos -por ejemplo- con instituciones como el MIT, con la cercanía con la que nuestros colegas con más experiencia colaboraban con las universidades politécnicas españolas.

En definitiva, tenemos el compromi-

so hacia el resto del Grupo Telefónica de innovar de un modo eficiente, pensando siempre en las necesidades próximas y futuras de nuestros clientes. También innovamos con pasión. Con el convencimiento de que, gracias a empresas como Telefónica, España se encuentra ante el reto histórico de estar —posiblemente por primera vez— entre los que desarrollan las tecnologías que son referencia en el futuro.

Estamos ante un reto apasionante. Les invitamos a construirlo en colaboración. Para las diferentes Administraciones, aceptar el reto significa definir marcos regulatorios que fomenten la innovación y la inversión. Para nuestros clientes, significa que tengan la confianza de decirnos cómo sueñan y desean que sean las comunicaciones del futuro, y que den rienda suelta a la imaginación. Para el resto de agentes del sistema español de I+D+i, aceptar el reto significa que estén abiertos a colaborar con Telefónica en el desarrollo de las nuevas tecnologías. ¿Aceptan el reto? Bienvenidos a la nueva Open Telefónica. Bienvenidos a colaborar para definir el futuro. ■

Luis I. Vicente es Gerente de Gestión de I+D+i en Telefónica I+D. Es Ingeniero de Telecomunicación y doctor en Física.

Las TIC y la identificación personal: el DNI electrónico como herramienta que aporta seguridad, comodidad y agilidad

La sociedad española sigue consolidándose como una sociedad en red y -cada vez más- los ciudadanos y las empresas de nuestro país perciben con mayor claridad los beneficios derivados del uso intenso de las tecnologías.

Liderado desde la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, el Plan Avanza del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ha supuesto una apuesta real del Gobierno para hacer de la sociedad en red una realidad, y en ello estamos trabajando la Administración General del Estado, Comunidades Autónomas, Entidades Locales y muchas organizaciones públicas y privadas.

Entre 2005 y 2009 el Plan Avanza ha supuesto una inversión de más de 6.500 millones de euros por parte del Gobierno. Gracias a la colaboración de las Comunidades Autónomas, Entidades Locales, instituciones públicas y privadas, más el propio sector empresarial (que ha aportado más de 4.000 millones de euros adicionales) se habrán movilizado casi 11.000 millones de euros para programas específicos de desarrollo de la Sociedad de la Información (SI).

Dicho plan, con una dotación presupuestaria para 2009 de 1.500 millones de euros, está ya acelerando el desarrollo de la Sociedad del Conocimiento mejorando la capacitación tecnológica de la ciudadanía, promoviendo la creación de redes sociales y el acceso universal a las TIC, fomentando la industria de contenidos digitales, incrementando el número de PYMES con acceso a Internet, modernizando los servicios públicos y fomentando el despliegue de infraestructuras de banda ancha.

En los últimos cuatro años se ha conseguido multiplicar el número de líneas de banda ancha casi por cuatro y su velocidad media por diez. Además, la generalización del uso de Internet es ya una realidad y 24,3 millones de españoles son internau-

tas (11,7 millones en 2004). Durante los últimos años, red.es se ha configurado como un instrumento eficaz para el impulso de la sociedad en red. Un buen ejemplo de ello es la presencia digital, con más de un millón de dominios .es, o el despliegue del DNI electrónico: más de 12,7 millones de DNI electrónicos en España.

Con la llegada de la SI y la generalización del uso de Internet, se hace especialmente necesario adecuar los mecanismos de acreditación de la personalidad a esta nueva realidad, disponiendo de una herramienta segura que permita operar en el mundo digital con la misma seguridad con la que se opera en el mundo físico.

Así nace en 2006 el DNI electrónico. Una herramienta de identificación personal que acredita física y electrónicamente la identidad de cada persona. A través del Plan Avanza2, hemos puesto en marcha diversas actuaciones para fomentar el uso de esta herramienta que la ciudadanía tiene en sus manos para poder realizar gestiones evitando desplazamientos y costes innecesarios.

El DNI es un referente obligado para la expedición de otros documentos como el pasaporte, el permiso de conducir, la seguridad social o la identificación fiscal (NIF). A lo largo de su vida ha ido evolucionando, incorporando las innovaciones tecnológicas disponibles en cada momento, con el fin de aumentar tanto la seguridad del documento como su ámbito de aplicación. En la actualidad, con el DNI electrónico cualquier persona, a través de Internet, puede realizar múltiples gestiones con las Administraciones Públicas, con empresas, con otros ciudadanos y de una forma totalmente segura.

En el caso de las empresas, el DNI electrónico se convierte en una herramienta de trabajo sumamente útil en sus procesos de negocio, ya que facilita su modernización y mejora su competitividad. Además, se convierte en un factor de dinamización empresarial, surgiendo la oportunidad de desarrollar servicios y productos ligados al proceso de utilización del DNI electrónico (servicios de identificación y autenticación, firma digital de documentos electrónicos, etc.).

Actualmente, el catálogo de servicios que ofrece el DNI electrónico es numeroso: desde solicitar la historia laboral, realizar la declaración de la renta, tramitar ayudas al desempleo, acceder a la banca *on line*... o incluso la consulta de puntos del carnet de conducir.

Creo que aún quedan muchas cosas por hacer, pero estoy seguro de que, gracias a los resultados que estamos obteniendo en proyectos tan relevantes como el del DNI electrónico, abordaremos todos los retos que surjan, con la ilusión y la seguridad de que estamos remando, todos juntos, en el camino correcto.



Tecnologías accesibles: innovar para romper barreras

Indra, según el informe de la Comisión Europea, es la segunda compañía española por inversión en I+D: en los últimos cinco años el esfuerzo realizado supera los 550 millones de euros. La innovación se encuentra en la base del negocio de la compañía de Tecnologías de la Información y por eso su estrategia en sostenibilidad está dirigida a trasladar esta capacidad a la sociedad, plasmándola en proyectos concretos que mejoren la calidad de vida de las personas. El último reto que se ha planteado Indra es facilitar el acceso a las nuevas tecnologías a colectivos que encuentran dificultades en su uso. Para ello, ha creado las Cátedras de Tecnología Accesible, que desarrolla en colaboración con la Fundación Adecco y diversas universidades españolas.

VirtualKeyBoard

Una de las últimas soluciones puesta en marcha, en este caso con la colaboración de la Universidad de Lleida, es el denominado teclado virtual, pensado para que personas con discapacidad motriz utilicen con normalidad el ordenador.

Esta aplicación permite emplear cualquier dispositivo capaz de controlar el cursor de la pantalla -ratón, *joystick* o *touchpad*, entre otros- para escribir a través de la pulsación de teclas virtuales. El sistema cuenta con funciones de predicción de palabras con algoritmos que «aprenden» el modo de escribir del usuario. Cuenta además con 5 diccionarios: castellano, catalán, inglés, francés e italiano, y con un sistema de aprendizaje automático. Esta herramienta es de acceso libre y gratuito y se puede instalar y ejecutar en cualquier ordenador equipado con Windows desde <http://robotica.udl.cat>.

HeadMouse

Este VirtualKeyBoard viene además a complementar al ratón virtual HeadMouse, creado en 2008 también dentro de la cátedra Indra de Tecnología Accesible en colaboración con la Universidad de Lleida.

El Headmouse permite el control del ratón mediante movimientos de la cabeza que se captan a través de una *webcam* convencional. El usuario controla las funciones de «arrastrar»

moviendo la cabeza, mientras que las acciones faciales se convierten en diversas modalidades de «clic». En su desarrollo se han incorporado algoritmos de visión artificial. El programa puede instalarse y ejecutarse de forma gratuita en cualquier ordenador a través de la dirección de acceso mencionada. El sistema ha contado con una gran aceptación y ya se han contabilizado más de 225.000 descargas en todo el mundo.

- 8,5% de personas tienen alguna discapacidad en España (3,8 millones de personas)
- 1,39 millones de personas no pueden realizar alguna de las actividades básicas sin ayuda
- 1.690.266 personas con discapacidad para desplazarse, un 3,6% de la población total

(Datos del INE, 2008)

Otros proyectos que impulsan las Cátedras de Accesibilidad son, entre otros: GANAS, el Generador de Animaciones para el Lenguaje de Signos destinado a apoyar la integración social de sordomudos; Emplea-T, un sistema que hace posible que personas con discapacidad visual utilicen la aplicación de búsqueda de empleo Emplea-T, una herramienta interactiva a la que se accede a través de la televisión TDT; Virtual Coach, un entrenador virtual que apoyará a personas que necesiten realizar ejercicios de rehabilitación físi-

ca; y el sistema IdenSound, con el que personas con problemas de audición saben si a su alrededor suena una alarma, un teléfono, un timbre, etc.

Fuera ya de estas cátedras, Indra participa también, junto al Gobierno de Castilla-La Mancha, a través de la Fundación del Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo para la Investigación y la Integración y la Fundación Rafael del Pino, en el proyecto TOyRA (Terapia Ocupacional y Realidad Aumentada). Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema que facilita a fisioterapeutas tratar a más de un paciente con problemas medulares al mismo tiempo, realizar un seguimiento de su avance e incluso que puedan realizar su terapia a distancia.

Además, Indra está vinculada con las instituciones del conocimiento en el desarrollo de proyectos relacionados con otro tipo de terapias, como eTIOBE, e-terapia inteligente para la obesidad infantil que se utiliza para motivar a niños obesos para que introduzcan cambios en su estilo de vida. Esta experiencia está siendo desarrollada por el equipo de investigadores del Instituto LabHuman, perteneciente a la Universidad Politécnica de Valencia; el Servicio de Pediatría del Hospital General Universitario de Valencia; el Departamento de Psicología de la Universitat de València; la Universidad Jaume I de Castellón e Indra.



Cómo se ayuda a fomentar la innovación en Google

Estamos habituados a leer en los periódicos acerca de innovación, investigación y desarrollo... Para ser francos son palabras que suenan bien, y aún quedan mejor en la carátula de presentación de una memoria de empresa. Pero eso sólo no basta, ya que hay que analizar qué es lo que se fomenta y sobre lo que se asienta esa innovación. Tres factores son clave: talento, clima y trabajo en equipo.



En cualquier foro se habla sobre el talento; «vosotros sois lo más importante», se escucha cuando el Sénior VP se dirige a la audiencia después de haber comentado unos excelentes resultados. Pero el problema principal es encontrar y contratar al talento, base principal sobre la que se construye la innovación y una empresa sólida y de futuro. El talento no es fácil de encontrar y más difícil resulta su contratación y a veces imposible su retención. Recuerdo el gran número de entrevistas para entrar en Google, y cómo me preguntaba si realmente eran necesarios tantos filtros; medir y analizar el talento y el perfil de cada uno de los trabajadores, observando si cuadran dentro de cada equipo, es fundamental antes de cerrar un proceso de captación de talento y excelencia.

El establecer un buen ambiente en el que se fomente y se invite a la creatividad dentro del entorno laboral ayuda al desarrollo de la innovación. Es imprescindible que el trabajador pueda tener la libertad de desarrollar sus ideas sin sentirse cohibido; tanto

la distribución del personal dentro de la oficina como la cercanía, la confianza y accesibilidad de los distintos cargos es fundamental.

El trabajo en equipo. Siempre se dice que cuatro ojos ven más que dos. Los equipos deben ser lo suficientemente grandes para poder armar una nueva iniciativa en poco tiempo, pero con el número justo de integrantes, de modo que la información fluya deprisa ganando siempre tiempo, dando autonomía suficiente y permitiendo que cada uno pueda ir al ritmo que le permita montar su aplicación lo más rápido posible.

Estos tres factores son esenciales, puesto que llevan implícito unos detalles que hacen que la gente se encuentre en perfectas condiciones para fomentar la creación de nuevos proyectos e implantación de iniciativas.

Hablando de innovación, no podemos dejar de comentar la regla de gestión de tiempos y recursos del 70, 20, 10 de Google que es fundamental

para desarrollar y expandir a todos los niveles la innovación, la creación y la pasión por implementar nuevas ideas. El 70% de nuestros recursos se deben invertir en negocios principales, el 20% en nuevos productos o iniciativas y el 10% en nuevas ideas.

La elección de qué proyecto va en qué categoría se basa, principalmente, en cómo afecta a nuestros usuarios, socios, inversores, prensa, negocio y estrategia. Un 70% es un proyecto que afecta a todos ellos. Uno que tiene un impacto significativo en algunas pero no todas, entraría en la categoría del 20%, y el 10% son el resto de proyectos que tienen suficiente potencial para convertirse en una idea para desarrollar.

70/20/10 no es una forma de priorizar los proyectos, sino una guía para la asignación de recursos ya que todos los proyectos son importantes para el éxito a largo plazo de la empresa.

Por último, una pequeña anécdota de hasta qué punto se fomenta la innovación en Google. En el curso de bienvenida a los nuevos empleados, los nuevos «Googlers» son invitados a competir por grupos. El objetivo es desarrollar una idea que se pueda convertir en un futuro proyecto. Aquella que sea la más creativa sobre una nueva aplicación útil para el usuario de Internet o una función aún no desarrollada es premiada y presentada al comité de proyectos, quien da la aceptación final para incluirla como nueva iniciativa a desarrollar.

Por todo lo expuesto, Google es una factoría de un gran potencial para los próximos años.

Las TIC en el diagnóstico por imagen

El diagnóstico por imagen consiste en obtener, de forma no invasiva, imágenes con calidad diagnóstica del interior del organismo. Para que realmente sea no invasivo se necesita de algún tipo de radiación que sea capaz de atravesar la zona anatómica a explorar. En función del tipo de radiación, se dispone de diversas técnicas: ultrasonidos, resonancia magnética nuclear, radiación gamma en medicina nuclear, rayos X en radiodiagnóstico, etc. Los sistemas de detección de la radiación en algunos casos captan una señal con una gradación continua, que se denomina de tipo analógica, mientras que en otros sistemas la señal está formada por valores discretos de tipo digital.

Los sistemas digitales, con la mejora de su capacidad de detección y de resolución espacial, han ido desplazando a los sistemas analógicos; de un modo similar a lo que está ocurriendo en el sector fotográfico con la migración desde el sistema analógico de la película fotográfica a los sistemas digitales con un sensor CCD. En radiología, al pasar a sistemas digitales se ha de exigir que la capacidad diagnóstica de la imagen sea igual o mejor que las obtenidas mediante película y sin que ello comporte un aumento en la cantidad de radiación (dosis) que se imparte al paciente.

En cuanto a la tecnología a utilizar puede optarse por la Radiología Computadorizada (RC) o bien por la Radiología Digital Directa (RD). En los sistemas RC el chasis con la película se reemplaza por un chasis con una pantalla de fósforo fotoestimulable. A lo largo de la superficie del fósforo se capta la señal producida por la radiación transmitida a través del paciente. Seguidamente el fósforo expuesto se pasa por un lector que determina la cantidad de señal captada en cada área de lectura (pixel), obteniendo una matriz que representa la proyección bidimensional de la imagen. La resolución espacial del sistema vendrá determinada tanto por la composición y grosor del fósforo como por la capacidad del sistema de lectura. Por contra, en los sistemas RD la radiación que traspasa al paciente incide directamente sobre un sistema de detección formado por una matriz de pequeños detectores gobernados por transistores de capa fina (TFT), de modo que la resolución espacial viene determinada por las dimensiones de cada uno de

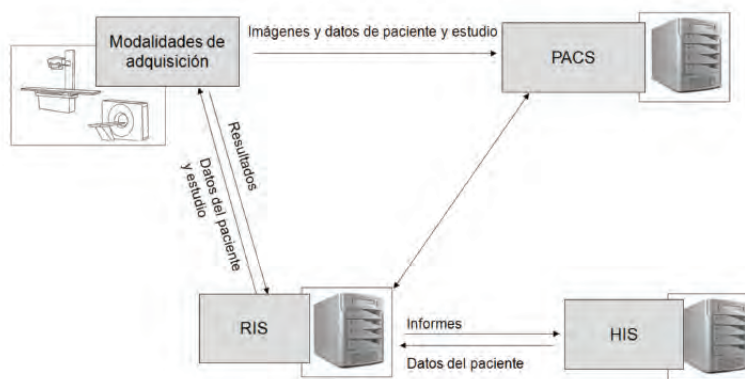
estos pequeños detectores.

Los sistemas de RC tienen la ventaja de poderse aplicar, previo ajustes del sistema de exposición automático, a los equipos en los que se utiliza película radiográfica, reemplazando el chasis con la película por otro chasis con una pantalla de fósforo. Como posible inconveniente, la imagen no se obtiene en tiempo real sino que requiere del proceso de lectura del fósforo. A cambio la mayoría de los sistemas de RD requieren de un cambio en profundidad en el sistema de adquisición de la imagen del equipo de radiodiagnóstico pero, por contrapartida, a los pocos segundos de la exposición, la imagen ya está disponible en la consola de control.

La transición hacia sistemas digitales cambia significativamente el flujo de trabajo en un servicio de diagnóstico por imagen ya que, al disponer de toda la información en soporte digital, ésta se transfiere de modo casi inmediato entre los diferentes profesionales implicados, llegando a posibilitar la deslocalización de los especialistas (telerradiología).

El incremento del número de imágenes y de su resolución espacial requiere de unos servidores con notable capacidad de almacenamiento y de un sistema de comunicación para su transferencia a alta velocidad. Las imágenes se suelen gestionar a través de un sistema PACS (*Picture Archiving and Communication System*) archivándose en un formato estandarizado, denominado DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). Toda la gestión del servicio de diagnóstico por imagen se puede llevar a cabo a través de un RIS (*Radiology Information System*), que es una base de datos donde se almacenan, manipulan y distribuyen los datos de los pacientes y que enlaza con las exploraciones contenidas en los PACS. A su vez, el RIS puede estar complementado por el HIS, que es el sistema de información de todo el Hospital.

Todos estos avances tecnológicos comportan una mejora en la capacidad de diagnóstico y de gestión del paciente, pero siempre se ha de actuar sin perder de vista que el centro del proceso es y ha de seguir siendo el propio paciente.



Innovación para el futuro y el futuro de la innovación

Quizás, nunca más antes que ahora ha sido tan crítico y necesario buscar la riqueza que aporta la diversidad de conocimientos para la planificación estratégica, tanto de empresas como de instituciones públicas. Los días de la autosuficiencia a la hora de planificar políticas públicas y privadas pasaron a la historia y, hoy, el desarrollo tecnológico y económico requiere entornos de trabajo abiertos y colaborativos.



En un entorno tan competitivo como el actual, en el que la innovación debe aportar resultados tangibles en el menor breve plazo posible, la búsqueda de aliados estratégicos mediante la aportación de conocimientos interdisciplinarios permite crear sinergias, adelantarse al futuro desde diversos ángulos y reducir los riesgos que conlleva todo proceso de innovación.

La innovación abierta y colaborativa, junto con la aplicación de metodologías de prospectiva, permite desarrollar proyectos complejos en un plazo de tiempo relativamente corto y con más garantías de éxito. Así lo entienden las principales empresas del mundo que saben

que se mueven en un entorno enormemente complejo y en un mercado muy dinámico, donde el empuje de la tecnología tiene que interactuar con las necesidades de la sociedad.

Bajo este enfoque, los procesos de innovación abierta reúnen a un conjunto de expertos de empresas e instituciones que, utilizando diversas metodologías prospectivas, establecen visiones sobre el entorno social y económico de futuro. Dichas visiones constituyen el punto de partida para identificar los principales desafíos a los que se deben enfrentar para satisfacer las demandas futuras, a través de nuevos productos y servicios.

Este tipo de procesos de innovación se llevan a cabo conjugando cuatro verbos: Comunicar-Conectar-Desarrollar-Crear. Así, mientras que la innovación que podríamos llamar «cerrada» a lo más que conduce es a proyectos de cooperación interna entre diferentes departamentos de una única empresa, la innovación «abierta», bajo un enfoque interdisciplinario en la que colaboran diferentes empresas, institutos de investigación, analistas económicos y de mercado y sociólogos, da lugar a proyectos en red, interdisciplinarios y de amplio alcance.

Estamos hablando de una nueva forma de gestión de la innovación; de una visión de la forma de hacer negocio basada en adelantarse a los nuevos mercados emergentes y cooperar en la identificación de nuevas soluciones, nuevas oportunidades de negocio, nuevos *partners* y aplicaciones realmente innovadoras. El objetivo es interactuar entre diferentes agentes para encontrar una solución única. Trabajar en equipo, utilizando la creatividad y la prospectiva como herramientas, para convertir las ideas de diferentes socios en negocio para todos, a través de procesos de innovación colaborativa.

En este tipo de procesos, la Fundación OPTI, a través de la prospectiva, aporta metodología para reflexionar sobre el futuro adaptada a los objetivos perseguidos en cada caso. Multidisciplinaria para abordar cualquier tipo de estudio. Análisis de tendencias para ajustar la cartera de productos al mercado de mañana. Y creatividad para generar nuevas ideas, al ser pionera en la aplicación de dinámicas que fomentan la creatividad y el debate.

La Ley de Moore mantiene su vigencia

La Ley de Moore, el principal motor que ha impulsado el sector de los semiconductores durante más de 40 años, ha sido reconocida recientemente por el analista del sector Dan Hutcheson como «una de las teorías económicas más importantes que se han desarrollado en el siglo XX» y «la teoría más importante desarrollada en la economía de la innovación».

Durante su permanencia como director de los laboratorios de Investigación y Desarrollo de Fairchild Semiconductor, Gordon E. Moore documentó sus observaciones sobre unas tendencias de fabricación y un modelo económico en la revista *Electronics*, donde mostró una curva de costes de los semiconductores que indicaba el número de componentes que se podrían integrar en los chips más asequibles en un momento dado. Moore afirmó que «la complejidad de los costes mínimos de los componentes ha aumentado a una velocidad de, aproximadamente, el doble cada año».

Moore cambió más adelante su estimación anual a un periodo de cada dos años, una valoración que, con el paso del tiempo, pasaría a conocerse como la «Ley de Moore», que desde entonces se ha traducido en que el número de transistores en un chip se duplica aproximadamente cada dos años.

El aumento del número de transistores en un microprocesador ofrece más funciones por chip a un coste mucho menor por función, lo que proporciona como resultado unos dispositivos informáticos más pequeños, de mayor rendimiento y con mayor eficiencia energética. Los chips con múltiples núcleos son una tendencia importante que ha permitido el avance de la Ley de Moore a lo largo de la última década, ya que nos ha ofrecido un gran incremento del rendimiento (especialmente en aplicaciones que se ejecutan de forma simultánea), controlando al mismo tiempo el consumo de energía.

Asimismo, también ha permitido integrar una mayor cantidad de funciones y prestaciones a lo largo de la historia de la informática, y hemos visto a los coprocesadores de operaciones matemáticas, la memoria caché y los con-

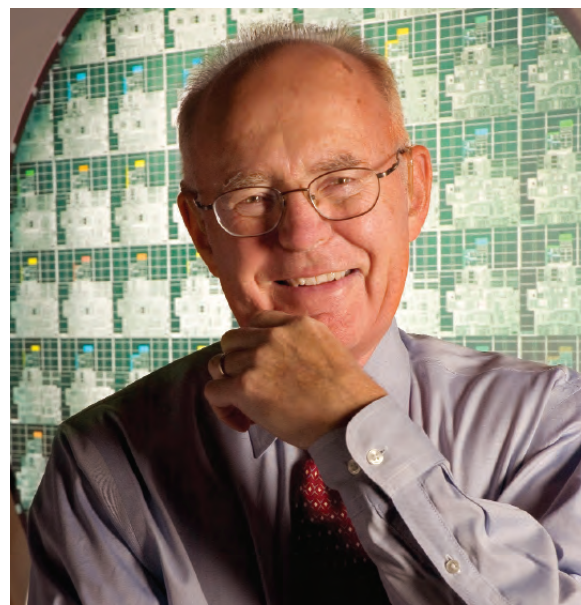
troladores integrados de memoria salir de las placas base para ser instalados en el microprocesador. En breve, Intel Corporation va a mostrar unos microprocesadores con soluciones completas para aplicaciones gráficas integradas. Estos procesadores van a simplificar en gran medida el diseño de la placa base, para permitir la creación de sistemas elegantes para todos los segmentos de clientes.

El aumento del número de transistores en un microprocesador también facilita el desarrollo de componentes de tipo Sistema sobre un Chip (*System-on-a-Chip, SOC*) muy integrados, de bajo consumo y gran rentabilidad para su uso en smartphones, dispositivos móviles para Internet (MID) y aplicaciones embebidas.

La Ley de Moore es el motor que impulsa el modelo «tick-tock» de Intel, que estima la aparición de una nueva tecnología de fabricación aproximadamente cada dos años, y la presentación de una nueva microarquitectura de CPU en años alternos, lo que ofrece como resultado la comercialización de nuevos productos todos los años.

Intel ha diseñado una serie de planes para ampliar la Ley de Moore durante varias generaciones más. Estas estimaciones no han cambiado durante las décadas anteriores. Pero para que la Ley de Moore continúe manteniendo su vigencia, se precisa una innovación permanente en materiales de circuitos integrados y estructuras, no sólo en reducción del tamaño. El silicio tensado y los transistores con puerta de metal high-k son unos buenos ejemplos para explicar esta tendencia.

Intel también está investigando en el uso de semiconductores compuestos (más allá del silicio) en el canal del transistor. Dichos materiales, conoci-



→ Gordon Moore, cofundador de Intel Corporation. Intel

dos como III-V, ponen de manifiesto el compromiso de la compañía para mejorar en gran medida el rendimiento del transistor y reducir al mismo tiempo el consumo de energía. Sin embargo, aún hay muchos temas por resolver, especialmente aquellos relacionados con la integración con un substrato de silicio.

Entre los retos a resolver podemos destacar el de la litografía. En estos momentos, Intel utiliza una longitud de onda ligera de 193 nm (nanómetros) para establecer patrones sobre sus chips, aunque dichos chips cuentan con prestaciones de tan sólo 30 nm. Pensando en el futuro, Intel y el resto del sector están examinando diferentes opciones litográficas. Asimismo, Intel está también realizando estudios sobre Pilas de Chips en 3 dimensiones (3-D Chip Stacking) y otras formas de integración para conexiones entre chips de alta densidad, reducción del tamaño de los encapsulados y la posibilidad de combinar tecnologías diferentes.

Texto: José López-Cózar
Fotos: OEPM

□ Entrevista con Alberto Casado Cerviño

«EL NÚMERO DE SOLICITUDES DE PATENTES HA CRECIDO ENTRE UN 10 Y UN 15 POR CIENTO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS»

La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) es un organismo autónomo dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio que otorga protección jurídica a las distintas modalidades de propiedad industrial mediante la concesión de patentes (invenciones), diseños industriales (creaciones de forma) y marcas y nombres comerciales (signos distintivos). Registros, todos ellos, que indican el grado de desarrollo de un país, así como su capacidad de innovación y creación.



Celebramos el Año Europeo de la Creatividad y la Innovación. ¿Somos creativos?

España es, sin lugar a dudas, un país creativo, con altas dosis de imaginación y creatividad, aunque esto no se refleje en muchas ocasiones en el volumen de patentes. Dicho de otra manera: tenemos una fuerte actividad en el ámbito del conocimiento y de la innovación pese a que el número de patentes de origen español sigue siendo muy bajo respecto a otros países de nuestro entorno.

¿A qué se debe esta aparente contradicción?

Esto se debe a que el mundo de la propiedad industrial, o el mundo de la protección de las ideas, es relativamente nuevo para nosotros. A diferencia de otros países, nosotros

hemos basado nuestro modelo de crecimiento en la construcción y en la prestación de servicios, y no en la innovación o en la sociedad del conocimiento. Es ahora cuando se está produciendo un cambio de tendencia y empezamos a poner el acento en cuestiones como la innovación o la protección del conocimiento.

¿Se gestionan muchas patentes a lo largo del año?

Gestionamos aproximadamente unas 25.000 patentes al cabo del año, entre las solicitadas directamente en nuestro país y las solicitadas en otras partes del mundo (especialmente la Oficina Europea de Patentes con efectos en España). Esto da una clara muestra del importante esfuerzo realizado durante los últimos años aun-

«Tenemos una fuerte actividad en el ámbito del conocimiento y de la innovación pese a que el número de patentes de origen español sigue siendo muy bajo»

que, como decía antes, seguimos todavía demasiado lejos del lugar que nos corresponde en el contexto internacional. España figura entre la octava y la décima potencia económica del mundo y sin embargo ocupa en torno al vigésimo puesto por lo que al número de patentes se refiere.

Da la sensación de que este proceso de transformación es muy lento. ¿Hasta qué punto estamos mejorando nuestro nivel de innovación y creatividad?

La evolución en los últimos años ha sido realmente espectacular. El número de solicitudes de patentes ha crecido entre un 10 y un 15 por ciento cada año. Y, lo que es igual de importante, ese crecimiento se ha producido no solo en las patentes nacionales sino también en las patentes europeas e internacionales de origen español. Es decir, nuestras empresas salen cada vez más al exterior de la mano de nuevas tecnologías previamente patentadas. Ese cambio se ha dejado notar de forma muy especial en los últimos cinco o seis años, pasando de tener una curva de crecimiento plana a un salto francamente espectacular. Aún así no es suficiente, deberíamos estar entre los diez países más innovadores del mundo... pero partíamos de una base muy débil.

¿Cómo apoya la Oficina de Patentes y Marcas el desarrollo tecnológico?

La OEPM tiene una política de apoyo a las empresas, les informamos, les ayudamos y apoyamos. Así, damos apoyo financiero a las empresas que quieren proteger sus patentes fuera de España mediante subvenciones directas. En 2008 contamos con un presupuesto de dos millones de euros, en 2009 se aumentó esta partida hasta los dos millones y medio, y en 2010 vamos a llegar a más de cinco millones de euros, justamente el doble que el año anterior a pesar de la crisis económica. También acabamos de constituir un centro de apoyo a las pequeñas y medianas empresas bajo la coordinación de la Dirección General de PYMES, la EOI y la OEPM. El centro ha sido diseñado para informar a las empresas sobre la protección de la propiedad intelectual y su importancia.

Por último, la difusión y la formación ocupan una parte importante de nuestra actividad. En coordinación con las comunidades autónomas llevamos a cabo más de 120 actividades anuales.

¿En qué sectores inventamos más y por qué?

Estamos en un periodo de transición, de una econo-

mía basada en elementos materiales a una economía basada en la sociedad de conocimiento, y esto se refleja en el número de patentes por sectores. En primer lugar se sitúan las necesidades corrientes con un 23 por ciento, seguido de técnicas industriales y transportes con un 19 por ciento, después la construcción con un 15 por ciento y la química y la metalurgia con un 14 por ciento. La física aplicada contribuye a esta lista con un 11 por ciento.

España ha hecho una apuesta decidida por las energías renovables. ¿Va acompañada de un buen desarrollo tecnológico o de eso ya se encargan otros?

Nuestro país es puntero en el desarrollo de energías renovables situándose en el cuarto lugar del mundo sólo por detrás de Alemania, Dinamarca y Reino Unido, y por delante de países mucho más poderosos como Estados Unidos, algo que reconocía expresamente el presidente Obama en su entrevista con Rodríguez Zapatero durante el mes de octubre. Este sector es uno de los pocos en nuestro país en el que existe un equilibrio entre nuestra posición en innovación y el número de patentes que protegen esa innovación.

Y en cuanto a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, ¿qué nos puede decir?

Las TIC son el paradigma de esa tendencia que intentamos romper. En este sector existe un volumen de actividad creadora muy importante que no va acompañada de un volumen de patentes similar. Este desequilibrio se convierte en una desventaja cuando las empresas salen al exterior a competir en los mercados internacionales. Algo que no les sucede, por ejemplo, a las empresas de los países nórdicos, que han basado su política económica en el desarrollo de la innovación y en la protección de la innovación. Y quiero remarcar esta idea: no se trata sólo de una política de desarrollo de la innovación, sino también de desarrollo de la protección de la innovación.

¿Qué podemos esperar de la Nanotecnología y el estudio de los materiales?

Desde esta oficina se aprecia el esfuerzo investigador e innovador que se está realizando en el estudio de los materiales. La Nanotecnología es una realidad que tendrá un gran protagonismo en los próximos años. Por eso países como Suecia, Dinamarca, Japón, Estados Unidos, etc. están dedicando muchos recursos a investigar en este ámbito. ■

«Durante mucho tiempo basamos nuestro modelo de crecimiento en la construcción y en la prestación de servicios, y no en la sociedad del conocimiento»

2010-2020: ¿LA DÉCADA DEL DESPEGUE DE LA NANOTECNOLOGÍA ESPAÑOLA?

Durante la última década, la nanociencia y la nanotecnología han pasado de ser una rama emergente, de carácter multidisciplinar, restringida únicamente al ámbito de unos cuantos laboratorios de investigación, a convertirse en una de las líneas temáticas de investigación prioritarias en cualquiera de los países más avanzados.

Sea cual sea el ritmo al que la nanotecnología se vaya a desarrollar, de lo que podemos estar seguros es de su fuerte impacto en la sociedad, debido a sus múltiples frentes de aplicación. Cuando se habla del impacto social de las nanotecnologías se alude a su enorme capacidad para generar nuevos materiales, dispositivos e instrumentos que introducirán cambios en procesos de fabricación, en nuestra vida cotidiana, en nuestras relaciones sociales y ocio, en nuestra salud, etc.

En estos momentos es claro que son muchos los sectores que se beneficiarán de la irrupción de ellas, ya que la lista de las aplicaciones es muy exten-

sa, tal como se muestra de forma esquemática en la Figura 1.

Aparte de las prometedoras aplicaciones, la nanotecnología se ha convertido en un tema de impacto social, con grandes repercusiones mediáticas. Como ejemplo se puede citar que el término nanotechnology aparece citado varios millones de veces en Internet o la gran cantidad de referencias que aparecen en periódicos o revistas generalistas sobre este tema. Parte de este interés proviene de la fascinante oportunidad que representa el poder construir nuestro entorno empezando desde los elementos más pequeños: átomos y moléculas.

La transición desde las ideas y experimentos de los laboratorios a su conversión en realidad en las fábricas sólo va a ser posible mediante un continuado impulso de la nanotecnología. Ese impulso se ha propiciado desde los gobiernos de EE. UU., Japón, Reino Unido, Alemania, Francia y China y de la Comisión Europea, que se han convencido de que los países que controlen las nanotecnologías serán aquellos que podrán sostener sus empresas e industrias a medio y largo plazo, gracias a la oleada de nuevos conocimientos, dispositivos, materiales, productos, que se avecina.

Este artículo no pretende detallar los planes e inversiones de cada país relativos a la implementación de las nanotecnologías, ya que hay multitud de informes nacionales e internacionales donde esta información está accesible. Un dato revelador es que en la mayor parte de los países desarrollados una parte considerable de las inversiones en nanotecnología provienen del sector privado (sobre todo en Japón, EE. UU. y Finlandia), lo que constituye un claro indicador de las expectativas de negocio que la nanotecnología está abriendo. En muchos casos, la rápida convergencia de la nanotecnología con sectores en expansión como la biotecnología ha incrementado aún más las expectativas de rápida aplicación de los conocimientos generados. Todos los aspectos que hemos mencionado sólo refuerzan la

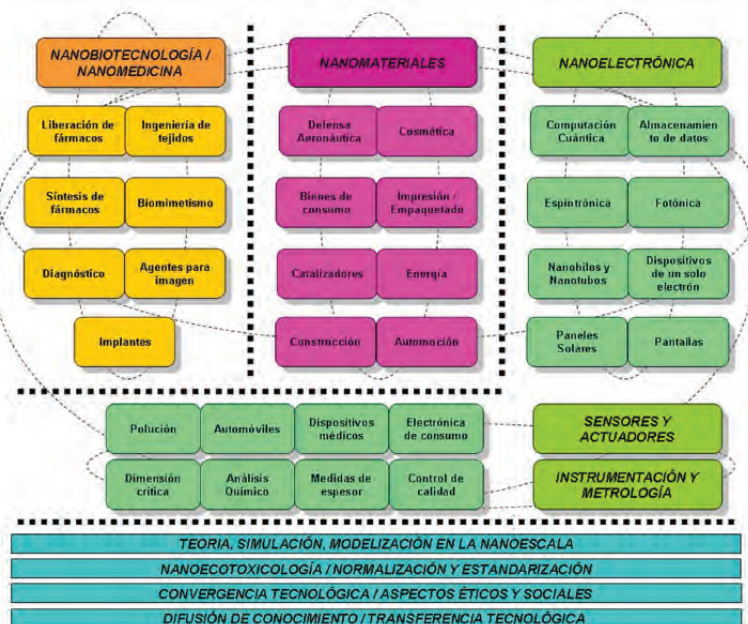


Figura 1. Áreas de aplicación de la Nanotecnología.

La nanotecnología se ha convertido en un tema de impacto social, con grandes repercusiones mediáticas



→ Figura 2. Distribución geográfica de los 277 grupos que en la actualidad son miembros de la Red NanoSpain. La tabla muestra la procedencia de estos grupos diferenciando entre centros de investigación públicos o sin ánimo de lucro y empresas.

impresión generalizada de que nos encontramos ante un nuevo paradigma multidisciplinar, que revolucionará nuestro conocimiento y nuestras sociedades, pero que requerirá de suficientes recursos económicos y de personal altamente cualificado.

Desde hace mucho tiempo, los investigadores españoles han estado al corriente de la importancia que este tema tiene tanto desde la perspectiva de la ciencia básica como de la ciencia aplicada. Como ha sucedido en otras ocasiones, los propios científicos (aprovechando los ejemplos que estaban teniendo lugar en Europa y EE. UU.) iniciaron una serie de movimientos ante las diferentes administraciones públicas para lograr que la nanociencia y la nanotecnología fuesen consideradas como líneas prioritarias de nuestro Plan Nacional de I+D+I y de los diversos Planes Regionales de I+D+I.

Entre las iniciativas que surgieron en

España en esta pasada década podemos destacar la creación de redes temáticas con un marcado carácter multidisciplinar. Estas redes han permitido la comunicación entre comunidades científicas de regiones y temáticas diferentes, mejorando la interacción entre grupos españoles. Quizás la red NanoSpain (www.nanospain.org) constituye uno de los ejemplos más claros de autoorganización de científicos que ha permitido promover ante las autoridades y la población en general la existencia de este nuevo conocimiento, necesario para lograr generar ciencia competitiva, y capaz de traducirse en productos de alto valor añadido en el futuro. La red NanoSpain agrupa actualmente a casi 280 grupos de investigación y empresas (ver Figura 2), distribuidos por toda la geografía nacional y en los que más de 2000 científicos trabajan en nanociencia y nanotecnología. A pesar de ser el punto de encuentro de la extensa comunidad nanotecnológica española, esta red

no ha recibido de la administración pública el suficiente apoyo, ni se le ha dado la importancia que tiene, en comparación con redes implantadas en otros países del entorno.

Otra iniciativa española, surgida a partir de la comunidad científica y que se ha convertido en referente internacional, es la celebración de diez ediciones consecutivas de la conferencia *Trends in Nanotechnology* (www.tntconf.org). Estas reuniones, verdadero escaparate de la nanociencia y la nanotecnología españolas, han conseguido atraer a los investigadores internacionales más prestigiosos, mejorando la visibilidad de nuestros científicos. Estas iniciativas, que han sido muy exitosas en cuanto a resultado para el sistema investigador nacional, necesitan seguir manteniéndose para lograr fortalecer la posición de los grupos españoles que trabajan en este campo y empezar a abrir mercados a nuestras empresas emergentes en estas temáticas. ⇨

Poder construir nuestro entorno empezando desde los elementos más pequeños, átomos y moléculas, representa una fascinante oportunidad

La manifestación más palpable del interés generalizado por la nanotecnología es la puesta en marcha de nuevos centros de investigación

	Subvenciones (M€)	Préstamos (M€)
Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN)	60,6	16,3
Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC)	4,2	6,3
Total	64,8	22,6

→ Tabla 1. Tabla I. Esfuerzo presupuestario efectuado por el Gobierno de España en el ámbito de las Nanociencias y Nanotecnologías durante el año 2008. MICINN.

A principios de 2003 las iniciativas puesta en marcha por la comunidad científica (redes, talleres, conferencias) relacionadas con la nanotecnología culminaron con la incorporación de la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología dentro del Plan Nacional de I+D+I 2004-2007. Dicha Acción Estratégica ha tenido su continuidad en el actual Plan Nacional, incluyendo además las temáticas relacionadas con los nuevos materiales y las tecnologías de producción. Ambas Acciones Estratégicas han mantenido un ritmo creciente de inversiones en el ámbito de las nanotecnologías en el periodo 2004-2009. Por ejemplo, el esfuerzo realizado por parte de la Administración General del Estado en la implantación de la nanociencia y la nanotecnología ha sido superior a los 87 M€ en 2008 (ver Tabla I).

Es importante destacar que, en el marco de las políticas de la Admi-

nistración General del Estado, el programa Ingenio 2010 ha permitido enfocar, a través de programas como CENIT, CONSOLIDER o AVANZA, muchos recursos económicos en áreas estratégicas entre las que se encuentra la nanotecnología. En estos momentos se están llevando a cabo 8 proyectos CONSOLIDER y 9 proyectos CENIT relacionados con la nanotecnología. En el primer caso esta Administración ha aportado un total de 37,9 M€ y en el segundo 127,8 M€. En el caso de los proyectos CENIT, las empresas participantes aportan otros 127,8 M€. A lo largo de los próximos años se espera ver los frutos de estas iniciativas.

Los gobiernos autonómicos también han manifestado con mayor o menor énfasis su interés por las nanotecnologías, incluyendo este tema en sus planes regionales de I+D y fomentando la creación de nuevas redes de carácter regional.

Sin embargo, la manifestación más palpable del interés generalizado por la nanotecnología es la puesta en marcha de nuevos centros de investigación por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación, las Comunidades Autónomas y las Universidades. En la Figura 3 se muestra la ubicación de estos centros que cubren la totalidad de las temáticas de ámbito «nano».

Una parte de los centros indicados en la Figura 3 se encuentran en fase de construcción, y se espera que estén operativos a lo largo de la década 2010-2020. Este conjunto de centros, junto con los centros ya existentes en los organismos públicos de investigación (OPI), la red de Infraestructuras Científicas y Tecnológicas Singulares (ICTS), configuran un sistema investigador de gran potencial en nanociencia y nanotecnología. La tarea de generación de conocimiento se debe completar mediante las oficinas de transferencia de tecnología de las universidades y OPIS, los Centros Tecnológicos, y los muchos Parques Científicos y Tecnológicos que se han implantado con éxito en España. También eclosionarán «nano-redes» temáticas orientadas a sectores productivos concretos como ocurre con la Red RENAC (Red para la aplicación de nanotecnologías en materiales y productos para la construcción y el hábitat), SUSCHEM (Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible), Génesis (Plataforma Tecnológica Española de Nanotecnología e Integración de Sistemas Inteligentes) o NANOMED (Plataforma Española de Nanomedicina).

Estas estrategias de generación y transferencia de conocimiento se refuerzan con otras actividades complementarias, que tienen como objetivo tanto la internacionalización de nuestros resultados científico-tecnológicos como la divulgación científica. Como ejemplo de la internac-



→ Figura 3. Distribución geográfica de los centros emergentes de nanotecnología.

Los países que controlen las nanotecnologías serán aquellos que podrán sostener sus empresas e industrias a medio y largo plazo

lización mencionaremos que el Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX), gracias a su Plan Tecnológico en Nanotecnología (coordinado por la Fundación Phantoms) fomenta actividades de promoción exterior de centros y empresas, haciendo posible la participación de un pabellón español en las ferias Nanotech 2008 y

2009 en Japón, una de las más importantes en el área de la nanotecnología (Figura 4), y en la feria NSTI2009 de EE. UU. En cuanto a las tareas de divulgación podemos mencionar por un lado la edición, por parte de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT), del primer libro destinado a difundir entre

el profesorado de educación secundaria y de bachillerato los avances en nanociencia y nanotecnología y, por otro lado, la organización por el CIC nanoGUNE de las jornadas Atom by Atom para divulgar al gran público, de forma clara y accesible, los avances, los retos y las implicaciones de diversas «nanoáreas».



Figura 4.

Todas las iniciativas que se han presentado en este artículo representan una apuesta clara para que España se sitúe a medio plazo entre el grupo de países que pueden liderar el cambio hacia una sociedad basada en el conocimiento. Sin embargo se hace necesario seguir manteniendo una tensión constante para fortalecer el asentamiento de todas las iniciativas en marcha. El reto a corto plazo es continuar el impulso inversor, a pesar de encontrarnos en plena crisis económica, y mejorar la coordinación de todos los agentes implicados en el proceso de I+D+I. La próxima década confirmará si los esfuerzos realizados han sido suficientes para lograr situarnos entre las economías más avanzadas, cumpliendo así las expectativas depositadas en la nanotecnología como motor de la industria española en el año 2020. Todo lo logrado hasta la fecha ha requerido un gran esfuerzo, pero todavía nos encontramos ante un sistema de I+D relativamente débil en comparación con el de los países a los que nos queremos parecer. Cualquier modificación en las políticas sostenidas de inversión en nuestro sistema de I+D puede hacernos retroceder varios

años, por lo que los recortes presupuestarios que se anuncian para sortear este periodo de crisis pueden ser muy perjudiciales en un tema emergente como el de la nanotecnología. Esperemos que estos recortes sean puntuales y que pronto se recobre el camino decidido de apoyo a la I+D+I.

Este artículo intenta proporcionar una visión de conjunto de la situación actual en la que la nanotecnología se encuentra en España, en un momento en el que la ciencia y la tecnología son claves para salir de la coyuntura de crisis y apuntalar un nuevo modelo económico. Para completar esta visión de conjunto se incluyen a continuación una selección de artículos que sirven para describir los avances más recientes de diferentes «nanotemáticas». Nos hemos restringido a seis áreas de trabajo de gran interés y potencial, como son nanomedicina; nanomateriales magnéticos; nanosistemas electro-mecánicos; nanotubos y grafeno; física de superficies (autoensamblaje molecular); e instrumentación.

La selección de las temáticas y de los autores ha sido difícil debido al gran

número de grupos de alto nivel que en estos momentos hay en cada una de las temáticas señaladas. Los artículos a continuación son una muestra de la gran efervescencia que vive la nanotecnología española. No nos gustaría terminar este artículo sin agradecer al Colegio Oficial de Físicos la elección de este tema, conectado íntimamente con muchos de los recientes avances en física, para elaborar un volumen monográfico.

Para saber más:

A. Correia et al. *Nanociencia y Nanotecnología en España: Un análisis de la situación presente y de las perspectivas de futuro*. Fundación Phantoms, Madrid, 2008.

J. A. Martín-Gago et al. *Unidad Didáctica Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. FECYT, Madrid, 2008.

Aplicaciones industriales de las nanotecnologías en España en el Horizonte 2020. Fundación OPTI y Fundación INASMET-TECNALIA, Madrid, 2008.

Antonio Correia es doctor en Ciencias Físicas y preside la Fundación Phantoms en Madrid. Pedro Serena es también doctor en Física e investigador en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del CSIC.

Las herramientas para llegar al nanómetro: microscopios de Efecto Túnel y microscopios de Fuerzas Atómicas

Los microscopios de Efecto Túnel (STM) y de Fuerzas Atómicas (AFM) se inventaron en los años 80 y gracias a ellos hemos podido llegar a «mirar», estudiar y manipular las superficies a escala de átomos y de nanómetros. Sin estas herramientas muchos de los resultados científicos y tecnológicos de la nanoescala obtenidos en los últimos 20 años no hubieran sido posibles. Actualmente son considerados como herramientas esenciales para el desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología.

Su funcionamiento es análogo a cómo una persona que no ve puede, con su bastón, caminar por una superficie y saber cómo es ésta: si tiene escalones que suben o bajan, si es lisa o rugosa o si es blanda o dura. El STM y el AFM barren con una punta muy pequeña y afilada a lo largo de una superficie y muy cerca de la misma. El mecanismo sensor es la variación de la corriente túnel entre punta y muestra (STM) o la interacción de fuerza entre punta y muestra (AFM). Basándose en el valor medido de estas señales en cada punto de la superficie, el sistema electrónico de control del microscopio mantiene constante la distancia entre punta y muestra en todas las posiciones de la punta sobre la superficie. Simultáneamente, el sistema va almacenando la información en cada punto para construir mapas de la topografía y de otras propiedades de la superficie.

El STM fue el primero en ser inventado y poco después aparecía el AFM. Luego han seguido desarrollándose modos avanzados de medida que permiten caracterizar diferentes propiedades de las superficies en la nanoescala: mecánicas (adhesión, fricción...), electrostáticas, magnéticas, etc. Asimismo pueden manipularse las superficies moviendo átomos o nanopartículas individualmente, oxidando localmente o indentando la punta en la superficie a escala de nanómetros.

Con estos modos avanzados de medida y su capacidad de trabajar

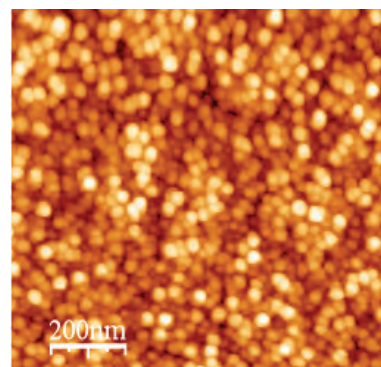
en entornos diferentes —aire, líquido o vacío— estas herramientas pueden aplicarse a multitud de campos de investigación, desde desarrollo de nuevos materiales hasta biología. Asimismo, aunque hasta ahora se han utilizado principalmente en investigación básica, ya se están introduciendo en investigación aplicada y en control de calidad en la industria. En pocos años, el AFM será una herramienta rutinaria de caracterización como lo es ahora la microscopía óptica o, en algunos casos, la electrónica.

Se pueden mencionar distintos sectores que actualmente ya utilizan tecnología que implica un control de la estructura superficial a escalas micro-nanométrica. El AFM es una herramienta esencial de caracterización en los productos o procesos industriales relacionados con recubrimientos de superficies, por ejemplo, para mejorar propiedades ópticas, de fricción, antimanchas, antiadherentes, anticorrosión y, en general, todas aquellas aplicaciones en las que la estructura de la superficie a escala nano-micro define o influye en el comportamiento, función o vida útil de la superficie. En este tipo de aplicaciones podrían englobarse materiales de muchos tipos, desde cerámicas hasta plásticos o vidrios de alto interés en sectores tan importantes como la construcción, energía solar, automoción, pinturas, envasado de alimentos, etc.

También en los sectores de construcción, aeronáutico y automoción es

interesante la caracterización con AFM de *composites*, materiales mixtos que incorporan nanopartículas de un material en una matriz de otro material, consiguiendo así unas propiedades muy determinadas del resultante. La distribución de dichas partículas, así como su tamaño y estructura y también la adherencia de las mismas con el material de la matriz, son factores importantes para la calidad, las propiedades y la vida útil del producto final.

El potencial del AFM en el campo de la biotecnología, alimentación y biomedicina es también muy elevado, englobando la posibilidad de caracterizar nanopartículas o estudiar tejidos, células, virus o biomoléculas, así como procesos dinámicos de las mismas en entorno líquido manteniendo sus condiciones ambientales. Otras áreas de aplicación importantes del AFM son la de semiconductores, la de almacenamiento de información magnética y la de caracterización de propiedades conductoras de moléculas y capas delgadas.



→ Imagen topográfica de AFM de Nanopartículas sobre una superficie.

Nanomagnetismo en ciencia y tecnología: estatus y perspectivas

El nanomagnetismo lleva años siendo objeto de intensas labores científicas, pero también ocupa un lugar importante en el panorama tecnológico general. Al menos desde la introducción del primer sensor de lectura por magnetorresistencia gigante (GMR) en las unidades de disco duro (HDD) en 1997, la tecnología nanomagnética es un artículo de uso doméstico. Este paso fundamental de introducción de la tecnología nanomagnética ha impulsado un avance sin precedentes que ha dado lugar a la tecnología actual, en la que ninguna dimensión crucial está por encima de los 100 nm y los tamaños bit se han reducido a (35 nm)² en las unidades de última generación.

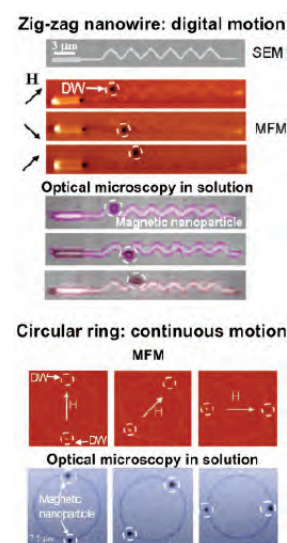
Aunque este tipo de tecnología nanomagnética ha superado limitaciones que hace una década se consideraban importantes, en los próximos años habrá que aplicar cambios radicales en la nanotecnología utilizada, como los substratos de disco preestructurados a nanoescala o la integración de la nano-óptica en la grabación asistida térmicamente. Estos avances colocarán a la tecnología nanomagnética en un nuevo régimen de temperaturas, velocidades y tamaños *nano* que aún se comprende poco y apenas se ha explorado. Así, las trayectorias que previsiblemente tomará la tecnología brindarán muchas nuevas oportunidades para el estudio científico del nanomagnetismo.

Otra área que ya está ejerciendo su impacto tecnológico es el campo de la memoria de estado sólido basada en el magnetismo, como la memoria magnética de acceso aleatorio (MRAM). Aunque esta tecnología específica lleva investigándose durante al menos dos décadas, los progresos han sido bastante lentos y sólo ha tenido su impacto en circuitos especializados. El motivo del escaso éxito ha sido su poca escalabilidad debido al uso de campos magnéticos inducidos por corriente, lo que provoca un importante acoplamiento entre elementos de almacenamiento individuales. En los últimos años se ha recuperado el interés por este campo tras el descubrimiento y utilización del par torsor de transferencia de espín, que es un mecanismo de escritura de corriente continua que podría permitir unos tamaños de células de almacenamiento muy pequeños, si

realmente pudiera ser controlado a escala industrial. Además, el efecto del par torsor de espín puede permitir la aparición de nuevos dispositivos como el concepto de almacenamiento tridimensional basado en el nanomagnetismo y que IBM ha bautizado como memoria *racetrack*. Aquí, los bits se almacenan en forma de secuencia de paredes de dominio que entran y salen de forma sincronizada de la dimensión de profundidad de un chip mediante el efecto de par torsor de espín inducido por corriente.

Además de estas aplicaciones más convencionales, en los últimos años están surgiendo nuevas áreas de utilización, siendo los campos de las aplicaciones biotecnológicas y médicas especialmente prometedores. Por ejemplo, las soluciones que contienen nanopartículas magnéticas están siendo sometidas actualmente a ensayos clínicos para inducir la hipertermia en tejidos tumorales mediante pérdidas de histéresis inducida por el campo magnético, lo cual constituiría la base de futuros tratamientos contra el cáncer eficientes y poco invasivos. Otro aspecto que convierte a las nanopartículas magnéticas en elementos interesantes para aplicaciones médicas y farmacéuticas es la capacidad para poder colocarlas y detectarlas a distancia, lo que puede servir para fines terapéuticos o de detección si se combina con la biofuncionalidad apropiada. En la imagen adjunta, se muestra un ejemplo en el que las partículas magnéticas se mueven y colocan con precisión nanométrica mediante un campo magnético de baja

intensidad y a distancia que genera movimientos de pared de dominio (DW) predefinidos con precisión en una estructura de conducto de DW. Aunque este campo del nanomagnetismo aún está dando sus primeros pasos, está ya demostrando su enorme potencial como ejemplo de sinergia de la nanofísica, la nanotecnología y la nanobiología.



→ Arriba: Imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM) de una estructura de cable en zigzag empleada para implementar un motor de pared de dominio (DW) magnético controlable paso a paso. La secuencia de imágenes de microscopía de fuerza magnética (MFM) muestra la inyección y propagación de una DW bajo la acción de un campo magnético externo H , mientras que la secuencia de imágenes de microscopía óptica muestra el movimiento de una nanopartícula tras el desplazamiento de la DW.

Panel inferior: Imágenes de MFM y microscopía óptica de un anillo magnético circular. Aquí, el movimiento continuo de dos DW y las nanopartículas adheridas puede lograrse bajo la acción de un campo rotatorio H .

Ciencia y Tecnología basados en nanomateriales de carbono: desafíos y perspectivas

El descubrimiento de los nanotubos de carbono hace dos décadas, y el más reciente descubrimiento del grafeno en 2004, han instigado una frenética actividad científica y una gran expectación a nivel tecnológico. El grafeno es una estructura laminar plana de átomos de carbono empaquetados en una red cristalina en forma de panal de abeja mediante enlaces sp^2 , mientras los nanotubos se pueden ver como resultante de una banda de grafeno enrollada que forma un cilindro cuyo diámetro puede llegar a ser de 1 nanómetro (10^{-9} m). A nivel electrónico, nanotubos y grafeno han desvelado unas propiedades espectaculares como la altísima movilidad de portadores superiores a las de otros tipos de material semiconductor (i.e. silicio), y su bajísima resistividad eléctrica.

Asimismo, estos materiales parecen tener propiedades idóneas para ser utilizados como componentes (tipo canal en transistores de efecto de campo (FET)) en circuitos integrados. La dificultad de utilizar nanotubos proviene del desafío que representa una integración masiva (de millones de nanotubos) en *wafers*, sustrato de uso común en microelectrónica, mientras el grafeno abre nuevas perspectivas si se consigue optimizar el proceso de crecimiento epitaxial o via métodos catalíticos. Los investigadores están buscando métodos como la transferencia de hojas de grafeno desde el grafito (exfoliación) o el crecimiento epitaxial (como la grafitización térmica de la superficie del carburo de silicio). Más allá de la integración del material, está el diseño de dispositivos cuánticos con propiedades iguales o superiores a los componentes basados en silicio.

Recientemente, un estudio de simulación cuántica ha abierto nuevas perspectivas para beneficiarse de las propiedades electrónicas propias del grafeno, resolviendo al mismo tiempo las limitaciones de las tecnologías de integración CMOS actuales, y así potenciar el uso de estos materiales para la nanoelectrónica. Se demostró que si se usa grafeno dopado químicamente, se puede generar un *gap* de movilidad de hasta 1 electronvoltio debido a los efectos de retrodifusión inherentes al grafeno con impurezas. Este *gap* permite usar *nanoribbons* (bandas de grafeno) de anchura por encima de 10 nanómetros, pero con un fuerte control del nivel de corriente electrones/huecos cruzando el canal de dispositivo. Esta pre-

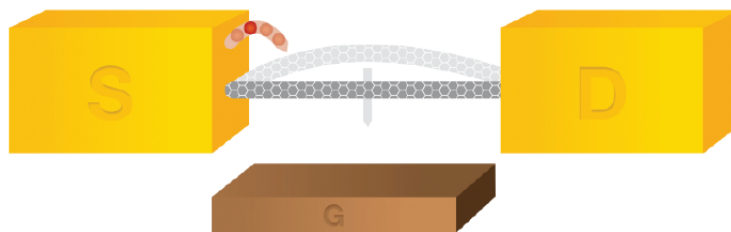
dicción teórica todavía no se ha confirmado experimentalmente, pero proporciona un ejemplo de la necesaria sinergia que hay que establecer entre químicos, físicos experimentales y teóricos para desbloquear un «cuello de botella» tecnológico como éste.

Una atrayente problemática científica reside en la exploración y el control del acoplamiento entre grados de libertad vibracionales y electrónicos de un sistema nanométrico. Ello permite imaginarse el diseño de sensores de última generación detectando la presencia de pocas moléculas, midiendo su masa, su estado de carga o el cambio de su estado de espín. La nanoelectromecánica cuántica es un campo en plena expansión, y el uso de nanotubos de carbono o grafeno promete grandes avances. El grupo Quantum Nanoelectronics del CIN2 ha podido llevar a cabo un estudio de las oscilaciones mecánicas de nanotubos de carbono suspendidos, funcionando también en régimen de transistor de un electrón. El acoplamiento entre grados de libertad mecánicos y de carga se ha demostrado muy intenso y maneja-

ble, hasta llevar las oscilaciones hacia un régimen no lineal.

Un reto actual para experimentales y teóricos está en el control de los modos de deformaciones de objetos mesoscópicos (un nanotubo o un plano de grafeno) en un régimen cuántico, basándose en el acoplamiento entre vibraciones del oscilador y la transferencia de cargas a través de éste. Se podría imaginar, por ejemplo, sondear los estados cuánticos de muy baja energía de tal oscilador, transfiriendo una parte de su energía a un sistema de electrones.

La figura presenta una ilustración del experimento relacionado. Un nanotubo suspendido entre dos electrodos (aunque en situación de equilibrio) vibra con cierta frecuencia. Se podría imaginar recuperar energía del oscilador, mediante electrones transferidos desde los electrodos, hasta bajar su energía a su nivel cuántico fundamental. Este proceso de «enfriamiento» del oscilador ha sido propuesto teóricamente y, cuando sea demostrado experimentalmente, abrirá un nuevo campo de investigación para la física cuántica.



→ Nanodispositivo a base de nanotubo de carbono (tipo transistor efecto campo). La acción de un potencial electrostático aplicado en la puerta (G) induce deformaciones del nanotubo y cambios en las características de conductancia del dispositivo. También, puede haber una retroacción de la carga incorporada en el tubo sobre la energía del modo de oscilación.

El gran hermano molecular: observando la sociedad de las moléculas

Millones de años de evolución han enseñado a la materia viva a organizar su propia estructura molecular, de manera óptima, para llevar a cabo funciones como la conversión y almacenamiento de energía solar, la replicación y almacenamiento de información, la reparación molecular, etc. Todas estas funcionalidades son realizadas por diminutas piezas de maquinaria llamadas nanoestructuras moleculares: pequeños grupos de moléculas con una estructura tridimensional dada. La manera precisa en la que las moléculas se disponen en la sociedad molecular determina la funcionalidad de la nanoestructura.

Con el fin de mejorar nuestra capacidad para diseñar nanoestructuras moleculares funcionales hemos de entender cuantitativamente la manera en la que las entidades biológicas construyen sus dispositivos moleculares. El método de fabricación favorito de la materia viva es muy sutil, misterioso e interesante: el autoensamblaje. Cuando un conjunto de moléculas, que incluso pueden tener diferente naturaleza química, se reúnen en una región del espacio en un cierto rango de temperaturas, entonces las moléculas pueden interactuar entre sí de alguna manera específica, dando lugar a la formación de nanoestructuras moleculares de formas y tamaños definidos. Por ejemplo, si se descompone la cápside de un virus en sus proteínas constituyentes, posteriormente se coloca a estas proteínas en las condiciones adecuadas (temperatura, concentración, pH) y se espera pacientemente un corto periodo de tiempo, la cápside del virus se formará de nuevo, indistinguible de aquella con la que se comenzó.

En palabras de Jean-Marie Lehn, premio Nobel en Química en 1987 y uno de los padres de la Química Supramolecular, el estudio de los procesos de autoensamblaje es algo parecido a estudiar la sociología de las moléculas. Las moléculas, como las personas, tienen sus propios gustos y preferencias, y su propia manera de interactuar con otras. La mejor manera, por tanto, de entender cómo las diferentes interacciones determinan la estructura de la sociedad molecular resultante es, por tanto,

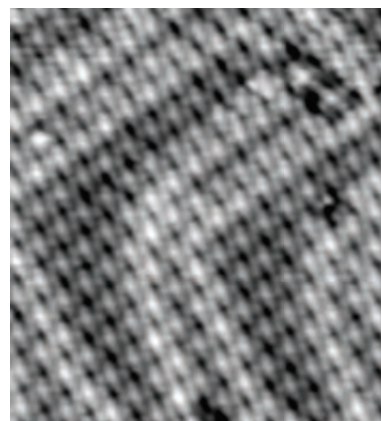
poner unas cuantas de ellas en una región dada del espacio, elegir el rango correcto de temperaturas y finalmente observar cómo las moléculas van y vienen, hacen amigos y se organizan en sociedades cada vez más complejas: es decir, debemos organizar algo así como un Gran Hermano molecular teniendo como protagonistas moléculas individuales.

Para realizar nuestros experimentos de Gran Hermano molecular necesitamos ser capaces de seguir su movimiento y ensamblaje a diferentes temperaturas. Para ello contamos con un Microscopio Túnel de Barrido Rápido, operativo en un amplio rango de temperaturas entre los 100 y los 400 K, y funcionando en condiciones de Ultra-Alto Vacío ($\leq 10^{-10}$ mbar), indispensables a fin de asegurarnos las condiciones de limpieza extrema necesarias para estudiar la posición y el movimiento de moléculas individuales. Este tipo de microscopio nos permite obtener de manera rutinaria imágenes con resolución atómica de superficies sólidas cristalinas y conductoras. Dichas superficies se acondicionan para recibir a las moléculas mediante ciclos de bombardeo y calentamiento, y posteriormente las moléculas son depositadas sobre la superficie mediante técnicas de epitaxia de haces moleculares orgánicos.

Los resultados obtenidos con este tipo de experimentos permiten el diseño, a voluntad, de nanoestructuras moleculares soportadas en sustratos sólidos. Así, en el laboratorio de Superficies de la Uni-

versidad Autónoma de Madrid (LASUAM) e IMDEA-Nano estamos intentando contribuir al diseño y fabricación de nanoestructuras moleculares funcionales. En particular, hemos llevado a cabo varios trabajos que nos han permitido nanoestructurar mezclas de aceptores y donores orgánicos en tamaños nanométricos, algo con gran importancia potencial en el desarrollo de células solares orgánicas.

Según nuestro conocimiento de las interacciones entre moléculas individuales vaya siendo más preciso, nos acercaremos al sueño de Feynman de colocar objetos donde queramos con precisión atómica. El método de autoensamblaje, además, presenta la gran ventaja de ser paralelo, es decir, no requiere que las nanoestructuras sean manufacturadas de una en una. El límite para la fabricación de nanoestructuras moleculares mediante técnicas de autoensamblaje está sólo en nuestra imaginación.



→ Imagen de STM ($17,5 \times 17,5 \text{ nm}^2$) de ftalocianinas de hierro autoensambladas sobre una superficie de Au (111)

La Nanomedicina: nuevas tecnologías aplicadas al diagnóstico y la terapia

Desde que Nikolai Kondratieff publicó su teoría de ciclos económicos «*long waves*» en el año de 1926, cuando aún estaba vigente el ciclo de las industrias químicas y de la electricidad, se han sucedido dos ciclos más que podemos asignar al automóvil y a la electrónica y las tecnologías de la información y de las comunicaciones. La nanotecnología es una firme candidata según diferentes expertos para iniciar un sexto ciclo Kondratieff, posiblemente en combinación con la biotecnología. El hecho de que se señale a la nanotecnología como serio aspirante a liderar este ciclo se debe a que las potenciales aplicaciones de la nanotecnología se encuentran en todos los sectores. En este sentido las diferentes aproximaciones y desarrollos que se están estableciendo en subáreas de la nanotecnología como nanomateriales, nanoelectrónica, nanobiotecnología y nanomedicina, o nanoherramientas o nanodispositivos, presentan niveles de desarrollo distintos.

La Nanomedicina es un ámbito de investigación científico y tecnológico interdisciplinario que pretende, mediante el desarrollo y la aplicación de la nanotecnología, mejorar el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones traumáticas, así como preservar y mejorar la salud y calidad de vida. Para ello, la Nanomedicina pretende mejorar el conocimiento y comprensión del cuerpo humano a nivel molecular con el fin de poder analizar, supervisar, controlar, reparar, reconstruir y mejorar cualquier sistema biológico humano. Asimismo, parte de estos descubrimientos tendrán también influencia en ámbitos de la biotecnología como la industria agrícola y de la alimentación.

Desde el punto de vista de la aplicación, la Nanomedicina en estos momentos se focaliza en tres grandes ejes transversales con independencia de las patologías: mejora del diagnóstico tanto in vivo como in vitro, desarrollo de nuevos sistemas más efectivos de suministro y dosificación de fármacos y desarrollo de tecnologías para la ingeniería tisular y la medicina regenerativa.

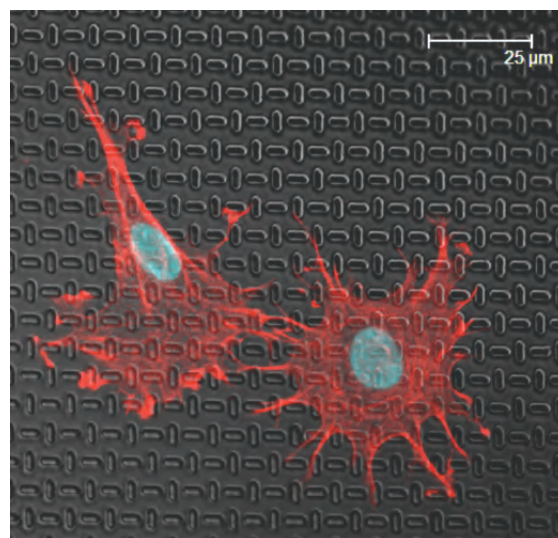
La Nanomedicina constituye un paradigma de investigación translacional, ya que requiere la investigación fundamental proveniente de la Química, Física o Biología, la investigación aplicada de Ciencia y Tecnología de Materiales, Farmacología, Bioelectrónica e Ingeniería Biomédica y la Investigación Médica Clínica.

Este hecho implica necesidades de formación nuevas dirigidas no sólo a estudiantes, investigadores o profesiones del sector sanitario, sino también al público en general, para que pueda tener un conocimiento suficiente tanto de las perspectivas como de las limitaciones o de los riesgos asumibles que en este momento tienen las diferentes líneas de investigación que se incluyen en la nanomedicina.

Es obvio que la nanomedicina está aún en una fase embrionaria, donde prima la tarea de investigación básica y orientada. Es en los próximos 10-15 años cuando los resultados de esta investigación deben de fructificar en aplicaciones que permitan su inclusión en el sistema asistencial, tanto en la prevención y diagnóstico como en la terapia. Como sector innovador de alto nivel tecnológico, las cuantiosas inversiones necesarias para desarrollar estos productos basados en la nanotecnología requerirán encontrar aplicaciones donde el beneficio de su utilización sea substancial y permita afrontar problemáticas asistenciales que hasta el momento no se han podido abordar, ya sea por cuestiones científicas

(mejora de las prestaciones) o económicas (disminución de costes).

Los próximos años serán claves para el desarrollo de aquellas prácticas médicas, incluyendo la prevención, el diagnóstico y la terapia, que requieren tecnologías basadas en interacciones entre el cuerpo humano y materiales, estructuras o dispositivos cuyas propiedades se definen a escala nanométrica. España puede tener un papel relevante en esta evolución de la Nanomedicina, al contar con centros de investigación punteros, un sector industrial farmacéutico y biotecnológico interesado en incorporar nuevas tecnologías y un sistema asistencial basado en una red de hospitales con una investigación básica y clínica de nivel internacional.



→ Células humanas sobre un sustrato de polímero micro-nanoestructurado, para estudiar las interacciones a nivel molecular.

Estructuras, dispositivos y sistemas nanoelectromecánicos (NEMS)

Los recientes avances en tecnologías de estructuración de materiales han permitido alcanzar un elevado control en la fabricación a escala nanométrica de estructuras y dispositivos mecánicos. Una estructura nanomecánica es aquella que puede realizar un determinado movimiento (oscilación periódica, deflexión, deformación) de manera que las propiedades esenciales de tal movimiento se deben a que al menos una de las dimensiones características de la estructura se encuentra en la escala nanométrica (1-100 nm). Las propiedades nanomecánicas más básicas de cualquier nanoestructura son las relativas a su elasticidad (rigidez, plasticidad, etc.) y resonancia mecánica (frecuencia de resonancia, factor de calidad, etc.).

Un dispositivo o sistema nanoelectromecánico (NEMS, Nanoelectromechanical Systems) es aquel que mediante la conversión del movimiento de una estructura nanomecánica en una señal eléctrica aprovecha las propiedades nanomecánicas de la estructura para el desarrollo de una determinada funcionalidad como, por ejemplo, la medida de magnitudes físicas, la detección de partículas o el procesamiento de señales. La fabricación de NEMS a escala cada vez menor es un campo de gran interés en nanotecnología, pues ello puede permitir el desarrollo de dispositivos con nuevas funcionalidades que se aproximen a los límites de la mecánica clásica.

La estructura mecánica más sencilla de fabricar mediante técnicas litográficas (aproximación *top-down*) es un fleje. Su utilización más extendida la encontramos en el campo de la microscopía de fuerzas atómicas, donde se utilizan como transductores de la fuerza detectada por una punta muy afilada integrada en el fleje. Igualmente sencillo de realizar es un puente, es decir, un fleje anclado por los dos extremos, que presenta una rigidez y frecuencia de resonancia mayores.

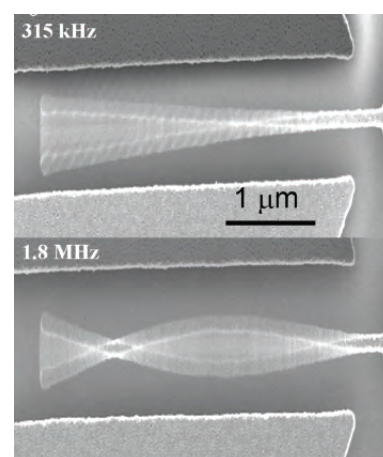
La utilización práctica de estructuras (nano) mecánicas requiere de métodos eficientes de transducción de su movimiento en una señal eléctrica. El método más sensible es la detección óptica, en el cual se hace incidir un haz de luz láser sobre la estructura y se detecta el cambio en el ángulo de incidencia, o el cambio del patrón

interferométrico. La detección óptica tiene límites en cuanto a capacidad de integración y para su utilización en estructuras especialmente pequeñas. La alternativa la constituye la detección eléctrica, que puede ser capacitiva, magnetomotriz, piezoresistiva o piezoeléctrica.

Los dispositivos basados en flejes y puentes basan su funcionamiento en modos de vibración flexurales. Un concepto distinto son los resonadores nanomecánicos basados en modos acústicos, como los resonadores de radiofrecuencia constituidos por discos en los cuales la vibración es radial, o los basados en oscilaciones en el espesor de membranas piezoeléctricas. Estos dispositivos alcanzan frecuencias de resonancia extremadamente altas (en el rango de GHz) y la transducción de tales vibraciones se basa en la detección capacitiva.

Los métodos de fabricación *bottom-up*, en los que las estructuras nanomecánicas se ensamblan a partir de procesos de síntesis, representan una alternativa de creciente interés para el desarrollo de NEMS. Los nanotubos de carbono y los nanohilos de Si son ejemplos paradigmáticos de nanoestructuras *bottom-up*. Estas nanoestructuras no solo tienen dimensiones muy inferiores a los límites de resolución habituales en métodos *top-down*, sino que además presentan unas características estructurales únicas, que les confieren unas propiedades electromecánicas excepcionales.

La síntesis de nanohilos de Si mediante el mecanismo vapor-liquido-sólido (VLS) es uno de los métodos de crecimiento de nanohilos más interesantes para NEMS. El diámetro de los nanohilos va desde los centenares a unos pocos nanómetros, y su longitud puede ser arbitrariamente larga. Su interés para NEMS radica en dos aspectos: en primer lugar, en su reducida masa, elevada rigidez y calidad estructural, así como su extraordinario comportamiento piezoresistivo (gran cambio de su resistividad bajo la aplicación de tensión mecánica); por otra parte, la síntesis por VLS se puede combinar con métodos de fabricación *top-down* para proporcionar un control muy preciso de estas propiedades y para habilitar la fabricación a gran escala.



→ Imágenes de microscopía electrónica de un fleje nanomecánico de silicio excitado electrostáticamente en el primer modo de resonancia (imagen superior) y en el segundo modo de resonancia (imagen inferior). Zachary Davis

Guía de recursos

ORGANISMOS DE GESTIÓN:

- Portal del Año Europeo de la Creatividad y la Innovación en España
www.aecinn.es
- Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN)
www.micinn.es
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC)
www.mityc.es
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)
www.fecyt.es
- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
www.cdti.es
- Sociedad Estatal para el Desarrollo del Diseño y la Innovación (DDI)
www.ddi.es
- Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM)
www.oepm.es
- Plan Nacional de I+D+I 2008-2011
www.plannacionalidi.es

ORGANISMOS DE I+D+i:

- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
www.csic.es
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
www.ciemat.es
- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)
www.cener.es
- Fundación Ciudad de la Energía
www.ciuden.es
- RED.es
www.red.es

ORGANIZACIONES EMPRESARIALES:

- Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT)
www.fedit.com
- Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE)
www.apte.org
- Asociación Nacional de CEEI Españoles (ANCES)
www.ances.com

OTRAS ORGANIZACIONES ESPECIALIZADAS:

- Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI)
www.opti.es
- Red de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (RedOTRI)
www.redotriuniversidades.net
- Fundación para la Innovación Tecnológica (COTEC)
www.cotec.es
- Fundación Phantoms
www.phantomsnet.net
- Red Española de Nanotecnología (NanoSpain)
www.nanospain.org

- Plataforma Española de Nanomedicina
www.nanomedspain.net
- Plataforma Tecnológica Española de Nanoelectrónica e Integración de Sistemas Inteligentes (Génesis)
www.genesisred.net
- Foro de la Innovación
www.foroinnovacion.org
- Club de Innovación
www.clubdeinnovacion.es

ORGANIZACIONES EUROPEAS:

- Portal del Año Europeo de la Creatividad y la Innovación
create2009.europa.eu
- Agencia Ejecutiva de Investigación (REA)
ec.europa.eu/research/rea
- Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT)
eit.europa.eu
- Oficina Europea de Patentes (EPO)
www.epo.org
- Portal de Nanotecnología de la Comisión Europea
cordis.europa.eu/nanotechnology
- Portal Europeo de Nanotecnología (Nanoforum)
www.nanoforum.org
- Plataforma Tecnológica Europea de Nanoelectrónica (ENIAC)
www.eniac.eu
- Plataforma Tecnológica Europea de Nanomedicina (Nanomedicine)
www.etp-nanomedicine.eu
- Plataforma Tecnológica Europea para la Energía Nuclear Sostenible (SNETP)
www.snetp.eu
- Plataforma Tecnológica Europea para el Software y los Servicios (NESSI)
www.nessi-europe.com
- Red Europea de Centros de Innovación y Negocios (EBN)
www.ebn.be
- Asociación Europea de Organizaciones de Investigación y Tecnología (EARTO)
www.earto.eu

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES:

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)
www.unesco.org
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)
www.wipo.int
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)
www.ocde.org
- Federación Internacional de Asociaciones de Inventores (IFIA)
www.invention-ifia.ch
- Foro Internacional de la Generación IV (GIF)
www.gen-4.org



NUEVAS LEYES PARA LOS COLEGIOS PROFESIONALES

El Gobierno de España ha puesto en marcha a lo largo del año 2009 una reforma de los colegios profesionales motivada por la transposición de la Directiva Europea de servicios (conocida como «directiva Bolkestein»). Con la aprobación de cuatro nuevas normativas se pretende modernizar una parte muy importante dentro del sector servicios que supone el 30% del empleo entre los titulados universitarios.

El primer paso ha sido la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, conocida como «ley paraguas», aprobada el 29 de octubre por las Cortes Generales. Una ley complementaria, conocida como «ley ómnibus», modificará decenas de otras leyes existentes que son incompatibles con la ley paraguas (la ley ómnibus se encontraba en la última fase de tramitación parlamentaria al cierre de esta publicación).

En ambos casos, desde el Colegio Oficial de Físicos (COFIS) se han formulado enmiendas de forma conjunta con el resto de colegios profesionales, a

través de la Unión Profesional, para corregir aspectos importantes que amenazaban a la esencia de los colegios profesionales.

Una vez aprobada la ley ómnibus está prevista la elaboración de una nueva ley sobre colegiación (la Ley de servicios profesionales) que definirá, entre otros aspectos, qué profesiones mantienen un control universal de sus profesionales ejercientes (a través de la colegiación) y cuáles no; así como un Real Decreto sobre el visado que determinará qué visados son obligatorios y cuáles dependerán de la voluntad del cliente. ⇒

NUEVA GERENTE DEL COFIS

El pasado mes de abril se incorporó al Colegio Oficial de Físicos como nueva gerente M.^a Luz Tejeda Arroyo.

Licenciada en Ciencias Físicas, Tejeda asume la gestión del COFIS tras diez años en el ámbito empresarial, habiendo sido responsable del desarrollo de planes de *marketing* en la

multinacional del sector tecnológico Lenovo. La nueva gerente ha sido colaboradora habitual en las actividades del COFIS, de cuya Junta de Gobierno es asimismo vocal.



Cátedra de divulgación «José M.^a Savirón»

(página 49)



Tres «maestros de la luz» reciben el premio Nobel de Física 2009

(página 50)



Inauguración del Gran Telescopio CANARIAS

(página 51)



La creatividad y la innovación a examen

(página 53)

(viene de la página 47) ⇔



Algunas de las obligaciones de los colegios profesionales en este nuevo marco serán: la implantación de una «ventanilla única» para información y tramitaciones telemáticas, la cooperación administrativa o el servicio de atención a los ciudadanos, así como la elaboración de códigos de conducta (deontología profesional). Se pretende que los colegios sean garantía de legalidad para los consumidores y usuarios, y que sean de utilidad para la resolución extrajudicial de conflictos,

entre otros aspectos.

El espíritu de esta compleja reforma es la internacionalización y liberalización de nuestra economía. El Colegio de Físicos está representado en los grupos de trabajo convocados por la Administración, desde el convencimiento de que el nuevo marco puede favorecer el desarrollo de nuestra profesión hasta alcanzar niveles semejantes a los de nuestros colegas europeos más avanzados.

Relaciones institucionales

El Colegio de Físicos mantiene acuerdos de colaboración con otras entidades y empresas con el fin de obtener ventajas para los colegiados y promover la figura del Físico en sectores de interés.

Este año se han firmado nuevos convenios con la Asociación para el Progreso de la Dirección (APD), la escuela de negocios ESADE o el Grupo IMF de formación a distancia. Se han renovado también convenios con Red Eléctrica de España (REE), la Universidad de Sevilla o la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco.

GESTIONES DEL COFIS EN EL ÁMBITO PROFESIONAL

En el Colegio Oficial de Físicos (COFIS) creemos que el desarrollo profesional del Físico en nuestro país es adecuado en lo que a empleo por cuenta ajena se refiere. Las capacidades de los físicos son, en general, bien valoradas por entidades públicas y privadas, lo que está permitiendo una buena inserción laboral de los recién titulados y oportunidades de desarrollo profesional a los físicos con experiencia.

El Colegio debe velar para que se mantenga y mejore esta situación pero, además, se necesitaría alcanzar una situación similar cuando el Físico emprende sus propios negocios y ejerce de forma independiente. Esto último pasa por el reconocimiento de las capacidades del Físico como Técnico o Tecnólogo para diseñar y ejecutar, por cuenta propia, aplicaciones de las tecnologías físicas (electricidad y magnetismo, electrónica, termodinámica, acústica, etc.), de forma similar a como se nos valora cuando realizamos esas mismas actividades en el seno de entidades públicas y privadas.

En este sentido, desde el Colegio se realizan continuamente acciones de promoción de la profesión del Físico.

Muchas de ellas se ponen en marcha por iniciativa de colegiados individuales o grupos de físicos que solicitan el apoyo del Colegio en aspectos que afectan a su actividad. En otros casos consisten en la participación en actividades y procedimientos de universidades, administraciones públicas y otras entidades.

Durante el último año se vienen realizando pronunciamientos relativos a temas muy diversos entre los que cabe destacar los siguientes:

- alegaciones a reglamentos autonómicos sobre contaminación acústica y lumínica
- competencia de los Físicos en el ámbito de la industria de explosivos

- defensa de las asignaturas de Física en las titulaciones universitarias de Ciencias de la Salud
- competencia del Físico en el ámbito de las instalaciones eléctricas
- reconocimientos de las cualificaciones sanitarias internacionales (como Radiofísica Hospitalaria)
- sugerencias a cuestiones técnicas planteadas por diversos organismos y entidades (por ejemplo, por el Consejo de Seguridad Nuclear)

La colaboración de los colegiados es fundamental para disponer de información de la situación de los Físicos en cada sector y/o comunidad autónoma y para proponer acciones que redunden en un beneficio para todos los físicos en general.



DIVULGACIÓN Y COMUNICACIÓN DESDE LA FÍSICA

Durante 2009 el COFIS ha convocado distintas actividades divulgativas dirigidas a públicos muy diversos. El *Curso de Formación del Profesorado en el Área de la Meteorología*, en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología, tuvo lugar durante dos fines de semana del mes de marzo en Madrid. Entre los meses de enero y mayo, con la Universidad de Sevilla, se desarrolló también el curso *Tecnología, gestión hospitalaria: Física y salud*.

Asimismo, el Colegio de Físicos ha colaborado con otras organizaciones colegiales y empresariales en la realización de jornadas y conferencias de actualidad. Entre ellas, el ciclo *La Tierra: víctima y agente* tuvo lugar en Madrid el 28 de abril, con ocasión del Día de la Tierra, y entre el 1 y el 3 de junio se celebraron las *II Jornadas de Residuos Industriales*. El Colegio estuvo también presente en el mes de julio en Jaca (Huesca) en el *Campus de profundización científica para estudiantes de Educación Secundaria*, con sendas charlas sobre *El mix energético*.

En octubre el COFIS ha colaborado en

el ciclo *Cambio climático y energía en La Pedrera de Caixa Catalunya*. *Propuestas para después de Kioto* y en noviembre se han celebrado las *V Jornadas de la Enseñanza de la Física y la Química* en Alcobendas (Madrid), en cuyo Comité Científico participa.

En diciembre, el Colegio de Físicos ha organizado un ciclo propio de mesas redondas en Zaragoza, Madrid y Bilbao sobre Creatividad e Innovación. Claves para nuestro futuro, reuniendo a ponentes de la industria, la administración y la universidad para reflexionar en voz alta en torno al lema *El arte de que el mañana sea diferente*.



CÁTEDRA DE DIVULGACIÓN «JOSÉ MARÍA SAVIRÓN»

Este año se ha constituido en Zaragoza con el apoyo del COFIS la Cátedra José M.^a Savirón de Divulgación Científica. Esta nueva cátedra nace de un convenio de colaboración entre la Universidad de Zaragoza, el Ayuntamiento y el Gobierno de Aragón con el objetivo de divulgar y transmitir el conocimiento científico a la sociedad, en especial a la aragonesa.

Se recuerda así la labor divulgadora de José María Savirón (1937-2001), quien fue catedrático de Mecánica de Fluidos en la Facultad de Ciencias de dicha universidad y presidente de la Real Sociedad Española de Física. El Premio de Divulgación Científica que lleva su nombre reconoce las iniciativas para acercar la cultura científica y tecnológica a la sociedad, y su quinta edición se fallará en enero de 2010.

ORIENTACIÓN PARA EL EMPLEO

Junto a la divulgación hacia la sociedad del papel de la Física, el Colegio de Físicos dedica buena parte de sus esfuerzos a la información y orientación a estudiantes y físicos en las distintas fases de su trayectoria profesional. Para ello, a través de su servicio de Agencia de Colocación ofrece una labor personalizada de apoyo a la búsqueda y mejora de empleo de los colegiados.

Pensando en los futuros físicos, el

COFIS ha acudido este año también a impartir charlas de presentación a las facultades de Salamanca y de la Universidad Autónoma de Madrid. Además ha estado presente en la Feria Europea de Empleo de La Coruña y en el Foro UAMempleado y el Foro de Ingeniería, Energías Renovables y Eficiencia Energética (Fingerplus) en Madrid, en cuya organización se ha colaborado formando parte del Comité Asesor y de los ponentes de sus jornadas técnicas.



→ Charles Kao (abajo) en ITT en el Reino Unido, en los años sesenta [Universidad China de Hong Kong]. Willard Boyle y George Smith (derecha) en los Laboratorios Bell, en 1974 [Alcatel-Lucent/Bell Labs].



TRES «MAESTROS DE LA LUZ» RECIBEN EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2009

El Nobel de este año se ha otorgado a tres investigadores que han contribuido decisivamente a «domesticar» la luz como soporte de información, en beneficio de la ciencia y de toda la sociedad.

La mitad del premio se ha concedido al ingeniero eléctrico Charles K. Kao «por los revolucionarios logros sobre la transmisión de luz en fibras para la comunicación óptica». Kao, originario de China, desarrolló su innovador trabajo en el Reino Unido, EE. UU. y Hong Kong desde los años sesenta, demostrando la influencia de la pureza del vidrio para la radical mejora de las imperfectas fibras de la época, lo que

ha conducido a las comunicaciones simultáneas y casi instantáneas de la banda ancha de hoy día.

La otra mitad ha sido concedida conjuntamente a dos físicos, el canadiense Willard Boyle y el estadounidense George Smith, «por la invención de un circuito semiconductor para la toma de imágenes, el sensor CCD» que constituye la base de la imagen digi-

tal. Este sensor se basa en el efecto fotoeléctrico descrito ya a comienzos del siglo pasado por Albert Einstein (y que le supuso, a su vez, el Nobel de Física en 1921). La aplicación de este dispositivo a la fotografía y el vídeo digitales ha supuesto en pocos años una auténtica explosión en las nuevas tecnologías de uso cotidiano.

Más información en: www.nobelprize.org

PREMIO A CIRAC Y A ZOLLER POR SU CONTRIBUCIÓN A LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

El físico español Ignacio Cirac y el también físico austriaco Peter Zoller recibieron el pasado junio el Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento 2008 en la categoría de Ciencias Básicas.

Este premio es un reconocimiento «por su trabajo fundamental en la ciencia de la información cuántica». Ambos son reconocidos profesionales en su ámbito y llevan más de una década investigando desde la Física teórica para abrir nuevas vías experi-

mentales en simulación cuántica y en ingeniería de sistemas con el fin de construir ordenadores y sistemas de comunicación cuánticos. El investigador español manifestó sentirse «especialmente honrado porque el premio reconoce el trabajo de un

campo en pleno auge» y quiso destacar «la importancia de la ciencia básica, de la que surgen las aplicaciones del mañana».

Más información en: www.fbbva.es/TLFU/premios/fronteras

LA FÍSICA EN LOS PREMIOS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN 2009

Desde 2001 el Gobierno de España concede diez Premios Nacionales de Investigación en diferentes áreas científicas, a razón de cinco alternos cada año, con objeto de reconocer el mérito de los investigadores españoles con relevancia internacional. Este año el físico Javier Tejada Palacios ha sido galardonado con el premio Blas Cabrera en Ciencias Físicas, de los Materiales y de la Tierra «por sus des-

cubrimientos en el campo del magnetismo cuántico». Tejada es catedrático de Física del Estado Sólido en la Universidad de Barcelona y descubridor del efecto túnel resonante de espín.

Además, el premio Juan de la Cierva en Transferencia de Tecnología ha sido para Alfonso Miguel Gañán Calvo, doctor Ingeniero Industrial, por su trayectoria profesional en el campo de la

física de fluidos. Finalmente, el químico inorgánico y Doctor en Ciencias Físicas Eugenio Coronado Miralles ha merecido el premio Enrique Moles en Ciencia y Tecnología Químicas por sus resultados en el campo del magnetismo molecular. Los Premios Nacionales están dotados con 100.000 euros y son entregados por el Rey.

Más información en: web.micinn.es

INAUGURACIÓN DEL GRAN TELESCOPIO CANARIAS

En el año 1609 Galileo Galilei apuntó por primera vez al cielo con un telescopio. Con este motivo, a lo largo de 2009 se ha venido celebrando el Año Internacional de la Astronomía. Bajo el lema *El Universo para lo que descubras*, su objetivo principal ha sido motivar a los ciudadanos de todo el mundo a replantearse su lugar en el Cosmos a través de un camino de descubrimientos que se inició hace ya 400 años. Actividades repartidas por todo el globo terráqueo han querido estimular el interés por la Astronomía y la Ciencia en general, mostrando cómo el conocimiento científico contribuye a la sociedad, a la cultura y al desarrollo de la humanidad.

Muestra de la increíble evolución que ha experimentado el telescopio tras cuatro siglos de desarrollo técnico, el 24 de julio pasado se inauguró el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) en el Observatorio del Roque de Los Muchachos, en la isla de La Palma. El acto fue presidido por SS. MM. los Reyes de España junto a la ministra de Ciencia e Innovación así como otras autoridades españolas y de las insti-

tuciones de México y Estados Unidos participantes en el telescopio.

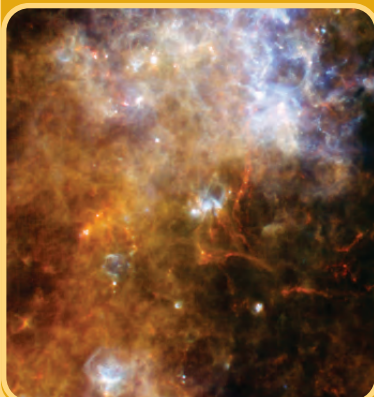
El GTC es el mayor y más avanzado telescopio óptico-infrarrojo del mundo. Posee un espejo primario segmentado con una superficie equivalente a la de un único espejo circular de 10,4 metros de diámetro. Está concebido para dotar a la comunidad científica española de

un instrumento de vanguardia y supone también un paso más en el afán por impulsar el desarrollo tecnológico e industrial en España. En su diseño, construcción y montaje, liderados por el Instituto de Astrofísica de Canarias, han intervenido más de mil personas y un centenar de empresas.

Más información en: www.gtc.iac.es

LANZAMIENTO DE *HERSCHEL* Y *PLANCK*

Los grandes telescopios espaciales han sido también protagonistas durante el Año Internacional de la Astronomía, con la puesta en órbita en mayo pasado por la Agencia Espacial Europea del telescopio del infrarrojo lejano *Herschel* y del cartógrafo de la radiación cósmica de fondo *Planck*. El lanzamiento dual se realizó a bordo de un lanzador Ariane 5 desde el Puerto Espacial Europeo en Kourou (Guayana Francesa) y los satélites siguen ya órbitas independientes en torno al segundo punto lagrangiano del sistema Sol-Tierra.



Herschel, equipado con el mayor telescopio lanzado al espacio, observará una parte del espectro electromagnético prácticamente inexplorada para estudiar el nacimiento de las estrellas y de las galaxias, así como las nubes de polvo y los discos de formación planetaria alrededor de las estrellas. Será la herramienta más efectiva jamás concebida para buscar la presencia de agua en las partes más remotas del Universo.

Planck está diseñado para cartogra-

fiar ínfimas irregularidades en la radiación fósil dejada por la primera luz del Universo, emitida poco después del *big bang*. Tendrá tanta sensibilidad que alcanzará los límites experimentales de lo observable, indagando en los primeros momentos del Universo y estudiando constituyentes como la escura materia oscura y la energía oscura que intrigan a la comunidad científica de todo el mundo.

Más información en: www.esa.int



LAS ENERGÍAS DEL FUTURO EN EL CONAMA 9

España es pionera en el desarrollo y explotación de algunas de las tecnologías que reducen la dependencia de los combustibles fósiles y, además, con gran protagonismo de los físicos. Por ello, el Colegio organizó en el marco del 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente la actividad especial «Energías de futuro» para presentar las últimas investigaciones en energías renovables.

La jornada fue moderada por Cayetano López, director adjunto del CIE-MAT, con un elenco de conferenciantes de alto nivel: Joaquín Sánchez, director del Laboratorio Nacional de Fusión; Diego Martínez, director de la Plataforma Solar de Almería; Eduardo Zarza, responsable de su Unidad de Concentración Solar; y Javier Navarro, director general de Industria del Gobierno de Aragón y vicepresidente de la Fundación Hidrógeno Aragón.

Tanto las presentaciones, informes, currículos y fotografías de esta jornada como las del resto de actividades en las que participaron físicos se encuentran disponibles al público en el Fondo Documental CONAMA 9, una herramienta de referencia para abordar temas clave para el desarrollo de nuestra sociedad como pueden ser la energía y sus impactos o la contaminación atmosférica, acústica o lumínica.

¿ACEPTAS EL RETO?



La Electricidad es cosa de todos.
¿Aceptas el reto?

El Colegio Oficial de Físicos se propone concienciarnos sobre la necesidad de un uso inteligente de la energía. Para ello, en colaboración con Red Eléctrica de España, se ha editado una breve guía donde se exponen algunos de los puntos más importantes para contribuir al ahorro energético y a la reducción de emisiones de CO₂.

Esta nueva publicación divulgativa en forma de desplegable invita al lector a reflexionar sobre cómo sería su vida sin energía eléctrica. Muestra datos significativos sobre el consumo diario y anual medio de cada español y señala cuáles son las pautas que todos podemos seguir para luchar contra el cambio climático.

Se puede descargar en: www.cofis.es

LOS PROYECTOS DE LA FUNDACIÓN CONAMA DURANTE 2009

Aunque el Congreso Nacional del Medio Ambiente es el proyecto que da identidad a la Fundación, con el paso del tiempo se han ido creando nuevas líneas de actuación. En 2009, además de acometer la publicación de los resultados del CONAMA9 en un completo y útil fondo documental y preparar el programa del CONAMA para 2010, la Fundación CONAMA ha convocado en noviembre en Foz de Iguazú (Brasil) la séptima edición del Encuentro Iberoamericano de Medio Ambiente (EIMA), un encuentro que pretende trasladar la filosofía de trabajo de CONAMA al ámbito iberoamericano.

En esta línea, pero enfocado al ámbito local de nuestro país, se consolida el Encuentro Local de Pueblos y Ciudades por la Sostenibilidad. En su tercera edición (Sevilla, del 30 de noviembre al 2 de diciembre) se entrega el segundo premio CONAMA a la sostenibilidad local en pequeños municipios, para reconocer el esfuerzo de las entidades locales de menos población por un desarrollo sostenible.

También continuamos la colaboración con la Fundación Complutense para el desarrollo del programa Cambio Global España 2020/50, esta vez con un informe sobre Ciudades, en el que se une a la colaboración el Observatorio de la Sostenibilidad en España, con la idea de abrir un debate sobre qué hacer en las ciudades ante los retos vinculados al cambio global, estableciendo un análisis-propuesta organizado en torno al estado de la cuestión, los escenarios tendenciales y sostenibles para 2020/50 y las propuestas de acción.

Más información en: www.conama.org

La creatividad y la innovación **a examen**

Alberto Miguel Arruti.

Profesor Emérito de la Universidad CEU San Pablo y vocal de la Junta Directiva del COFIS.

Este año 2009 ha sido declarado por el Parlamento y el Consejo europeos como Año Europeo de la Creatividad y la Innovación. El lema es «Imaginar, Crear, Innovar». Se pretende concienciar sobre la importancia de la creatividad y la innovación en cuanto a elementos fundamentales para el desarrollo económico, sobre todo, y también personal y social. Se trata, según las citadas instituciones europeas de «una forma eficaz de hacer frente a los desafíos a los que se enfrenta Europa, a través de la sensibilización de la opinión pública, la difusión de información sobre buenas prácticas y la promoción de la investigación y el debate político».

En junio de este año fue presentado el «Informe Cotec: Tecnología e Innovación en España, 2009». El presidente de la citada Fundación, Sánchez Asiaín, dijo que «se ha hecho posible que, en los últimos diez años, el sistema español de innovación haya generado, al aire del clima que se iba generando y de los esfuerzos que se hacían, un pequeño pero sólido grupo de empresas que se ha ido forjando en una estrategia que basaba su actividad en la tecnología y la innovación y no en el empleo de mano de obra no cualificada. Esas empresas serían unas once mil. Son la punta de lanza del nuevo modelo de crecimiento a que aspiramos».

El año implica muchas áreas. En primer lugar, la educación y la cultura. Después, todo lo relacionado con políticas empresariales, regionales y de investigación. El Comisario, Jan Figel, ha afirmado que «tanto la creatividad como la capacidad de innovación son cualidades humanas fundamentales. Son inherentes a todos nosotros y hacemos uso de ellas en muchas situaciones y lugares de forma consciente e inconsciente. Con este Año Europeo me gustaría lograr que los ciudadanos de Europa comprendiesen mejor que fomentando las capacidades y cualidades humanas para innovar podemos crear una Europa mejor, ayudando a desarrollar todo su potencial, tanto económico como social».

«Cualquier política de ciencia, desarrollo tecnológico e innovación, debe contar de forma clara con las Universidades», subrayaba en el pasado abril la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia. «Hemos pasado de no tener casi absolutamente nada en este área a lograr una contribución en la producción científica y tecnológica mundial. Sin embargo, el porcentaje de contribuciones científicas españolas y su repercusión internacional no es tan alto como nos gustaría», afirma Juan Mulet, director de Cotec. Y añade: «Si nos compramos con Francia, Reino Unido, Estados Unidos, Alemania o Suecia, podemos comprobar que estamos aún a un nivel muy bajo. Pese a ello el número de investigadores con los que el país cuenta en estos momentos no está mal. Resulta bastante razonable en comparación con la media europea. El problema es que



los relativamente escasos recursos de I+D+I que manejan estos investigadores solo les permite actuar a un nivel muy bajo». «Por ello, cuando se intenta pasar de la ciencia a la aplicación comienzan los problemas. Se requiere más personal auxiliar, adecuado y adelantado, se necesita más gente preparada, ocupada en una labor directa, algo que en España no se hace». En el ámbito de la investigación española se nota la reducida participación del capital privado. «Fomentar la interrelación entre Universidad y sociedad (empresas y Administraciones Públicas) es uno de los retos pendientes de la Universidad española, que tradicionalmente ha cubierto este flanco de manera pobre», ha comentado Miguel Requena, vicerrector de Investigación de la UNED.

La creatividad es una acción individual, pero ella sola es incapaz de desarrollarse. En este sentido se trata de un fenómeno social. Y puede aplicarse lo que ha explicado Lyn Heward, productora del Cirque du Soleil: «Las ideas buenas surgen en cualquier parte, pero tiene que estar involucrado todo el grupo de trabajo para ponerlas en marcha».

La ciencia se ha hecho a base de grandes ideas. Éstas son capaces de un cambio profundo. Pero esas grandes ideas para surgir no solo necesitan una gran personalidad, como Newton, Einstein o Heisenberg, sino una sociedad, un ambiente social, en el que esas ideas puedan desarrollarse y fructificar.



NOTA: precios de venta al público consultados en la Agencia Española del ISBN para la fecha de edición de la revista.

b i b l i o g r a f í a

Alberto Virto Medina



J. M. Sánchez Ron (coord.)

GALILEO GALILEI

Colección Grandes Pensadores, 27
Editorial Planeta-DeAgostini.
Barcelona, 2008
ISBN: 978-84-674-6138-1
384 pág. PVP: 12,90 euros

Libro dedicado a un grande entre los grandes de la Ciencia cuya vida, pensamiento y obra son objeto este año de numerosas conferencias y actividades en todo el mundo.

En junio de 1609, Galileo conoció la existencia de un instrumento que permitía ver los objetos más cercanos y aumentados. Y gracias a su esfuerzo y perseverancia fue mejorando la calidad de estos telescopios. Su primer éxito mediático fue el 21 de agosto del mismo año ante un grupo de personas influyentes en Venecia, que pudieron contemplar las velas de los barcos en la lejanía como si estuvieran ya en el puerto. Y en el otoño Galileo apuntó por las noches al cielo y con sistemática observación descubrió un nuevo «mundo» hasta entonces oculto al ojo humano.

Obra de especial interés en este Año Internacional de la Astronomía y que reproduce además dos capítulos de la magnífica obra de *Galileo Diálogos sobre dos nuevas ciencias*.



Dan Parry

OBJETIVO: LA LUNA

Editorial Planeta. Barcelona, 2009
ISBN: 978-84-08-08688-8
416 pág. PVP: 21 euros

El 21 de julio de 1969, más de 600 millones de personas vieron al primer hombre pisar la superficie de otro planeta y oyeron su célebre frase «un pequeño paso para un hombre, un gran paso para la humanidad». Dan Parry lo narra ofreciendo aspectos muy interesantes y tras entrevistarse con un gran número de protagonistas del viaje lunar, técnicos y los propios astronautas.

Ya desde el prólogo se encuentra uno interesado en el libro, en su forma de explicar la misión espacial y del titánico esfuerzo para que una huella de pie humano aún permanezca en la Luna, situando esta hazaña en el contexto de la Guerra Fría y el deseo de EE. UU. de mostrar su influencia internacional. Un magnífico libro para conocer más sobre la llegada del hombre a la Luna; una de las grandes historias y aventuras de la humanidad. De eso hace ya (o tan solo) cuarenta años.



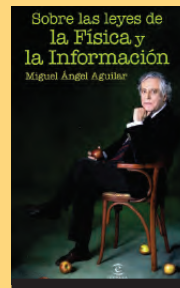
Michio Kaku

FÍSICA DE LO IMPOSIBLE: ¿PODREMOS SER INVISIBLES, VIAJAR EN EL TIEMPO Y TELETRANSPORTARNOS?

ISBN: 978-84-8306-825-0
Editorial Random House Mondadori.
Barcelona, 2009
384 pág. PVP: 20,90 euros

Kaku, uno de los más reconocidos divulgadores científicos estadounidenses y que ocupa la cátedra Semat de Física Teórica en la Universidad de Nueva York, nos sugiere con este libro que la imposibilidad es relativa. Parte de la diferencia entre lo que es físicamente imposible de lo que es sólo un problema de ingeniería, aunque sea muy difícil de resolver.

El prefacio comienza con una cita de Einstein: «Si una idea no parece absurda de entrada, pocas esperanzas hay para ella». Y aunque en su desarrollo profesional se dedique a la teoría de cuerdas, su «pasión» es el estudio de lo que ahora nos parece imposible y que, como el autor demuestra, suele abrir nuevos dominios en la ciencia. La maestría del profesor Kaku nos hace soñar con el verdadero alcance de las leyes físicas.



Miguel Ángel Aguilar

SOBRE LAS LEYES DE LA FÍSICA Y LA INFORMACIÓN

ISBN: 978-84-670-3141-6
Editorial Espasa Calpe. Madrid, 2009
227 pág. PVP: 19,90 euros

Gracias a su faceta de físico y periodista, enfoca el comentario y la crónica política desde una perspectiva diferente a la que podemos estar acostumbrados. Su «invento» del sonómetro aplicado a medir la intensidad y duración de los aplausos en las Cortes franquistas es una buena demostración experimental.

Su declaración «Ningún hecho permanece igual al mismo después de haber sido difundido como noticia» nos recuerda principios rectores de la Mecánica Cuántica. Establece así un paralelismo entre la terminología científica y el lenguaje informativo y establece la existencia de una Física de la Información. Por ello habla de información acelerada, inercia informativa, o de que el periodismo se rige por la Ley de la Gravitación Informativa. Igualmente toda acción periodística (o política) tiene una reacción.

Original, escrito con el buen hacer de un profesional y con la ingeniosidad de un físico en el campo de las palabras.



8 de Septiembre de 2006

Encuentra un evento

Seleccione lugar

Seleccione fecha

Eventos

- Conferencias
- Congresos
- Cursos
- Exposiciones y ferias
- Jornadas
- Postgrados
- Otros
- Internacionales

Noticias

- Noticias destacadas
- Todas las noticias
- Histórico de noticias

Servicios FYS

- Opiniones
- Instituciones
- Expertos
- Proyectos

Acceso Usuario

Login:

Password:

Bienvenido a FyS

Noticias

Noticias del día

La interpretación de la ciencia produce un reduccionismo en la globalización

Una cierta interpretación de la ciencia y la tecnología tiene una consecuencia muy negativa sobre el desarrollo de la globalización. Me refiero al reduccionismo que pretende deducir todos los comportamientos del mundo a partir de los átomos y las partículas elementales.

[+info]

Otras noticias destacadas

- **El lanzamiento del "Atlantis", pendiente de un problema técnico.** [El Mundo - 08/09/2006]
- **Se busca una solución al inminente déficit energético.** [Madrid+d - 08/09/2006]
- **Recientemente se han otorgado en Madrid tres medallas de oro a las matemáticas.** [El País - 08/09/2006]
- **Un modelo aumenta los sistemas planetarios que podrían albergar planetas adecuados para la vida.** [ABC - 08/09/2006]

Eventos

Eventos de

Centro y Consejo d

El CSN... para desc... funciona la

[+info]

Otros eve

- UIMP** Ener... pers... rend... Curs... Sant...
- Pow** Cont... Char... Feria... Zara...
- Univ** Biol... Curs...

Una iniciativa del Colegio Oficial de Físicos



RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

Invertimos en crecimiento sostenible
Integramos la máxima energía renovable en el sistema eléctrico
Hacemos posible la energía eólica



Red Eléctrica ha puesto en marcha el Centro de Control para el Régimen Especial (**CECRE**). Es el primer centro del mundo dedicado a integrar, en cada instante, la máxima cantidad de energía renovable en el sistema eléctrico, en condiciones de seguridad.

El **CECRE** ha recibido el Premio Europeo de Medio Ambiente 2007-08, sección española, concedido por la fundación Entorno-BCSD España, en la categoría "producto para el desarrollo sostenible".

www.ree.es