



fis

Física y sociedad

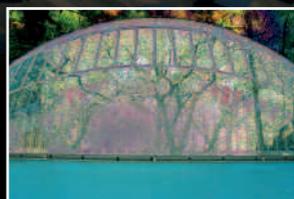
Revista del Colegio Oficial de Físicos



Especial monográfico: **Energías de futuro, predicciones hasta 2030** ➔



Entrevista
Luis Atienza
Presidente REE



Reportaje
Energía
y cambio climático



Entrevista
Alejo Vidal-Quadras
Europarlamentario



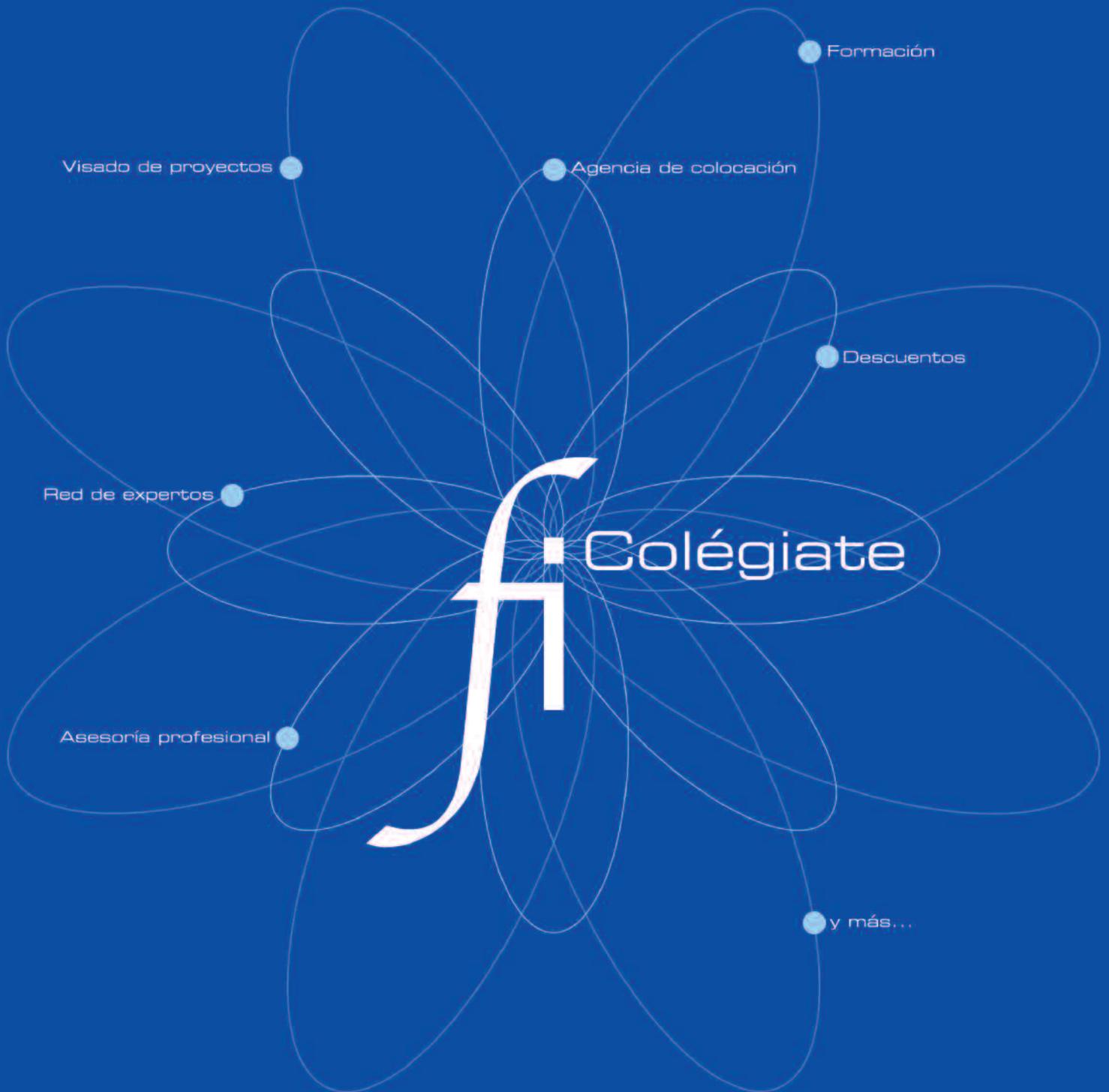
Reportaje
Energías renovables,
energías duraderas



Entrevista
Carlos Alejdre
Director Adjunto ITER



cofis
Colegio Oficial de Físicos



La unión hace la fuerza

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

4	Editorial Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo. Presidente del Colegio Oficial de Físicos
6	Conservación de la energía y simetría Alberto Miguel Arruti. Profesor emérito de la Universidad San Pablo CEU
7	La Agencia Estatal de Meteorología y el cambio climático Ernesto Rodríguez Camino. Director del Área de Modelización y Evaluación del Clima de la AEMET
8	Energía y cambio climático Teresa Ribera Rodríguez. Secretaria de Estado de Cambio Climático
14	Energías renovables, energías duraderas Antonio Ruiz de Elvira Serra. Catedrático del Departamento de Física de la Universidad de Alcalá
18	Entrevista con Alejo Vidal-Quadras Roca Vicepresidente primero del Parlamento Europeo
20	Entrevista con José Manuel Fernández de Labastida y del Olmo Secretario general de Política Científica y Tecnológica
22	Entrevista con Luis Atienza Serna Presidente de Red Eléctrica de España
24	Entrevista con Juan Antonio Rubio Rodríguez Director general del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
26	Entrevista con Carlos Alejandre Losilla Director general adjunto del ITER
28	Entrevista con Francisco Castejón Magaña Portavoz para campañas antinucleares de Ecologistas en Acción
30	Biocombustibles de segunda generación Joaquín Ancín Viguiristi. Director gerente de ACCIONA Biocombustibles
34	El hidrógeno, un vector energético con mucho futuro Luis Correas Usón. Director gerente de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón
44	Las energías del mar José Luis Villate Martínez. Responsable de Energías Marinas de Tecnalia
42	Prospectiva y vigilancia Tecnológica en el CIEMAT Juan Antonio Cabrera Jiménez. Responsable de la Unidad de Prospección y Vigilancia Tecnológica del CIEMAT
43	Guía de recursos
45	actualidad <i>i</i> física
54	Bibliografía

Edición patrocinada por:





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
Carlos Herranz Dorremochea
Cristina Algarra Luján
M^a Ángeles Blanco Díaz
José F. Castejón Mochón
José López-Cózar

Proyecto gráfico
www.rincondelingenio.com

Administración y publicidad
Colegio Oficial de Físicos
C/ Monte Esquinza, 28 - 3^o 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
Roelma Producción Gráfica
C/ Nubes, 11
Pol. Ind. San José de Valderas
28918 Leganés (Madrid)

ISSN. 113-8953
Depósito Legal: M. 44286-1991

Imagen de portada
Plataformas solares de Sanlúcar
la Mayor (Sevilla). Abengoa

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 procedencia y el autor.

La revista Física y Sociedad quiere agradecer a los artistas que, desinteresadamente, han cedido sus fotografías a esta publicación.

El papel utilizado para la impresión de Física y Sociedad tiene la calificación de ecológico, calidad ECF.

Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo
Presidente del Colegio Oficial de Físicos

Actuar con energía

«Uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la Humanidad es el de la preservación del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático. Para ello reducir a niveles sostenibles nuestra dependencia de los combustibles fósiles, especialmente del petróleo, y frenar el amenazador calentamiento global es uno de los mayores retos científicos y tecnológicos actuales». Con estas palabras S.A.R. el Príncipe de Asturias se dirigía a los ganadores del premio de Investigación Científica y Técnica 2008 de la fundación que lleva su nombre.

La crisis financiera que sacude hoy al mundo trae consigo incertidumbres, despierta temores y presenta amenazas. Una de ellas es la de convertirse en obstáculo para la puesta en marcha de las políticas que la situación del medio ambiente reclama con urgencia a escala planetaria, y también en nuestro país. La evidencia de los informes de la comunidad científica internacional o los síntomas que cada día nos muestra el planeta no dejan lugar a dudas sobre la gravedad del reto al que nos enfrentamos. Sin embargo, para la economía la defensa del medio ambiente puede convertirse en una oportunidad, y no un «capricho prescindible» del que olvidarnos en tiempos de crisis.

Precisamente, durante el 9^o Congreso Nacional del Medio Ambiente se ha presentado el informe Cambio global España 2020. «El reto es actuar» es el lema del congreso y del propio informe, que muestra con nitidez la necesidad de asumir políticas más comprometidas con el cambio global y demanda unas instituciones con capacidad y voluntad de liderar este compromiso, así como una sociedad más activa y exigente.

Desde esta perspectiva, cada vez resulta más necesario cambiar el actual modelo energético, basado en el petróleo y los combustibles fósiles, por otro más sostenible a todos los niveles. No sólo por cuestiones ambientales o por solidaridad con los países en vías de desarrollo sino también porque se trata de un patrón de consumo que, lejos de asegurar el suministro de energía, aumenta nuestro grado de dependencia del

«Reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles, especialmente del petróleo, es uno de los mayores retos científicos y tecnológicos actuales»

exterior, a menudo sujeto a vaivenes de precios originados en países políticamente inestables.

Esto ha sido refrendado en las directrices marcadas por Bruselas. El Plan Energético de la Unión Europea se ha fijado el objetivo de alcanzar el triple 20, es decir: reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero; aumentar un 20% la eficiencia energética; y alcanzar el 20% de energía procedente de fuentes renovables en la UE para el año 2020. Más allá de resultar un acertado juego de palabras, supone una clara apuesta por el desarrollo de fuentes de energía limpias, accesibles e inagotables.

Por todo ello, en el Colegio Oficial de Físicos nos hemos preguntado sobre el futuro de la energía en España y en el resto del mundo, sobre la actual crisis energética y sus posibles consecuencias, sobre las tecnologías en desarrollo y las soluciones a largo plazo. ¿Cuáles serán las principales fuentes de energía del futuro? ¿Qué papel jugará la electricidad? ¿Y la energía solar o las incipientes energías marinas? ¿Cuándo llegará la era del hidrógeno? ¿Es posible llegar a controlar la energía de fusión nuclear?

Todas estas preguntas y otras más intentan tener respuesta en esta nueva edición de la revista Física y Sociedad, que cuenta con importantes firmas de investigadores, técnicos y responsables empresariales y políticos. Entre ellas, en la sección de opinión hemos pedido su visión a algunos de los actores clave de este proceso: Alejo Vidal-Quadras desde el parlamento europeo; Luis Atienza como presidente de Red Eléctrica de España; Juan Antonio Rubio como director del principal centro de investigación energética de España; José Manuel Fernández de Labastida, secretario



– Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo

general de Política Científica y Tecnológica; Carlos Alejaldre, director general adjunto del proyecto ITER; o Francisco Castejón en representación de las organizaciones ecologistas.

Además, con la publicación de este monográfico, queremos también llamar la atención sobre las energías renovables como motor de la economía española. Se espera que, durante los próximos años, las fuentes limpias sean uno de los sectores capaces de generar empleo; una alternativa muy interesante para muchos profesionales y, por supuesto, para los licenciados en física.

«Las fuentes limpias serán uno de los pocos sectores capaces de generar empleo en los próximos años»

Conservación de la energía y simetría

La energía, sin adjetivos como puede ser la nuclear, solar, eólica, etc. es una realidad que mueve al mundo. Sin energía no hay vida. Por energía, mejor dicho por sus fuentes, existen discusiones, disputas e, incluso, guerras. Como bien económico y, en consecuencia, político, está sometido a todas las tensiones, actuales y futuras, de la Humanidad.

Como concepto, es uno de los objetivos principales de la Física. Pero no es fácil de definir. Está estrechamente relacionada con la noción de trabajo. Pero resulta que el trabajo es el producto escalar de la fuerza por el camino recorrido. Así lo hemos estudiado todos en la Física elemental. Enseguida surge el teorema de conservación de la energía. Una ley de conservación significa que existe una magnitud físicamente mensurable, como la energía total de un sistema, que no varía en ningún proceso físico. Dicho de otra manera, la energía total es la misma antes y después de que cualquier proceso tenga lugar.

Este principio fue introducido en 1847 por el médico y físico alemán Hermann von Helmholtz, y ha pasado por momentos difíciles. Por ejemplo, cuando se trabajaba en conseguir una Mecánica Cuántica, Niels Bohr se mostró decidido a abandonarlo. Junto con otros dos físicos, Hendrik Anthony Kramers y John Clarke Slater, propuso una teoría en la que no se cumplía a nivel atómico. A Einstein y a Planck les molestaba este planteamiento. Fue un norteamericano, Arthur Holly Compton, quien realizó finalmente un experimento en el que un fotón chocaba con un electrón, que se explicó aceptando la conservación de la energía.

Una mujer, lo que no era habitual en aquellos tiempos, Emma Noether, elaboró un teorema que afirma que por cada simetría continua de las leyes físicas existe la correspondiente ley de conservación. Se entiende por simetría la invarianza de un objeto o sistema frente a una transformación. La simetría de las leyes físicas a lo largo del tiempo conduce a la conservación de la energía. O al revés, la conservación de la energía implica que las leyes físicas no varían con el tiempo. Pero el teorema va más lejos y representa que la simetría es el principio más trascendental de la Naturaleza. «La simetría, tan grande o tan pequeño como definamos su significado, es una idea mediante



– Alberto Miguel Arruti. COFIS

la cual los hombres de todas las épocas han tratado de comprender y crear el orden, la perfección y la belleza», ha escrito Hermann Weyl.

También se opuso a la hipótesis de Bohr el físico Wolfgang Pauli. Para seguir manteniendo la ley de conservación de la energía, Pauli postuló la existencia de una nueva partícula elemental que se producía en la desintegración beta, junto al electrón y al protón. La nueva partícula no poseía carga eléctrica. Escapaba de donde tenía lugar la reacción, si llegara a ser observada. Pero esta partícula fantasma estaría dotada de la energía y el momento que faltaba, con lo que estos se conservaban. Se llama hoy neutrino. Fueron detectados en 1956 con Clyde Cowan y Fredrick Reines.

Todo esto nos indica que hay muchas cosas que desconocemos. Quizás el acelerador LHC, de reciente construcción, contribuya a aclarar nuestras ideas sobre la Física del universo. Así, escribe Francisco Ynduráin que «lo que llama la atención es que todos los puntos misteriosos de la Física fundamental son aquellos que tienen que ver con la masa y la gravitación». Y Leon M. Lederman y Christopher T. Hill escriben que «el impacto de los futuros descubrimientos en el terreno de la energía son imposibles de prever (éste es el inconveniente de toda la investigación básica). Pero no hay motivos para pensar que los retornos de las investigaciones en ese tipo de investigación vayan a disminuir. En cualquier caso, la próxima década será apasionante en lo que se refiere a la búsqueda de conocimiento de los más profundos secretos del Universo».

El impacto de los futuros descubrimientos en el terreno de la energía son imposibles de prever

La Agencia Estatal de Meteorología y el cambio climático

Las actividades de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en materia de cambio climático se encuadran en el marco del Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático (PNACC), aprobado en 2006, y en los propios Estatutos de la AEMET. El PNACC establece el marco general de referencia para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

Como el conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y la estimación de las proyecciones climáticas en nuestro país son elementos imprescindibles para la puesta en funcionamiento del PNACC, se asignó a AEMET el proyecto de generar escenarios de cambio climático regionalizados para España tanto utilizando sus propios recursos como coordinando los esfuerzos de otros grupos de investigación activos en este campo. Los objetivos generales del proyecto son: (1) desarrollar, documentar y poner a disposición del PNACC escenarios de cambio climático para España a la escala adecuada para su utilización por la comunidad de impactos; y (2) poner en funcionamiento un mecanismo de generación operativa y actualización de escenarios regionales de cambio climático para España que alimente de forma periódica al PNACC.

La primera fase del proyecto de «Generación de escenarios regionalizados de cambio climático» se completó utilizando técnicas de regionalización (previamente desarrolladas y validadas) y bases de datos generados fundamentalmente en proyectos financiados por el 5º Programa Marco de la Unión Europea relacionados con modelización climática, regionalización dinámica y estadística y estimación de extremos.

Para la segunda fase del proyecto, de 4-5 años de duración, se pretende dar una visión probabilística de la evolución del clima y de sus incertidumbres utilizando ensembles con miembros obtenidos a partir de diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, diferentes modelos globales y diferentes técnicas de regionalización. Para ello, AEMET está actualmente trabajando en cinco líneas de actuación principales:

- Detección y caracterización del cambio climático sobre España utilizando datos de estaciones climatológicas. Control de calidad y rescate de observaciones para su utilización en algoritmos estadísticos de regionalización y en validación.
- Evaluación y validación, sobre nuestra zona de interés y en un periodo de referencia observacional, de los modelos globales participantes en el cuarto informe de evalua-

ción del IPCC, para la posterior selección o ponderación en las diferentes técnicas de regionalización.

- Mejora y ampliación de métodos de regionalización estadística para su aplicación en las proyecciones de cambio climático generadas por los modelos globales anteriores.
- Desarrollos con modelos regionales de clima para complementar la regionalización estadística, fundamentalmente relacionados con los procesos de superficie terrestre.
- Estudio y caracterización de las diferentes fuentes de incertidumbre asociadas a las proyecciones regionalizadas de cambio climático.



– Ernesto Rodríguez Camino.

Para desarrollar plenamente el proyecto, es necesario actuar en líneas de trabajo que, además de los aspectos puramente relacionados con la generación de escenarios, utilizando tanto técnicas estadísticas como dinámicas, cubran también los relacionados con el control de calidad de los datos, con la evaluación y contextualización de cambio climático en relación con el clima actual y el pasado reciente y, finalmente, con la combinación de proyecciones para suministrar una visión probabilística de la evolución del clima. La aplicación de un tratamiento probabilístico basado en ensembles implica necesariamente la movilización de una gran cantidad de recursos, sin los cuales la exploración y delimitación de las incertidumbres difícilmente podría llevarse a cabo. Por ello es crítica la contribución de otros grupos de investigación activos en las diferentes líneas arriba mencionadas.

Podemos resumir diciendo que la actividad de AEMET en temas relacionados con el cambio climático apunta (en palabras del informe de la primera parte del proyecto) a «la coordinación de la comunidad científica española para proporcionar de forma continua, y con revisiones periódicas, una imagen probabilística de la evolución del clima en España a lo largo del siglo XXI que sirva a los diferentes sectores sensibles a las condiciones climáticas para tomar sus decisiones estratégicas de adaptación a un clima cambiante. Asimismo, se intenta que esta información relativa a las futuras condiciones climáticas sea la mejor disponible en el momento de su distribución y que esté siempre científicamente avalada».

AEMET proporciona información continua sobre la evolución del clima en España



Actualmente, existe un fuerte consenso científico sobre el cambio climático. El aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, en especial el CO_2 , está alterando el clima global y lo seguirá haciendo durante el siglo XXI. Esto ha obligado a las principales potencias del mundo a buscar soluciones y poner en marcha medidas para reducir las emisiones de CO_2 en la Tierra. Entre los campos en los que se debe actuar destaca, sobremanera, el energético.

ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO



→ Casi el 20% de la energía eléctrica que se produjo en España durante el año pasado provino de fuentes renovables.

ESTOS PRÓXIMOS AÑOS SON DECISIVOS EN LA AGENDA INTERNACIONAL DE LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO. EN 2008 ARRANCA LA CUENTA ATRÁS PARA ALCANZAR UN ACUERDO MULTILATERAL QUE DÉ RESPUESTA EN EL MEDIO Y LARGO PLAZO AL CAMBIO CLIMÁTICO. TRAS EL ÉXITO DE LA CUMBRE DEL CLIMA DE BALI A FINALES DEL AÑO PASADO, SE HA INICIADO EL PROCESO FORMAL QUE DEBE CULMINAR EN UNA RESPUESTA CONCERTADA A NIVEL INTERNACIONAL PARA ABORDAR LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE MANERA EFICAZ Y EQUITATIVA; TENIENDO EN CUENTA EL POTENCIAL DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, DE REORDENACIÓN E INCREMENTO DE LOS FLUJOS FINANCIEROS NECESARIOS Y LA IMPRESCINDIBLE APORTACIÓN DE TODOS LOS SECTORES Y PAÍSES PARA PODER TENER ÉXITO. EL PLAZO PARA LA TAREA CONCLUYE A FINALES DE 2009.

Se requiere, por tanto, una acción decidida conjunta a escala global y urgente, y que implique a todos los países en la medida de sus posibilidades. Los gobiernos de los distintos países deben ser capaces de alcanzar un acuerdo ambicioso y exhaustivo, y promover políticas coherentes que se articulen en todos los niveles, global, nacional y local, para cumplir con los objetivos que surjan de dicho acuerdo.

Entre los campos en los que se deberá actuar para reducir las emisiones a los niveles requeridos y en el tiempo necesario, sin duda el energético juega un papel central.

Ello es debido al enorme peso que todas las actividades energéticas tienen en la contribución a las emisiones totales de GEI.

En promedio, los inventarios de emisiones de los países industrializados de la Unión Europea, muestran que las emisiones del sector energético representan entre el 70 y el 80% de las emisiones totales.

Pero el problema no radica exclusivamente en la contribución actual de este sector, las previsiones a medio y largo plazo de producciones y consumos energéticos dibujan un panorama aún peor en este

sentido, si continuamos con los patrones de producción y consumo actuales.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE), estima que la demanda energética en el año 2030 será un 55% mayor que la del año 2005, abarcando los combustibles fósiles un 84% del aumento total, si los gobiernos del mundo mantienen sus actuales políticas. Del total de este aumento, el 45% correspondería a China e India.

Esta revolución del modelo energético, no sólo es necesaria para revertir las emisiones de GEI, sino tam- →

El sector energético representa entre el 70 y el 80% de las emisiones de CO₂



→ La demanda energética en el año 2030 será un 55% mayor que en la actualidad. La mitad de este aumento corresponderá a China y India. Foto del tráfico de Nueva Delhi (India).

bién por otros aspectos tan relevantes como la seguridad del suministro de energía, amenaza por la disminución de los principales recursos energéticos utilizados hasta ahora y el incremento constante de la demanda. Esta situación está llevando también a considerables incrementos de precio de los combustibles, sobre todo en el petróleo que ha superado en el último año la barrera de los 140 \$/barril, impensable hace apenas un año, lo cual está causando impactos muy negativos en las economías de muchos países que tienen una alta dependencia energética de este tipo de combustibles.

Y precisamente en estos momentos que estamos viviendo fuertes turbulencias financieras y económicas a escala mundial, la Unión Europea debate en estas semanas su paquete de cambio climático y energía, el

cual fija el objetivo de reducir un 20% (que podrían alcanzar al 30% en caso de acuerdo internacional) de sus emisiones de gases de efecto invernadero en 2020 con respecto a las de 1990. Para lograr dicho objetivo se requiere una política energética ambiciosa que permita alcanzar un ahorro energético del 20% en 2020 respecto a la tendencia actual, así como un incremento hasta el 20% de las energías renovables del consumo de energía de la UE.

La consecución de dicho acuerdo antes de finales de año es fundamental para mantener el liderazgo y la credibilidad de la Unión Europea en el contexto de la negociación de la próxima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático que se celebrará del 1 al 13 de diciembre en Poznan (Polonia). La cumbre de Polonia es un hito cla-

ve en la Hoja de Ruta que se aprobó en Bali el año pasado donde se establecía la necesidad de llegar a un acuerdo en Copenhague en diciembre de 2009 que permita establecer una acción concertada de cooperación a largo plazo. Es por tanto, necesario que todos los países y grupos de negociación hagamos progresos en los distintos frentes, ya que un esfuerzo de cooperación colectivo es capital para la resolución de los problemas climáticos del planeta. No obstante, son los países industrializados quienes tienen que liderar y catalizar dicho progreso para que tenga credibilidad.

Las decisiones que ahora perfilamos tienen, sobre todo, gran importancia en el horizonte de medio y largo plazo y en modo alguno pueden quedar retrasadas por la coyuntura económica actual. Nuestro reto consiste en tomar las decisiones

Europa debe apostar por el desarrollo de tecnologías más eficientes y energías renovables



→ Manifestación del Día de la Tierra en defensa de un planeta vivo. En la imagen los responsables del Programa de Cambio Climático de WWF/Adena.



estratégicas capaces de transformar nuestro actual modelo de producción y patrón de crecimiento económico fuertemente dependiente del exterior y sometido a la volatilidad del precio del petróleo y sus derivados. Por ello, Europa debe aprovechar su situación de ventaja obtenida en estos últimos años y apostar por el desarrollo de herramientas que, como el comercio de mercado de emisiones que ha permitido optar por las opciones tecnológicas más eficientes y promover energías más sostenibles.

En ese contexto, España en los últimos años ha venido trabajando para orientar su política energética hacia un modelo más eficiente y menos dependiente del exterior. El Gobierno aprobó a lo largo de la pasada legislatura medidas tan relevantes como el Plan de Acción 2008-2012 del Plan de Ahorro y Eficiencia

Energética, la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables, el Código Técnico de la Edificación y su Reglamento de Instalaciones Térmicas de edificios, los Planes nacionales de Asignación de Derechos de Emisión de Gases de Efecto Invernadero y, a modo de marco coordinador, la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Estos planes establecían un conjunto de medidas para reducir el consumo energético en todos los sectores consumidores finales y en el sector de la transformación de la energía. Desde mediados de 2005, se invierte la tendencia a favor de una mejora constante de la intensidad energética. En tres años hemos logrado una reducción de la intensidad energética del 7,4%. Aún así, queda mucho camino por recorrer todavía con el fin de promover un cambio estructural en nuestro modelo energético que refuerce el

ahorro y los consumos eficientes, la sostenibilidad ambiental, económica y social de las soluciones, la seguridad del suministro, y la competitividad de nuestras empresas.

Adicionalmente, el Gobierno ha presentado recientemente el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2011 que complementa y potencia las medidas previstas en el Plan de Acción 2008-2012. Dicho Plan contempla 31 medidas orientadas a reducir los niveles de consumo energético de los sectores del transporte, industrial, residencial, de servicios y agrícola, todas ellas en torno a tres grandes líneas de actuación referidas a la movilidad, edificios y ahorro eléctrico.

El impulso a las energías renovables

En relación con las energías renovables, éste ha sido una de las fuertes ⇒

En estos momentos estamos sentando las bases de un nuevo modelo energético y de crecimiento económico



apuestas de España en los últimos años. Hoy por hoy nuestro país cuenta con una enorme capacidad de crecimiento en el ámbito de las energías renovables no solamente porque dispone de los recursos naturales para ello sino también por su conocimiento y experiencia en el impulso de distintas opciones tecnológicas; una experiencia que debemos poder impulsar en terceros países beneficiando así alternativas más sostenibles y coherentes con la vocación de cooperar en la lucha contra el cambio climático.

Durante 2007, el 7% del consumo de energía primaria provino de fuentes renovables, al igual que el 19,8 de la producción eléctrica.

España en la actualidad es líder en algunas de las tecnologías renovables, como la eólica, ocupando el tercer puesto en el ranking mundial, tras Estados Unidos y Alemania, en este tipo de aprovechamiento energético.

El esfuerzo de España en renovables se traduce no solamente en apoyo estratégico financiero para su desarrollo sino también en crear los marcos normativos más adecuados para favorecer su crecimiento. Por ello la Comisión Delegada del Gobierno para el Cambio Climático ha aprobado en el pasado mes de julio seis Líneas Estratégicas reforzando así la acción política en la lucha contra el cambio climático

mediante actuaciones de los nueve ministerios implicados y poniendo en marcha un conjunto de medidas inmediatas en los sectores con mayor potencial de reducción. Tres de estas líneas tienen un claro contenido energético (movilidad, edificación y sostenibilidad energética). Las actuaciones durante esta legislatura en este ámbito tienen que tener plena complicidad y coherencia con los objetivos de prospectiva energética a medio y largo plazo en los que está trabajando el Gobierno en el horizonte de 2030 y con los objetivos que se manejan en el seno de la Unión Europea en el horizonte 2020.

En este sentido la sostenibilidad energética es una pieza fundamen-

La UE pretende reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero para 2020



– El transporte es uno de los sectores clave en la lucha contra el cambio climático.

marco regulador que garantice a las empresas planificar sus inversiones a medio y largo.

Del mismo modo, en el ámbito internacional, España está liderando junto con Alemania y Dinamarca la creación de una Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA en sus siglas en inglés). España presidió junto a estos dos países las principales sesiones de trabajo en la Conferencia Preparatoria Inicial y en los talleres de trabajo de Berlín, previos a la Conferencia Preparatoria Final celebrada a finales de octubre en Madrid donde se aprobaron los estatutos, los procedimientos de selección del futuro Director General interino y de la sede interina, así como el diseño de la fase inicial de la futura Agencia.

La necesidad de impulsar una Agencia Internacional de Energías Renovables responde a que en mayor o menor medida existen determinadas barreras como el insuficiente conocimiento técnico o administrativo, distorsiones de mercado, falta de concienciación pública o condiciones políticas marco contrarias a las necesidades de desarrollo de estas energías que están impidiendo aprovechar todo el potencial de las renovables a escala mundial.

La futura Agencia ayudará a fomentar un rápido desarrollo e implanta-

ción a gran escala de las energías renovables, contribuyendo así al necesario cambio de modelo energético que permita entre otras cosas reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles al mismo tiempo, proporcionar formas de energía avanzada, así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

En estos momentos estamos sentando las bases de un nuevo patrón de crecimiento económico y modelo energético. Invertir en un cambio de modelo energético es invertir en 'economía real', es decir en tecnologías limpias y políticas de ahorro y eficiencia energética que permitan a nuestras empresas mejorar su competitividad, generar nuevos yacimientos de empleo cualificado e impulsar nuestra capacidad exportadora, así como disminuir los riesgos asociados a la alta volatilidad del precio del petróleo y sus derivados y la concentración de recursos en pocos proveedores de estas materias primas.

Las políticas de cambio climático deben ser vistas por tanto como un motor generador de oportunidades para el desarrollo e impulsor de tecnologías limpias que serán objeto de demanda por mercados futuros. ■

tal de la estrategia de lucha contra el cambio climático. En el ámbito de esta línea los objetivos que se persiguen son promover una mayor coherencia en el marco regulador y en los planes de la energía, integrar los objetivos comunitarios de ahorro y mejora de eficiencia energética, así como promocionar las energías renovables. Además se prevé promover el desarrollo de empresas de Servicios Energéticos que faciliten la generalización de soluciones sostenibles en los consumos difusos y la adopción de actuaciones ejemplarizantes en el sector institucional.

Para alcanzar estos objetivos, dentro de las seis líneas estratégicas de trabajo, el Gobierno se ha comprometido a presentar en los próximos meses un anteproyecto de Ley de Eficiencia Energética y Energías Renovables que facilitará ese

Teresa Ribera es licenciada en Derecho y secretaria de Estado de Cambio Climático.

ENERGÍAS RENOVABLES, ENERGÍAS DURADERAS

Para muchos el futuro de la energía pasa, inevitablemente, por las renovables. En este artículo se analiza el potencial de las distintas fuentes renovables a nuestro alcance y se apuesta por una de ellas: la energía de fusión que se genera en el Sol. O, en otras palabras, por la solar térmica y fotovoltaica.

La vida se define casi como la búsqueda constante de energía. Necesitamos energía. ¿De donde sacamos nosotros la energía en el planeta Tierra? Tenemos aquí dos únicas fuentes de energía: la fisión de elementos pesados (esencialmente uranio) y la fusión de elementos ligeros, que se realiza en el Sol, a unos 150 millones de kilómetros de aquí.

Para unir de forma estable dos protones con dos neutrones y pasar del núcleo del hidrógeno al de helio se necesitan velocidades gigantescas de los primeros en procesos realimentados. El proceso de formación de helio genera una perturbación del campo electromagnético (EM) de cada protón y de los electrones del plasma solar. La perturbación del campo EM (una onda EM) mueve a su vez a las cargas eléctricas del suelo y del agua cuando llega a nuestro planeta, que así aumentan su energía. Esos campos EM variables pueden interaccionar de manera resonante con los electrones de cristales de silicio con impurezas que los convierten en semiconductores, incrementando su energía de forma resonante o cuantificada. Hablamos de que cuantos de energía EM (que llamamos luz en el rango entre 400 a 700 nanómetros) han hecho saltar a los electrones de órbita de manera cuantizada. Esa misma luz, cuando en vez de interaccionar con los electrones de los

cristales de silicio interacciona con la molécula de agua, en vez de generar un incremento cuantizado de energía, mueve, sencillamente, a los núcleos de esa molécula, que aumenta su velocidad de desplazamiento y su energía cinética, de forma esencialmente continua, sin saltos cuánticos. La media de las energías cinéticas de un cierto número de moléculas es la temperatura, que aumenta si aumentan aquellas.

En los procesos de síntesis de elementos en las estrellas los átomos pesados se generan en último lugar, de forma que en relación al número de átomos ligeros en el universo su abundancia es muy escasa. En el planeta Tierra tenemos, pues, poca energía de fisión y recibimos una cantidad muy grande de energía electromagnética procedente de la fusión en el Sol.

Habida cuenta de estas dos abundancias relativas, parece mucho más razonable tratar de capturar la energía solar en vez de insistir en utilizar la escasa energía de fisión disponible.

De la misma forma, empeñarse en reproducir en la Tierra las condiciones del plasma solar para producir energía de fusión en la superficie del planeta en vez de coger la que ya llega del Sol parece un tanto infantil. Si a esto añadimos que los axiomas de los que partimos en

ese intento de reproducir el Sol en la Tierra deben tener algún error (pues, si no fuera así, tras más de treinta años de investigación por las mejores mentes del planeta ya hubiésemos conseguido la fusión controlada), debemos concluir que lo más eficaz, inmediato y fácil es cubrir nuestras necesidades de energía utilizando la producida mediante la fusión nuclear pero no aquí, sino la fusión nuclear del Sol.

Sobre un metro cuadrado de superficie de la alta atmósfera en la línea del ecuador caen 1.366 vatios (W). Puesto que la Tierra gira y es redonda, de media podemos asumir que cada metro cuadrado (m²) de estratosfera recibe 342 W durante 24 horas (h). De esta potencia llegan a la superficie unos 200 W (dependiendo de la presencia de nubes y aerosoles en la atmósfera). Así, si tenemos en cuenta que la superficie del planeta es de 510 millones de kilómetros cuadrados llegamos a la conclusión de que diariamente la Tierra recibe 100 billones (1x10¹⁴) de kWh. El consumo de energía por los seres humanos es hoy de unos 30.000 millones de kWh/día (3x10¹⁰). La energía que recibimos del Sol en la superficie del planeta es así 3.000 veces nuestro consumo. Más que de sobra.

Esta energía debe capturarse y almacenarse. Para capturarla el sistema más eficiente es utilizar el

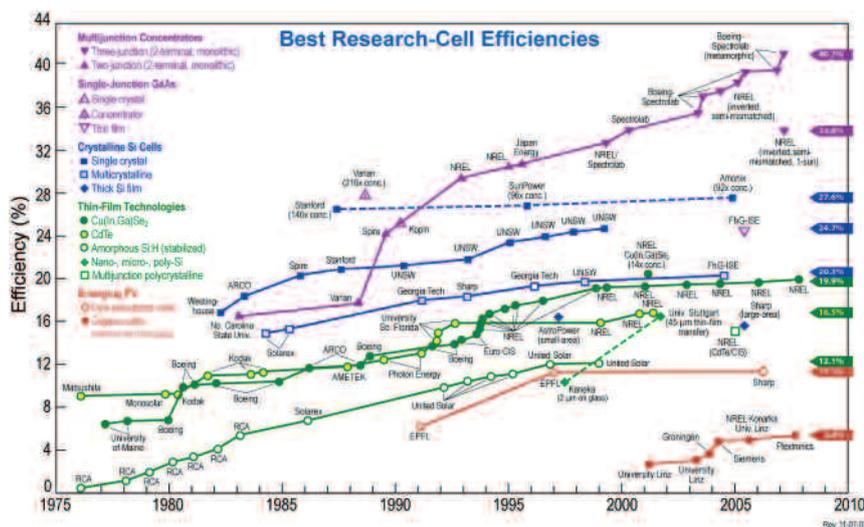
Lo más eficaz, inmediato y fácil, es cubrir nuestras necesidades utilizando la energía que produce el Sol

La energía que recibimos del Sol en la superficie del planeta es 3.000 veces superior a la de nuestro consumo

efecto fotovoltaico, la captura en resonancia o cuantos de energía de la energía de la luz mediante saltos de órbita de los electrones

en diversos cristales de silicio o de plásticos. Hoy día la eficiencia de captura es de un 30% (entre el 25 y el 35%) dependiendo del tipo de

semiconductor que utilicemos. Esto quiere decir una disponibilidad de energía de unas 900 veces nuestro consumo actual.



– Figura 1.- Las eficiencias ya logradas y estimadas para las celdas fotovoltaicas.

Si la energía solar se utiliza para calentar agua o algún otro líquido, se pueden obtener capturas de unos 1.000 kWh/año por metro cuadrado en nuestras latitudes. La conversión de agua caliente a elec-

tricidad mediante turbinas, o la conversión mediante aire caliente (motor de Stirling) tiene una eficiencia de entre el 15 y el 50%. Si utilizamos una media de un 25% vemos que podemos convertir la

totalidad del espectro solar en energía eléctrica generando unos 250 kWh/año m². La fotovoltaica nos puede proporcionar, en estas mismas latitudes, unos 540 kWh/año m². ⇒



– Figura 2. Torre solar de San Lucar la Mayor, en Sevilla. En terrenos baldíos del vertido tóxico de Aznalcóllar la empresa de ingeniería Abengoa ha instalado una torre de concentración mediante espejos que vaporiza agua para mover una turbina en la torre.

El viento es de un rendimiento global muchísimo menor: la energía absorbida por los océanos se convierte en columnas de convección que al llegar a la tropopausa se convierten en vientos horizontales. Las conversiones de las diferencias de temperatura en diferencias de presión, la generación del viento y la conversión de la energía cinética

de éste en electricidad mediante turbinas en los aerogeneradores representan un producto de factores todos ellos menores que la unidad. Es difícil estimar cuánta de la energía solar absorbida por los océanos se convierte en energía eléctrica por los aerogeneradores. De cualquier forma los vientos son esencialmente energía cinética.



– Figura 3. Turbinas verticales para la captura de energía mediante el viento. Son un prodigio de diseño aerodinámico, probablemente mejor que cualquier ala de avión.

La energía de las olas es aún menor que la del viento, porque es este el que transmite energía al agua para formar las olas. Tenemos aquí, por lo tanto, una rama más de proceso: energía térmica

de la superficie del océano a viento, del viento a la ola, de la ola al convertidor de energía. Pero, lo mismo que la del viento, la energía de las olas –que es, en su origen, energía solar– puede aprovecharse.



– Figura 4. Energía de las olas. Esencialmente motores alternativos.

Todas estas fuentes de energía están disponibles solamente unas horas del día (fotovoltaica y térmica) o a intervalos muy irregulares (eólica y de las olas). Es, pues, preciso almacenarlas. Hoy día el sistema de almacenaje más adecuado es el hidrógeno

Debemos hacer aquí una observación muy importante. Cuando se habla de la eficiencia de la conversión de la energía solar en energía útil (a veces se denomina «exergía») con frecuencia se señala que la eficiencia es «sólo» del 20 o 30% y se compara con, por ejemplo, la eficiencia de una central de gas de ciclo combinado, que puede llegar, cuando funciona bien, al 60%. Pero, ¿cuál es la eficiencia de cualquier proceso basado en la energía fósil? La comparación razonable es de la constante solar a la fotosíntesis (con un 2% de rendimiento y abundancia de agua), a la concentración en el interior de la Tierra, a su extracción y transporte, a su conversión en movimiento en motores Otto o Diesel o en electricidad mediante turbinas. El rendimiento o la eficiencia total de todo el proceso es esencialmente nulo. La eficiencia del 30% de la conversión fotovoltaica es exactamente ese 30%.

El hidrógeno operará como lo hacen los combustibles fósiles actuales: liberando energía en su oxidación, bien en celdas de combustible o bien sencillamente quemándolo

Todas estas fuentes de energía solar están disponibles solamente unas horas del día (fotovoltaica y térmica) o a intervalos muy irregulares (eólica y de las olas). Es, pues, preciso almacenarlas. Como he señalado, la naturaleza encontró hace cientos de millones de años una forma de almacenar la energía de la luz: la fotosíntesis crea enlaces moleculares basados en el carbono y convierte la energía de esa luz en carbohidratos con un rendimiento de alrededor de un 2%. Ese almacenamiento es muy lento, hablamos de millones de años. El consumo actual de estos productos es unas 25 veces más rápido que su velocidad de formación, y aquel almacenaje fue tremendamente ineficiente. Desde el punto de vista de la eficiencia global y de la velocidad de gasto, el uso de los combustibles fósiles –además de sus emisiones de gases de captura de infrarrojos– es una auténtica locura.

Podemos, sin embargo, utilizar no el carbono almacenado en el subsuelo, sino el sintetizado día a día por las plantas para producir el mismo biocombustible que es el carbón o el petróleo pero generado día a día, en vez de almacenado en pozos y minas. En este caso las emisiones netas de CO₂ son nulas o, dependiendo de si utilizamos ciertas plantas herbáceas de raíces largas, pueden ser ligeramente negativas. El uso de las plantas herbáceas es posible en las laderas

de las colinas en situaciones de escasez de agua. De esta forma estos biocombustibles no compiten con los alimentos (la energía que utilizamos los seres humanos para sobrevivir) y nos proporcionan energía para movernos y para el resto de usos que deseamos.

Hoy día el sistema de almacenaje más adecuado es el del hidrógeno: podemos utilizar la energía solar térmica a muy alta concentración para romper la molécula de agua y almacenar hidrógeno y podemos utilizar la electricidad generada mediante el proceso fotovoltaico para realizar la electrolisis del agua. En ambos casos el hidrógeno operará como lo hacen los combustibles fósiles actuales: liberando energía en su oxidación, bien en celdas de combustible o bien sencillamente quemándolo.

Las ventajas de las energías solares son muchas: no emiten CO₂ a la atmósfera, no generan residuos radiactivos, no dependen de un uranio escaso, no pueden producir accidentes y son dispersas, lo que quiere decir –posiblemente– riqueza para todos. Sus dos mayores ventajas son su limpieza, seguridad y abundancia (casi eterna).

La energía de fisión es concentrada, exige refrigeración, genera residuos y su combustible es escaso.

Se suele indicar que las energías solares son caras. Lo son, en cierta

medida: una lotería nos da a uno solo una considerable cantidad de dinero de otros, cuando la ganamos. Nosotros nos hacemos más ricos mientras que los demás se hacen, cada uno, ligeramente más pobres. De la misma manera, si consumimos a muy alta velocidad la lotería de una energía solar almacenada de manera muy escasa en el subsuelo, estamos gastándonos el dinero que nos ha tocado en una lotería, pero no estamos generando más dinero. El vivir del trabajo es más dificultoso que el derrochar el dinero de una lotería, pero el trabajo es para todos, mientras que la lotería es para unos pocos. El trabajo es mantenible en el tiempo, la lotería desaparece.

Puesto que la energía de fisión tiene inconvenientes serios; la de fusión es concentrada y no repartida y hoy, aún, no se ha conseguido generar en la Tierra, pero sí nos llega parte de la que se genera en el Sol; y puesto que los combustibles fósiles son una lotería que se acaba, mi humilde opinión es que debemos apostar muy fuertemente por la energía de fusión del sol, capturarla aquí con el máximo rendimiento posible y almacenarla de forma química mediante hidratos (plantas) e hidrógeno. ■

Antonio Ruiz de Elvira es catedrático de universidad en el Departamento de Física de la Universidad de Alcalá y miembro del Foro Europeo del Clima.



Doctor en Física por la Universidad Autónoma de Barcelona, Alejo Vidal-Quadras fue candidato a la presidencia de la Generalitat de Catalunya en 1992 y 1995. Elegido eurodiputado cuatro años después, actualmente es vicepresidente primero del Parlamento Europeo y miembro de la Comisión de Industria, Investigación y Energía.

«LOS OBJETIVOS DE LA UE PARA 2020 SON ECONÓMICA, TECNOLÓGICA Y POLÍTICAMENTE ASUMIBLES»

Europa lidera la lucha contra el cambio climático. El Plan Energético 20/20/20 supone una apuesta decidida por las energías renovables ¿Qué opinión le merece este Plan?

El plan refleja el compromiso de la Unión Europea en la lucha contra el cambio climático y se concreta en unos objetivos muy ambiciosos de reducción de emisiones y de fomento de las energías renovables. Los objetivos conocidos como 20/20/20, es decir, 20% de reducción de emisiones y 20% de renovables en el consumo total de energía en la Unión para el año 2020,

tienen una clara intención de conseguir un impacto en términos de comunicación dado lo llamativo de la repetición de las tres cifras idénticas, pero no por ello dejan de ser económica, tecnológica y políticamente asumibles. Este planteamiento estratégico responde a una percepción por parte de la Comisión Europea del calentamiento global de origen antropogénico como una amenaza gravísima para el futuro de la humanidad que debe ser neutralizada incluso si el coste en crecimiento económico y en competitividad es alto.

«Las nucleares son necesarias para afrontar con garantías el futuro energético de Europa»

Sobre ambos puntos existe, como es sabido, un amplio debate y la Comisión se sitúa en el bando de la pura 'ortodoxia Kioto' que abandera el IPCC de Naciones Unidas. Mi opinión personal es que en cualquier caso hemos de mejorar la eficiencia energética, incrementar el peso de las renovables y poner a punto tecnologías limpias de uso de combustibles fósiles por razones de seguridad de suministro, por lo que me parece adecuado avanzar en estos campos con independencia del cambio climático.

¿Las renovables son la mejor receta para solucionar la crisis energética y medio ambiental de finales del siglo XX y principios del XXI?

Las energías renovables, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, geotérmica, mareas, biocombustibles... son una parte indispensable de la solución, pero no toda la solución, tanto por razones de coste como de capacidad de generación. Aquellos que propugnan esquemas 100% renovables practican el idealismo utópico, pero no demuestran un conocimiento riguroso de los aspectos cuantitativos del problema energético.

¿Cree que el Plan de la UE es viable o, por el contrario, se trata simplemente de una declaración de intenciones?

El plan propuesto por la Comisión Europea es factible, aunque el dato clave es el coste a pagar. Si cumplimos los objetivos marcados, pero al final nuestra competitividad se deteriora significativamente, la tasa de paro se dispara y los restantes grandes emisores -China, India o Estados Unidos- siguen una ruta distinta, los europeos habremos hecho un muy mal negocio. La benéfica idea de que los demás, conmovidos por nuestra determinación, seguirán el ejemplo que les damos, es admirable y moralmente reconfortante. Sin embargo, en la vida real las cosas no suelen ser tan sublimes por lo que es aconsejable centrar nuestros esfuerzos en conseguir un buen acuerdo global para el período post-Kioto, aunque ello implique flexibilizar nuestras posiciones.

Además de las renovables, ¿qué otras energías de futuro destacaría?

No cabe duda de que la fusión y el hidrógeno ofrecen perspectivas muy prometedoras. Por desgracia, ninguna de estas dos opciones va a ser comercialmente aprovechable a medio plazo y es urgente asegurar el suministro para el próximo medio siglo. La fusión se encuentra todavía en la fase previa a la demostración y los obstáculos tecnológicos son formidables. Habrá que esperar a los resultados del proyecto ITER dentro de una década para empezar a disponer de un calen-

dario creíble. En cuanto al hidrógeno, su producción en volúmenes masivos mediante energías no contaminantes y la transformación del sistema de distribución de combustible para pasar del petróleo y el gas al hidrógeno constituyen en este momento dificultades de una magnitud tal que hacen de los sueños de Jeremy Rifkin una apasionante novela de ciencia-ficción, pero no una posibilidad real para satisfacer nuestras necesidades actuales.

¿Hay unanimidad entre los grupos parlamentarios europeos a la hora de afrontar el problema energético?

Hay unanimidad en la aceptación del fenómeno del cambio climático y en la necesidad de emprender acciones para neutralizarlo. No hay unanimidad respecto a las soluciones más adecuadas. Determinados grupos políticos del Parlamento Europeo se inclinan por el sistema de comercio de emisiones puro y duro con límites de emisión obligatorios y otros son más partidarios de abordajes más flexibles basados en objetivos sectoriales acordados a escala global y en concentrar el esfuerzo en la innovación tecnológica. Estas dos visiones son las que se enfrentarán en la cumbre de Copenhague en 2009 y en caso de no alcanzarse un compromiso la Unión Europea se verá obligada a replantear muy seriamente su estrategia.

¿En un escenario de futuro tendría cabida la energía nuclear (de fisión)?

La energía nuclear de fisión no es la solución, pero sin ella no hay solución. Si los ejes de la política energética europea son la seguridad de suministro, la competitividad económica y la protección del medio ambiente, no cabe duda que la energía nuclear de fisión satisface los tres criterios en un grado notable. El uranio procede de regiones del planeta políticamente estables, existen reservas para garantizar el funcionamiento del parque actual durante varios siglos y su coste incide muy levemente en el precio final del kilovatio-hora producido. La seguridad de operación está garantizada, se dispone de métodos de tratamiento de los residuos perfectamente probados y el ciclo completo del combustible presenta niveles de emisión de gases de invernadero comparables a los de las energías renovables menos contaminantes. Por tanto, la oposición a esta fuente de energía sólo se apoya en prejuicios dogmáticos de tipo ideológico o en la irresponsable explotación electoral de miedos irracionales. Sin una aportación significativa de la energía nuclear de fisión a la producción de electricidad, la Unión Europea no podrá afrontar con éxito su futuro energético.

«Aquellos que propugnan esquemas 100% renovables practican el idealismo utópico»



José Manuel Fernández de Labastida es el secretario general de Política Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia e Innovación. En esta entrevista, señala dos grandes vías para salir de la actual crisis energética y ambiental: la tecnología y la concienciación ciudadana. Dos líneas en las que, a su juicio, se está trabajando con firmeza en los últimos años en España.

«LA SOLAR TÉRMICA ESTÁ LLAMADA A JUGAR UN PAPEL DETERMINANTE EN ESPAÑA»

Energía y medio ambiente van de la mano. ¿Seremos capaces de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a tiempo?

Tanto en España como en Europa se están tomando importantes medidas para cumplir lo antes posible con los compromisos de Kioto. En lo que respecta a mi departamento, se está realizando un gran esfuerzo en la ejecución de programas de investigación, aunque su materialización, en muchos casos, llevará algún tiempo.

De hecho, actualmente contamos con grupos de investigación muy punteros, tanto en universidades como en empresas públicas y privadas, que están volcando sus esfuerzos en el desarrollo de sistemas de captura de CO₂ y pilas de combustible o el perfeccionamiento tecnológico de las energías eólica y fotovoltaica, sin olvidar la activa participación de nuestro país

en el proyecto de fusión que representa el ITER.

Al fin y al cabo, desde la aprobación del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica para el período 2008-2011, se han lanzado una serie de programas encaminados a obtener un aprovechamiento más eficiente de la energía y reducir las emisiones de CO₂.

Sin embargo, da la sensación de que no avanzamos, que Kioto sigue quedando demasiado lejos. ¿Podemos confiar en la I+D para reducir nuestra dependencia del petróleo?

España ha demostrado, ser uno de los países que más fuerte apuesta por el desarrollo de nuevas fuentes de energía y mi percepción es que vamos a converger con los objetivos marcados, por el volumen de iniciativas e inversiones que se están realizando.

«El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica tiene entre sus objetivos conseguir un aprovechamiento más eficiente de la energía y reducir las emisiones de CO₂»

El nivel de emisiones ha crecido en nuestro país, como consecuencia del impulso que ha tomado la actividad económica durante los últimos diez años. El petróleo supone un elevado porcentaje de nuestra factura energética, si bien se ha desplegado un conjunto de centros y entidades que producen energía eólica, fotovoltaica, etcétera. De esta forma seremos cada vez menos dependientes de aquellas fuentes de energía que, además de su impacto sobre nuestra balanza de pagos, tienen un efecto negativo sobre el medio ambiente.

Entre las tecnologías en estudio o en experimentación, ¿cuáles tienen mayor futuro?

Para alcanzar las metas anteriormente señaladas es preciso invertir en investigación y desarrollo, con vistas a hacer más eficientes las energías renovables. En el caso de la fotovoltaica hace falta dar un salto cualitativo mediante la incorporación de materiales más eficientes y económicos. Existe también una lista de avances que debemos llevar a cabo para que dicha fuente de energía esté siempre disponible, con independencia de que haga sol o no. En esto jugará un papel determinante la aparición de los acumuladores de energía. De conseguir esto, la eólica y solar térmica, que sólo producen cuando hay viento o sol, podrían nutrir constantemente de energía a la sociedad.

¿Cuál debería ser el mix energético español deseable en 2020?

Con seguridad una parte de nuestra energía se va a seguir generando con petróleo y carbón. En este contexto, España, como otros países, está desarrollando importantes líneas de exploración para la captura y almacenamiento de CO₂.

En 2020 aún no habremos dado el gran salto que supone la energía de fusión, aspecto en que los países desarrollados están realizando un gran esfuerzo a través del ITER, cuyos resultados deberán esperar hasta el entorno de 2030. No obstante, pienso que sí se habrá avanzado en la utilización de acumuladores de gran capacidad y nuevos materiales para un mejor aprovechamiento de la energía fotovoltaica. De cumplirse estas previsiones, el mapa cambiaría de forma radical en países como España, dada la cantidad de sol disponible. En cualquier caso, creo que es difícil hacer una previsión de futuro, al depender tantos factores.

En su opinión, ¿qué energía está llamada a liderar este proceso de transformación?

Hay líneas de trabajo muy prometedoras en el caso de la eólica o la marea-motriz, esta última aún incipiente. En el caso español abogaría por buscar el liderazgo en la solar térmica, para lo que deben resolverse algunas

cuestiones relacionadas con la estructura de la central y materiales empleados, como hemos dicho. Al mismo tiempo necesitamos contar con un sistema de acumulación capaz de dar servicio en horas nocturnas.

¿Son viables los retos establecidos por la Unión Europea de producir el 20% de la energía final desde fuentes renovables o por Alemania, con su propuesta de llegar al 50% de electricidad vía renovables?

Pienso que sí, pero dependerá de la evolución de cada una de las energías renovables en desarrollo en estos momentos. Por otra parte, si la fusión nuclear, con toda su complejidad, se convierte en una realidad, indudablemente cambiará todo el panorama. En todo caso, considero muy positivo que Europa haga una apuesta común, sobre todo por lo que conlleva en el desarrollo tecnológico.

El actual Gobierno ha hecho una clara apuesta por la eficiencia energética. Al fin y al cabo la mejor energía es la que no se consume. ¿En qué consiste el Plan de Eficiencia Energética iniciado en la pasada Legislatura?

Más allá del campo de la investigación, deben realizarse esfuerzos, a nivel nacional, europeo y mundial, en lo que respecta al ahorro y eficiencia energética. Es necesario concienciar a la sociedad de lo que cuesta la energía y lo que supone su uso para el medio ambiente y para el futuro de nuestro planeta, tratando de generar entre la población unos hábitos más saludables de consumo.

El Plan de Eficiencia Energética también tiene una parte de I+D, destinada a lograr una mayor eficiencia de nuestros sistemas de producción de energía. En ese sentido, los resultados son positivos, pues, pese al avance experimentado por nuestro PIB, la energía primaria que necesitamos producir crece más lentamente que la energía final que consumimos.

Medidas como regalar bombillas de bajo consumo, subir la temperatura de los aires acondicionados en instancias oficiales o prescindir de la corbata en verano han tenido mucha repercusión en la opinión pública.

Pero, ¿hasta qué punto son eficaces?

Más allá de una cifra concreta es importante el simbolismo que conllevan estas iniciativas, ante la sociedad, sobre la necesidad de plantearse, como ha hecho la Administración, el consumo que conlleva el uso del aire acondicionado a determinadas temperaturas. Es bueno que la gente reflexione acerca del uso diario de la energía y sus consecuencias, más allá de la factura económica, sobre el medio ambiente. En el caso de las bombillas, en estos momentos podemos llegar al mismo grado de confort con un consumo bastante menor.

«La fusión ofrece perspectivas muy prometedoras, pero a largo plazo»



Luis Atienza dirige actualmente el destino de una de las entidades clave para el futuro energético de nuestro país: Red Eléctrica de España. Y es que es imposible concebir un verdadero desarrollo de las renovables o un nuevo modelo energético para el transporte sin tener en cuenta la capacidad eléctrica de nuestra red de distribución.

«LA ELECTRICIDAD JUGARÁ UN PAPEL PREPONDERANTE EN LOS PRÓXIMOS AÑOS»

La demanda de energía eléctrica aumenta cada año. Y, según las previsiones, lo seguirá haciendo en los próximos años. ¿Puede considerarse la electricidad como uno de los vectores energéticos con más futuro?

Hay una serie de factores que juegan a favor de la electricidad, tanto desde el punto de vista de la demanda como de la oferta. La economía de servicios, que caracteriza a las sociedades desarrolladas, está provocando un incremento del consumo de electricidad, en sustitución de otras formas de energía. Además determinados sectores industriales maduros apuestan por la electricidad por razones tecnológicas, mientras que en el plano doméstico la electricidad se está adueñando de nuestros hogares. Así, el butano y las calderas de gasoil están siendo sustituidos por equipos de aire acondicionado que proporcionan frío y calor. Hay, por tanto, una razón estructural, que impulsa la demanda de una energía que es extraordinariamente versátil, limpia y flexible.

Pero también, en los últimos años, la electricidad ha recibido un empujón adicional desde el punto de vista de la oferta, al convertirse en vector fundamental para la integración de las renovables dentro del sistema energético.

Por estos motivos la electricidad está jugando un papel creciente y va a ocupar un lugar preponderante en los próximos años.

Sin embargo, el transporte sigue siendo un sector inaccesible para la electricidad.

Hasta ahora los combustibles fósiles y los derivados del petróleo han monopolizado el sector del transporte, si exceptuamos el modo ferroviario, claro está. Sin embargo, la electricidad se abrirá hueco durante los próximos años también en este ámbito, porque no está sometida a las incertidumbres tecnológicas de los biocombusti-

«La almacenabilidad es el reto que permitirá plantear objetivos más ambiciosos para las renovables»

«La electricidad lleva mucha ventaja al hidrógeno»

bles de segunda generación, o de las tecnologías basadas en el hidrógeno.

Las baterías de acumulación para coches eléctricos o híbridos están experimentando un notable avance, de forma que, entre los años 2010 y 2012, vamos a tener en el mercado opciones comercialmente viables de las principales marcas. Además, los coches eléctricos permiten aprovechar la capacidad de energía disponible durante la noche, por lo que se podría pensar en un sistema que favorezca la recarga de energía en aquellas horas del día donde la demanda es tradicionalmente menor, contribuyendo a trasladar energía de valle a energía de punta. Este es un futuro identificable sin excesiva incertidumbre tecnológica.

¿Podremos contar en pocos años con un parque automovilístico eléctrico importante?

Posiblemente no se llegará a una utilización masiva, pero sí a una penetración relevante. El hidrógeno aspira a ser un vector energético para el transporte en un horizonte mínimo de 15 a 20 años, mientras que la energía eléctrica estará en condiciones de serlo en los próximos cuatro o seis años, con el desarrollo de las baterías de litio. Por otra parte, la universalización de la electricidad es prácticamente total, por lo que podemos incorporar, fácilmente, puntos de suministro en calles, casas o garajes, porque el sistema de distribución está ya implantado. Es, por tanto, una batalla en la que la electricidad lleva mucha ventaja al hidrógeno.

Entonces, ¿los coches eléctricos ganarán la partida a los coches propulsados por hidrógeno?

En los próximos 30 años el hidrógeno tal vez podría mostrar todo su potencial como vector energético para el transporte, pero me cuesta creer que llegue a ser un elemento relevante en la próxima década. Porque crear una red de distribución o conseguir controlar el hidrógeno es un proceso complejo, a lo que se suma un problema de costes, en el caso de que se produzca a través de energías renovables y no a partir de fuentes convencionales. En cualquier caso, la renovación de un parque automovilístico es un proceso muy lento, que dura entre siete diez años, por lo que no se pueden esperar cambios espectaculares de un año para otro.

Habla de las renovables continuamente. ¿Cree que es posible garantizar el suministro eléctrico en un sistema basado en renovables?

Actualmente, la energía eólica puede satisfacer hasta el 30% de la demanda instantánea, aunque en otros momentos aporta cero. En la medida que nuestro parque eólico vaya creciendo, de los 16.000 MW actuales a los

29.000 previstos para 2016, su peso en nuestra estructura de demanda será extraordinario. Eso requiere un refuerzo adicional de la red, una red de transporte más robusta y mallada para gestionar flujos con extraordinaria variabilidad en su relación origen-destino.

Los coches eléctricos representan una oportunidad para la integración de las renovables, al ofrecernos un sistema de almacenamiento de energía del que no puede dotarse el sistema eléctrico. La almacenabilidad es, por tanto, el reto que permitirá plantear objetivos más ambiciosos en lo que se refiere a penetración de las energías renovables. Además de cargar energía de la red a determinadas horas del día en las que la demanda es tradicionalmente menor, estos vehículos pueden aportar energía a la red durante el día, mientras están parados, contribuyendo a trasladar energía de valle a energía de punta o energía de momentos en los que hace mucho sol o sopla un fuerte viento a los que no lo hace.

¿Qué importancia tendrán las interconexiones con el exterior?

Si aspiramos a que el 40% de nuestra energía proceda de fuentes renovables, que son todas muy intermitentes y poco gestionables a excepción de la hidroeléctrica, debemos fomentar la interconexión con el sistema eléctrico europeo. Para esto hemos constituido junto con RTE, nuestra homóloga francesa, la Sociedad Interconexión Eléctrica Francia-España (Inelfe), que nos permitirá ampliar nuestra capacidad de interconexión del tres al cinco por ciento. De esta forma podremos compartir con otro sistema eléctrico, que es diez veces superior al nuestro, la variabilidad de nuestra aportación renovable. Dicho acuerdo nos permite revisar, de forma más ambiciosa, nuestros objetivos en materia de energías renovables, al disponer de mayor seguridad y estabilidad en nuestro sistema eléctrico.

Llegados a este punto no podemos olvidar que nuestro país es como una isla desde el punto de vista de la conectividad eléctrica. Un problema adicional en un escenario marcado por las renovables. Eso nos fuerza a estar a la vanguardia tecnológica, regulatoria y de innovación mundial en la integración de renovables: somos el primer país que tiene interconectados todos los parques eólicos y estamos desarrollando una importante capacidad de análisis de predicción y de comportamiento de los diferentes nudos con diferentes niveles de carga que se ha convertido en un referente europeo. Por eso vemos con interés la incorporación al parque automovilístico de los coches eléctricos, por su ayuda a la reducción de la dependencia del petróleo y en la penetración de las energías renovables en el transporte.

«EN EL FUTURO TENDREMOS MUCHAS OPCIONES DONDE ELEGIR»

Juan Antonio Rubio es uno de los primeros físicos experimentales en altas energías que hubo en España. Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, ha desarrollado su trayectoria profesional en dos instituciones clave: la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), organismo que dirige actualmente. En esta entrevista nos habla de la crisis energética y sus posibles soluciones.



¿Cuál es el punto de partida? ¿Se podría decir que estamos ante la crisis energética y ambiental más importante de la historia?

El consumo energético se ha multiplicado por cien con respecto a los orígenes de la era industrial y supone tres veces más que la energía que es capaz de generar la Tierra a través de las olas y mareas. Estas cifras, a su vez, resultan bastante confusas, pues una sexta parte de la población mundial apenas tiene para comer, mientras que en los países desarrollados cada ciudadano consume 16 veces más energía que la que se necesita para

alimentarse. Así, no sorprende que gran parte de los problemas relacionados con la paz mundial tenga su origen en la energía.

Vivimos, por lo tanto, en una encrucijada energética tremenda. Para dar solución al conflicto contamos con dos fuentes masivas: combustibles fósiles y energía nuclear, que satisfacen cerca del 85% del consumo. Pero ambas alternativas comparten algunos problemas, como son la escasez de reservas y el rechazo social. La cantidad de CO₂ que hoy día tenemos en la atmósfera, en gran parte como conse-

cuencia del uso de los combustibles fósiles, es de 2,75 billones de toneladas, lo que se traduce en 25.000 millones de toneladas anuales. Los océanos y las plantas apenas pueden absorber un 40% de esta cantidad, con lo que el equilibrio ecológico queda roto. Ello está teniendo un efecto sobre la temperatura de la Tierra y la aparición de fenómenos meteorológicos de todo tipo. Por estos motivos la oposición a los combustibles fósiles ha provocado una reacción política. En el caso de la nuclear la oposición se centra en la seguridad y los residuos radiactivos.

«Podemos y debemos ajustarnos el cinturón»

A pesar de esta problemática, las previsiones señalan que para el año 2050 el consumo global de energía será 2,5 veces superior al actual. Los países en vías de desarrollo, que pronto representarán el 80% de la población mundial, tenderán a un mayor consumo, mientras que los países desarrollados podemos y debemos ajustarnos el cinturón.

¿De dónde sacaremos tanta energía si, al mismo tiempo, queremos reducir el uso de combustibles fósiles y la nuclear?

La Unión Europea quiere reducir, de forma drástica, el consumo de carbón antes del año 2020. Para conseguirlo existen varias alternativas. La primera de ellas es ahorrar energía en un 20% respecto al comportamiento de business as usual. Otra opción es mantener la fracción núcleo-eléctrica actual, que hoy representa el 30% en Europa y el 20% en España, con el desarrollo de la denominada Generación 4 y la construcción de alguna central nuclear.

Por otra parte hay que apostar por la producción de biocombustibles a partir de cultivos y residuos sólidos orgánicos, por tratarse de una realidad inmediata, que en nuestro país podría sustituir, hasta en un 5%, nuestra dependencia del petróleo. Igualmente hay que apostar por las energías renovables que ya aportan hasta un 20% del consumo. Entre ellas, la energía eólica es, por lo que respecta al coste del kWh, casi competitiva; en estos momentos representa un muy considerable 10% de la producción energética española, frente al 17% de la nuclear, aunque esta energía debe hacer frente al pro-

blema de la intermitencia.

En cuanto a las otras renovables que comienzan a implantarse, la solar es, en mi opinión, la que más futuro tiene en todas sus variantes. Hoy día ya hay instalados 130 gigavatios térmicos en todo el mundo, más del 50% de ellos en China, provenientes de la solar de media y baja temperatura. La fotovoltaica, por su parte, está bastante más lejos de ser competitiva, y aún tiene que dar un salto tecnológico importante. Por último, la solar térmica de alta temperatura es hoy por hoy nuestra principal esperanza; no en vano, el sol envía 10.000 veces más energía que la que consumimos. Su viabilidad económica está cerca a falta de mejorar los procesos y los materiales.

Y si miramos un poco más allá, ¿qué puede decirse sobre el futuro de la energía a medio y largo plazo? ¿Cuáles son las principales vías de investigación que se están abriendo?

Si comparamos la inversión realizada por la Unión Europea entre 1990 y 2005 comprobaremos que el siglo pasado se dedicaba mucho más dinero a la investigación y desarrollo de nuevas fuentes de energía que hoy en día; hasta cuatro veces más. Este descenso ha venido motivado por el precio del petróleo que ha sido muy competitivo durante mucho tiempo. Sin embargo, esta tendencia está cambiando.

En los próximos diez años vamos a vivir un importante desarrollo de la energía eólica. También la solar comenzará a ser importante en esta década y mucho más a partir de 2020. Pienso que, entre sus tres vertientes, la que se utilizará de

forma masiva será la solar térmica de alta temperatura, aunque las otras dos también experimentarán un gran desarrollo. Las grandes ventajas de la energía solar son la capacidad que tenemos para almacenar el calor y la importante presencia que muchas empresas españolas tienen en el mercado.

También se está trabajando bastante en relación con la captura y secuestro de CO₂, aspecto en el cual Europa tiene abiertas varias líneas de investigación, orientadas a optimizar la combustión para facilitar la captura y reducir las emisiones. Esta tecnología puede llegar a hacer limpio y rentable el uso del carbón, aspecto de gran interés, por tratarse del combustible fósil del que existen más reservas.

También se están haciendo ya trabajos serios destinados a la producción de hidrógeno, que en la próxima década seguirán intensificándose. Sin embargo, aún quedan por alcanzar algunos avances en materia de seguridad y extender la cultura del repostaje en gasolineras, que ralentizan su explotación masiva. En el entorno de 2040 esta aplicación puede jugar un papel importantísimo para reemplazar al petróleo.

Por fin, el futuro de la energía nuclear pasa por el desarrollo de una tecnología de fisión sostenible (Generación 4), que permita eliminar los residuos e incorporar importantes medidas de seguridad. También pasa por el desarrollo de la fusión nuclear que no estará disponible antes de 40 años, por resultar, tecnológicamente, muy complicada. En definitiva, se podría decir que en el futuro tendremos muchas opciones donde elegir. ■

«Entre las renovables, la solar térmica de alta temperatura es hoy por hoy nuestra principal esperanza»

«EL SIGLO XXI SERÁ EL DE LA FUSIÓN NUCLEAR»

El ITER está considerado como el mayor proyecto científico internacional del siglo XXI. Uno de sus valedores es, sin duda, Carlos Alejaldre, un físico español que ha dedicado gran parte de su tiempo a demostrar que es posible utilizar la fusión nuclear como fuente de energía. Después de dirigir el laboratorio de fusión nuclear del CIEMAT, actualmente ocupa el cargo de director general adjunto del ITER en representación de la Unión Europea.



Para muchos la fusión nuclear es la gran esperanza energética del siglo XXI. ¿Se exagera cuando se dice esto?

No se exagera, el potencial de la fusión nuclear es prácticamente ilimitado. Con los recursos de deuterio que tenemos en el agua hay energía suficiente para alimentar nuestro planeta durante miles de millones de años sin ningún problema. Desde ese punto de vista su potencial es tremendo, pero ahora hay que demostrarlo, pasar de la teoría a la práctica.

Desde hace algunos años le oímos decir que la fusión nuclear es viable desde el punto de vista científico y que sólo queda por demostrar su viabilidad tecnológica y económica.

Así es. Desde el punto de vista científico todos los parámetros necesarios para la fusión nuclear se han conseguido. Es decir, se ha logrado la densidad y la presión adecuada, se han conseguido las temperaturas necesarias, y se ha podido confinar la energía durante el tiempo suficiente para lograr la

fusión. Estas barreras se han ido derribando de forma progresiva en aparatos experimentales como el Tokamak o el JET [*Joint European Torus*]. Y no sólo eso, sino que en 1997 una de estas máquinas consiguió obtener 16 MW de potencia térmica utilizando reacciones de fusión. Todo ese conjunto de cosas lleva a asegurar que la viabilidad científica es un hecho.

No obstante, queda mucho por hacer desde el punto de vista tecnológico y económico. La misión del ITER es crear una máquina experi-

«En el agua hay energía suficiente para alimentar nuestro planeta durante miles de millones de años»

mental capaz de demostrar que es posible producir energía con una ganancia factor 10. O sea, inyectar 50 MW para el calentamiento y obtener 500. Ese es el objetivo final del ITER. Luego, vendrá la viabilidad económica: conseguir que el kilovatio-hora sea barato.

Hasta entonces, ¿qué pasos se irán dando? ¿Cuál es la agenda prevista para los próximos años?

Alrededor del 2023 el ITER deberá demostrar la viabilidad tecnológica de la fusión nuclear con deuterio y tritio. Mientras tanto se llevará a cabo la construcción de este dispositivo de extremada complejidad y se harán pruebas de diversa magnitud. Hay que tener en cuenta que en el interior del plasma se alcanzarán temperaturas de 200 millones de grados y sólo a unos metros de distancia se deberán obtener temperaturas cercanas al cero absoluto. Esto implica aislar los superconductores de un flujo neutrónico muy importante, así como superar otros muchos desafíos tecnológicos. Por hacerse una idea hablamos de un dispositivo con un peso similar al de la torre Eiffel.

Los detractores del proyecto piensan que se está invirtiendo demasiado dinero y recursos en perseguir una entelequia. ¿Qué les diría?

Como ya he señalado, los datos científicos avalan la viabilidad de este proyecto. Pero al margen de esta realidad cabría decirles que la humanidad se encuentra ante un problema energético de primera magnitud, y que los países del primer mundo tienen la obligación



moral de desarrollar tecnologías capaces de aportar soluciones a esta situación. Por desgracia, no contamos con muchas. La fusión es una de ellas y no tiene por qué estar reñida con otras alternativas. No creo que los fondos de fusión compitan con otros proyectos, por lo que no se trata de contraponer sino de sumar.

¿Se atrevería a hacer un pronóstico? ¿Cuándo entraremos en la era de la fusión nuclear?

El siglo XXI será el siglo de la fusión nuclear, aunque dependerá del impulso que se le quiera dar desde los gobiernos e instancias oficiales. Yo creo que, si todo va bien, en el inicio de la segunda mitad del siglo la fusión podrá implantarse en todo el mundo. Si ese impulso no llega, tardará un poco más, pero acabará por imponerse. Países como China, Corea o Japón son firmes candidatos a ser los primeros en construir plantas comerciales de fusión nuclear.

Cuál es el papel que juega España en todo este proceso?

Tiene un papel muy importante. Además del esfuerzo científico que se viene realizando en el CIEMAT, donde se encuentra una de las máquinas europeas más modernas del momento (el TJ-II), la agencia europea que coordina todo el esfuerzo europeo del ITER está en Barcelona. Por lo tanto, se podría decir que España es uno de los países más importantes en el mundo de la fusión europea. Y es que la palabra «Barcelona» suena en boca de todos en el proyecto ITER al ser el segundo destino por orden de importancia después de París.

Por cierto, ¿qué pasará con el TJ-II?

Todavía tiene una vida científica por explotar y estoy seguro de que en los próximos diez años va a tener un protagonismo significativo. Es el único *stellarator* que hay en Europa. ■

«El ITER deberá demostrar la viabilidad tecnológica de la fusión nuclear alrededor del 2023»



Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, Francisco Castejón es uno de los ecologistas que mejor conoce la realidad energética de nuestro país. Además de ser portavoz para campañas antinucleares de Ecologistas en Acción, es el responsable de la Unidad de Teoría de Fusión del CIEMAT, dos actividades que aunque puedan parecer contradictorias en un principio no lo son. También colabora habitualmente en las revistas *El Ecologista* y *Página Abierta*, y es autor del libro *¿Vuelven las Nucleares?*, publicado por Talasa en 2004.

«LAS RENOVABLES SON EL FUTURO»

¿Cuánto tiempo seguiremos empleando combustibles fósiles y hasta cuándo seguiremos dependiendo de ellos?

Más que preguntarnos por el tiempo que nos queda debería considerarse cuánto tiempo podemos permitirnos el seguir quemando combustibles fósiles. Al ritmo de consumo actual puede haber combustibles fósiles para cientos de años, pero no parece sensato emplearlo en su totalidad, porque provocaría un efecto invernadero inadmisibles. Tenemos que ir prescindiendo, paulatinamente, de esta fuente de energía. En un horizonte de 30 años, deberíamos llegar a emisiones cero y dejar de generar cambio climático.

Entonces, no se trata de un problema de reservas sino, más bien, de un problema ambiental.

Desde el punto de vista tecnológico hoy se pueden explotar yacimientos en lugares impensables hace tan solo unos pocos años. En la perforación submarina, se alcanzan ya los 2.000 metros de profundidad y, a este ritmo, llegaremos a los 2.500 ó 3.000 metros, por lo que tendríamos acceso a los petróleos pesados del Golfo de México, por ejemplo. También se puede avanzar en for-

maciones rocosas durísimas, e incluso perforar en horizontal. Además es posible la utilización de petróleos cada vez más pesados, de peor calidad. Aunque no debe quedar mucho por descubrir, todavía se desconoce el total de las reservas existentes. Si consideramos todos estos aspectos, es muy difícil pronosticar cuándo llegará ese pico del petróleo, a partir del cual vendría la caída de la producción. Sin embargo, no debemos seguir apostando por una energía contaminante, cada vez más cara, y que aumenta nuestra dependencia del exterior.

Si, debido al cambio climático, vamos abandonando el uso de combustibles fósiles, ¿qué alternativas tenemos para cubrir una demanda energética cada vez mayor?

Es una ecuación complicada, en la que se deben considerar diferentes alternativas. En estos momentos ya vemos que la eólica funciona bien; la solar cada vez aporta más y, de forma creciente; y que el hidrógeno debe jugar un papel muy importante a medio plazo, con la ventaja de que se puede producir de muchas formas, tanto con renovables como por energía de fusión, por ejemplo.

«Aunque sería deseable un horizonte 100% renovables, hay que entender que no podemos depender exclusivamente de fuentes intermitentes»

«En 30 años deberíamos prescindir por completo de combustibles fósiles»

Es difícil adivinar de dónde van a proceder las fuentes de energía de nuestros descendientes, pero no me cuesta mucho pensar en un sistema basado, en gran medida, en las energías renovables y un nuevo modelo de producción descentralizado, es decir, muchos centros de producción próximos a los centros de consumo, y una gestión local.

¿Cuál puede ser la principal fuente de energía en un futuro en España?

La mayor parte de la energía ha de proceder de renovables. Los desafíos que estas energías tienen planteados pueden superarse de forma tecnológica. El más importante de los mismos es la garantía de suministro. Si existe una punta de demanda justo en un momento en el que no hay energía disponible para atenderla, entonces tendríamos un grave problema. Esto se puede solventar con fuentes de energía que no sean intermitentes, como la fusión nuclear, y, sobre todo, con fuentes de almacenamiento energético. El hidrógeno sería un buen ejemplo, la energía solar de alta temperatura se puede almacenar en forma de sales... Salvada esta cuestión, la fotovoltaica jugará un papel decisivo, para lo cual aún debe experimentar una ruptura tecnológica, porque nos seguimos encontrando con placas solares excesivamente caras y con una eficiencia no suficientemente alta. Y también porque los sistemas de almacenamiento que se usan resultan demasiado caras.

¿La producción de energía solar llegará a superar a la eólica?

La eólica todavía puede experimentar un desarrollo muy considerable en nuestro país, desde los actuales 15.000 MW instalados a los 30.000 MW. De hecho, el año pasado, se situaba entre los tres principales generadores de electricidad, con cerca del 20% y, durante algunos meses, llegó a rondar el 30%. Los aerogeneradores han experimentado un importante desarrollo tecnológico en cuanto a potencia, pero no creo que podamos dar un nuevo salto en ese sentido. Por lo que respecta a la eólica marina u off shore, en España no hay muchos emplazamientos posibles a corto plazo, además del Delta o Tarifa. Pero, igual que hemos aprendido a perforar yacimientos petrolíferos muy remotos, se abre la posibilidad de instalar generadores cada vez a más profundidad.

El transporte es uno de los grandes responsables del cambio climático, ¿por qué no se termina de apostar por el coche eléctrico o el desarrollo de coches propulsados por hidrógeno?

El petróleo supone un gran negocio y, mientras esto siga así, será difícil que se abran paso otros medios de trans-

porte. En segundo lugar nos encontramos con la propia dificultad tecnológica. Aunque ya podemos ver coches de hidrógeno, todavía resulta demasiado caro. Tendría que producirse una instauración masiva, o al menos creciente, de esta tecnología para recorrer la denominada curva de aprendizaje. En la medida que dicha tecnología se ponga en práctica, su precio bajará. El tercer problema es que la producción y almacenamiento de hidrógeno todavía es compleja. La aceleración de esa fase de desarrollo precisa un apoyo que se obstaculiza porque determinados poderes se oponen. Igual que, en sus orígenes, la energía eólica se subvencionaba con primas, deberíamos hacer lo propio con este sistema.

¿Por qué gran parte del ecologismo no cree en la fusión nuclear?

La fusión debe resolver importantes desafíos. El principal de ellos es que se encuentra en fase de investigación y, aunque llegue a funcionar, será una energía técnicamente muy compleja. Si pensamos en un modelo energético exportable, hay que tener en cuenta que muchos países no tienen capacidad de operar con reactores tan complejos. Por otro lado, no es una energía del todo limpia, porque los actuales reactores de fusión nuclear generan residuos radiactivos de baja y media actividad, de hasta 100 años de vida, que habría que gestionar. Además, los reactores van a contener tritio y hay que tener mucho cuidado para que este material no se fugue. Por fin, en este camino hacia su consecución se está invirtiendo una enorme cantidad de dinero y se destinan enormes recursos.

Considerando estos inconvenientes, hay dos posturas dentro del ecologismo. La más extendida sostiene que, como estos problemas existen, lo mejor es olvidarse. Si la comunidad de fusión (que en Europa emplea a unas 3.000 personas, con unos dispositivos experimentales importantes, muchos recursos y medios), se destinara a resolver los problemas de la energía solar, tal vez se avanzaría mucho más deprisa.

Pero, ¿cuál es su opinión?

Aunque sería deseable un horizonte 100% renovables, hay que entender que nuestra civilización no puede depender en exclusiva de unas fuentes de energía potencialmente intermitentes. Por ello, debemos trabajar para tener otra alternativa; y esa podría ser la fusión, que ha resuelto los problemas de seguridad y de generación de residuos de alta actividad de las nucleares de fusión. Yo apostaría por las renovables en la medida que se pueda y la fusión para garantizar a toda la humanidad una forma de vida digna.



BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

El incesante aumento del precio del petróleo, la fuerte dependencia del mismo por parte de los países industrializados y las consecuencias ambientales derivadas de su utilización, han propiciado la progresiva introducción de las energías renovables -inagotables, ubicuas y limpias, muchas de las cuales responden a ideas tradicionales mejoradas con la tecnología disponible hoy en día. Una de esas fuentes son los biocombustibles.

El ámbito concreto de la automoción, responsable de un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, ha sido hasta ahora más refractario que el sector eléctrico a la introducción de tecnologías renovables. Pero la dinámica es imparable y apunta en una dirección clara: introducir los combustibles ecológicos también en el ámbito de la movilidad.

De hecho, la generalización en el uso de los biocombustibles a nivel mundial es una exigencia ineludible si se quiere estabilizar el calentamiento global este siglo por debajo de los dos grados que los científicos consideran el umbral a partir del cual los efectos del cambio climático serían especialmente graves.

En efecto, la Agencia Internacional de la Energía (WEO, 2007) sostiene que alcanzar ese escenario de estabilización climática exigiría que los biocombustibles aportasen en 2030 en torno al 13% del consumo energético del transporte -frente al 1% actual- lo que supondría producir 17 veces más energía con biocarburantes que actualmente.

Dicho de otra forma, el sector del transporte debería consumir en 2030 diez millones de barriles de petróleo al día menos que hoy, pese al fuerte incremento previsto en la motorización mundial. Según la AIE, ello sólo puede conseguirse con un máximo aprovechamiento de biocombustibles (330 Mtep, millones de toneladas equivalentes de petró-

leo, al año), combinado con otras medidas no menos drásticas, como la reducción en un 60% del consumo medio de los vehículos (lo que requiere el desarrollo de vehículos híbridos y la mejoras en la eficiencia de los motores de combustión interna superiores al 50%).

Los biocombustibles que actualmente se producen a escala industrial son fundamentalmente biodiésel y bioetanol obtenidos a partir de aceites vegetales y grano de cereal o caña de azúcar, respectivamente. En paralelo, están empezando a aparecer un nuevo tipo de biocombustibles, que están todavía desarrollándose a escala de laboratorio y/o experiencias piloto, elaborados a partir de nuevas materias primas o mediante proce-

El uso de los biocombustibles es una exigencia ineludible si se quiere estabilizar el calentamiento global por debajo de los dos grados

En 2030, los biocombustibles deberían aportar el 13% del consumo energético del transporte (frente al 1% actual)

sos complejos. Estos nuevos biocombustibles vienen a denominarse de segunda generación.

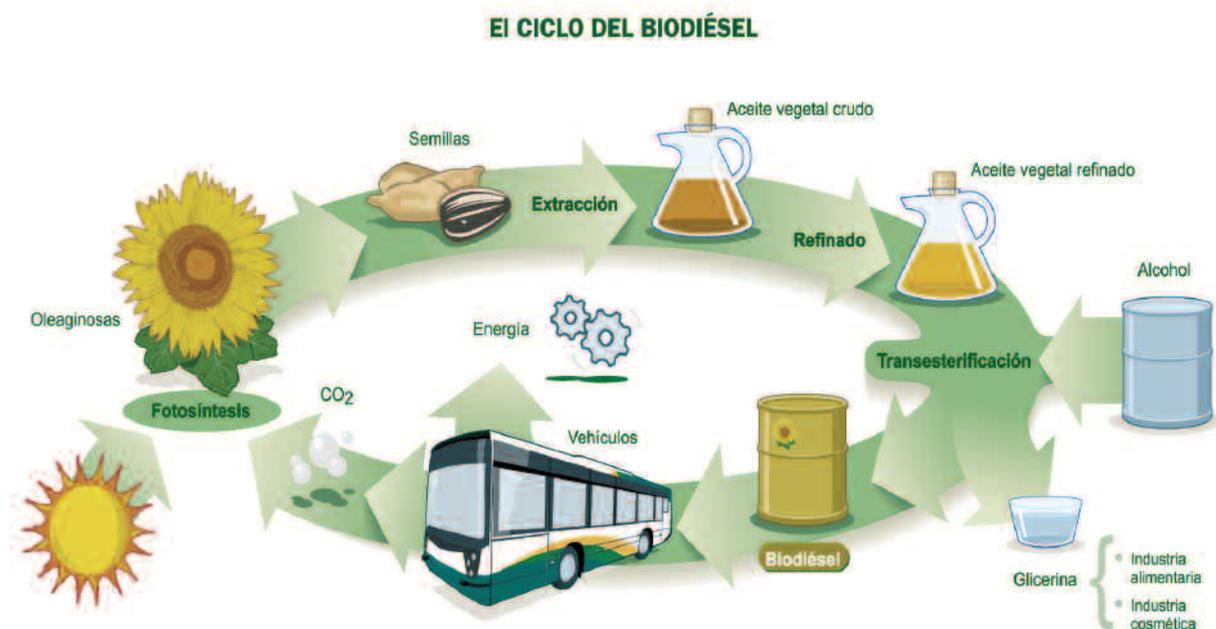
Biocombustibles

Los biocombustibles son ya una realidad, aunque su introducción todavía es testimonial (1,16% del consumo de combustibles en 2007 en España). Sin embargo, la escalada de

precios de los hidrocarburos, la alta dependencia de los mismos que atenaza a las economías desarrolladas y los problemas medioambientales asociados a su utilización, son todos ellos factores que permiten pronosticar una creciente y progresiva extensión de los biocombustibles y de otros combustibles renovables como el hidrógeno obtenido a partir de energías limpias.

Los biocombustibles que actualmente se producen a escala industrial son fundamentalmente dos: biodiésel y bioetanol.

El biodiésel se obtiene a partir de aceites vegetales (colza, soja, girasol o palma) y el bioetanol a partir de cereales (trigo, cebada, maíz) o materias primas ricas en azúcar (caña de azúcar, remolacha).



Los procesos de obtención de los biocombustibles de primera generación son básicamente los siguientes:

- Transesterificación para la producción de biodiésel: triglicéridos (aceite) mezclados con metanol dan metiléster (biodiésel) y glicerina.
 $10 \text{ kg aceite} + 1 \text{ kg alcohol} \Rightarrow 10 \text{ kg biodiésel} + 1 \text{ kg glicerina}$
- Sacarificación y fermentación de grano de cereal o fermentación de azúcares para la obtención de bioetanol.
 $3 \text{ kg cereal} \Rightarrow 1 \text{ kg bioetanol} + 1 \text{ kg DDGS (pienso)} + 1 \text{ kg CO}_2$

La tipología de los biocombustibles de 1ª generación es:



Biocombustibles de 2ª generación

Actualmente no existe una definición estandarizada de qué se entiende por biocombustibles de segunda generación, ni una clara línea divisoria entre primera y segunda generación.

Podemos considerar, no obstante, como biocombustibles de segunda generación a aquellos que utilizan materias primas no convencionales. Como hemos visto anteriormente los biocombustibles de primera generación se producen a partir de grano. Sin embargo en los biocombustibles de segunda generación se producen a partir de paja, técnicamente llamada lignocelulosa. Esto permite abarcar otras materias primas tales como residuos forestales, paja de cereal, etc.

También se pueden considerar biocombustibles de segunda generación a aquellos que se obtienen a partir de procesos complejos. Los biocombustibles de 1ª generación se producen mediante procesos sencillos. Sin embargo se están aplicando también otros procesos más complejos ya conocidos, que nos permitirían utilizar como materia prima cualquier materia orgánica: es, por ejemplo, el caso del proceso de Fischer-Tropsch:



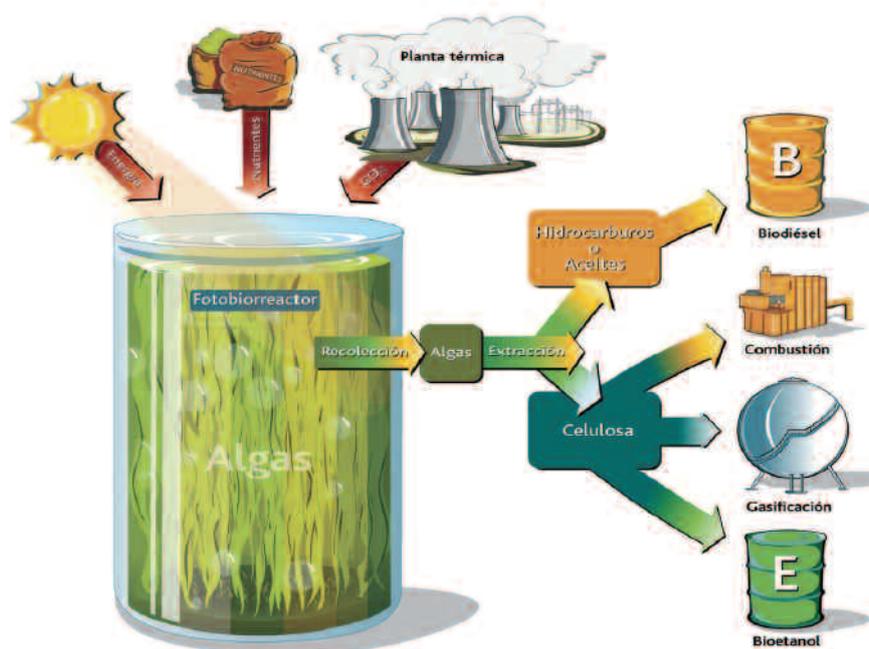
En este caso, se somete la materia orgánica a un proceso de gasificación para obtener un gas de síntesis ($\text{CO} + \text{H}_2$). Posteriormente, mediante el proceso de Fischer-Tropsch, se rea-

liza una síntesis a hidrocarburo, que puede tener estructura de gasolina o de gasoil.

Existe una variante de este proceso, mediante la cual la reacción de síntesis es dirigida a producir bioetanol.

Por último, se pueden considerar biocombustibles de segunda generación a aquellos que presentan una elevada capacidad de reducción de emisiones de efecto invernadero y de ahorro energético. En este apartado estaría el uso de algas que, según estudios previos de laboratorio, podrían llegar a alcanzar unos rendimientos de producción superiores en 50 veces a los cultivos tradicionales, con el consiguiente ahorro energético y de emisión de gases de efecto invernadero.

El ciclo de las algas



En consecuencia, los biocombustibles de segunda generación permitirían acceder a un mayor abanico de materias primas, con mejores rendimientos por hectárea y mayores ahorros de energía y emisiones de efecto invernadero.

En nuestra opinión, la consideración de cualquier tipo de biocombustible debería basarse en qué medida contribuye a los tres beneficios mencionados -agrícola, energético y ambiental- y no de forma simplista en si es de primera o de

segunda generación.

Por otro lado, los biocombustibles de segunda generación, están en una fase inicial de desarrollo todavía temprana para demostrar su efectividad y viabilidad a escala industrial.

La tipología de los biocombustibles de 2ª generación es la siguiente:



Conclusiones

Es urgente tomar decisiones que aceleren la transición hacia un nuevo modelo energético que posibilite el desarrollo económico sin incrementar el calentamiento global, el agotamiento de los recursos naturales y la inseguridad energética. Ello es especialmente crítico en el ámbito del transporte, el de mayor crecimiento de las emisiones de CO2 y el más complejo a la hora de introducir las energías renovables.

Así, los biocombustibles son la única alternativa renovable para el transporte a corto y medio plazo, por lo que deben formar parte de

El uso de biocombustibles se debería combinar con otras medidas no menos drásticas, como es la reducción en un 60% del consumo medio de los vehículos

esa estrategia, mediante una nueva revolución agrícola que permita desarrollar la bioenergía compatibilizando la seguridad energética, alimentaria y ambiental.

Un escenario de estabilización climática -el único que nos permite suavizar significativamente las graves consecuencias del calentamiento global- exige una aportación de biocombustibles muy

superior incluso a los objetivos fijados hasta la fecha por diferentes Estados y organismos internacionales. Ello hace ineludible el máximo aprovechamiento -con criterios de sostenibilidad- de los biocombustibles tanto de primera como de segunda generación. ■

Joaquín Ancín es físico y director gerente de la empresa ACCIONA Biocombustibles en Sarriguren (Navarra).



EL HIDRÓGENO, UN VECTOR ENERGÉTICO CON MUCHO FUTURO

El hidrógeno es una forma emergente de acumular energía que podría reemplazar a una gran parte de los actuales sistemas basados en combustibles fósiles. Sus principales características son: alta eficiencia energética, muy bajos niveles de contaminación y unas estimaciones de coste suficientemente bajas. En la producción de hidrógeno tienen especial relevancia las fuentes renovables de energía.

El hidrógeno se postula como un nuevo vector energético complementario de la electricidad y sustitutivo de los combustibles fósiles en el transporte, si bien la evolución tecnológica y la inversión en infraestructuras en la próxima década determinarán el panorama energético futuro. Su importancia radica en que podría ser el único combustible alternativo susceptible de abastecer a las flotas de transporte por capacidad de generación.

A corto plazo, existe hidrógeno industrial en cantidad suficiente como para suministrar a las primeras flotas de demostración. Sin embargo, un modelo energético en el que el hidrógeno juegue un papel relevante precisará de mayores producciones, donde tanto la materia prima para el hidrógeno como la energía necesaria para los procesos deberán proceder de fuentes renovables, no emisoras de contaminantes ni de gases de

efecto invernadero; de ahí la importancia de un adecuado acoplamiento con la generación de electricidad renovable.

La evolución del peso relativo de las fuentes de energía en el horizonte del año 2030 indica una reducción relativa del petróleo a costa de mayor consumo de gas natural y carbón, lo que vendrá motivado de manera natural por la evolución de precios y disponibilidad, pero no resolverá el

problema de las emisiones de CO₂ ni de la sostenibilidad a largo plazo. El desarrollo de la nuclear y de las energías renovables dependerá del apoyo o rechazo político y social. Otras alternativas tecnológicas, tales como los reactores de fisión de cuarta generación deberán esperar necesariamente más allá de 2030 para alcanzar la madurez comercial, y en cuanto a la fusión nuclear, no se pueden establecer plazos.

Existen dos visiones opuestas según las cuales toda la energía eléctrica necesaria se puede obtener bien mediante energías renovables o bien mediante energía nuclear. Ambas visiones coinciden en opciones tecnológicas factibles hoy para aprovechar recursos suficientemente abundantes y sin emisiones de gases de efecto invernadero. Ambas opciones, en cambio, dejan abierta la cuestión de la gestión del sistema eléctrico tal y como lo conocemos actualmente, basado en una variedad de tecnologías (mix de producción) y con mecanismos para poder casar la demanda con la producción eléctrica en cada momento. Estando las energías renovables sujetas a la variabilidad meteorológica y siendo las centrales nucleares sistemas de difícil (o imposible) regulación en potencia, es aventurado predecir que un sistema eléctrico pueda basarse únicamente en renovables y nuclear, al menos tal y como lo conocemos hoy en día.

Alineando los factores, se puede constatar que ciertas soluciones parciales a corto plazo pueden, y deben, ponerse en práctica para mitigar en lo posible los efectos que un modelo energético basado en los combustibles fósiles y fuentes no renovables produce sobre la economía y sobre el medio ambiente. En la imagen final a lar-



→ Las energías renovables tendrán especial importancia en la producción de hidrógeno.

go plazo aparecen las energías renovables y, posiblemente, ciertos conceptos novedosos de energía nuclear como las fuentes que permitan un modelo energético sostenible y con criterios de autoabastecimiento, mientras que el uso en el sector transporte se apoyará en biocombustibles -en función de la disponibilidad-, electricidad -en función de los usos-, e hidrógeno, para el cual no se necesita ninguna promesa de ruptura tecnológica, sino una estrategia de comercialización a largo plazo.

Renovables, agua, hidrógeno: estrategia de futuro

El peso de las energías renovables en el contexto energético ha comenzado una vía sin retorno desde hace tres décadas, si bien la situación varía mucho de un país a otro, como también las condiciones de contorno. Dinamarca, por ejemplo, ostenta el récord en porcentaje de electricidad de origen eólico, mientras que Alemania lo mantiene en cuanto a producción en términos absolutos. España, tradicionalmente en segunda o ⇒



→ El desarrollo de la nuclear y de las energías renovables dependerá del apoyo o rechazo político y social.

El hidrógeno se postula como un nuevo vector energético complementario a la electricidad



El hidrógeno es el único combustible capaz de sustituir al petróleo en el transporte

tercera posición mundial por potencia eólica instalada, supera en cambio a Alemania en porcentaje. Los porcentajes máximos admisibles por las redes de transporte y distribución han ido en aumento, y no se duda hoy de que un 20 e incluso un 30% de potencia eólica es gestionable.

En cualquier caso, la utilización cada vez mayor en términos absolutos y relativos de fuentes renovables en la generación eléctrica conlleva la necesidad de una mayor, y quizá distinta, capacidad de adaptación de demanda y producción de energía eléctrica, incluyendo soluciones de almacenamiento. La Agencia Internacional de la Energía determina en un reciente estudio que el aumento de flexibilidad en los sistemas de distribución de electricidad es clave para elevar el techo técnico de porcentaje de renovables, y que en las próximas dos décadas se abrirá una ventana de oportunidad al sustituir los sistemas actuales obsoletos.

Medidas como un mix de renovables, agregación de producción o

de mercados, mejora de la predicción, gestión activa de la demanda, optimización del uso de las redes actuales y nuevas tecnologías de transporte y distribución, permiten que los sistemas eléctricos tengan que hacer un menor uso de soluciones como las centrales de reserva y de pico o el almacenamiento de energía. De hecho, acomodar mayor porcentaje de renovables mediante el aumento de centrales de reserva puede tener el efecto contrario al deseado, reduciendo el valor de la electricidad renovable y aumentando las emisiones de CO₂ del sistema eléctrico en conjunto. El almacenamiento de energía es asimismo parte de la solución, entendiendo que toda transformación de la energía conlleva unas pérdidas por el Segundo Principio de la Termodinámica, y que se incurre en costes de inversión de equipos adicionales.

La sustitución progresiva de las tecnologías basadas en combustibles fósiles a hidrógeno supone un cambio cuya magnitud se ha com-

parado con una Tercera Revolución Industrial. Este cambio exige una visión estratégica a largo plazo que implique a administraciones, ciudadanos y empresarios. Europa pretende cubrir durante el 7º Programa Marco la fase final de investigación aplicada y desarrollo tecnológico, con un compromiso firme de invertir 940 millones de euros hasta 2013. Aun así, la fase de demostración y primera comercialización requeriría una inversión total, pública y privada, de 6.700 millones de euros para el periodo 2007-2015. Esta inversión es necesaria para llegar a la «instantánea 2020», concebida por la Plataforma Europea del Hidrógeno, en la que las tecnologías del hidrógeno y pilas de combustible alcanzan cuotas significativas en los mercados de masas de aplicaciones residenciales, transporte y generación eléctrica. ■

Luis Correas, doctor ingeniero industrial, es director gerente de la Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

A corto plazo, existe hidrógeno industrial en cantidad suficiente como para suministrar a las primeras flotas de demostración, sin embargo, un modelo de transporte basado en el hidrógeno precisará de producciones muy significativas

Fundación Hidrógeno Aragón

La Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón es la principal iniciativa impulsada por el gobierno de esta comunidad con objeto de apoyar el desarrollo de las nuevas tecnologías relacionadas con el hidrógeno y las energías renovables, promocionar la incorporación de Aragón a las actividades económicas relacionadas con la utilización del hidrógeno como vector energético y propiciar la investigación, el desarrollo tecnológico, cogeneración y adaptación industrial, contribuyendo a la modernización industrial y la mejora de la competitividad. La Fundación comenzó su andadura en diciem-

elétrica, almacenamiento de hidrógeno y su uso final en pilas de combustible. La infraestructura, ubicada en el Parque Tecnológico Walqa (Huesca), supone un banco de pruebas para los investigadores y empresas del sector, además de que nuevos proyectos puedan hacer uso de la misma.

La Fundación Hidrógeno Aragón ejerce como consultora y centro de investigación para facilitar la incorporación de las empresas al nuevo mercado emergente de las tecnologías del hidrógeno, trabajando tanto en proyectos nacionales como internacionales financiados por la Comisión Europea, el

es el Formula Zero. Este consiste en la concepción, diseño y fabricación de un kart propulsado por hidrógeno y pila de combustible que compite en el campeonato del mismo nombre. El vehículo ha sido desarrollado por el equipo EuplaTech2, integrado por la Fundación Hidrógeno, la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia y Team Elías, equipo de competición de automovilismo. El kart, que se presentó en abril del 2008, se alzó con el triunfo en la primera carrera de sprint de la competición Formula Zero 2008 celebrada en Rotterdam.

Por otra parte, en su área de formación, la Fundación ofrece diferentes cursos y seminarios sobre hidrógeno y pilas de combustible a lo largo del año. De singular interés es la colaboración en el Diploma de Especialización en Tecnologías del Hidrógeno y Pilas de Combustible, impartido por la Universidad de Zaragoza. Por otra parte, en el ámbito de la participación europea, una novedad es la puesta en marcha de la primera acción piloto del proyecto H2-Training para el desarrollo curricular y de material formativo sobre Tecnologías del Hidrógeno y Pilas de Combustible, enmarcado en el programa Leonardo Da Vinci.

También como muestra de esta proyección internacional, recientemente la Fundación ha entrado a formar parte de N.ERGHY, la agrupación de investigación de la Iniciativa Tecnológica Conjunta del Hidrógeno y las Pilas de Combustible, una alianza público-privada con la Comisión Europea para gestionar la investigación, desarrollo tecnológico y demostración en este ámbito en los próximos 10 años en el seno de la Unión Europea.

La Fundación puso en marcha en la Expo una pequeña estación de generación de hidrógeno a partir de luz solar

bre del 2003 y cuenta hoy con un patronato compuesto por 58 entidades pertenecientes a los diferentes sectores de interés de la nueva economía del hidrógeno, habiendo desarrollado proyectos de gran envergadura dentro de sus tres líneas de trabajo: Consultoría e ingeniería, I+D y Formación.

Cabe destacar el proyecto Infraestructura y Tecnología del Hidrógeno y Energías Renovables (ITHER), Premio Nacional de Ingeniería Industrial 2007. El proyecto consiste en la generación de hidrógeno a partir de energías renovables a través de una instalación formada por un parque eólico de 635 kW con tres aerogeneradores, una instalación solar fotovoltaica de 100 kW con cinco tecnologías distintas, un electroizador de tecnología polimérica y la preinstalación para uno alcalino, y los subsistemas de gestión de energía, interconexión a red

Ministerio de Industria y el Gobierno de Aragón. Durante el 2008 la Fundación ha asesorado a la Sociedad Estatal Expo Agua en sus proyectos de hidrógeno, como han sido la instalación de una hidrogenera en el barrio de Valdespartera de Zaragoza y la apuesta por una flota de vehículos de hidrógeno. Igualmente para la Expo, realizó la instalación de una pequeña estación de generación de hidrógeno a partir de la luz del sol en la última planta del Pabellón de Aragón. El hidrógeno fabricado en esta instalación servía como combustible para la propulsión de veinte bicicletas que los voluntarios y trabajadores de la Exposición Internacional emplearon para desplazarse en el recinto.

Uno de los proyectos más atractivos de la Fundación, que aúna investigación y promoción de las nuevas tecnologías del hidrógeno,



LAS ENERGÍAS DEL MAR

La idea de utilizar la fuerza del mar para producir energía no es nueva. Basta viajar por el litoral cantábrico para ver ancestrales molinos de mareas, muchos de ellos reconvertidos hoy en museos. Hasta la fecha, la utilización rentable de este tipo de energía es muy baja y se reduce a varias plantas piloto, aunque cabe esperar un importante desarrollo en los próximos años.

Los primeros intentos de extraer energía del mar se remontan a fechas similares a otras energías renovables. Sin embargo, las energías marinas se encuentran actualmente en una fase de divergencia tecnológica, pues existen muchos conceptos en desarrollo en los que ninguno ha llegado a demostrar todavía su liderazgo comercial. A continuación se hace un repaso de las cinco fuentes renovables que la Agencia Internacional de la Energía considera dentro del ámbito de las energías marinas.

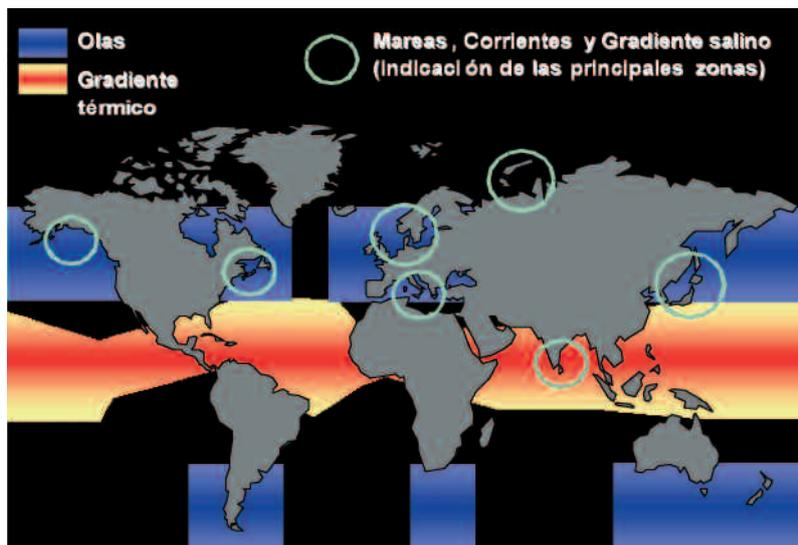
Energía de las mareas

Consiste en aprovechar el ascenso y descenso del agua del mar producido por la acción gravitatoria del Sol y la Luna. Para que sea viable es necesario un salto de marea superior a cinco metros, situación que se da en unos pocos lugares en el mundo.

Para producir electricidad, se realiza un dique con el fin de crear un depósito que se llena durante la pleamar y se vacía cuando la marea está bajando, momento en el cual

el agua retenida pasa por una turbina. La tecnología utilizada tiene un alto grado de madurez debido a su similitud con las centrales hidráulicas. Sin embargo, presenta importantes afecciones medioambientales ya que las ubicaciones óptimas se encuentran normalmente en estuarios con una gran variedad biológica. La mayor instalación de este tipo es la central de La Rance en Francia que comenzó a funcionar en 1967 y genera anualmente 4.400 GWh con una potencia instalada de 240 MW.

Las energías marinas van a contribuir de forma apreciable a la generación de electricidad a partir de fuentes renovables en el horizonte de 2020



→ Distribución de las energías marinas según su tipología.

→ Ejemplos de turbinas para aprovechamiento de las corrientes: SeaGen de la compañía Marine Current Turbines (Reino Unido).



Este tipo de aprovechamiento energético no es viable en España ya que el recorrido de mareas no es suficiente, salvo en lugares muy concretos como puertos comerciales y rías con gran impacto medioambiental.

Corrientes marinas

Las corrientes marinas pueden tener orígenes diferentes: viento, mareas, diferencias de densidad, salinidad o temperatura y la rotación de la Tierra. Independientemente del origen de las corrientes, la tecnología actual es más o menos común y podríamos decir que es similar a las turbinas eólicas. Las dimensiones de las palas y su robustez son muy diferentes a las utilizadas en eólica ya que la densidad del agua marina es unas 1.000 veces superior a la del aire.

Para extraer energía de las corrientes de forma rentable son necesarias velocidades entre uno y tres metros por segundo. En Europa las ubicaciones con mayor potencial se concentran en Reino Unido, con importan-

tes corrientes originadas por las mareas. Por el contrario, en la costa española existen muy pocas ubicaciones con estas características y, las que hay, tienen limitaciones por tráfico marítimo y otros usos, como en rías o el estrecho de Gibraltar.

Gradiente térmico

El grado de penetración de los rayos solares en el mar produce diferencias de temperatura entre la superficie y el fondo que son aprovechables energéticamente mediante máquinas térmicas. Para que estos sistemas sean rentables, la diferencia de temperatura debe ser superior a 20 °C, situación que se da en zonas tropicales con profundidades de unos 1.000 metros. El gradiente térmico presenta las ventajas de ser una fuente constante y con tecnología basada en la industria petrolífera. Por el contrario, los costes resultan aún muy elevados asociados al hecho de que el recurso se encuentra en zonas alejadas de los puntos de consumo. Se han realizado instalaciones de carácter experimental en Hawái,

India y Japón destacando la plataforma flotante instalada en India en 2001 con una potencia de 1 MW.

Gradiente salino

La diferencia de salinidad entre el agua del mar y de los ríos es también una posible fuente de energía. En este sentido, se está trabajando en dos tecnologías diferentes para el aprovechamiento del gradiente salino:

Por un lado, el retardo de la presión osmótica (PRO - Pressure-Retarded Osmosis), que consiste en bombear agua marina a un depósito, donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y la salada. El agua dulce fluye a través de una membrana semipermeable incrementando el volumen de agua en el depósito que puede generar electricidad mediante una turbina hidráulica. La compañía noruega Statkraft ha anunciado en 2008 la construcción de la primera planta piloto en el mundo de generación eléctrica con esta tecnología, con una potencia entre 2 y 4 kW. ⇒

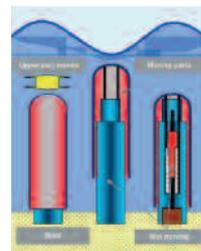
El gradiente salino tiene un gran potencial como fuente renovable debido a su alta densidad energética y a su carácter no intermitente



→ Central de aprovechamiento térmico Tamil Nadu, India.



→ Vista de la futura instalación de energía por gradiente salino de la empresa Noruega Statkraft.



→ Archimedes Wave Swing



La electrodiálisis inversa (RED - Reverse electrodialysis), por su lado, consiste en el fenómeno inverso a la desalación de agua: mediante membranas selectivas a los iones se crea electricidad en forma de corriente continua.

Es importante reconocer el potencial del gradiente salino como fuente renovable debido a su alta densidad energética y a su carácter no intermitente. Sin embargo, la tecnología está todavía poco desarrollada y su coste sigue siendo muy elevado. Por otra parte, las desembocaduras de ríos pueden presentar limitaciones por conflictos con otros usos.

Energías de las olas

Aunque todas las energías marinas están en desarrollo, cabe destacar la energía del oleaje o undimotriz, con un importante número de proyectos en marcha. A lo largo de la historia se han propuesto diversos conceptos para el aprovechamiento de la energía del oleaje. Sin embargo, no se ha producido aún una etapa convergente hacia una tecnología común y en la actualidad coexisten diferentes sistemas de captación. A continuación se repasan algunos de ellos atendiendo a tres criterios de clasificación:

Clasificación según ubicación. Se trata del criterio adoptado en el proyecto europeo WaveNet que clasifica los dispositivos principalmente en función de su distancia a costa.

Clasificación según principio de captación, que se puede dividir a su vez en tres: diferencias de presión, cuerpos flotantes, y sistemas de rebosamiento y/o impacto.

Cuando el sistema de captación se lleva a cabo por diferencias de presión se aprovecha la que se crea por el oleaje en un fluido, normalmente aire, distinguiéndose dos fenómenos:

-**Columna de agua oscilante (OWC - Oscillating Water Column)**. Mediante una cámara semisumergida abierta por la parte inferior, el movimiento alternativo de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno. Este flujo de aire acciona una turbina que con un diseño especial gira siempre en el mismo sentido a pesar del flujo de aire bidireccional.

-**Efecto Arquímedes**. Aprovecha la fluctuación de la presión estática originada por la oscilación del nivel del agua al paso de la ola. Se utiliza una cámara de aire cerrada que puede variar su volumen en función de la presión a la que es sometida. La parte inferior se fija al fondo, mientras que la superior puede desplazarse verticalmente. Un ejemplo de esta tecnología es el dispositivo Archimedes Wave Swing desarrollado por la compañía holandesa Teamwork Technology y licenciado para su explotación a la empresa escocesa AWS Ocean Energy.

Si el sistema de captación se basa en cuerpos flotantes movidos por las olas, el movimiento oscilatorio aprovechable puede ser vertical, horizontal, de cabeceo o una combinación de ellos. Por otra parte, este movimiento inducido puede ser bien un movimiento absoluto entre el cuerpo flotante y una referencia fija externa o bien relativo entre dos o más cuerpos. De todos los dispositivos existentes, el que está en una fase más avanzada de desarrollo es Pelamis de la compañía escocesa Pelamis Wave Power.

En el caso de sistemas de rebosamiento y/o impacto hablamos de dispositivos en los que las olas inciden en una estructura lo que consigue aumentar su energía potencial, cinética o ambas. Los sistemas de rebosamiento fuerzan a que el agua pase por encima de la estructura mientras que en los de impacto las olas inciden en una estructura articulada o flexible. Los sistemas de impacto pueden situarse en la costa o en mar abierto. Un sistema representativo de rebosamiento es Wave Dragon desarrollado en Dinamarca por la empresa del mismo nombre. Los sistemas de impacto suelen situarse cerca de la costa como el dispositivo Oyster desarrollado por la compañía escocesa Aquamarine Power.

Clasificación según tamaño y orientación, que puede ser por absorbe-

El apoyo de los Gobiernos será decisivo para el desarrollo de este tipo de energías, tanto en lo que se refiere a la I+D como al establecimiento de marcos legales que favorezcan la inversión



→ Vista del primer parque pre-comercial de energía de las olas. Portugal.



→ Prototipo a escala un cuarto que está desarrollando la empresa OCEANTEC.

dores puntuales, terminadores o totalizadores, o por atenuadores.

Cuando nos referimos a absorbedores puntuales, se trata de estructuras pequeñas en comparación con la longitud de la ola incidente y formas cilíndricas, esto es, con simetría axial, por lo que no les afecta la dirección del oleaje. Generalmente se colocan varios absorbedores puntuales agrupados formando una línea. Los absorbedores puntuales suelen basarse en sistemas tipo boya, como AquaBUOY de la compañía Finavera Renewables o Power-Buoy de la empresa estadounidense Ocean Power Technologies.

Al hablar de terminadores o totalizadores hacemos referencia a los dispositivos alargados situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola y que pretenden captar la energía de una sola vez. Un dispositivo ideal de este tipo no reflejaría ninguna energía, aprovechando el 100% de la misma.

Los atenuadores, por su parte, también denominados absorbedores lineales, consisten en estructuras alargadas, colocadas en paralelo a la dirección de avance de las olas, de forma que van extrayendo energía de modo progresivo y direccional. Un dispositivo de tipo atenuador representativo es Pelamis.

Avances recientes y perspectivas futuras

Todas las formas de extraer energía del mar están en desarrollo a

nivel mundial con diferentes proyectos de demostración pero sin haber llegado aún a una fase comercial. En Europa destacan los proyectos de olas y corrientes. En septiembre del 2008 entró en funcionamiento en Portugal la primera instalación pre-comercial en el mundo de energía de las olas con una potencia total de 2,25 MW, que cuenta con 3 dispositivos Pelamis de 750kW cada uno. En España, también en septiembre del 2008, un consorcio liderado por Iberdrola instaló la primera boya Powerbuoy en Santoña, Cantabria. El Ente Vasco de la Energía (EVE), ha anunciado para la primavera de 2009 la entrada en funcionamiento de la que sería la primera instalación conectada a la red eléctrica de energía de las olas en España. La planta de unos 300 kW de potencia se está instalando en el nuevo dique de Mutriku utilizando tecnología OWC de la empresa escocesa Wavegen. El Gobierno Vasco, a través del EVE, tiene previsto poner en marcha una instalación para el ensayo y demostración de captadores de energía de las olas con una potencia total de 20 MW. Está previsto que esta instalación, denominada bimep (Biscay Marine Energy Platform), entre en funcionamiento en 2010. La empresa Oceantec Energías Marinas, S.L., participada por Iberdrola y Tecnalia, está desarrollando un captador de energía de las olas de tipo atenuador con tecnología totalmente española. En septiembre del 2008 se instaló en aguas del País Vasco

un primer prototipo a escala para validar la tecnología Oceantec.

También se han producido hitos relevantes en 2008 en lo que se refiere a corrientes marinas. La empresa británica Marine Current Turbines anunció en septiembre que ha probado con éxito un prototipo conectado a la red eléctrica de la turbina SeaGen de 1,2 MW. Por su parte la irlandesa OpenHydro también ha conectado a la red eléctrica un prototipo de menor potencia de su turbina para corrientes. Precisamente la tecnología de OpenHydro ha sido la elegida por la compañía eléctrica francesa EDF para poner en marcha lo que sería el primer parque comercial de turbinas sumergidas con una potencia de entre 2 y 4 MW.

Todos estos avances tecnológicos permiten vaticinar que las energías marinas van a contribuir de forma apreciable a la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de cara a los objetivos Europeos en 2020. Para ello será clave el apoyo de los Gobiernos tanto en lo que se refiere a la investigación y desarrollo como al establecimiento de marcos legales que favorezcan la creación de un mercado que atraiga la inversión como ha ocurrido con otras fuentes renovables. ■

José Luis Villate, físico, es responsable de Energías Marinas en la corporación tecnológica Tecnalia en Zamudio (Vizcaya).



Prospectiva y vigilancia Tecnológica en el CIEMAT

Una de las características principales del escenario internacional es la rapidez con que ocurren los cambios y las repercusiones que causan sus efectos. Los avances tecnológicos, el desarrollo de la globalización y la influencia de factores como el cambio climático o el concepto de sostenibilidad en la toma de decisiones crean situaciones sometidas a cambios que pueden incidir de manera desconocida sobre cómo podría ser el futuro en relación con la situación actual.

Para tratar de analizar esta situación existen distintas herramientas que permiten pensar sobre el futuro, poder afrontar la incertidumbre y encarar los retos de manera activa. La prospectiva y la vigilancia permiten generar los conocimientos necesarios sobre el entorno incierto para poder anticipar situaciones futuras en base a la identificación y evaluación de los impactos de las grandes tendencias, junto con el análisis del entorno en que nos encontramos, como base para poder tomar decisiones estratégicas.

Ambas están relacionadas con el devenir, lo que está por venir, el interés por conocer qué es lo que nos espera, aunque cada una de ellas tiene distinto horizonte temporal. La vigilancia proporciona información sobre la situación actual, lo que nos rodea y su evolución a corto plazo. La prospectiva es una mirada a largo plazo, indica cuáles pueden ser los posibles escenarios en un horizonte a 20 o 30 años. La vigilancia nos indica dónde estamos, nuestra situación respecto al entorno, y la prospectiva nos indica hacia dónde vamos, el horizonte de actuación.

De esta forma la prospectiva proporciona capacidad estratégica a la vigilancia al aportarle información para saber hacia dónde ir, cuáles son las tendencias. A su vez, la vigilancia permite a la prospectiva conocer lo que está pasando, la situación y el escenario de partida que serán los puntos de partida para los desarrollos a largo plazo.

El análisis del entorno que rodea a una organización es una actividad fundamental para poder poner en marcha los mecanismos necesarios que permitan dar respuesta a los retos con que se enfrentan los responsables de la toma de decisiones. Disponer de la información necesaria sobre la evolución de las tecnologías, los obstáculos para su desarrollo, la necesidad de nuevos conocimientos científicos y la evolución de las demandas de la sociedad permite adoptar las estrategias y decisiones

adecuadas para impulsar desarrollos innovadores, aprovechando las ventajas competitivas de que se dispone.

Como ejemplo, el 7º Programa Marco de la UE las considera como herramientas para proporcionar los conocimientos necesarios para la elaboración de políticas energéticas, ya que la prospectiva permite evaluar el impacto de los desarrollos tecnológicos en función de los objetivos energéticos y de las políticas medioambientales. Entre los diferentes temas, aparecen la creación de una metodología común europea de vigilancia y su implementación para evaluar el progreso de las distintas tecnologías y su contribución a los objetivos de la política energética común.

La utilización de la vigilancia permite a los centros de investigación en energía definir sus actuaciones mediante la identificación de las tecnologías más adecuadas para reducir las emisiones, junto con las líneas de investigación básica y estratégica necesarias para impulsar su entrada en los mercados energéticos. Para ello, es preciso integrar los recursos existentes o accesibles por Internet con la opinión y conocimiento de los expertos. Esta metodología es la base del Sistema de Vigilancia Tecnológica de la Unidad de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica del CIEMAT. Este sistema recibió en 2007 el primer certificado que se concede en España según la norma UNE 166006:2006, otorgado por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

Con respecto a las actividades de prospectiva, CIEMAT es el centro responsable de los estudios en el área de energía desarrollados desde 1997 por la fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industria (OPTI), que ha permitido crear una red de conocimientos sobre el futuro para la toma de decisiones estratégicas. Estos estudios han permitido identificar cuáles son las tecnologías que deben considerarse como críticas en función de su impacto para conseguir un sistema energético más sostenible.

La prospectiva es una mirada a largo plazo, indica cuáles pueden ser los posibles escenarios en un horizonte a 20 o 30 años

Guía de recursos

ORGANISMOS DE GESTIÓN:

- Secretaría General de Energía del M.º de Industria, Turismo y Comercio
www.mityc.es/energia
- Secretaría de Estado de Cambio Climático del M.º de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
www.idae.es
- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)
www.cdti.es
- Comisión Nacional de Energía (CNE)
www.cne.es
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
www.csn.es

ORGANIZACIONES DE I+D+i:

- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
www.ciemat.es
- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)
www.cener.es
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
www.aemet.es
- Instituto Madrileño de Estudios Avanzados (IMDEA) Energía
www.imdea.es/energia

ORGANIZACIONES EMPRESARIALES:

- Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA)
www.appa.es
- Asociación Empresarial Eólica (AEE)
www.aeeolica.es
- Asociación Española de Empresas de Energía Solar y Alternativas (ASENSA)
www.asensa.org
- Foro de la Industria Nuclear Española (Foro Nuclear)
www.foronuclear.org

OTRAS ORGANIZACIONES ESPECIALIZADAS:

- Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI)
www.opti.es
- Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (EnerAgen)
www.eneragen.org
- Asociación Española del Hidrógeno (AeH2)
www.aeh2.org
- Asociación Española de Pilas de Combustible (APPICE)
www.appice.es
- Club Español de la Energía (ENERCLUB)
www.enerclub.es

- Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible
www.ptehpc.org
- Asociación Española para la Promoción de la Energía Geotérmica (AEPEG)
www.energia-geotermica.net
- Energía sin Fronteras (ESF)
www.energiasinfronteras.org

ORGANIZACIONES EUROPEAS:

- Política energética de la Comisión Europea
ec.europa.eu/energy
- Foro Europeo de Energía (EEF)
www.europeanenergyforum.eu
- Consorcio Europeo de Energía Renovable (EREC)
www.erec.org
- Foro Europeo para Fuentes de Energía Renovable (EUFORES)
www.eufores.org
- Federación Europea de Energías Renovables (EREF)
www.eref-europe.org
- Plataforma Tecnológica Europea del Hidrógeno y las Pilas de Combustible (HFP)
www.hfp-europe.org
- Asociación Europea de Energía Marina (EU-OEA)
www.eu-oea.com
- Proyecto Planeamiento y Comercialización de Energía Marina (WAVEPLAM)
www.waveplam.eu

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES:

- Agencia Internacional de la Energía (IEA)
www.iea.org
- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)
www.irena.org
- Agencia Internacional de la Energía Atómica (IAEA)
www.iaea.org
- Proyecto ITER
www.iter.org
- Acuerdo de Implementación para Sistemas de Energía Marina de la IEA (IEA-OES)
www.iea-oceans.org
- Consejo Mundial de la Energía (WEC)
www.worldenergy.org
- Secretaría de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC)
www.unfccc.int
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
www.ipcc.ch
- Asociación Internacional para la Economía Energética (IAEE)
www.iaee.org



[Inicio](#) | [Acerca de fys](#) | [Contacto](#) | [Suscripción](#)



Acceso Usuario
 Login:
 Password:



8 de Septiembre de 2006

Bienvenido a FyS,

Encuentra un evento

Noticias

Eventos

Seleccione lugar
 Seleccione fecha

Noticias del día

Eventos destacados

www.fys.es



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 consiste en deducir todos los comportamientos del mundo a partir de los átomos y las partículas elementales.



Centro de Consejo de El CSM
 para descubrir para descubrir
 funciona la
[\[+info\]](#)

- 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

Noticias

Eventos

Servicios

Portales Temáticos

- **El lanzamiento del "Atlantis", pendiente de un problema técnico.** [El Mundo - 08/09/2006]
- **Una solución al inminente déficit energético.** [Madrid+d - 08/09/2006]
- **Prácticamente se han otorgado en Francia los premios Nobel de matemáticas.** [El País - 08/09/2006]
- **Un modelo aumenta los sistemas planetarios que podrían albergar planetas adecuados para la vida.** [ABC - 08/09/2006]

- Otros eventos**
- UIMP** Enerpersreno
- Power Conf**
- Univ Biolo**

Una iniciativa del Colegio Oficial de Físicos



LA PROFESIÓN DE FÍSICO, PROFESIÓN REGULADA

El Gobierno ha aprobado por fin la normativa sobre reconocimiento de cualificaciones profesionales. En este texto (RD 1837/2008, BOE de 20-11-2008) se define «profesión regulada» como toda «actividad o conjunto de actividades profesionales para cuyo acceso, ejercicio o modalidad de ejercicio se exija, de manera directa o indirecta, estar en posesión de determinadas cualificaciones profesionales, en virtud de disposiciones legales, reglamentarias o administrativas». Entre las profesiones reguladas a efectos del reconocimiento de cualificaciones se incluye específicamente la de «Físico», que había sido excluida del anteproyecto presentado el año pasado, junto a otras profesiones tradicionales en nuestro país (véase el n.º 18 de Física y Sociedad).

El Colegio de Físicos considera que la distinción es crucial para el desarrollo de la profesión de Físico. En efecto, las profesiones y actividades no reguladas se entiende que son de ejercicio libre y, por tanto, no requieren ningún reconocimiento. Esto habría podido

conducir a situaciones de agravio para los físicos; de un lado, frente a otras profesiones consideradas reguladas; y, de otro, frente a profesionales procedentes de otros países, en un marco de libre circulación de personas y servicios dentro de la Unión Europea. ⇒

STEPHEN HAWKING RECIBE EN SANTIAGO EL PREMIO FONSECA



El jurado del I Premio Fonseca ha elegido al profesor Stephen Hawking por su trayectoria y «su excepcional maestría en la popularización de conceptos complejos de la Física».

Hawking es uno de los mayores divulgadores de ciencia que existen en la actualidad y se ha convertido en «una referencia pública de la Ciencia en el mundo». ⇒



El LHC
ya es una realidad
(página 47)



Nobel para el estudio
de las simetrías en la
estructura subatómica
(página 48)



El Conama 9
punto de encuentro
(página 50)



Físicos a la
conquista del Sol
(página 52)

(viene de la página 45) ⇒



Por ello, en el transcurso del último año esta reivindicación ha sido constante por todos los medios al alcance del Colegio. Estos esfuerzos, realizados de forma coordinada con el resto de organizaciones profesionales, han dado finalmente sus frutos.

La adaptación de las normativas españolas del ámbito profesional al marco europeo es un complejo proceso aún en marcha. El Colegio de Físicos sigue muy de cerca su desarrollo y colabora

con los ministerios competentes para presentar las alegaciones adecuadas. Este es el caso, también, del anteproyecto de ley sobre el libre acceso y ejercicio de las actividades de servicios, recientemente presentado, que transpondrá al derecho de nuestro país la directiva europea relativa a los servicios en el mercado interior. Todo ello permitirá actualizar y modernizar el papel de los colegios profesionales como servicio a la sociedad, un objetivo que el Colegio de Físicos comparte.

(viene de la página 45) ⇒



El acto de entrega tuvo lugar el 27 de septiembre, al término de una visita de una semana llena de actividades y encuentros con autoridades, prensa, investigadores y el público.

Los promotores de este premio, la Universidad de Santiago de Compostela y el Consorcio de Santiago, conscientes de la importancia de la transferencia del conocimiento científico a la sociedad, pusieron en marcha en 2006 el programa ConCiencia de divulgación científica que cada año trae a Galicia varios premios nobel para impartir conferencias.

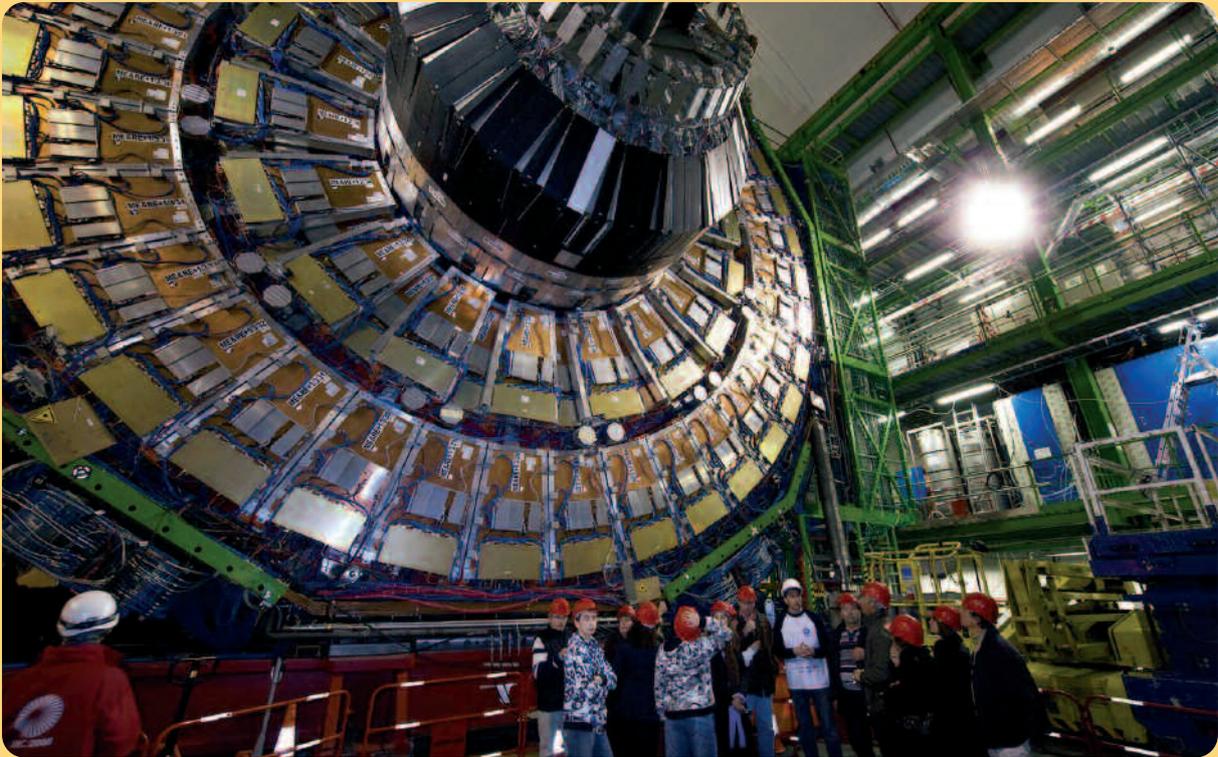
Su responsable, el físico Jorge Mira, reconoce que «la brecha que se abre entre los científicos y el público general es cada vez más grande, ya que el progreso científico crece a un ritmo más rápido que la capacidad de ese público para seguirlo». Por ello, del seno de ConCiencia se ha concedido este año por primera vez el Premio Fonseca, que lleva el nombre de uno de los fundadores de la Universidad de Santiago de Compostela, para invitar a las principales mentes del panorama internacional a transmitir sus ideas a una ciudad símbolo de la cultura y el conocimiento.

NUEVOS GRADOS EN FÍSICA

El Colegio de Físicos está colaborando estrechamente con las universidades en la elaboración de los nuevos planes de estudio correspondientes al Grado en Física. Este nuevo título, de cuatro cursos de duración, debe sustituir a las actuales licenciaturas de cinco cursos de cara a la adaptación al marco del Espacio Europeo de Educación Superior. El apoyo del Colegio de Físicos se concreta en la participación en comisiones de trabajo y en la remisión de informes a requerimiento de las facultades.

El Colegio defiende, entre otros aspectos, la inclusión de una asignatura de Proyectos, preferentemente con carácter obligatorio, carga lectiva de 6 créditos y diferenciada del Trabajo de fin de grado. Se estima que esta materia ayudaría decisivamente a evitar los obstáculos que surgen cuando los proyectos para los que los colegiados solicitan visado se presentan ante las diferentes administraciones. Este ejercicio profesional por parte del Físico abre, además, nuevas oportunidades que no tienen por qué ser excluyentes a sus ocupaciones tradicionales en la docencia y la investigación básica y aplicada, que cuentan también con el respaldo total del Colegio.

Existe constancia de que esta asignatura de Proyectos va a ser una realidad en los futuros grados en Física de algunas facultades españolas. Sería deseable, no obstante, que se llegue a impartir en toda España ya que es imprescindible en nuestros días reivindicar también la competencia profesional de los Físicos como proyectistas-técnicos desde la misma formación recibida en las aulas.



EL LHC YA ES UNA REALIDAD

Desde que hace 20 años comenzaron los primeros proyectos para diseñar y construir en Europa el Gran Colisionador de Hadrones (*Large Hadron Collider* o LHC), los alrededor de diez mil físicos e ingenieros implicados han tenido que superar muchos desafíos. El gigantesco proyecto ha logrado reunir a casi 200 instituciones de decenas de países, entre las que se encuentra una gran representación española. Los responsables del LHC han tenido incluso que enfrentarse a problemas judiciales de quienes desconfiaban de la seguridad de los experimentos que se realizarán.

Sin embargo, al fin los esfuerzos comienzan a verse recompensados. El 10 de septiembre se puso en funcionamiento la instalación, logrando inyectar por vez primera dos haces de protones a lo largo del recorrido del anillo acelerador. Días más tarde, una conexión eléctrica defectuosa entre dos de los enormes imanes del acelerador ocasionó una avería y la liberación hacia el túnel del helio superfluido utilizado para su refrigeración. No obstante, el 21 de octubre se celebró la ceremonia prevista de inauguración con la asistencia de ministros y representantes científicos de los estados y empresas participantes en su construcción.

El gran colisionador de partículas se aloja en un túnel circular de 27 kilómetros de longitud enterrado a unos

100 metros de profundidad cerca de Ginebra. A lo largo de su perímetro contiene 1.232 imanes dipolares que generan un potentísimo campo magnético (de 8,4 teslas) a $-271,3$ °C. Por el acelerador circulan haces de protones a velocidades próximas a la de la luz en sentidos opuestos para conseguir su choque en cuatro puntos concretos, donde se sitúan cuatro enormes detectores de partículas que registran los resultados de las colisiones.

Para reparar la avería es necesario recalentar la instalación, sustituir los componentes dañados con piezas de repuesto y volver a enfriarla de nuevo. Todo este proceso, unido al parón invernal ya previsto (para evitar el aumento del consumo energético en los meses de más demanda), llevará varios meses, hasta el verano del 2009.

A partir de entonces, cuando esté a pleno rendimiento las partículas subatómicas colisionarán en las entrañas del LHC aproximadamente 600 millones de veces por segundo y desencadenarán la mayor cantidad de energía jamás observada en las condiciones de un experimento científico. Se espera que estas colisiones permitan a los físicos verificar la existencia del elusivo bosón de Higgs y estudiar las condiciones reinantes en los instantes inmediatamente posteriores al nacimiento del universo.

Además del decisivo avance que supondrá para el conocimiento de la estructura de la materia y la evolución del universo, y para la cooperación internacional, ya se están estudiando las aportaciones del LHC para campos como la medicina, internet o la telefonía móvil.



→ Yoichiro Nambu



→ Makoto Kobayashi



→ Toshihide Maskawa

NOBEL PARA EL ESTUDIO DE LAS SIMETRÍAS EN LA ESTRUCTURA SUBATÓMICA

Este año la Real Academia de las Ciencias Sueca ha premiado a tres investigadores de origen japonés pioneros del estudio de la física subatómica, que han contribuido a revelar el orden escondido en el universo.

La mitad del premio ha sido concedida al estadounidense Yoichiro Nambu, actualmente profesor emérito del Instituto Enrico Fermi de la Universidad de Chicago, «por el descubrimiento del mecanismo de la simetría espontáneamente rota en

La presencia de simetrías en las interacciones entre partículas descubierta por Nambu sentó las bases del Modelo Estándar

la física subatómica». Nambu ya en 1960 formuló la descripción matemática de la presencia de simetrías en las interacciones entre partículas que sentó las bases del Modelo Estándar de física de partículas.

Siguiendo estas mismas ideas, Makoto Kobayashi, en la actualidad profesor emérito de la Organización para la Investigación en Aceleradores de Alta Energía de Tsukuba, y Toshihide Maskawa, del Instituto Yukawa de Física Teórica de la Universidad de Kyoto, han recibido la otra mitad del premio gracias al descubrimiento conjunto «del origen de la simetría rota que predice la existencia de, al menos, tres familias de quarks en la naturaleza». En la física de partículas los quarks, junto con los leptones, son los constituyentes fundamentales de la materia y las par-

tículas más pequeñas que se ha logrado identificar. Varios quarks se combinan para formar partículas como los protones y los neutrones. En la actualidad se conocen seis tipos distintos agrupados en pares, además de sus correspondientes antiquarks.

La concesión del Nobel de Física de este año ha originado cierta controversia, especialmente en Italia, al omitir a Nicola Cabibbo, profesor en la Universidad de Roma «La Sapienza» y presidente de la Academia de Ciencias Pontificia del Vaticano, quien adelantó los principios que los nobeles japoneses generalizaron. No en vano, el mecanismo que estos describieron se conoce como CKM, por las iniciales de los tres físicos.

Más información en: www.nobelprize.org

Premios Príncipe de Asturias a la Ciencia de Materiales y la Nanotecnología

Este año, el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica, uno de los galardones de mayor trascendencia a nivel nacional, ha sido concedido a cinco científicos expertos en Ciencia de Materiales y Nanotecnología: el físico Sumio Iijima, los ingenieros Shuji Nakamura y

Robert Langer y los químicos George Whitesides y Tobin Marks. Todos ellos trabajan con la materia a escala atómica y sus descubrimientos están conduciendo a múltiples aplicaciones en los campos de la electrónica, la computación, la salud o el desarrollo sostenible.

En palabras de S.A.R. el Príncipe de Asturias, sus logros son «un claro ejemplo de ese apasionante y trascendental papel de la ciencia: entender cada vez más cómo funciona el mundo material, y mejorar nuestras vidas, haciéndolas más agradables o liberándolas de sufrimientos».



EL COFIS FORMA A LOS PROFESORES

El Colegio Oficial de Físicos ha organizado la primera edición del curso «Energía: retos y futuro» en colaboración con Red Eléctrica de España (REE). Este nuevo curso, orientado a la formación de profesorado de educación secundaria, se desarrolló en el mes de mayo del 2008 en Majadahonda (Madrid) con una evaluación muy positiva.

Con el patrocinio y la experiencia de REE, contó con destacadas personalidades del ámbito universitario, organismos oficiales y la propia empresa. Mesas redondas y ponencias fueron sus actividades fundamentales, completadas con una visita guiada a los centros de control de REE para observar in situ la evolución de la demanda y de la producción.

Destaca también la octava edición de ya tradicional «Curso de Formación del Profesorado en el Área de la Meteorología». Impartido en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología, se desarrolló durante dos fines de semana de abril. Como cada año, proporcionó una completa introducción a la meteorología y sus aplicaciones, así como a temas de impacto social como el cambio climático, entre otros.

VIDA SOCIAL

El Colegio de Físicos ha celebrado distintas visitas guiadas para dar a conocer in situ a los colegiados el funcionamiento de centros como el Laboratorio Nacional de Fusión o el Centro de Información del Consejo de Seguridad Nuclear. Se han ofrecido también diversas charlas-coloquio para presentar el Colegio y orientar sobre su futuro profesional a los estudiantes de la licenciatura de Física en facultades de Madrid, Bilbao, Zaragoza, Sevilla o Salamanca. Además se han impartido en Bilbao, Santiago y Madrid charlas de presentación de la especialidad de Radiofísica Hospitalaria, que conjuga a la perfección física y salud. En ellas, responsables de Radiofísica de hospitales de prestigio acompañaron a radiofísicos residentes, que relataron sus experiencias y resolvieron las dudas de los asistentes.



LA FÍSICA EN LA SOCIEDAD

El COFIS participó en la VII Semana de la Ciencia con la tertulia «50 años del Sputnik», en la que se conmemoró a finales del 2007 el lanzamiento del primer satélite artificial y se reflexionó sobre el panorama actual y futuro de la exploración y uso del espacio. En este acto tuvo lugar también la presentación del número 18 de la revista *Física y Sociedad*, dedicada a este tema.

También en noviembre del 2007, recién titulados y profesionales tuvieron la oportunidad de conocer a fondo diferentes perspectivas sobre el panorama laboral de la física en el «Foro Ciencia-Empresa: el físico como profesional de la innovación tecnológica». Las jornadas, celebradas en la Fundación Ramón Areces en Madrid, fueron organizadas por la Real Sociedad Española de Física y contaron con la participación como ponente de D. Gonzalo Echagüe, presidente del Colegio de Físicos.

En septiembre del 2008 el Colegio de Físicos organizó también, con otros colegios profesionales, la «Jornada sobre Energías Renovables y Eficiencia Energética en la Comunidad de Madrid». En el encuentro, destacadas personalidades del ámbito colegial, empresarial, universitario y de las administraciones públicas valoraron en detalle la situación energética actual y futura.



EL CONAMA 9, PUNTO DE ENCUENTRO

Con el lema «El reto es actuar», el Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) celebra en Madrid su novena edición. Colegios profesionales, asociaciones, políticos, empresarios, técnicos de las distintas administraciones públicas, organizaciones ecologistas, sindicatos y el mundo universitario se dan cita, una vez más, en este encuentro obligado con el medio ambiente.

En esta ocasión el CONAMA 9 aboga por el inicio de una nueva etapa en la lucha por la conservación del medio, en la que se pase de los compromisos a la acción y se pongan en marcha políticas activas en materia medioambiental. «Durante todos estos años hemos pasado de las etapas de análisis y estudios a una nueva fase en la que la prioridad es la acción» –ha manifestado en los días previos al evento Gonzalo Echagüe, presidente de la Fundación CONA-

MA– «ya que, según los datos que conocemos y los síntomas que presenta el planeta, ha llegado el momento de actuar en todos los sentidos y por parte de todos».

En la consecución de este objetivo entre el 1 y el 5 de diciembre el CONAMA 9 acoge a más de 200 entidades y 10.500 congresistas, entre los que destaca la alta participación de técnicos y profesionales de las más diversas disciplinas.



LOS FÍSICOS ACTÚAN EN EL CONAMA

El Colegio Oficial de Físicos (COFIS) tiene, como en otras ocasiones, un papel destacado en el desarrollo del congreso. Esto no debe extrañar si tenemos en cuenta la indiscutible aplicación de la Física al medio ambiente. El estudio de las técnicas de medición y control de contaminantes, la propagación de ondas sonoras, electromagnéticas y luminosas, el conocimiento de la radiación, la producción de energía, el cambio climático, etc., son algunas de las parcelas donde desarrolla su actividad el físico y que resultan imprescindibles para evaluar la situación del medio y buscar soluciones para su conservación.

Son muchos los físicos que participan como coordinadores, colaboradores técnicos o ponentes en los diversos grupos de trabajo que se han venido reuniendo antes de la celebración del Congreso. Durante el mismo, varias de las mesas redondas y jornadas técnicas son igualmente moderadas por físicos. El Colegio participa además con un *stand* propio para dar a conocer

sus actividades y ser un punto de encuentro también para los físicos que asisten al CONAMA 9.

Este año se celebra, además, una Actividad especial organizada por el Colegio de Físicos con el título de «Energías de futuro». Centrado en las últimas novedades sobre tecnologías energéticas, cuenta con la presencia de ponentes

expertos en torno a tres temas clave en este ámbito: «Las tecnologías del hidrógeno», «La energía de fusión nuclear» y «La energía solar de concentración».

En suma, más de un centenar largo de actividades para analizar, reflexionar, motivar y actuar. Ese es el reto.

Más información en: www.conama9.org



LA CIENCIA EN CASA CON IBERCIVIS

El Colegio de Físicos colabora con Ibercivis, un proyecto de computación voluntaria cuyo objetivo es aprovechar los ordenadores domésticos durante el tiempo que se encuentran inactivos. Mediante un *software* libre, esa capacidad se aprovecha para proyectos de investigación científica.

Actualmente están en marcha tres: fusión nuclear (simulación de trayectorias de partículas); ensamblaje de moléculas (búsqueda de las más eficientes como futuros medicamentos); y materiales (simulando estructuras como superconductores y nuevos materiales magnéticos).

Desde la presentación oficial del proyecto en junio pasado el número de participantes aumenta sin cesar. Para registrarse basta con entrar en la página web del proyecto y seguir las instrucciones. Los usuarios van acumulando créditos que les permiten participar en sorteos.

Más información en: www.ibercivis.es

FORMACIÓN EN ELECTROMEDICINA

El Colegio Oficial de Físicos ha organizado para el 2009 la tercera edición del curso «Tecnología, gestión hospitalaria: Física y Salud» que se impartirá en la Universidad de Sevilla entre los meses de enero a mayo.

Se trata de un área de creciente desarrollo, siendo los hospitales e instituciones sanitarias una de las fuentes de demanda de estos profesionales, a las que se suma un creciente número de empresas dedicadas a las tecnologías sanitarias.

Este curso tiene por objeto dar a conocer las posibilidades profesionales que se ofrecen en electromedicina, proporcionando una formación teórico-práctica para dotar a los alumnos de un conocimiento completo de la situación en un entorno de trabajo real.

PREMIOS, JORNADAS Y PUBLICACIONES

El Colegio de Físicos colabora de nuevo en la organización de las «IV Jornadas de la Enseñanza de la Física y la Química» que se celebran a finales de noviembre en CosmoCaixa Madrid (Alcobendas). Con gran éxito de participación, estas jornadas pretenden mejorar la formación de los profesores de estas materias.

También el «Premio José M.^o Savirón de Divulgación Científica» se ha consolidado en el entorno del COFIS y otras entidades que colaboran en su organización. Ya en su cuarta edición, vuelve a reconocer a las personas que han sobresalido por su

labor divulgativa, con una modalidad nacional y otra para Aragón. La entrega de los premios se celebrará en la Universidad de Zaragoza a comienzos del 2009.

Además, el Colegio de Físicos edita



EL UNIVERSO, PARA QUE LO DESCUBRAS

2009 ha sido declarado por la UNESCO y la Unión Astronómica Internacional como Año Internacional de la Astronomía. El objetivo de esta celebración es mostrar a los ciudadanos la contribución de la astronomía a la sociedad, la cultura y al desarrollo de la humanidad a través de un camino de descubrimientos que se inició hace ya 400 años, cuando Galileo Galilei apuntó por primera vez al cielo un telescopio. El evento reivindicará especialmente el papel de las astrónomas y de los aficionados, así como la recuperación de los cielos oscuros perdidos por la contaminación lumínica. Cada país cuenta con un nodo nacional, constituido por los representantes de los institutos, observatorios, planetarios y asociaciones interesados en participar.

Más información en: www.iaa.es/IYA09



Trabajar en energía solar

FÍSICOS A LA CONQUISTA DEL SOL

Las energías renovables actuarán como revulsivo de la economía española durante la crisis, o por lo menos eso es lo que creen las principales consultoras de recursos humanos del país. Según parece, las fuentes limpias serán uno de los pocos sectores capaces de generar empleo. Una alternativa para muchos profesionales titulados y, por supuesto, para los licenciados en física.

Cada año son más los físicos que trabajan en el sector de las energías renovables, y más concretamente en el sector de la energía solar. Su perfil flexible y multidisciplinar hace que estos profesionales sean muy bien valorados por las empresas del ramo.

Si bien durante los años noventa la mayoría de empresas del sector de la energía solar solicitaban incorporar a sus filas ingenieros formados en disciplinas muy determinadas, a día de hoy se decantan por perfiles

más generales que, como el del físico, aúnan capacidad de adaptación y amplios conocimientos técnicos, electrónicos e informáticos, entre otros.

La primera edición del Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universidad de Santiago de Compostela (La Coruña), es una muestra de esta realidad. Ángeles López Agüera, coordinadora del máster y decana de la Facultad de Física, nos comenta: «para las 50 plazas ofertadas el año pasado,

recogimos más de 100 solicitudes. En la actualidad tenemos a 42 de los 50 alumnos incorporados en las mejores empresas del tejido empresarial del sector, y ni siquiera han terminado el postgrado, por lo que estamos hablando de un éxito casi total en la inserción laboral de este tipo de profesionales». Estos datos avalan no sólo el auge del sector, sino también las posibilidades de los licenciados en ciencias físicas.

De hecho, Ángeles López Agüera es buen ejemplo de la incorporación del

Las empresas del sector se decantan por perfiles generales que, como el físico, aúnan capacidad de adaptación y amplios conocimientos técnicos, electrónicos e informáticos



físico en el sector solar. Como física, Ángeles ha estado vinculada al mundo de la investigación desde hace 25 años. Antes de ocupar el decanato de la facultad estuvo en el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) durante ocho años. En la actualidad, y desde hace cuatro años, participa en el proyecto de astrofísica de partículas Observatorio Pierre Auger. Este proyecto se fundamenta en la búsqueda de rayos cósmicos de muy alta energía. Para ello se han instalado en una superficie de 3.600 kilómetros cuadrados multitud de pequeños detectores, cada uno de ellos con su propio sistema fotovoltaico. En total se trata de 3.200 sistemas ubicados en una zona desértica de Argentina, llamada Pampa Amarilla. «Es sin duda la mayor instalación fotovoltaica del mundo», subraya Ángeles convencida.

El fin último de este macroproyecto a nivel solar es el estudio del envejecimiento de los sistemas fotovoltaicos en condiciones extremas, la identificación de la vida media de los paneles solares y el estudio acerca de cómo se inyecta la energía a la red del sistema. La duración estimada del proyecto debido a los objetivos del mismo, es larga, de 15 a 20 años, por lo que «aún deberemos esperar para conocer los resultados

de este ambicioso proyecto de investigación», concluye.

Otro ejemplo del papel del físico en el entorno de la energía solar lo encarna el empresario y fundador de Gea Solar, Jesús Martínez Linares. Después de finalizar sus estudios en la Universidad de Sevilla y realizar el

«posee una mentalidad muy analítica además de una capacidad de abstracción alta». No en vano, Jesús reivindica desde hace tiempo que los físicos tengan la posibilidad de poder firmar proyectos de energía solar.

Según Jesús, «el Sol debe ser más que un recurso turístico», por ello la

«Los físicos deberían tener la posibilidad de firmar proyectos de energía solar»

doctorado en Madrid, estuvo trabajando durante tres años en el ámbito de la investigación en el Instituto Max Planck de Óptica Cuántica de Munich y ha abordado creativos proyectos con fuerte carácter social en México durante los cuatro años en los que residió allí. Actualmente, su principal objetivo es convertir su pueblo, Chiclana de la Frontera (Cádiz), en una «ciudad solar» en 2020, para lo cual ha creado Gea Solar, «una empresa que comenzará a construir en 2009 la mayor planta de energía solar cubierta de Andalucía» asegura su fundador.

Para Martínez Linares el físico tiene mucho que aportar a la energía solar,

empresa tiene en marcha varios proyectos para integrar la energía solar térmica en la arquitectura. Entre otros, la empresa ha dirigido la instalación integral de un tejado fotovoltaico de 111 kW en el Consorcio Zona Franca, y también en Chiclana de la Frontera participa en el proyecto de instalación de otra planta fotovoltaica en la cubierta del nuevo Mercado de Abastos.

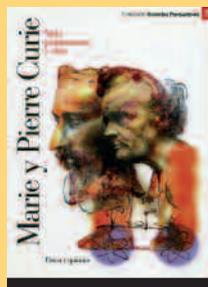
Este físico emprendedor anima a todos sus compañeros a participar en el sector de la energía solar ya que según su propia experiencia «hay mucho que aportar, no sólo a nivel de cálculo, sino directamente en la revolución solar».

El 80% de los licenciados que se especializan en energías renovables, tienen trabajo antes de terminar el postgrado



bibliografía

Alberto Virto Medina



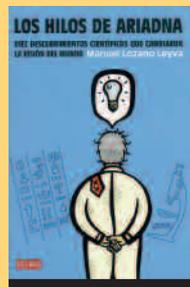
L. Bassols y J. M. Sánchez Ron

MARIE Y PIERRE CURIE: VIDA, PENSAMIENTO Y OBRA

Colección Grandes Pensadores, 35
Editorial Planeta-De Agostini.
Barcelona, 2008
ISBN: 978-84-674-6146-6
384 pág.

Quizás es la pareja de científicos más conocida, tanto en su vertiente científica como por el interés personal que suscitaron en su época, un matrimonio dedicado a la investigación con un logro singular: premio Nobel de Física en 1903 por «los extraordinarios servicios rendidos en sus investigaciones conjuntas sobre los fenómenos de radiación descubierta por Henri Becquerel». Tras la muerte de Pierre, Marie se centró en su trabajo, que fue el principio rector de su vida.

En 1910 recibió otro Nobel, esta vez en Química, «por el descubrimiento de los elementos radio y polonio, el aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza y compuestos de este elemento». En esta obra se analizan sus biografías añadiendo un valor de gran interés, como es poner la gran obra científica en el contexto del momento y analizar la física nuclear desde los años treinta hasta principios de los sesenta.



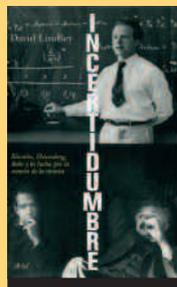
Manuel Lozano Leyva

LOS HILOS DE ARIADNA: DIEZ DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS QUE CAMBIARON LA VISIÓN DEL MUNDO

Editorial Debate. Barcelona, 2007
ISBN: 978-84-8306-714-7
528 pág. PVP: 9,95 euros

Tras su anterior libro, *De Arquímedes a Einstein*, que se convirtió en un éxito, el profesor Lozano, catedrático de física atómica en la Universidad de Sevilla, vuelve con esta colección de descubrimientos. En su personal selección están, entre otros, los genes (La evolución discreta), la circulación de la sangre (La ciencia cruel), la tectónica de placas (Continentes a la deriva), los microorganismos (El mundo invisible) o la piedra Roseta (La civilización misteriosa).

Naturalmente también figuran descubrimientos más «físicos» como la teoría de los átomos, la simetría en el microcosmos, del cero al infinito o sobre las galaxias. Aquí nos da su particular paseo por el Universo y la historia terminando con una frase solo posible en los buenos libros de divulgación como éste: «De tanto pensar, el lector terminará soñando. Este es el encanto de la ciencia».



David Lindley

INCERTIDUMBRE: EINSTEIN, HEISENBERG, BOHR Y LA LUCHA POR LA ESENCIA DE LA CIENCIA

Editorial Ariel. Barcelona, 2008
ISBN: 978-84-344-5348-7
255 pág. PVP: 22,50 euros

En 1927, el joven físico Werner Heisenberg introduce un cambio radical en la forma de estudiar la Naturaleza. Su Principio de Incertidumbre sacude los cimientos del determinismo e introduce la idea de probabilidades, motivando rechazos como el de Einstein. Las dos primeras citas lo exponen perfectamente: «Él es el Dios del orden y no de la confusión», de I. Newton, y «El caos era la ley de la naturaleza; el orden era el sueño del hombre», de H. Adams.

Además, las leyes parecían regidas por «nuevas» mecánicas; la de matrices por la que apostaban los físicos en Göttingen o la de ondas en Zúrich. La idea de que la medida puede verse «afectada» por el observador añadió más confusión e incertidumbre. Con gran dominio del lenguaje, el autor relata la revolución que supuso y el fecundo debate que abrió.



Telmo Fernández y Benjamín Montesinos

EL DESAFÍO DEL UNIVERSO

Introducción de Manuel Garrido
KRK Ediciones. Oviedo, 2006
ISBN: 978-84-96476-95-0
160 pág. PVP: 19,95 euros

La obra abarca la historia pasada y quizás futura del Cosmos; del *Big Bang* al posible final del Universo, dependiendo de si la aceleración de la expansión continúa, conocido como *Big Rip*, y también de casi toda la historia astronómica. Aquí Tales de Mileto, Ptolomeo, Halley, Wheeler o Penrose, entre otros, se convierten en actores. También son tratadas las diversas culturas y sus aportaciones al saber común.

Bonitas historias de los cielos van apareciendo gracias al telescopio con Galileo y los registros de las noches se va apuntando en magníficos libros, algunos de las cuales tienen el reconocimiento de obras cumbres del pensamiento humano. Pero aunque se sabe mucho se desconoce aún más, siendo la composición del Universo uno de los mejores ejemplos; la energía oscura. Todo ello tratado con el rigor de dos expertos en Astrofísica y con la necesaria claridad divulgativa.

El reto es actuar



Congreso Nacional del Medio Ambiente **Cumbre del Desarrollo Sostenible**

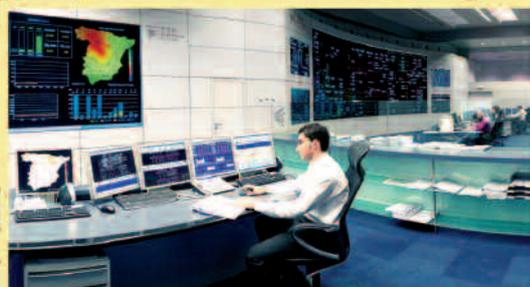
Del 1 al 5 de diciembre de 2008

MADRID, Palacio Municipal de Congresos. Campo de las Naciones



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