



**“La labor de Google
estará eternamente
inacabada”, Javier
Rodríguez Zapatero,
presidente de la
multinacional en España**



**La Universidad Internacional
Menéndez Pelayo reunió
a los principales expertos
para profundizar en los aspectos
técnicos, sociales y económicos
del futuro ATC**

estratos

**Empresa
Nacional
de Residuos
Radiactivos
N.º 96
Otoño 2010**



Enresa, veinticinco años de una gran empresa



••••• Una apuesta segura
en ingeniería nuclear.



www.iberdrolaingenieria.com

División de Generación Nuclear

Telf.: +34 91 383 31 80

Fax: +34 91 767 53 89



IBERDROLA

Ingeniería y Construcción

Veinticinco años de Enresa



EN 1984, EL PARLAMENTO ESPAÑOL tomó una decisión que hoy, pasado el tiempo, se ha confirmado como un buen ejercicio de responsabilidad. El Gobierno español tuvo en cuenta, por aquel entonces, la necesidad urgente de gestionar tanto los residuos derivados de las actividades de investigación, de hospitales y de empresas como los generados por la producción de energía eléctrica. Nació así Enresa, que al año siguiente, en 1985, iniciaba sus operaciones.

En paralelo a la transformación social y económica experimentada por España en los últimos veinticinco años, Enresa ha ido adaptándose a los cambios, aunque manteniendo a lo largo de ese tiempo el objetivo y la razón de ser para la que fue creada: trabajar e investigar para que los residuos radiactivos no tengan ningún impacto sobre el entorno ni las personas.

Todas las actividades que Enresa ha venido desarrollando se han llevado a cabo en el marco de los sucesivos Planes Generales de Residuos Radiactivos (PGRR), la guía maestra que ha garantizado una correcta gestión mediante la aplicación de las medidas más adecuadas tanto desde el punto de vista técnico como desde el de la seguridad, el ambiental y el económico.

En 1989, siendo ministro de Industria Claudio Aranzadi, se autorizaba desde ese ministerio, en colaboración con las autoridades de Andalucía, la construcción del Almacén Centralizado de Residuos de Baja y Media Actividad de El Cabril. Inaugurado en 1992 y ubicado en plena Sierra Morena, se convertía en el lugar donde guardar, de manera segura, todos los residuos de esa naturaleza procedentes de instalaciones radiactivas de España. Hoy, el centro ha llegado a su mayoría de edad, consolidándose como la mejor solución para la gestión de estos materiales. El Cabril es un referente internacional como modelo de gestión, y así lo atestiguan las continuas visitas formativas que realizan colectivos de distintos países para asesorarse y conocer el funcionamiento de la instalación española.

A comienzos de la década de los noventa se produce otro hito en la actividad de la empresa. Enresa inicia una sensible actividad para la que sus técnicos se habían estado preparando: el desmantelamiento y clausura de instalaciones radiactivas. Los trabajos arrancan con la Fábrica de

Uranio de Andújar (Jaén) y continúan, en 1998, con el desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I (Tarragona).

La experiencia adquirida desde entonces en este campo es destacada. En febrero de 2010 se inició el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, en el que se aplicarán muchos de los avances desarrollados en el Centro Tecnológico Mestral, ubicado en la antigua central de Vandellós I, donde la empresa ha canalizado gran parte de la I+D en este campo.

Con el cambio de milenio, y consolidada la solución de los residuos de media, baja y muy baja actividad, se comienza a dibujar la solución de otros materiales radiactivos de mayor actividad, es decir, del combustible gastado de las centrales nucleares. A finales de 2004, todos los grupos del Parlamento solicitan al Gobierno que dé los pasos necesarios para que nuestro país disponga de una instalación que centralice la gestión de estos materiales, al igual que en la década de los noventa se hizo con los residuos de baja y media actividad.

En diciembre de 2009 se abrió el plazo para la presentación de candidaturas para albergar el Almacén Temporal Centralizado (ATC), que es como se conoce esta instalación. El resultado final ha sido de ocho municipios candidatos de cinco comunidades autónomas.

Estos veinticinco años han constituido un ejemplo de rigor y eficiencia en una actividad a priori sensible. Las próximas líneas que se escriban sobre la historia de nuestra empresa tendrán que ver con este nuevo proyecto. La experiencia y la profesionalidad de su equipo continuarán aportando tranquilidad a la sociedad española y soluciones para hacer frente a los residuos radiactivos que hemos generado. ■

A stylized, handwritten signature in black ink, belonging to José Alejandro Pina.

José Alejandro Pina
Presidente de ENRESA

estratos

Nº 96 OTOÑO 2010

4

Enresa celebra sus 25 años con un acto en el Círculo de Bellas Artes



44

Iberia quiere ser grande en la ciencia de lo diminuto

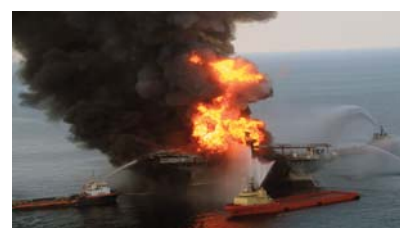
Ángel Díaz



52

Recetas europeas contra vertidos submarinos

Pablo Francescutti



40

Entrevista a Javier Rodríguez Zapatero, presidente de Google España

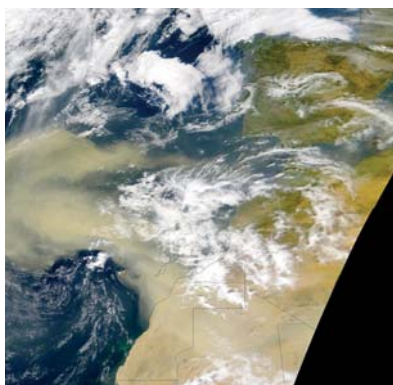
Concha Barrigós



48

Naturalistas del siglo XXI

Mónica Salomone



57

Rumbo al 'planeta rojo'

Manuel Toharia



62 Los premios Nobel de ciencia 2010

64 Una imagen, cien palabras

25 años de Enresa
(José María Cerezo)



Presidente: José Alejandro Pina.
Consejo Editorial: José Alejandro Pina, Ester Gómez, Arturo González, Jorge Lang-Lenton, Alejandro Rodríguez, Álvaro Rodríguez Beceiro, Armando Veganzones, Máximo Taranilla, Manuel Toharia, José Pons.
Director: Máximo Taranilla.
Redactor jefe: Jorge Fernández.

Seguimiento: Teresa Palacio.
Redactores y colaboradores: Julio Astudillo, Concha Barrigós, Ignacio F. Bayo, Ángel Díaz, Pablo Francescutti, Emilio García, Luis Guijarro, Emilio Jarillo, Cristina López-Quero, Roberto Loya, Inmaculada G. Mardones, José María Montero, Manuel Muñoz, Julián Pérez Olmos, Mónica Salomone, Juan Tena, Jesús Vicenti.

I2

Enresa: 25 años de una gran empresa

Concebida como empresa ambiental de alto contenido tecnológico, que ha de dar prioridad a la comunicación y a la integración en el medio social en que actúa, Enresa cumple 25 años mostrando un vigor admirable sobre la base de la excelencia de su capital humano, de su apuesta por la investigación y de su previsor y estable sistema de financiación.

Enresa: 25 years of a great company (page 14).

Texto: José Luis García Delgado y Juan Carlos Jiménez



24

El ATC, desde todas las perspectivas

Un modelo de gestión eficaz y segura de los residuos radiactivos: el ATC y su Parque Tecnológico fue la apuesta formativa de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander durante los días 21 a 23 de junio de 2010.

Organizadas por Enresa, las jornadas se convirtieron en un foco de divulgación y debate sobre este singular proyecto, contrastado desde el punto de vista técnico, pero que, como quedó de manifiesto, es necesario entender y comprender para su puesta en marcha.

Texto: Teresa Palacio



34

Gestionar la incertidumbre

El futuro Almacén Temporal Centralizado se plantea como un instrumento eficaz y asequible en el proceso de gestión de la incertidumbre, reduciendo la probabilidad de accidentes y de riesgos asociados al combustible nuclear gastado. Responde también al imperativo ético de disponer los residuos más peligrosos y duraderos de forma cuidadosa, facilitando a las nuevas generaciones su gestión en las mejores condiciones. El ATC es transitorio, y la investigación irá proponiendo nuevos modos de gestionar la incertidumbre en el futuro.

Texto: Francisco García Novo



Edita: Enresa, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos.
Redacción: Emilio Vargas, 7. 28043 Madrid. Tel. 91 566 81 00.
Correo electrónico: registro@enresa.es
Página web: www.enresa.es
Administración: Nieves Sánchez.

Publicidad: Corporación Asesora. Hermosilla, 59. 3º Izq. 28001 Madrid. Tel. 91 432 44 73.
Coordinación y producción: RGB Comunicación. Princesa, 3 dup. 28008 Madrid. Tel. 91 542 79 56.
Diseño y maquetación: CerezoDiseño. Genil, 4. 28002 Madrid. Tel. 91 561 65 14.

Fotomecánica: Cromotex, Valportillo Segunda, 7. 28108. Alcobendas. Tel. 91 121 78 00.
Impresión: Gráficas Caro. Gamonal, 2. Polígono Industrial de Vallecas. Madrid. Tel. 91 777 30 74.
Depósito Legal: M-7 411-1986.

Esta publicación no comparte necesariamente la opinión de sus colaboradores y se limita a ofrecer sus páginas con respeto a la libertad de expresión.

Más de 250 invitados asistieron a un acto institucional en el Círculo de Bellas Artes de Madrid

Enresa cumple veinticinco años

Enresa celebró el pasado 21 de octubre un acto institucional en el Círculo de Bellas Artes de Madrid para conmemorar sus veinticinco años. Más de 250 invitados celebraron las bodas de plata de la empresa en un evento en el que se hizo un recorrido por los proyectos ya ejecutados, los que están en marcha, y los futuros, como el Almacén Temporal Centralizado (ATC).

El ministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, afirmó que el ATC es el mayor reto al que se enfrenta Enresa “en un futuro inmediato”. Sebastián defendió que el almacén es “la solución coherente y responsable” a un problema derivado del *mix* energético: coherente, porque existen centrales nucleares en España, y responsable, porque la alternativa, los almacenes temporales individualizados o el traslado de los residuos a Francia, es “una opción más cara y menos segura”.

El ATC, concluyó, no tiene ideología, ni es pro nuclear o antinuclear, sino que dará respuesta a la gestión de los residuos de alta actividad reduciendo las pe-

nalizaciones de Areva (la empresa francesa que almacena los residuos que se enviaron a reprocesar a Francia). “Además —dijo— va a ser un impulso económico para la zona que lo acoga”.

El ministro de Industria aprovechó su intervención para destacar el buen hacer, el rigor técnico y el patrimonio humano de Enresa. “Estamos en las mejores manos”, afirmó.

También el presidente de Enresa, José Alejandro Pina, comenzó su intervención felicitando a su equipo y agradeciendo su trabajo diario. Pina recordó los principales proyectos llevados a cabo por

Enresa desde que se constituyó en 1985. La puesta en marcha del Almacén Centralizado de El Cabril, el desmantelamiento de la Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén), los desmantelamientos de las centrales nucleares de Vandellós I (Tarragona) y de José Cabrera (Guadalajara), son algunas de las actividades que han centrado este cuarto de siglo de la empresa. El futuro, dijo, es el Almacén Temporal Centralizado, sobre el que Pina agradeció la labor de la Comisión de Industria del Congreso, por su capacidad de generar consensos, y del Gobierno, por el em-

puje que ha dado al proyecto.

En el acto institucional también participaron los máximos representantes de los dos accionistas de la empresa: la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat). Cayetano López, director general del Ciemat, recordó la antigua Junta de Energía Nuclear, de la que Enresa, dijo, “es un *spin-off*”. López afirmó que Enresa “ha demostrado su eficacia en proyectos como Andújar, Vandellós I, el PIMIC y en la ejemplar gestión de El Ca-



Enrique Martínez Robles, José Alejandro Pina, Miguel Sebastián, Carmen Martínez Ten y Cayetano López.

J. FERNÁNDEZ

J. FERNÁNDEZ



Arriba, los profesores José Luis García Delgado y Juan Carlos Jiménez. A la derecha, Pedro Rivero, presidente de Unesa, y el ex ministro Juan Manuel Eguigaray.



A la izquierda, Javier Arana, subdirector general de Energía Nuclear, conversa con Luis Echávarri, director de la AEN/OCDE. En el centro, Antonio Cuevas, presidente de la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados. A la derecha, con gafas, Hans Codée, director general de COVRA.

bril". El ATC, añadió, será una buena ocasión para poner de manifiesto, otra vez, su buen hacer.

El presidente de la SEPI, Enrique Martínez Robles, destacó dos cualidades de la empresa: la máxima seguridad que imprime a sus proyectos y el enorme esfuerzo que dedica a la investigación cien-

tífica y técnica, lo que le ha supuesto, dijo, su reconocimiento internacional.

El turno de intervenciones lo cerró la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen Martínez Ten, quien valoró positivamente el equipo de técnicos y profesionales de Enresa. Martínez Ten también se refirió a la continua colabo-

ración entre la empresa y el CSN en proyectos como el desmantelamiento de Vandellós I o el Protocolo de Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos. La máxima representante del organismo regulador destacó también la fortaleza expresada por el ministro respecto al ATC, una instalación que calificó de "necesaria

e importante" para racionalizar la gestión del combustible gastado de las centrales nucleares y mejorar su seguridad.

Como resumen de estos veinticinco años de actividad y ejemplo de la transformación experimentada por España durante este último cuarto de siglo, los profesores José Luis García Delgado y Juan Carlos Jiménez presentaron el libro *Enresa: un cuarto de siglo en la modernización de España*, del que son coordinadores y en cuya elaboración han participado los catedráticos Santos Juliá, José Manuel Sánchez Ron y Juan Pablo Fusi.

El acto concluyó con un cóctel que reunió, entre otros asistentes, a los tres presidentes que Enresa ha tenido a lo largo de su historia: Juan Manuel Kindelán, Antonio Colino y José Alejandro Pina. ■

J. FERNÁNDEZ



Aspecto que presentaba la Sala de Columnas del Círculo de Bellas Artes de Madrid, donde se celebraron los 25 años de Enresa.

Nueva cita de Enresa con la divulgación en Córdoba

Del 30 de septiembre al 2 de octubre se celebró en Córdoba el XIII Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente organizado por Enresa. Más de un centenar de inscritos sacaron el máximo partido de un programa más periodístico que otros años, pero que contaba con los ingredientes de otras ediciones: vinculación a la actualidad, ponentes de primer nivel y talleres prácticos.

Uno de los objetivos de este encuentro es trasladar a la sociedad el compromiso ambiental que mantiene Enresa, aseguraba durante la inauguración el presidente de la empresa pública, José Alejandro Pina. Y el primer ejemplo de ello lo aportó el presidente de la Fundación Iberdrola y ex presidente del Congreso de los Diputados, Manuel Marín, en una conferencia inaugural que convenció a todos. Marín estuvo sincero y riguroso: la única forma de evitar la "tragedia" del cambio climático es que la comunidad internacional incorpore las nuevas relaciones de poder en sus deliberaciones e impulse un entendimiento entre EE.UU. y China. Y fue precisamente en las relaciones de poder en las que Marín quiso centrarse,



Manuel Marín y José Alejandro Pina.

pidiendo vincular el debate del medio ambiente con el concepto de seguridad energética, un elemento decisivo en este contexto.

El año Internacional de la Biodiversidad también tuvo su sitio en este encuentro. La responsable del área de biodiversidad en el Observatorio de la Sostenibilidad de España, Pilar Álvarez-Uría, y el responsable de Efeverde, Arturo Larena, mantuvieron un diálogo sobre si llegamos o no tarde a afrontar esta realidad.

En las últimas ediciones de estas jornadas siempre han tenido cabida



El periodista Jesús Quintero.

ponencias que, no siendo estrictamente ambientales o científicas, se eligen por el aporte de valores y experiencias a los profesionales que trabajan como comunicadores. Ejemplo de esta filosofía fue la conferencia que Jesús Quintero pronunció sobre periodismo comprometido. Quintero habló de su experiencia en los medios de comunicación, de su visión sobre el periodismo actual, "que no existe", y de sus proyectos de futuro. *El loco de la colina* se hizo accesible en Córdoba y reveló, entre otras cosas, algunas claves para dominar su género estelar, la entrevista.

La campaña de I+D del Centro Tecnológico Mestral 2010 empieza a dar sus frutos

El Centro Tecnológico Mestral ha presentado la evolución de los cuatro proyectos de investigación iniciados este año en una reunión entre investigadores de la Universidad Rovira i Virgili (URV) y los responsables de Enresa, celebrada en las instalaciones del Centro de Transferencia de Tecnología de la

URV. La inversión de Enresa en I+D en el Centro Tecnológico Mestral en la presente campaña asciende a 150.600 euros.

Es de destacar el cumplimiento de los objetivos de formación de ocho empresas del entorno de la Instalación Vandellòs I acogidas al proyecto de implantación de sistemas de gestión de calidad y medio ambiente para la pequeña empresa en el ámbito de desmantelamiento. La fina-

lidad práctica de este proyecto era que las empresas del municipio de Van-

dellòs-L'Hospitalet de l'Infant que participan pudieran obtener certifi-



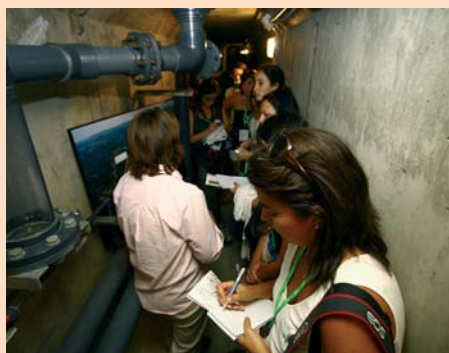
Reunión entre los investigadores de la Universidad Rovira i Virgili y los responsables de Enresa.



Florenci Rey y Ángel Alcázar.



Fernando González Urbaneja y Pedro Farias.



Participantes del seminario en El Cabril.

La consolidación de un espacio destinado a la información meteorológica dentro del ámbito de la comunicación y los problemas que implica informar sobre una materia que genera “incertidumbre” conformaron las claves del diálogo prensa-ciencia *Tiempo y clima en los medios de comunicación*, mantenido por el jefe del Área de Predicción de la Agencia Estatal de Meteorología, Ángel Alcázar, y el responsable de información meteorológica en Cuatro y la Cadena Ser, Florenci Rey.

Y como colofón al programa académico, el análisis del contexto de la profesión del periodista, con dos visiones: la de Pedro Farias, director del Informe Anual de la Profesión Periodística en España, y la de Fernando González Urbaneja, presidente de la Asociación de la Prensa de Madrid. Entre sus conclusiones destacaron que la precariedad laboral supera al intrusismo como principal problema de la profesión.

De la teoría a la práctica, este año los talleres se renovaron de acuerdo con las nuevas tecnologías. Twitter fue la principal herramienta empleada por Clemente Álvarez para profundizar en el periodismo ambiental en Internet; Graziella Almendral, por su parte, convirtió el Palacio de Congresos en un enorme plató para enseñar sobre televisión online.

Otro taller, pero ya de los de siempre, el de fotografía, tuvo como escenario el almacén centralizado de El Cabril. El fotógrafo Antonio Sabater y personal de Rodolfo Biber S.A. aportaron técnica y equipos para fotografiar, durante dos horas, aves en El Cabril.

También estuvo presente en este encuentro ambiental el Comité Andaluz de Agricultura Ecológica, que ofreció sus productos para el primer almuerzo.

Viviendo El Cabril

Este año, uno de los retos fue hacer de la visita a El Cabril algo más vivencial para los participantes. Para ello se dividieron en cuatro grupos, distinguidos por colores, y se lanzaron a descubrir los detalles del almacén gracias a la labor de diez informadores. Datos, diversión y concurso. La competición estuvo reñida, y los ganadores del equipo verde se llevaron el premio por saber cómo se almacenan los residuos en el centro, cuántas muestras se recogen dentro del Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental o el número de transportes que llegan anualmente a la instalación. El concurso se desarrolló en el poblado minero de Santa Bárbara, donde también tuvo lugar una comida campera y una degustación de mieles de la Sierra Albarra de la empresa Moramiel. Una forma diferente de ver El Cabril. ■

caciones ISO a través del asesoramiento de dos empresas consultoras y de la URV. Hasta el momento se han llevado a cabo las labores de implantación del procedimiento; las empresas ya tienen planificadas unas auditorías internas, que será el último paso en el que contarán con asesoramiento antes de certificarse a través de empresas autorizadas. El proyecto concluirá con un informe final en el que se recogerá

la metodología común aplicada para que se pueda utilizar en un futuro en entornos industriales similares donde Enresa está presente.

En el resto de investigaciones, las pruebas realizadas en laboratorio están proporcionando resultados prometedores. Así, unos compuestos preparados con hidrotalcitas se presentan como una solución para contribuir a la descontaminación de líquidos

radiactivos, y en un futuro podrían tener aplicación industrial en los desmantelamientos que lleva a cabo Enresa. Otra línea de investigación alentadora es el estudio de las propiedades de lixiviación y difusión de los materiales donde se acondicionan residuos radiactivos. En este proyecto se han analizado 160 muestras de compuestos de mortero. Los resultados preliminares se contemplan como parte de una línea

investigadora de largo recorrido que podría tener continuidad en futuras campañas investigadoras. El último proyecto en marcha relaciona las medidas de temperatura, presión y humedad relativa del exterior del cajón del reactor con los datos que proporcionan los sensores implantados en su interior. Las conclusiones iniciales confirman que las condiciones exteriores no afectan a la evolución interior. ■

El CSN y Enresa reciben el premio Madre Tierra de la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y Enresa han sido galardonados con el premio Madre Tierra que otorga la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER) por su gran aportación al sector de la recuperación.



Pedro Carboneras y Lucila Ramos, tercero y cuarta por la izquierda, con el premio Madre Tierra.

Esta distinción se otorga a las personas o las instituciones que han hecho una aportación especialmente importante al sector de la recuperación y el reciclaje. En este sentido, la FER considera que la labor realizada por el CSN y Enresa ha sido fundamental para el desarrollo y la aplicación del vigente protocolo de cola-

boración para la vigilancia radiológica de los materiales metálicos, que brinda un marco de acción en España para prevenir y evitar que potenciales fuentes radiactivas huérfanas puedan procesarse y suponer un problema de contaminación.

Gracias a dicho Protocolo, España se encuentra a la cabeza a nivel mundial en cuanto a control de fuentes radiactivas huérfanas. Este protocolo, a diferencia de las normas coercitivas existentes en otros países, se basa en la colaboración voluntaria de los diferentes sectores integrantes del sistema, desde el sector gestor de chatarras al siderúrgico, pasando por el gestor de residuos radiactivos y el organismo regulador.

Lucila Ramos, subdirectora de Protección Radiológica Ambiental, y José Ignacio Serrano, jefe de Área de Evaluación de Impacto Radiológico, recibieron el premio en nombre del CSN. Pedro Carboneras, jefe del Departamento de Seguridad, lo hizo en nombre de Enresa. ■

Pequeños productores de residuos radiactivos de toda España se reúnen en Córdoba para intercambiar experiencias

Medio centenar de responsables de gestión de residuos radiactivos generados en el ámbito hospitalario, industrial y de investigación se reunieron en Córdoba, los días 18 y 19 de octubre, en las XV Jornadas de Instalaciones Radiactivas, para intercambiar experiencias y

optimizar unos procesos que, aunque son poco conocidos, tienen una gran importancia en la vida cotidiana. Los participantes en las jornadas realizaron una visita al Almacén Centralizado de El Cabril.

Según explicó en rueda de prensa el director de Operaciones de Enresa, Alejandro Rodríguez, en la actualidad Enresa mantiene contrato con 812 instalaciones radiactivas de las 1.361 que hay censadas en

España. Cada año, estas instalaciones generan una media de 18 metros cúbicos de residuos radiactivos, de los que se responsabilizan profesionales cualificados para que estos materiales sean gestionados en función de sus características radiológicas. Se trata de residuos heterogéneos que incluyen, entre otras, fuentes de radioterapia y otros materiales residuales de los usos de radioisótopos produci-

dos en medicina nuclear y en todo tipo de investigaciones médicas o docentes; fuentes de control de procesos y medidas industriales, o equipos en cuya composición o para cuyo funcionamiento son necesarios componentes radiactivos. Estos residuos de baja y media actividad siguen un proceso reglamentado hasta que finalmente son gestionados en El Cabril.

De las 812 instalaciones radiactivas que tienen contrato con Enresa 265 son de uso médico, 318 pertenecen al ámbito industrial y 156, al campo de la investigación y la docencia. ■

Reino Unido presenta su propuesta de estrategia para la gestión a largo plazo de los residuos radiactivos de vida larga

La Nuclear Decommissioning Authority (NDA), constituida en 2005 como el organismo público responsable de ejecutar la política gubernamental para la gestión a largo plazo de los residuos radiactivos en el Reino Unido, presentó en julio una propuesta estratégica que prevé el desarrollo de una instalación de almacenamiento geológico profundo para el depósito de los residuos radiactivos de vida larga y el combustible nuclear que actualmente se almacenan en 32 emplazamientos repartidos por el país.

Se trata de un proyecto que se desarrollará durante los próximos treinta años y en el que, tal y como se

recoge en el documento, la instalación de almacenamiento entraría en operación hacia 2040. La propuesta incide en que las actividades iniciales, actualmente en curso, se centran en el desarrollo de un diseño conceptual y sus correspondientes estudios de seguridad e impacto ambiental, que podrían completarse en un plazo de cinco años.

De acuerdo con el procedimiento establecido por el Gobierno británico, las comunidades que deseen albergar la instalación deben postularse voluntariamente y el emplazamiento tiene que contar con la aprobación local. Hasta la fecha, dos locali-

dades, situadas cerca del complejo nuclear de Sellafield (Cumbria), han manifestado ya su interés por acoger esta instalación. ■

El desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera ha generado ya más de 2.000 toneladas de residuos convencionales

El desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera (Zorita, Guadalajara) avanza según el calendario previsto y en sus primeros ocho meses de trabajos ha generado ya más de 2.000 toneladas de materiales, fruto de las actividades preparatorias del desmantelamiento, de los primeros desmontajes convenciona-



Desmontaje del transformador principal de la central José Cabrera.

les y del acondicionamiento de áreas exteriores del emplazamiento.

Las actividades que se han desarrollado en estos primeros meses tenían como objetivo adaptar la instalación a las necesidades del desmantelamiento. Estas

actuaciones, requeridas antes de acometer el grueso de los trabajos radiológicos, consistieron en la adecuación del edificio eléctrico de torres y la actuación en el parque eléctrico de 46 kV, el recableado de cargas eléctricas del edificio de turbi-

vocación de servicio

En Cajamurcia, nuestra vocación es la dedicación a nuestros clientes, tanto particulares como empresas.

Escuchamos con atención sus proyectos, ponemos en marcha sus ideas. Somos valientes en la búsqueda de soluciones y en el apoyo a su desarrollo. Y todo ello a través de una gestión sólida y segura, para mañana seguir poniendo a su servicio toda nuestra experiencia y atención.



Enresa retiró 461 fuentes radiactivas ‘huérfanas’

entre 2007 y 2009

Enresa retiró 461 fuentes radiactivas, así como otros materiales radiactivos de diversa índole, dentro de la campaña de búsqueda y recuperación de fuentes huérfanas promovida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio entre octubre de 2007 y diciembre de 2009. El balance de esta campaña fue explicado durante las XV Jornadas de Instalaciones Radiactivas que reunieron en Córdoba, los días 18 y 19 de octubre, a medio centenar de responsables de gestión de residuos radiactivos en el ámbito hospitalario, industrial y de investigación.

El objetivo de esta campaña era gestionar aquellas fuentes radiactivas que se encontraban fuera del sistema de control regulador establecido y que procedían, principalmente, de actividades realizadas en el pasado.

Tras más de dos años de campaña, se retiraron 461 fuentes radiactivas procedentes de la investigación (33%), la industria (31 %), la medicina (21%) y otros sectores (15%). De forma general, se trata de

Comunidad autónoma*	Número de fuentes
Andalucía	42
Aragón	18
Asturias	4
Castilla-La Mancha	2
Castilla y León	11
Canarias	5
Cataluña	24
Galicia	23
Madrid	306
Murcia	14
Navarra	1
País Vasco	9
Comunidad Valenciana	2
Total	461

*En las comunidades que no figuran en la tabla no se produjo ninguna retirada.

fuentes de escasa significación radiológica. Los isótopos que contienen en la mayoría de los casos son Cs-137, Ra-226, Sr-90, americio y berilio. ■

La Comisión propone una directiva para la gestión sostenible de los residuos radiactivos

La Comisión Europea presentó el pasado 3 de noviembre su propuesta de directiva para la gestión sostenible de los residuos radiactivos y el combustible gastado.

Durante el pasado año, los veintisiete Estados miembros adoptaron un marco comunitario para la seguridad de las instalaciones nucleares, que ampara la gestión de los residuos radiactivos y el combustible gastado en las instalaciones en las que se produzcan. En este sentido, el alcance de la nueva directiva incluye las instalaciones de la segunda parte del ciclo, es decir, las de almacenamiento final.

La nueva directiva pretende establecer un marco común en todos los ámbitos de la gestión de este tipo de residuos generados en actividades civiles. En este sentido, y en línea con la iniciativa legislativa de la Comisión Europea de 2002 —el denominado *Paquete nuclear*—, se requerirá a los miembros de la Unión Europea que desarrollen programas específicos para la gestión a largo plazo del combustible gastado y los residuos radiactivos.

Para la elaboración de esta propuesta, la Comisión contó con el asesoramiento del Grupo de Reguladores Nucleares Europeo (ENSREG) y la participación de diferentes grupos interesados. Se puede acceder al texto completo de la directiva en la página web <http://ec.europa.eu/energy/nuclear> ■

na y la adecuación de sistemas mecánicos y de la toma de agua.

Estos trabajos se realizan en paralelo con los primeros desmontajes convencionales y el acondicionamiento de áreas exteriores del emplazamiento, como el derribo de las diez torres de refrigeración —cuya explanada se utiliza ya como zona de almacenamiento de chatarras— y el desmontaje de los componentes del edificio diésel, que servirá también para la gestión de materiales durante el proyecto. Además, ya se ha acometido la retirada del transformador principal de la central.

Por otro lado, se está ejecutando el desmontaje

de equipos en las tres plantas de operaciones del edificio de turbina. Este recinto será acondicionado y equipado para su reutilización como edificio auxiliar dedicado a la gestión de los residuos generados. En paralelo, se están adaptando los sistemas de ventilación del edificio de contención y del auxiliar, y se van a mejorar los almacenes de residuos y el área de desclasificación. Además, se ha ejecutado el plan de pruebas oficiales del sistema de protección contra incendios, requerido por el Consejo de Seguridad Nuclear.

A mediados de 2011, tal y como marca el programa, comenzará el desmantela-

miento de partes activas, con la segmentación de los componentes internos del reactor, actuación que se está planificando con detalle en estos momentos.

En los ocho meses de trabajos, se han generado algo más de 2.334 toneladas de residuos, todos ellos convencionales. Esta cifra se desglosa en 1.001 toneladas de chatarras (hierro, cobre y aluminio), 774 toneladas de residuos de construcción y demolición, 506 de residuos no peligrosos y 53 de residuos peligrosos. La práctica totalidad de estos residuos ya ha sido transportada fuera de la instalación a diferentes gestores autorizados. ■

Nos mueve un Proyecto de Futuro



Desde 1972, en Enusa Industrias Avanzadas desarrollamos un trabajo eficaz en el panorama energético de nuestro país.

Abasteciendo de uranio enriquecido a las empresas eléctricas españolas. Diseñando, produciendo y suministrando elementos combustibles y servicios asociados a centrales nucleares nacionales y extranjeras.

Integrando la tecnología más innovadora, invirtiendo en I+D y calidad, y respetando el medio ambiente.

Porque nuestro objetivo es contribuir a un futuro mejor para todos.

 **ENUSA**
INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Avanzamos con Energía

www.enusa.es

La empresa fue constituida por mandato parlamentario con el objetivo de gestionar los residuos radiactivos en España

Enresa: 25 años de una gran empresa

Concebida como empresa ambiental con alto contenido tecnológico, que ha de dar prioridad a la comunicación y a la integración en el medio social en que actúa, Enresa cumple sus primeros veinticinco años mostrando un vigor admirable sobre la base de la excelencia de su capital humano, de su apuesta por la investigación y de su previsor y estable sistema de financiación. Un recorrido lleno de logros, que la han convertido, por más de un concepto, en referente internacional en el campo de la gestión de los residuos radiactivos. ■ **TEXTO: José Luis García Delgado y Juan Carlos Jiménez.* FOTOGRAFÍAS:**

Archivo de Enresa.

EN UN CUARTO DE SIGLO EN QUE España ha obtenido una cosecha copiosa, con capacidad de crecimiento bien demostrada, afianzado régimen de libertades y ganada relevancia en el mapa europeo e internacional, Enresa ha conseguido cumplir con eficacia los objetivos que justifican su razón de ser. Iniciativa *adelantada* en tanto que expresión de una economía y una sociedad que entienden la gestión de los residuos

radiactivos como una exigencia de progreso, sus realizaciones se enmarcan en el amplio proceso de cambio que ha conocido el curso de la historia española más reciente, siendo en cierta medida representativas de esa gran transformación.

Un breve apunte de las cuatro principales etapas que pueden distinguirse en la vida mercantil de Enresa —apretado resumen de un extenso texto contenido en el volumen *Enresa. Un cuarto de siglo en la modernización de España*— servirá para ilustrar lo que acaba de afirmarse.

1985-1992

Los pasos iniciales hasta la puesta a punto de El Cabril

El arranque mercantil de Enresa —a partir de los dos reales decretos de 1984 que establecieron el contenido normativo básico sobre el que debía levantarse una compañía de nueva planta y ambiciosos fines— constituyó, desde su germen, y a lo largo de los primeros ejercicios, un esfuerzo de emprendimiento muy singular. Porque Enresa debía nacer como *empresa*, esto es, como una unidad organi-



Panorámica del Almacén Centralizado de residuos radiactivos de baja y media actividad de El Cabril.



La central de Vandellós I, en la actualidad.

zativa dotada de los medios necesarios para el desempeño de sus actividades; pero, igualmente, Enresa era, ante todo, y en parte por la naturaleza de sus cometidos fundacionales y lo peculiar del empeño, una empresa que respondía a la primera acepción del término, en su sentido más clásico: “Acción o tarea que entraña dificultad y cuya ejecución requiere decisión y esfuerzo”.

Decisión significaba, ante todo, contar con la persona idónea para liderar la especial conjunción de medios materiales y humanos que suponía una empresa de la envergadura de la naciente Enresa, y contar con el apoyo de las instituciones —las de la Administración, comenzando por el Ministerio de Industria, y también de las que aportaban el capital—, para proceder con la necesaria independencia y visión de medio y largo plazo. Decisión también para dotar a Enresa de fuentes de financiación estables y suficientes, un aspecto que quedó claro desde su constitución. El esfuerzo dependía, además, de acertar con el organigrama inicial, con la selección de los directivos y del personal que había de constituir la base del principal capital —el humano— de la empresa, y ser capaces de inculcar ilusión por una tarea difícil, sin duda, pero también con muy amplias posibilidades de realización profesional



Los tres presidentes de Enresa: José Alejandro Pina, Juan Manuel Kindelán y Antonio Colino.



Retirada de residuos radiactivos en un hospital.



Contenedores de combustible gastado en el Almacén Temporal de la central de Trillo.



Una de las primeras reuniones del Comité de Dirección de Enresa.



Retirada de bidones en la antigua mina Beta de El Cabril.

para quienes, en su mayoría, sumarían juventud y una capacitación extraordinaria. Pues bien, así nació Enresa: con decisión y esfuerzo.

Un aspecto esencial fue la conformación empresarial propiamente dicha de los elementos societarios de Enresa: desde la estructura organizativa a la propia selección de personal; desde un domicilio social permanente a los imprescindibles sistemas y procedimientos de gestión, siendo condición necesaria, por supuesto, disponer desde el principio de un modelo de financiación capaz de sustentar sin incertidumbres tareas tan estratégicas como las que ha de abordar Enresa.

Pero una empresa de las características de Enresa carecía de sentido sin emplazamientos. Por ello, esta primera fase estuvo dedicada a la puesta a punto de unas instalaciones modernas sobre la base de las heredadas de la Junta de Energía Nuclear —El Cabril, en el municipio cordobés de Hornachuelos— para los residuos de baja y media actividad, abriendo también una primera fase de búsqueda de emplazamientos para los residuos de alta actividad. La solución para éstos —a diferencia del exitoso empeño de El Cabril, tan pronto como se solventaron las dificultades

administrativas— se demoraría en el tiempo, optándose finalmente, además, por una solución técnica distinta de la que entonces se vislumbraba a escala internacional. Sin embargo, dejó como saldo un conjunto de conocimientos, y de relaciones internacionales, esenciales para la consolidación tecnológica de la empresa. En su otra gran misión fundacional, la de los dismantelamientos, aún quedaba lejos el gran desafío que habría de llegar con Vandellós I, pero no fue ni mucho menos desdeñable el que supuso, en un primer momento, la necesidad de dismantelar las instalaciones de la Fábrica

The company was set up by parliamentary mandate with the objective of managing radioactive wastes in Spain.

Enresa: 25 years of a great company

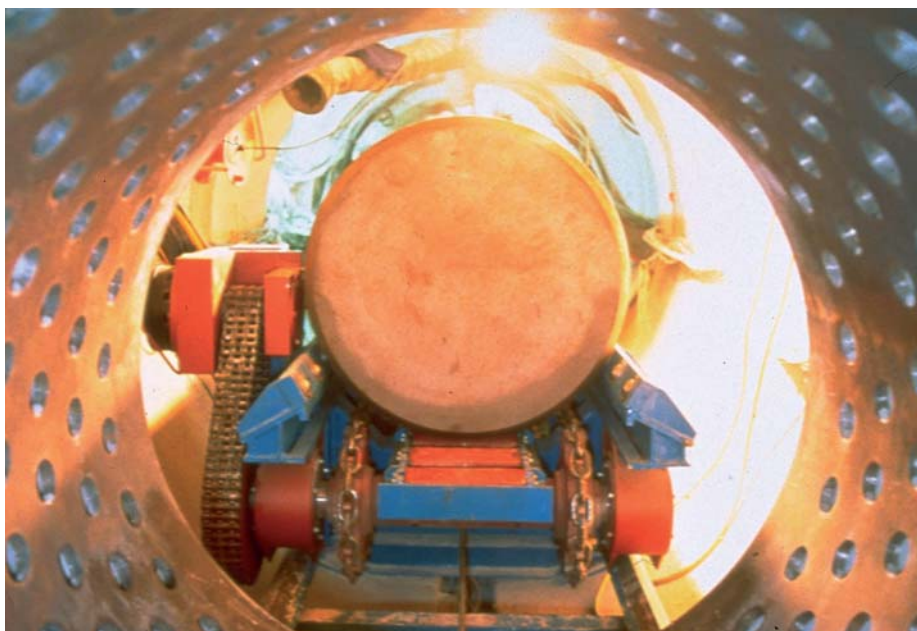
Conceived as an environmentally oriented company of high technology content, required to give priority to communication and to integration in the social environment in which it operates, Enresa celebrates its first twenty-five years in a hearty state of good health based on the excellence of its human capital, its keen backing for

research and its forward-looking and stable financing system. This has been a path full of achievements that have made the company an international reference in the field of radioactive waste management for a number of reasons. ■ BY José Luis García Delgado and Juan Carlos Jiménez.

Over a quarter of a century in which Spain has enjoyed a rich harvest, with a clearly demonstrated capacity for growth, a deep-rooted system of liberties and a well-earned situation of relevance on the European and international scenes, Enresa has managed to efficiently fulfil the objectives underlying its very reason for being. A forward-looking initiative, the expression of an economy and a society that understand radioactive waste management as a demand for progress, the company's performance

has been framed by the process of change that has marked Spain's recent history, and to some extent has been representative of this major transformation.

The following brief description of the four main stages of the corporate history of Enresa—a summary of the extensive text of the volume *Enresa. A quarter of a century in the modernisation of Spain*—will serve to illustrate what has been set out above.



La I+D es una preocupación primordial de Enresa. En la imagen, pruebas del proyecto FEBEX.

ca de Uranio de Andújar (Jaén), entre otras actuaciones.

De este modo, en 1992 Enresa se había conformado empresarialmente. Lo que más destaca, quizá, es la temprana madurez adquirida por la naciente empresa; la madurez precisa para el despliegue de sus fines sociales y de las tareas concretas que le eran asignadas. Madurez en el terreno organizativo y corporativo, pero también en el tecnológico —siempre sobre las líneas aprobadas por el Gobierno en el Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) y los correspondientes Planes de I+D, comenzando por

el de 1987-1991— y en términos de participación en foros internacionales. Realizar las obras de ampliación de El Cabril y resolver, con ello, el problema inmediato del almacenamiento de los residuos de vida corta y media en España fue un logro extraordinario, y a él se dedicó una parte importante de los recursos humanos, técnicos y financieros de la empresa, incluyendo sus esfuerzos de comunicación y transparencia ante la opinión pública. No fue El Cabril el único banco de pruebas y fuente de experiencia para Enresa en estos años, en que llevó a cabo un amplio conjunto de actividades, pero sí, indu-

dablemente, el más crucial y determinante para la suerte posterior de la empresa. Puede decirse, en suma, que en sólo algo más de un lustro, Enresa había alcanzado la altura y la velocidad de cruce precisas para abordar retos de creciente alcance.

1993-1997

En el camino de la consolidación (I): Hacia un modelo tecnológico y ambiental

Alcanzada la madurez necesaria en términos tecnológicos y empresariales, y completadas las obras de El Cabril como centro para la ges-

1985-1992

The initial steps to the setting up of El Cabril

From the very beginning, and throughout the initial years, the start-up of Enresa's business activity —on the basis of the two royal decrees issued in 1984 that established the basic standards platform on which this company, with its new structure and ambitious aims, was to be built— constituted a unique endeavour. This was because Enresa was to come about as an enterprise in the business sense of the word, i.e. as an organisational unit equipped with all the resources required for the performance of its activities, but, at the same time, especially and in part due to the nature of its foundational functions and the specific nature of its activity, as an enterprise in the other and more classical sense: "An action or task entailing difficulty and requiring decision and effort for its performance".

Decision meant above all else having the ideal person to lead the special conjunction of material and human resources that a company of the span of the newly founded Enresa implied, as well as the support of the institutions —both those of the Administration, beginning with the Ministry of Industry, and those

that were to provide the necessary capital— in order to move forward with the necessary independence and medium and long-term vision. Decision also meant providing Enresa with sufficient and stable sources of financing, an aspect that was clear from its very constitution. The effort also depended on getting it right with the initial organisational flowchart, with the selection of the managers and staff who would constitute the basis of the company's most important asset —its human capital— and instil the keenness that would be required for the performance of a task that would undoubtedly be difficult but that would also imply important possibilities for professional development for a group of people who would, for the most part, bring together youth and extraordinary qualification. This is the way Enresa came about: with decision and effort.

An essential aspect was the corporate structure of the elements that went to make up Enresa as a company: from the structure of the organisation to the selection of the personnel and from a permanent headquarters to the necessary management procedures and systems. Evidently, a vital condition was to have available from the very beginning a financing model capable of supporting tasks as strategic as those to be undertaken by Enresa without uncertainties. ▶



La Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén) antes (izquierda) y después de su dismantelamiento por Enresa.

ción integral de los residuos de media y baja actividad en España, Enresa estaba ya en disposición, efectivamente, de asumir nuevas responsabilidades. El Cabril era un punto de partida, no una estación término, y pronto Enresa fue llamada a multiplicarse en sus funciones, debiendo asentarse en su vertiente tecnológica y como gran empresa medioambiental. Como señaló por aquellas fechas su presidente-fundador, Juan Manuel Kindelán, la empresa había ido estableciendo hasta entonces un compromiso entre la resolución de su proyecto operativo inmediato —la gestión del día a día de los residuos que se iban gene-

rando— y el establecimiento de los elementos básicos en los que debía sustentarse el funcionamiento eficiente a largo plazo de la empresa.

A la altura de 1993, desde luego, los elementos organizativos estaban ya muy sólidamente establecidos y los recursos, asegurados a través de un sistema de financiación suficiente y estable, que había provisto un gran fondo financiero para subvenir a las necesidades futuras derivadas de la gestión de residuos que fue gestionado, en todo momento, con los criterios de rigor, pero también de obligada rentabilidad (el “Fondo para la gestión de la segunda fase del ciclo del combustible

nuclear-Gestión de residuos”); además, tanto las instalaciones de El Cabril, muy pronto consideradas modélicas desde fuera de España, como las de la nueva sede social en Madrid, dotaban a Enresa de equipamientos modernos y eficientes; en fin, la contribución de Enresa al aumento del acervo tecnológico del país en el área de la gestión de los residuos radiactivos había sido igualmente, desde los primeros años, una prioridad firmemente establecida.

Tres conjuntos de actividades centraron prioritariamente, entre 1993 y 1997, la atención de Enresa: primero, las que tenían que ver con la progresi-

► But a company of the characteristics of Enresa would have little sense without sites. Consequently, this initial phase was dedicated to the setting up of modern facilities based on those inherited from the Nuclear Energy Board: El Cabril, in the municipality of Homachuelos in the province of Córdoba for low and intermediate level wastes, while also initiating a process of searching for sites for high level wastes. Unlike El Cabril, whose success depended mainly on the solving of administrative issues, the solution in this case would take time, and also the technical solution adopted was different from that then contemplated at international level. However, it left a balance of knowledge and international relations that were essential for the technological consolidation of the company. As regards the company's other great mission, that of dismantling facilities, the major challenge that would come with the Vandellós I nuclear power plant was still far off; however, the immediate need to dismantle the Andújar Uranium Mill (Jaén), among other actions, was far from being a minor issue.

As a result, by the time 1992 arrived, Enresa had taken on shape as a business. Perhaps the most outstanding achievement was the early maturity acquired by the still fledgling company, a maturity required for the achieve-

ment of its social purposes and the performance of the specific tasks assigned to it. This was a maturity on the organisational and corporate stage, but also as regards technology—in all cases in keeping with the courses of action approved by the Government in the General Radioactive Waste Plan (GRWP) and the corresponding R&D Plans, beginning with the one set out for the period 1987-1991—as well as in terms of participation in international forums. Carrying out the extension works at El Cabril, and thus responding to the immediate problem of short-lived and intermediate level waste disposal in Spain, was an extraordinary achievement, and an important part of the company's human, technical and financial resources was dedicated to this issue, including efforts in transparency and public communication. El Cabril was not the only testbench and source of experience for Enresa during that period, when a far-reaching series of activities was performed, but was undoubtedly the most crucial and a determining factor as regards the subsequent development of the company. In short, it may be stated that in little more than five years Enresa had reached the altitude and cruising speed required to be able to address challenges that were ever wider in scope.

va utilización y el aprovechamiento pleno de El Cabril, convertido ya en referencia industrial y tecnológica a escala internacional; segundo, las que profundizaban en el campo de la investigación —sobre la base de II Plan de I+D (1991-1995) y luego del III Plan (1995-1999)—, con importante orientación a los residuos de alta actividad, y la cooperación internacional, con el Consorcio Cassiopée como gran estándar; y, tercero, las que obligaban a atender nuevos retos, ya fuera el Plan de restauración de las antiguas minas de uranio, o bien la retirada efectiva de los pararrayos radiactivos, cuyas fuentes radiactivas fueron enviadas al Reino Unido para su reciclado y recuperación del americio que contenían los cabezales, o ya fueran, en fin, los preparativos técnicos y logísticos para emprender, a partir de 1999, la importante e inédita tarea que suponía el desmantelamiento de Vandellós I, anticipado por mor de las circunstancias en más de una década.

Debe anotarse también que la continuidad en las sólidas líneas directrices de Enresa no se vio alterada, antes al contrario, por la sustitución en la presidencia de Juan Manuel Kindelán —llamado a presidir el Consejo de Seguridad Nuclear— por José Alejandro Pina en noviembre de 1994, ni tampoco la de éste por Antonio Colino, desde diciembre de 1996; cada uno



Retirada de pararrayos radiactivos.



Almacenamiento de un contenedor en una celda de El Cabril.

The foundational functions of Enresa

- a) Treatment and conditioning of radioactive wastes in the cases and circumstances determined.
- b) Site selection, design, construction and operation of centres for the temporary storage and definitive disposal of high, low and intermediate level radioactive wastes.
- c) Management of operations deriving from the decommissioning of nuclear and radioactive facilities.
- d) Establishment of systems for the collection, transfer and transport of radioactive wastes.
- e) Intervention in the event of nuclear emergencies in support of the civil defence services, in the manner and under the circumstances required.
- f) Definitive and safe conditioning of mining and concentrate manufacturing tailings, whenever required.
- g) Assured long-term management of all waste storage installations.
- h) Performance of the necessary technical and economic-financial studies, taking into account the deferred costs of radioactive waste management, with a view to setting up an adequate economic policy.
- i) Any other activity required to achieve the company's corporate purpose.

1993-1997

On the road to consolidation (I):

Towards a technological and environmental model

The necessary level of maturity having been achieved in technological and business terms, and the works having been completed at El Cabril as a cen-

tre for the overall management of low and intermediate level wastes in Spain, Enresa was now effectively in a position to undertake new responsibilities. El Cabril was a starting point, not the end of the line, and Enresa was soon called upon to open up functionally while focussing on the technological aspects and consolidating itself as an important player in the environmental ►



La restauración de antiguas minas de uranio es una de las actividades de Enresa. Arriba, mina La Haba (Badajoz) antes y después de la recuperación ambiental.

aportó sus estímulos de impulso y renovados criterios, pero construyendo sobre lo mucho y bien hecho con anterioridad. Como reseñable es la muy notable estabilidad en los niveles directivos —bien puede hablarse además de un notable componente de fidelidad a la empresa por parte de unos profesionales tan acreditados en su ámbito—, comenzando por el Comité de Dirección, verdadero “puente de mando” de una compañía cuyo principal activo seguía siendo su capital humano. En definitiva, un mantenido afán de conseguir para las actuaciones de la empresa la plena consolidación tecnológica, industrial e internacional acabará por caracterizar el tramo central del decenio de 1990 de la historia de Enresa.

Y, así, al finalizar 1997, en vísperas de enfrentarse al reto tecnológico y empresarial del desmantelamiento de Vandellós I, Enresa habrá acumulado el capital humano y tecnológico preciso para la tarea. En el ámbito de la gestión de los residuos de media y baja actividad, El Cabril era un referente internacional; en el de la gestión de los recursos de larga vida, sus Planes de I+D, orientados por los Planes Generales de Residuos Radiactivos, le habían puesto —en términos de investigación y acumulación de acervo tecnológico— al nivel de las agencias más avanzadas en el plano internacional, y asesorando con eficacia a otras (Proyecto Cassiopée). Tocaba, pues, anticipándose a lo previsto, abordar el tercer gran pilar de actividades previstas en la creación de Enresa:

el desmantelamiento de centrales nucleares. Pronto se le unirían, por lo demás, nuevos cometidos.

1998-2004

En el camino de la consolidación (II): El desmantelamiento de Vandellós I y nuevos retos

La necesidad, sobrevenida de forma muy anticipada, de proceder al desmantelamiento de una central nuclear como Vandellós I pondría a prueba la madurez de la empresa, imponiendo una verdadera “prueba de fuego” a las capacidades tecnológicas acumuladas hasta entonces, y también a su capacidad gerencial. Desafío culminado con éxito en octubre de 2003, con el desmantelamiento de Vandellós I en su Nivel 2, quedando liberada la mayor

► field. As the company’s founder president Juan Manuel Kindelán pointed out, up until that time the company had established a compromise between addressing its immediate functional project —the day to day management of the wastes generated— and the setting up of the basic elements that were to support its efficient operation in the long term.

By 1993 the organisational elements were already very solidly established, and the resources were ensured through a sufficient and stable financing system, based on a major financial fund (the “Fund for the management of the back end of the nuclear fuel cycle-Waste management”) designed to cover future needs deriving from waste management. This fund was managed at all times using criteria of rigour but also of profitability. Furthermore, both the El Cabril facilities, which were soon seen by those outside Spain as being a model, and those of the new company headquarters in Madrid provided Enresa with modern and efficient equipment. In short, Enresa’s contribution to the technological assets of the country in the area of radioactive waste management had also been a firmly established priority from the early years.

During the period 1993 to 1997, Enresa’s attention focussed mainly on three areas of activity: first that relating to the progressive use and full exploitation of El Cabril, which by now had become an industrial and technological reference at international level; second those activities that furthered efforts in the field of research —on the basis of the 2nd R&D Plan (1991-1995), and subsequently the 3rd R&D Plan (1995-1999)—, with an important orientation towards high level wastes and international cooperation, with the Cassiopée Consortium as a banner, and third those activities that were aimed at responding to new challenges, either the Plan for the restoration of disused uranium mines or the effective removal of radioactive lightning rods —following the dispatch of the radioactive sources to Great Britain for their recycling and the recovery of the americium contained in their headers— or the technical and logistical preparations for the performance, as from 1999, of the important and never previously performed task of dismantling a nuclear power plant, specifically Vandellós I, which had been moved forward by more than a decade on account of circumstances.

It should also be pointed out that the continuity of Enresa’s solid lines



Vandellós I antes del desmantelamiento y durante el desmontaje del cajón del reactor.

parte del emplazamiento original y dejando listo el cajón del reactor, debidamente acondicionado, para su periodo de latencia de veinticinco años.

Coincidió este reto, además, con otras actuaciones —algunas muy difíciles de prever, pero siempre dentro del amplio abanico de sus fines constitutivos— que hubo de emprender Enresa en estos años, a caballo entre los decenios de 1990 y 2000: ya fueran, desde 1999, las “intervenciones especiales” derivadas del incidente de Acerinox —la fusión accidental de una fuente radiactiva de cesio-137 junto con la chatarra—, y luego en otras plantas siderúrgicas, y que terminaron acelerando, en 2004, la aprobación de unas instalaciones complementarias para los residuos de muy baja actividad en El Cabril, o las que obligaron, entre

2000 y 2002, a montar el Almacén Temporal Individualizado (ATI) en la central de Trillo; ya se trataba —y son sólo algunos ejemplos— de la restauración de las explotaciones de Saelices (Salamanca) desde 2001 o de la puesta en marcha, desde el año siguiente, del importante Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat (PIMIC), situadas en la Ciudad Universitaria de Madrid. Un variado y complejo conjunto de desafíos que terminó de consolidar empresarial y tecnológicamente a Enresa.

En este periodo, con Antonio Colino en la presidencia, el IV Plan de I+D de Enresa (1999-2003) marcó sus grandes prioridades inversoras, en la línea del V PGRR. Y tuvo lugar, por otro lado, una importante modificación en

el marco jurídico de la empresa. En octubre de 2003, el Consejo de Ministros procedió a unificar en un solo texto la normativa existente en materia de gestión de recursos radiactivos y su financiación, a través del Real Decreto 1349/2003 sobre ordenación de las actividades de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., derogando buena parte de las disposiciones vigentes hasta entonces. Se actualizaban en el nuevo real decreto los cometidos de Enresa, se modificaban los criterios sobre la periodicidad de la elaboración de los PGRR (cada cuatro años, revisándose siempre que lo pidiera el Ministerio de Economía), se redefinían las modalidades de contraprestación económica por los servicios y se revisaban los activos financieros en los que podía

of governance was not altered—in fact quite the opposite— by the replacement in the presidency of Juan Manuel Kindelán—who was called upon to preside over the Nuclear Safety Council— by José Alejandro Pina in November 1994, or of the latter by Antonio Colino in December 1996. Each brought new drive and fresh criteria but always building on the great deal that had been successfully achieved beforehand. The degree of stability in the management was particularly noteworthy—with an outstanding component of allegiance to the company by professionals who were highly accredited in their respective fields—beginning with the Management Committee, the true “bridge” of a company whose main asset continued to be its human capital. In short, a continuous drive to achieve full technological, industrial and international consolidation in the company’s performance eventually characterised the central part of the 1990’s within the history of Enresa.

Thus, at the end of 1997, just when the technological and business challenge that the dismantling of Vandellós I represented was about to be faced, Enresa had accumulated the human and technological capital required for the task. In the area of low and intermediate level waste management, El Cabril was

an international reference; as regards the management of long-lived wastes, the company’s R&D Plans, oriented by the General Radioactive Waste Plans, had placed the company at the level of the most advanced agencies on the international scene—in terms of research and the accumulation of technological know-how— and it had efficiently contributed to others (Cassiopee Project). It was therefore, and earlier than expected, time to address the third major area of activity contemplated when Enresa was set up: the dismantling of nuclear power plants, to which would soon be added other new challenges.

1998-2004

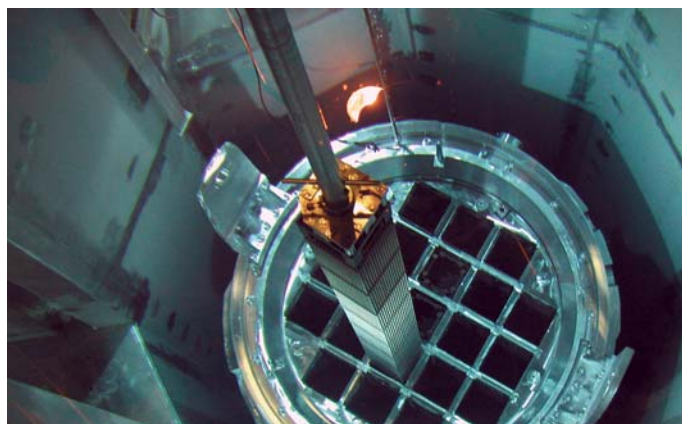
On the road to consolidation (II):

The dismantling of Vandellós I and new challenges

The need to undertake the dismantling of a nuclear power plant like Vandellós I, a need that arose long before expected, would test the maturity of the company, subjecting the technological capabilities accumulated to date and the management capacity of the company to a real “acid test”. This challenge was successfully met in October 2003, with the dismantling of Van- ▶



Contenedor de almacenamiento en seco de combustible gastado en Trillo.



Introducción de un elemento combustible en un contenedor.



Almacén Temporal de la central José Cabrera.

materializarse el Fondo para la financiación de las actividades de los PGRR. El real decreto establecía que la política sobre gestión de residuos radiactivos y desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares y radiactivas correspondía al Gobierno, constituyéndose el Ministerio de Economía en *ministerio de*

tutela. Además, se definían en el artículo 4 las funciones de Enresa: tratamiento y acondicionamiento de residuos radiactivos; búsqueda de emplazamientos; diseño, construcción y operación de los centros de almacenamiento; desmantelamiento y clausura de las instalaciones radiactivas; restauración de los

terrenos afectados por la minería del uranio; establecimiento de los Planes de I+D en este campo, y, finalmente, gestión del Fondo para la financiación de las actividades de los PGRR.

Una combinación de factores abrirá, a caballo entre 2004 y 2005 —y sobre la base previa de la nueva

► dellós I to Level 2, most of the original site being released and the reactor pile being left duly conditioned for the 25-year dormancy period.

This challenge also coincided with other activities —some very difficult to foresee but all included within the wide range of the company's corporate purposes— that Enresa had to address during this period between the 1990's and the early years of the 21st century: on the one hand the "special interventions" carried out as from 1999 as a result of the Acerinox incident —the accidental smelting of a radioactive source of caesium-137 along with metallic scrap— and subsequently at other steelyards, which ended up by speeding up the approval of new installations for very low level wastes at El Cabril in 2004, or those that led to the construction of the Individual Temporary Storage (ITS) facility at the Trillo plant between 2000 and 2002, and on the other hand —and these are but just a few examples— the restoration of the Saelices (Salamanca) works as from 2001 or the start-up the following year of the important Integrated Plan for the Improvement of the Ciemat Installations (PIMIC), located on the campus of Madrid University. These were a varied and complex set of challenges that completed the business and technology consolidation of Enresa.

During this period, with Antonio Colino as president, the 4th Enresa R&D Plan set out the major investment priorities, in keeping with the 5th GRWP. There was also an important modification to the legal framework of the company. In October 2003, the Cabinet (1999-2003) unified the existing standards on radioactive waste management and its financing in a single text by way of Royal Decree 1349/2003 on the ordering of the activities of the Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., annulling a large part of the provisions in force up until that time. The new Royal Decree updated Enresa's functions, modified the criteria regarding the frequency of the GRWP's (every four years, with revisions whenever requested by the Ministry of Economy), redefined the different types of economic compensations for services rendered and revised the financial assets for which the Fund for the financing of the activities included in the GRWP might be used. The Royal Decree established that the policy on the management of radioactive wastes and the dismantling and decommissioning of nuclear and radioactive facilities was the responsibility of the Government, the Ministry of Economy being appointed as the *aegis ministry*. Furthermore, article 4 defined the functions of Enresa: the treatment and condi-



Firma de la transferencia a Enresa de la titularidad de la central José Cabrera.



Interior del edificio del reactor del Ciemat, hoy desmantelado por Enresa.

regulación jurídica de los residuos radiactivos recién citada—, un nuevo capítulo en la vida mercantil de Enresa para completar su primer cuarto de siglo de existencia, una nueva etapa que coincide con la segunda mitad del decenio de 2000.

En primer lugar, el retorno a la presidencia de José Alejandro Pina en septiembre de 2004, manteniendo las coordenadas esenciales de la empresa, pero también impulsando y orientando, con renovado vigor, proyectos e iniciativas. Segundo, y una vez concluido el IV Plan de I+D de Enresa (1999-2003), el inicio del V Plan (2004-2008), que hubo de ser, no obstante, pronto remodelado y adaptado a las nuevas líneas estratégicas de la compañía, en coherencia con el Sexto Programa-Marco de la Unión Europea. Tercero, la internacionalización de los costes de la gestión de

los residuos radiactivos a raíz del Plan de dinamización de la economía española e impulso a la productividad presentado por el Gobierno en 2004, y aprobado en febrero de 2005, que venía a significar la culminación de un modelo de financiación, el de Enresa, basado en el principio de que “quien contamina, paga”. Cuarto, la implantación de una nueva fiscalidad ambiental en Andalucía, con importantes efectos sobre El Cbril. Y, quinto, el compromiso adoptado por la Comisión de Industria en diciembre de 2004, aprobando una resolución a favor de una solución a los residuos basada en el Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC), convertido, desde entonces, en el principal objetivo estratégico de Enresa. Consolidada la empresa, la nueva meta le obligaba a caminar con paso firme.

2005-2010

Un firme paso adelante:

El Almacén Temporal Centralizado

Al cumplirse, en 2005, los primeros veinte años de Enresa, el presidente José Alejandro Pina resumía ante la Junta General de accionistas los principales logros alcanzados en esas dos décadas: la puesta en actividad —y operación en régimen industrial— tanto de un sistema de gestión para los residuos radiactivos procedentes de hospitales, industrias y centros de investigación, como de los residuos de baja y media actividad procedentes de las centrales nucleares; la construcción de un centro —El Cbril— para el acondicionamiento y tratamiento permanente de los residuos de baja y media actividad; el desarrollo de técnicas para reducir —hasta en un 60%— la producción de residuos de baja y

tioning of radioactive wastes; siting; the design, construction and operation of storage and disposal centres; the dismantling and decommissioning of radioactive facilities; the restoration of land affected by uranium mining; the drawing up of R&D Plans in this field and, finally, the management of the Fund for the financing of activities included in the GRWP.

Between 2004 and 2005, and on the basis of the aforementioned new legal regulations governing radioactive wastes, a combination of factors was to open up a new chapter in the business lifetime of Enresa that would round off the company's first twenty-five years of existence, a new stage in the proceedings that would coincide with the second half of the first decade of the century.

Firstly, there was the return to the presidency of José Alejandro Pina in September 2004, maintaining the essential coordinates of the company but also driving and orienting new projects and initiatives with fresh vigour. Secondly, on conclusion of the 4th Enresa R&D Plan (1999-2003), there was the beginning of the 5th Plan (2004-2008), which was, however, soon remodelled and adapted to the new strategic lines of the company, in keeping with the 6th Framework Programme of the European Union. Thirdly, there

was the internalisation of radioactive waste management costs as a result of the Plan to invigorate the Spanish economy and drive productivity presented by the Government in 2004 and approved in February 2005, which meant the culmination of a model of financing, that applied by Enresa, based on the principle of “the polluter pays”. There was also the implementation of a new environmental taxation system in Andalusia, with important effects on the El Cbril facility. Fifth and last was the commitment of the Commission for Industry in December 2004, approving a resolution favouring a solution to wastes based on Centralised Temporary Storage (CTS), which from then on was to become Enresa's main strategic objective. With the company now consolidated, the new goal required that it move forward at a solid pace.

2005-2010

A firm step forward: the Centralised Temporary Storage facility

On celebrating the first twenty years of Enresa in 2005, the president José Alejandro Pina summarised the most important achievements of these two ▶



Visita de un grupo de técnicos chinos a El Cabril. A la derecha, Cándido Méndez, secretario general de UGT, visitando las instalaciones.



Pedro Luis Marín, secretario de Estado de Energía, en la sala de control de El Cabril. A la derecha, periodistas durante una visita a la instalación.

media actividad procedentes de las centrales nucleares españolas; la gestión rápida y eficaz de los materiales contaminados originados en la fusión accidental de fuentes radiactivas en diversas acerías españolas; la retirada

y reciclaje de más de 22.000 pararrayos radiactivos; el desmantelamiento y clausura de la fábrica de uranio de Andújar y el acondicionamiento definitivo de sus estériles de concentrados de uranio; la restauración ambiental

de una veintena de antiguas minas de uranio en Extremadura y Andalucía; el desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós I; la ampliación de la capacidad de almacenamiento de las piscinas de combustible gastado de

An identifying Decalogue

1. Enresa, a condition for progress.
2. Enresa, the creation of democracy.
3. Enresa, an environmentally oriented company.
4. Enresa, priority for communication.
5. Enresa, keen backing for R&D.
6. Enresa, excellence in human capital.
7. Enresa, financing for stability.
8. Enresa, flexible organisation.
9. Enresa, commitment to integration.
10. Enresa, international demands and ambition.

► decades before the annual General Shareholders' Meeting: the start-up and industrial operation of a management system for both the radioactive wastes from hospitals, industries and research centres and the low and intermediate level wastes from nuclear power plants; the construction of a facility —El Cabril— for the conditioning and permanent treatment of low and intermediate level wastes; the development of techniques for the reduction by up to 60% of the production of low and intermediate level wastes at the Spanish nuclear power plants; the rapid and efficient management of con-

taminated materials arising from the accidental smelting of radioactive sources at various Spanish steelyards; the removal and recycling of more than 22,000 radioactive lightning rods; the dismantling and decommissioning of the Andújar uranium mill and definitive conditioning of its uranium concentrate tailings; the environmental restoration of some twenty disused uranium mines in Extremadura and Andalusia; the dismantling of Vandellós I nuclear power plant; the extension of the storage capacity of the spent fuel storage pools at the nuclear power plants; the design and start-up of the temporary storage facility for spent fuel at the Trillo nuclear power plant using dual-purpose casks; and finally, and as a result of all the above and of sustained investment efforts over two decades through the successive Enresa R&D Plans, the generation of an important corpus of scientific know-how and technological and management experience that would be applicable in the future.

But Enresa could not rest on the laurels achieved, however meritorious they might be and however arduous the task of simply maintaining the level achieved in each of these points. The strategy, the step forward, was now the



Mohamed ElBaradei, anterior director general del OIEA, en El Cabril.

las centrales nucleares; el diseño y puesta en marcha del sistema de almacenamiento temporal de combustible gastado en la central nuclear de Trillo utilizando contenedores de doble uso; por último, y como resultado de todo lo anterior y de un sostenido esfuerzo inversor durante dos décadas a través de los sucesivos planes de I+D de Enresa, la generación de una gran acervo científico y de experiencia tecnológica y de gestión, aplicable en el futuro.

Pero Enresa no podía quedarse en los logros conseguidos, por meritorios que fueran y por trabajoso que resultase el simple mantenimiento del nivel alcanzado en cada uno de estos puntos. La estrategia, el paso adelante, se llama ahora ATC, esto es la construcción de un Almacén Temporal Centralizado en España para la gestión del combustible

establecimiento de un nuevo sistema de financiación, en virtud del Real Decreto Ley 5/2005, basado en el principio de que fueran los generadores de residuos radiactivos quienes hicieran frente “directamente” —aquí estaba la clave del nuevo sistema— a los costes de su gestión.

Por lo demás, los aspectos relativos a la formación de los recursos humanos (y la formación “externa”), la gestión de calidad, los sistemas de información, la gestión ambiental, la seguridad y protección radiológica... y, por supuesto, a la comunicación, han seguido ocupando en estos años un lugar central en la estrategia empresarial de Enresa. Pero siendo todos ellos esenciales en el despliegue de sus actividades, quizá ninguno haya requerido desde el comienzo de tanta y tan constante pedagogía

nuclear gastado y los residuos de alta actividad, en cuyo diseño genérico —de una instalación tipo bóveda, como las ya implantadas en Estados Unidos, Francia o el Reino Unido— Enresa había avanzado ya para entonces.

Ha de destacarse también el

como la aceptación social de la gestión de los residuos radiactivos, a través de una política de información transparente y de comunicación siempre proactiva y orientada a mejorar el conocimiento de la población en este siempre controvertido ámbito. Algo, y no poco, puede decirse que se ha progresado en este empeño.

Queda abierto, en todo caso, este último capítulo de la vida de Enresa. A las tareas de desmantelamiento integral de la central José Cabrera, y posterior restauración medioambiental, y a la expectativa que se abre para Enresa con la decisión adoptada por el Gobierno en 2009 en torno al cierre de la central de Garoña, se une, por encima de cualesquier otras también en curso, la del Almacén Temporal Centralizado, una vez seleccionados, a principios de 2010, los ayuntamientos candidatos a albergarlo. En estos futuros cometidos, como en el cuarto de siglo cumplido, el impecable trabajo técnico y la buena comunicación —la transparencia, principio obligado de una empresa “al servicio de la sociedad”— deberán seguir yendo unidos. “La democracia —como ha señalado el presidente José Alejandro Pina—, además de servir a sus fines esenciales, también está para alcanzar soluciones racionales en cuestiones de amplio calado que requieren el consenso de todos”. ■

CTS, i.e. the construction of a Centralised Temporary Storage facility in Spain for the management of spent nuclear fuel and high level wastes. Enresa had already made progress in the development of a generic design for this facility, which was to be a vault type installation similar those already implemented in the United States, France and Great Britain.

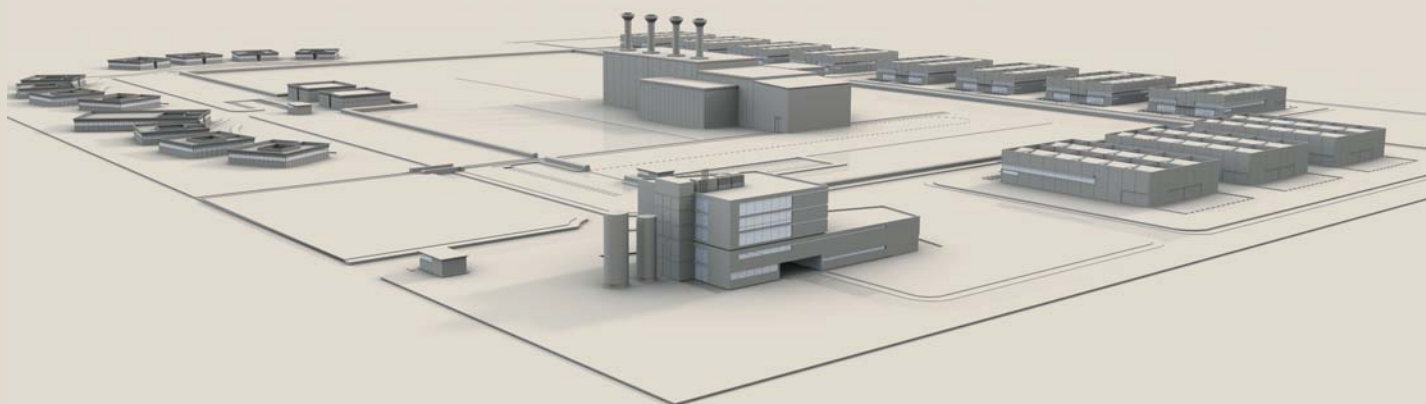
Mention should be made also of the establishment of a new financing system as a result of Royal Decree Law 5/2005, based on the principle of the radioactive waste producers “directly” —and here was the key of the new system— meeting the management costs.

In addition, aspects relating to the training of the human resources (and “external” training), quality management, information systems, environmental management, safety and radiological protection... and, of course, communication, have continued to occupy a central position in Enresa’s business strategy. Although all of these aspects are essential in the activities of the company, possibly none has required such widespread and constant efforts in pedagogy from the beginning as the social acceptance of radioactive waste management through a transparent information policy and a proactive pro-

gramme of communication aimed at improving the understanding of the population in this always controversial area. These efforts may be said to have borne fruit, and not a little.

This last chapter in the Enresa story remains open. To the tasks involved in the integral dismantling of the José Cabrera nuclear power plant and subsequent environmental restoration work, and to the expectations opened up for Enresa by the decision adopted by the Government in 2009 regarding the Garoña plant is added, above all those other tasks that are now under way, the issue of the Centralised Temporary Storage facility, following the selection in early 2010 of the candidate municipalities for the siting of this installation. In these future undertakings, as during the quarter of a century that has already been covered, impeccable technical work must go hand in hand with successful communication, with the transparency that is a must for a company “at the service of society”. As the president José Alejandro Pina has pointed out, “In addition to serving the company’s core purposes, democracy allows for the development of rational solutions to highly consequential issues requiring consensus among all those involved”. ■

*La Universidad Internacional Menéndez Pelayo
organizó en junio un curso para profundizar en los aspectos técnicos,
sociales y económicos del proyecto*



El ATC, desde todas las perspectivas

Un modelo de gestión eficaz y segura de los residuos radiactivos: el ATC y su Parque Tecnológico fue la apuesta formativa de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander durante los días 21 al 23 de junio de 2010. Unas jornadas, organizadas por Enresa, que se convirtieron en un foco de divulgación y debate sobre un proyecto, el del Almacén Temporal Centralizado, contrastado desde el punto de vista técnico, pero que, como se puso de manifiesto, es necesario entender y comprender para su puesta en marcha. ■ **TEXTO: Teresa Palacio, ENRESA. FOTOGRAFÍA: Jorge Fernández, ENRESA.**

LOS PROFESORES JOSÉ MANUEL FERNÁNDEZ DE LABASTIDA y Carlos Martínez Alonso fueron los encargados de diseñar el ambicioso programa del curso. El objetivo era informar sobre los aspectos técnicos de un proyecto nacio-

nal, el Almacén Temporal Centralizado (ATC), de la mano de expertos nacionales e internacionales. A la vez, el Palacio de la Magdalena de Santander, sede de las jornadas, serviría de espacio de debate para profundizar en otros aspec-

tos fundamentales del proyecto: su repercusión en la I+D y sus implicaciones sociales y económicas.

Ya desde la inauguración se puso de manifiesto la necesidad de esta solución que el Parlamento solicitó a Enre-



Carlos Martínez y José Manuel Fernández Labastida, coordinadores del curso. En el centro, el Palacio de La Magdalena. A la derecha, desarrollo de una de las jornadas.

sa en 2004. La presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Carmen Martínez Ten, afirmó que el ATC “permitirá recoger y gestionar los residuos de alta actividad de todas las centrales nucleares españolas”. Una vez seleccionado el emplazamiento, dijo, el CSN evaluará las condiciones de seguridad y de protección radiológica de detalle, puesto que en el año 2006 ya aprobó el diseño básico conceptual de la instalación.

Para la presidenta del CSN, hablar de ATC en España “es hablar de gestión de residuos radiactivos de alta actividad en la Unión Europea”, que trabaja en la actualidad en una directiva común para la gestión de estos materiales.

El proyecto del ATC no sólo tiene como objetivo racionalizar la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad, sino que “mejora su seguridad”, indicó.

La responsable del organismo regulador destacó que España tiene las capacidades técnicas y tecnológicas para abordar un proyecto como el ATC, por lo que “podemos y debemos hacerlo”. En su opinión, además de tener capacidad y experiencia, España cuenta con una ventaja frente a otros países de la Unión Europea a la hora de abordar este tipo de proyectos, y es que durante los últimos veinticinco años ha ido haciendo “de hormiga” al ir creando poco a poco un fondo económico para la financiación de estas actividades, que adquiere gran importancia en periodos de crisis.

En la misma línea se expresó el presidente de Enresa, José Alejandro Pina, quien además de poner en valor la necesidad del ATC, quiso destacar la oportunidad que supone su Centro Tecnológico Asociado para la investigación. Para Pina, el ATC es la instalación idónea para controlar “con la máxima eficacia” los residuos radiactivos de alta actividad “hasta que la tecnología evolucione”. Buena parte de esa evolución, destacó, se producirá en el Centro Tecnológico Asociado al ATC, que “posicionará a España a la vanguardia de la investigación energética y medioambiental”. “España jugará un papel crucial en la Europa del conocimiento con



De izquierda a derecha, Salvador Ordóñez, rector de la UIMP; Carmen Martínez Ten, presidenta del CSN, y José Alejandro Pina, presidente de Enresa.

el parque tecnológico como plataforma”, afirmó Pina.

La evolución de la gestión de los residuos en España

La trayectoria seguida por España en el último cuarto de siglo en gestión de residuos radiactivos fue el hilo conductor de la intervención de la directora técnica del Consejo de Seguridad Nuclear, Isabel Mellado. Una trayectoria que, según señaló, continuará gracias al ATC.

La evaluación del diseño conceptual del ATC ya realizada por el CSN, explicó Mellado, contiene la descripción de la instalación sin especificar el emplazamiento, ya que todavía no está asignado. Ese proyecto genérico, ya aprobado, incluye también la estructura del análisis de seguridad, el alcance y los contenidos que tendrá y, fundamentalmente, los códigos y normas aplicables, tanto para el diseño, como para los criterios de aceptación en cada una de las funciones de seguridad. La apreciación favorable del diseño por parte del CSN implica una serie de condiciones, como la de “establecer un marco global de referencia” que, según sus palabras, se corresponderá con la normativa americana, al ser “el modelo que más se acerca a los conceptos de transparencia y comunicación”. Este modelo es, además, una fuente de información y de conocimiento muy útil para técnicos y profesionales del sector al poder acceder por medio de Internet

a toda la documentación. Según informó la directora técnica del CSN, tras la aprobación del diseño del ATC “se abordarían las etapas posteriores, tales como las autorizaciones para el emplazamiento, la construcción y la puesta en marcha”.

Mellado señaló que la evaluación del CSN “consideró apropiada” la metodología

■ “El proyecto de ATC no sólo tiene como objetivo racionalizar la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad, sino que mejora su seguridad”. ■ Carmen Martínez Ten, presidenta del CSN ■

propuesta por Enresa para realizar los cálculos del impacto, e hizo especial hincapié en la necesidad de elaborar un diseño detallado del comportamiento de los materiales en todas las condiciones de degradación del material y del programa de gestión de vida.

Mellado recalcó que España tiene conocimientos, experiencia y referencias internacionales para la gestión segura de los residuos radiactivos, y enumeró las modalidades de almacenes en húmedo y en seco que operan correctamente y adecuados a la seguridad en nuestro país. Sumó a esta lista el futuro ATC para almacenar los residuos de alta actividad y el combustible gastado de las centrales nucleares como almacén

Arte y tecnología

Un aspecto muy importante para la buena gobernabilidad de un ATC es la comunicación. Según la experiencia de Jaap Gelok, alcalde de Borssele, cuando los holandeses construyeron HABOG encargaron al artista local William Verstraeten el reto de que desde fuera se viera lo que pasa dentro y viceversa. El resultado fue que por fuera el almacén se pintó con las fórmulas de Einstein y Planck, y que el color escogido iría decayendo según los procesos que se desarrollan dentro del recinto con los residuos. Por ello, cada veinte años, la estructura se vuelve a pintar hasta que quede blanca en 2103.

En HABOG, la referencia del proyecto español, trabajan sesenta personas y se estima que genera otros tantos puestos de trabajo indirectos. En la actualidad, señala Gelok, se da una “convivencia natural” del almacén con su entorno, y para el alcalde de Borssele “la instalación” no es una de sus principales preocupaciones. ■



Panorámica de la instalación HABOG, el Almacén Temporal Centralizado de Holanda.

idóneo para continuar la trayectoria de nuestro país en materia de gestión de material radiactivo.

El referente holandés

El final de la mañana de la primera jornada estuvo dedicado al análisis del modelo que sirve de referente al ATC español, la instalación HABOG, en Holanda. Jaap Gelok, alcalde de Borssele, el municipio donde se ubica ese almacén, no pudo asistir al curso, tal y como figuraba en el programa, por encontrarse en una reunión en el Ministerio de Industria de su país. En su lugar, el director de la división administrativa de Enresa, Jorge Lang-Lenton, hizo la presentación que había preparado Gelok.

Según la ponencia del representante holandés, el proceso de búsqueda de

emplazamiento para el ATC holandés fue aprobado por su parlamento. En él, un comité de alto nivel dentro del Gobier-

■ **“El Centro Tecnológico asociado al ATC posicionará a España a la vanguardia de la investigación energética y medioambiental. España jugará un papel crucial en la Europa del conocimiento, con el parque tecnológico como plataforma”.** ■ José Alejandro Pina, presidente de Enresa ■

no estableció unos criterios de selección básicos: emplazamiento industrial amplio, con infraestructuras, con refrigeración de agua y disponible directamente. Tras

la presentación de doce municipios candidatos, quedaron como finalistas dos en el sur de Holanda, tras lo que se escogió Borssele. Las razones para la elección fueron que es una zona con cultura nuclear —por tener una central en su entorno—, pero, sobre todo, porque el otro candidato tenía como vecino inmediato una refinería de petróleo. En la zona escogida conviven muchas industrias como astilleros, parques eólicos, parques de carbón y una central nuclear.

La instalación almacena todos los residuos de alta actividad del país y está diseñada para resistir todos los fenómenos adversos que pudieran tener lugar en la zona, como un terremoto de 6,5 grados en la escala de Richter, el choque de un avión de combate, inundaciones de más de diez metros, explosiones de gas, tormentas con vientos de 125 metros por segundo; todo ello con un impacto radiológico despreciable.

¿ATC u otro modelo?

Todos los modelos de gestión de residuos radiactivos de alta actividad pasan por disponer de un ATC. Así lo expusieron expertos de Enresa, el Consejo de Seguridad Nuclear, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Sevilla en una mesa redonda sobre los modelos de gestión de combustible gastado con la que concluyó la primera jornada del curso.

Juan José Gómez Cadenas, físico nuclear del CSIC, explicó que el combustible gastado “ocupa muy poco” pero es “muy radiactivo”. Esa radiactividad, como dijo, es “intensa, pero va decayendo con el tiempo”, por lo que los primeros años “es importante mantener el material enfriando en las piscinas de las centrales nucleares, para posteriormente trasladarlo a un ATC”; allí, “si se toma como referencia un periodo de cien años, la radiactividad se reduciría por un factor de cien”, dijo.

Tras este almacenamiento, el combustible sería “más manejable y menos radiactivo” y llegaría el momento de ver si el paso del tiempo sigue considerando ese material como residuo o como recurso.



De izquierda a derecha, Álvaro Rodríguez Beceiro, Isabel Mellado, Francisco García Novo y Juan José Gómez Cadenas, durante la mesa redonda sobre modelos de gestión de combustible gastado.



Carlos Martínez presentó a Hans Riotte, de la AEN/OCDE, que habló de las cuestiones sociales en torno al ATC.

Si es residuo, indicó, la solución final sería almacenarlo de forma permanente en un almacenamiento geológico, para el que ya existirían ejemplos de éxito en otros países. “Si queremos el AGP [Almacenamiento Geológico Profundo], conviene tener el ATC”, afirmó.

Si, por el contrario, en el futuro ese material se considera recurso, se podrían extraer 10 kilogramos de plutonio por tonelada y también se puede transformar el uranio en plutonio. A su modo de ver, “hay muchas posibilidades de acción”, como un reprocesado avanzado, por lo que “conviene esperar cien años con el ATC para encontrar la vía más adecuada”.

“Todo lleva al ATC”, enfatizó a modo de conclusión y, entre las razones que esgrimió, destacó que “retrasa la decisión

de si el material es residuo o recurso, abarata costes, reduce calor y radiactividad, centraliza y ofrece oportunidades econó-

■ **“El ATC no es una mera instalación sino un centro de alta tecnología que ahorra, reduce y recupera emplazamientos y permite la descontaminación total”.** ■ Francisco García Novo, catedrático de Ecología de la Universidad de Sevilla ■

micas, además de que despolitiza el debate nuclear”.

El catedrático de Ecología de la Universidad de Sevilla, Francisco García Novo, estableció tres pasos para la gestión del combustible gastado: diez años

almacenados en piscinas; cien años en un ATC y, finalmente, su almacenamiento en un almacén geológico profundo.

El ATC, afirmó, tiene un impacto técnico “extremadamente débil”, que asemejó con un calentador de aire. Respecto al impacto sobre el paisaje, para García Novo “sería como el de una central térmica, modesta de tamaño, pero sin penachos ni cables”. Además, afirmó, esta “instalación de reproceso natural de residuos radiactivos no consume agua, ni genera residuos” y va haciendo desaparecer la radiactividad de estos materiales.

García Novo incidió en los problemas de comunicación que suscitan este tipo de proyectos, de los que se obvian mensajes como “que reduce un impacto disperso de los múltiples almacenamientos” y mantiene los materiales “a buen recaudo”.

Otro aspecto que puso sobre la mesa fue el terrorismo. A su modo de ver, “es muy interesante la idea de tener todo el material junto y a buen recaudo”. Para él, el ATC no es una mera instalación, “sino un centro de alta tecnología que ahorra, reduce y recupera emplazamientos y permite la descontaminación total”.

Además, “es la última pieza del desmantelamiento”. Gracias a él, todo está clasificado, guardado y vigilado para poder decir adiós a las instalaciones nucleares. Esto, afirmó el catedrático, no es algo nuevo, ni extraño, sino que “va unido a la historia de nuestro desarrollo”. También es importante su aspecto exterior, por lo que García Novo propondría un concurso para su diseño. Y hacer del almacén algo visible para que a la gente no le parezca extraño y que ayude a entender el concepto de almacenamiento, las cápsulas, las varillas...

Para García Novo, el ATC es, en definitiva, una “pieza esencial” en el contexto energético y nuclear de España y del mundo.

Durante el debate, la directora técnica del CSN, Isabel Mellado, destacó además de las implicaciones de futuro que tiene el propio almacén, que el Centro Tecnológico Asociado a la instalación “permitirá a España disponer de celdas calientes para poder estudiar el com-

¿Una energía nuclear sostenible?

El director de la División de Fisión Nuclear del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), Enrique González, dibujó el camino del sector nuclear hacia una forma más sostenible de producir esta energía, que implica la reducción de los residuos, un mayor aprovechamiento energético del combustible, una optimización de los almacenamientos definitivos y la puesta en marcha de reactores de cuarta generación. Todos estos avances, indicó, ya son

en la actualidad realidades en proyectos internacionales y, en este sentido, destacó la Iniciativa Industrial Europea para la Energía Nuclear Sostenible que, a finales de año, lanzará una campaña para emplear 7.000 millones de euros en desarrollar plantas de demostración para cada tecnología de energía nuclear sostenible o de reducción de residuos.

También hizo referencia al Proyecto Myrrha, un transmutador subcrítico que costará 1.000 millones de euros y que se prevé que comience a funcionar en 2024 en Bélgica. ■

portamiento del combustible gastado” y tener así “las infraestructuras acordes al programa nuclear del país”.

También participó en la mesa redonda el director de Ingeniería de Enresa, Álvaro Rodríguez Beceiro, quien profundizó en las diferentes opciones del ciclo nuclear “cerrado o abierto”, según se reprocese o no el combustible gastado. Ahora, explicó, en España impera el ciclo abierto, es decir, el combustible se almacena sin pensar en un uso. En otros lugares existe el ciclo cerrado, en el que el material se reprocesa. “El reprocesado —afirmó— es caro y no resuelve los problemas a los gestores de los residuos”. Rodríguez Beceiro se preguntó sobre la viabilidad de un ciclo cerrado avanzado, gracias a la separación y a la transmutación, que dependería del futuro de la energía nuclear en el mundo.

■ **“Todo lleva al ATC: retrasa la decisión de si el material es residuo o recurso, abarata costes, reduce calor y radiactividad, centraliza y ofrece oportunidades económicas, además de que despolitiza el debate nuclear”.** ■ Juan José Gómez Cadenas, físico nuclear del CSIC ■

Ciclo cerrado o abierto, afirmó, necesitan de un ATC porque precisan almacenar residuos radiactivos de alta actividad. En la actualidad, afirmó, las plantas de reproceso son “los mayores ATC del mundo”.

El ATC, una oportunidad para la investigación

Si la primera jornada centró las ponencias en los aspectos técnicos del almacén, el segundo día se dedicó a ahondar en las nuevas vías que la investigación aportará a la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad.

Julio Astudillo, responsable del Departamento de I+D de Enresa, afirmó en la intervención inaugural de esta jornada que Enresa ha destinado a los programas de I+D cerca de 150 millones de euros desde su creación. Unas inversiones de las que se han visto beneficiados grupos de investigación de empresas y universidades españolas que han participado en desarrollos tecnológicos y científicos promovidos por esta empresa nacional, y cuyos contenidos estaban establecidos por los sucesivos planes generales de residuos radiactivos.

Actualmente, explicó, está en marcha el Plan de I+D 2009-2013, que cuenta con un presupuesto de 28 millones de euros para su desarrollo y que supone un cambio de estrategia, “ya que de la puesta a punto de opciones se ha pasado a la optimización de los desarrollos realizados y a la transferencia inmediata de resultados a la gestión”. Para Astudillo, en esta nueva etapa de la I+D en la gestión de los residuos radiactivos, va a tener un papel fundamental el desarrollo de centros tecnológicos, como el previsto para el ATC.

El responsable del programa de investigación de Enresa destacó que “el papel fundamental de la I+D en el campo de la gestión de los residuos radiactivos es

suministrar capacidades y conocimientos para contribuir al desarrollo de estrategias de gestión seguras y viables”. En este sentido, afirmó que “Enresa, en lugar de poner en marcha sus propios equipos de investigación, asumió desde el principio un papel de coordinador, confiando el desarrollo de los proyectos a empresas y universidades españolas, y promoviendo su participación activa en los programas marco de la Unión Europea”. Como resultado de esta política, según Astudillo, “actualmente contamos con unos equipos de investigación con una alta cualificación, una presencia activa en proyectos europeos y una reconocida solvencia internacional”.

El director general del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioam-



Cayetano López, director del Ciemat.



Alfredo Poves, Julio Astudillo, Enrique González Romero, Manuel Lozano Leyva y Eduardo Gallego, en la mesa sobre I+D.

bientales y Tecnológicas (Ciemat), Cayetano López, puso sobre la mesa otra perspectiva de la I+D, la directamente relacionada con la gestión del combustible gastado. Para López, los residuos

■ **“El Centro Tecnológico asociado al ATC será una infraestructura que ayudará a que se pueda hacer frente a todos los retos que se presenten en el futuro”.** ■ Julio Astudillo, jefe del Departamento de I+D de Enresa ■

radiactivos de alta actividad presentan una solución más compleja para su gestión que los de baja y media actividad. En España estos materiales se encuentran confinados y protegidos en piscinas o en almacenes temporales individualizados (ATI). De cara al futuro hay varias soluciones posibles:

— Mantenerlos en piscinas. Esta tecnología está probada y disponible.

— Almacenarlos en un ATC, “la mejor opción y la más adecuada”, para la que también hay tecnología disponible y probada.

— Almacenarlos en un AGP, para el que hay tecnología desarrollada pero faltan experiencias.

— La separación y la transmutación, cuya tecnología está en desarrollo.

Un aspecto importante que destacó López es el que se refiere a la percepción pública. En el último año, indicó, ha variado mucho la postura de la población sobre la energía nuclear, y un 40% de los

encuestados cambia su opinión si hay solución para los residuos radiactivos.

López indicó que la estrategia a seguir en España para la gestión del combustible gastado es el ATC, el almacenamiento en bóvedas, con múltiples barreras, refrigeración pasiva y con bajas dosis de radiación. Aquí, la I+D estará orientada a investigar los mecanismos de degradación por fluencia mecánica, oxidación, corrosión, etcétera, y también a estudiar la estabilidad de estos residuos.

Otra vía importante de investigación que destacó López es la separación y la transmutación. El combustible gastado, dijo, está compuesto por uranio y materiales estructurales activados. La separación y transmutación propone una gestión diferente para componentes tan heterogéneos.

Además de separación y transmutación, López se refirió a la investigación que se lleva a cabo en fusión nuclear, y en el almacenamiento a largo plazo. El Ciemat, dijo, investiga la caracterización y evaluación del AGP. En definitiva, afirmó, el programa de I+D afecta a todos los aspectos de la gestión de los residuos radiactivos con el objetivo de optimizar las prestaciones y verificar la seguridad. Además, añadió, busca diseñar y validar tecnologías de separación y transmutación para la reducción drástica del volumen antes del almacenamiento geológico final.

El reciclado y los reactores rápidos

El director de la División de Fisión Nuclear de Ciemat, Enrique González

Romero, participó en esta jornada analizando el papel que juega la I+D en la gestión futura de los residuos radiactivos.

El “problema”, dijo, está en la gestión de residuos de alta actividad, que “es complejo, pero para el que existen soluciones”. Para empezar destacó que un ATC proporciona el tiempo necesario para optimizar esas soluciones y lograr el consenso social para aplicarlas. La medida que se aplicará tras este tiempo será, a su juicio, “más sostenible”.

En la actualidad, explicó, el combustible gastado es un residuo radiactivo con soluciones seguras, pero más adelante, reutilizando el plutonio de ese combustible, se obtendrá más energía y quedarán menos residuos. También incidió en el reprocesado PUREX (la separación comercial de uranio y plutonio) de La Hague, Francia, que aprovecha la energía del uranio un 30% y reduce un 10% los residuos.

González se refirió a que, según los escenarios que maneja el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), entre 2030 y 2050 se producirá un aumento de la energía nuclear en el mundo. En ese escenario de futuro, González Romero sitúa a los reactores rápidos, en los que según se va consumiendo combustible se genera plutonio fisible en la misma medida, por lo que producen combustible. Esto, afir-

■ **“En la actualidad, el combustible gastado es un residuo radiactivo con soluciones seguras, pero más adelante, reutilizando el plutonio de ese combustible, se obtendrá más energía y quedarán menos residuos”.** ■ Enrique González Romero, director de la División de Fisión Nuclear de Ciemat ■

mó, podría multiplicar la energía que se extrae del uranio en un factor 30-50. Tal y como señaló, estos reactores ya existen y su tecnología está desarrollada aunque es optimizable. Con ellos, añadió, se puede dar el multirreciclado de plutonio, aunque ahora, por el precio del uranio, no es rentable.

Con todas estas líneas de investigación abiertas, González Romero explicó cómo evolucionarían y cambiarían los ciclos según la reutilización de los distintos componentes del combustible gastado. Permitirán, por ejemplo, reducir el calor, el tamaño —en un factor de 40— y el número de almacenamientos geológicos profundos, así como la longitud de sus galerías; todo esto mejorando la protección radiológica.

Un centro tecnológico necesario

La jornada dedicada a la investigación concluyó con una mesa redonda en la que el profesor de Tecnología Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid Eduardo Gallego afirmó que los retos de la I+D en gestión de residuos radiactivos se centran en apoyar la actividad del ATC, estudiar alternativas para la gestión del combustible irradiado en el futuro, analizar un almacenamiento

■ **“España tiene los procedimientos y además cuenta con la experiencia de otros países”.** ■ Hans Riotte, director de la División de Protección Radiológica y Gestión de Residuos Radiactivos de la NEA/OCDE ■

geológico profundo acorde al modelo de gestión que se haya elegido y abrir nuevos canales de interacción con la sociedad.

Todos estos retos están recogidos en el Plan de I+D de Enresa, tal y como explicó su responsable, Julio Astudillo, quien, en referencia al Centro tecnológico Asociado al ATC, dijo que será una infraestructura “que ayudará a lo que realmente se necesita y a que se pueda hacer frente a todos los retos que se presenten en el futuro”.

Una realidad de centro tecnológico totalmente diferente fue la que proporcionó Manuel Lozano Leyva, catedrático de Física Atómica Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla, quien planteó una visión del centro dividido en tres divisiones: una radioquímica, una de ingeniería y otra de



En primer plano, Pedro Rivero, presidente de Unesa.

terapia hadrónica que crearía sinergias con otras disciplinas y ayudaría a mejorar la percepción social.

Todas estas visiones sobre el futuro de la I+D en gestión de residuos radiactivos y sobre el Centro Tecnológico Asociado al ATC concluyeron con un debate, moderado por el catedrático de Física Atómica de la Universidad Autónoma de Madrid Alfredo Poves, en el que, entre otras aportaciones, se valoró la reversibilidad del ATC para poder aprovechar, con el tiempo, lo que más que un residuo puede ser un recurso energético de futuro, tal y como se puede extraer de los planes de investigación internacionales en los que España está presente.

Tras la solución, llega la hora de implantarla

El profundo análisis que los distintos expertos aportaron sobre la necesidad, características, futuro o idoneidad del Almacén Temporal Centralizado para la gestión del combustible gastado no podía quedar completo sin atender a otra perspectiva crucial: la social. Por ello, la última jornada se dedicó a estudiar las consecuencias de la implantación de esta solución.

El director de la División de Protección Radiológica y Gestión de Residuos Radiactivos de la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, Hans Riotte,

fue el encargado de abrir el debate. Para Riotte, cualquier programa de gestión de residuos tiene que saber adónde se dirige. El almacenamiento temporal, dijo, se está implantando con éxito en muchos lugares del mundo, pero el final natural del proceso es el almacenamiento geológico profundo.

Sobre el ATC afirmó que permite la gestión integral de los residuos, y es una tecnología segura y experimentada en países como Suecia, Alemania o Francia. Pero señaló que la aceptación de estas soluciones tiene que ver con la confianza. La aceptación de los ciudadanos y la percepción que tengan sobre el almacén forman parte de la buena gobernabilidad. Hace ya diez años que se dieron cuenta de que la implicación pública era necesaria para una correcta

■ **“El ATC nos sitúa en la línea que siguen los demás países”.** ■ Pedro Rivero, presidente de Unesa ■

toma de decisiones y para establecer una buena relación entre técnica y entorno. Para la gente, explicó, es tan importante ser parte del proceso como el resultado. Según Riotte, la participación es un requisito legal.

Ocho candidatos

En la mesa redonda que puso fin a las tres intensas jornadas del curso, también tuvo cabida el punto de vista de los municipios candidatos a acoger la instalación. El proceso para presentación de candidaturas al Almacén Temporal Centralizado (ATC) se abrió en diciembre de 2009 y ha dado como resultado final ocho municipios de cinco comunidades autónomas que optan a albergar el ATC, según la lista definitiva hecha pública por la Comisión Interministerial para la selección del emplazamiento del almacén nuclear.

Alcaldes y representantes de Albalá (Cáceres), Ascó (Tarragona), Melgar de Arriba (Valladolid), Santervás de Campos (Valladolid), Yebra (Guadalajara), Villar de Cañas (Cuenca), Zarra (Valencia), Congosto de Valdavia (Palencia) y Torrubia de Soria (Soria), que finalmente se retiró de la carrera por el ATC, estuvieron presentes en esta jornada de clausura, en la que coincidieron en la necesidad de informar para asumir este tipo de proyectos. ■



Los alcaldes de los municipios que optan a albergar el ATC estuvieron en el curso de la UIMP.

Estos procesos de toma de decisiones, explicó, deben ser “visibles, interactivos, con una estructura claramente definida, roles diferenciados y un responsable”. Una vez definidas estas premisas, “hay que respetar las reglas del juego”.

En su opinión, en España se ha llevado un proceso con el ATC que ha estado basado en la voluntariedad, es decir, son los municipios los que han pedido la instalación. Estos municipios, añadió, también tienen derecho a veto, ya que pueden retirarse del proceso si así lo desean. En el proceso también están establecidos unos beneficios sociales para la zona que resulte elegida y se colabora con los líderes de opinión. España, por tanto, “tiene todos los procedimientos y además cuenta con la experiencia de otros países”, apuntó.

“No hay localización perfecta”, concluyó Riotte. Los almacenes de residuos han de integrarse en la vida del municipio donde se instalen y centrarse en el diseño para darle a este espacio usos múltiples y “que no ofenda”. “No se toman decisiones como ésta todos los días, pero España ya ha dado pasos que todavía no han dado otros países”, apostilló.

Necesario para la industria eléctrica

El presidente de la Asociación Española de la Industria Eléctrica (Unesa), Pedro Rivero, enumeró la lista de naciones con almacenes, como el futuro ATC español, en pleno funcionamiento y otras que ya están inmersas en el proceso de concertación y licitación.

Pedro Rivero no entiende el rechazo al ATC, ya que, para el representan-

te de las eléctricas, esa instalación “nos sitúa en la línea que siguen los demás países”. De hecho, para la industria nuclear, esta solución facilitaría que el Gobierno tomara la decisión de aumentar la licencia de explotación de las centrales españolas de cuarenta a sesenta años.

Desde el punto de vista de Unesa, el almacén resolverá problemas de fondo como la saturación de las piscinas de las centrales nucleares. Y es que, a pesar de que todas ellas han duplicado su capacidad, se encuentran por encima del 60% de su volumen de ocupación y empezarán a saturarse en 2015.

Un aumento de la vida operativa de las centrales se traduciría, inevitablemente, en un mayor volumen de residuos. Pero Rivero no está en absoluto convencido de que el combustible gastado que se almacena en las piscinas no tenga utilidad y confía en el Centro Tecnológico Asociado al ATC para el desarrollo de las técnicas de reciclado y transmutación. El representante de las eléctricas valora este centro asociado al ATC como “una instalación clave” para que España avance en tecnologías que permitan “convertir el residuo en una materia prima” y no se quede atrás en investigación nuclear en el contexto internacional.

Rivero aseguró que centralizar la gestión del combustible gastado y los residuos de alta actividad reduce el impacto ambiental, optimiza los recursos —tanto económicos como humanos— y permite una vigilancia más eficaz del combustible almacenado. Toda una serie de ventajas que, para el presidente de Unesa, se traducen “en una mejora de la opinión pública ante este tipo de energía, tradicionalmente demonizada por la sociedad”.

Beneficios para el entorno

La mesa redonda *Un modelo de gestión eficaz y segura de los residuos radiactivos: el ATC y su Parque Tecnológico*, dedicada al impacto socioeconómico de la futura instalación puso el punto y final al curso. En este foro de debate, candidatos y Administración Pública intercambiaron opiniones sobre las implicaciones socia-

les y económicas que supone una instalación de este tipo.

El subdirector general de Energía Nuclear del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Javier Arana, destacó que el ATC supondrá una movilización de recursos técnicos y humanos, y un consiguiente impacto económico en la zona donde se ubique.

Para Arana, el ATC supone una movilización importante de recursos económicos tecnológicos y humanos, y por tanto, generación de empleo, pero el impacto de esa inversión depende del emplazamiento: si es rural, con economía de ganadería y agricultura, o si es en otra zona que cuente con tejido empresarial.

Según Arana, “conocemos las características de los ocho municipios candidatos, que pertenecen a cinco comunidades autónomas y no son muy diferentes de lo que eran los municipios donde se instalaron las centrales nucleares: son generalmente entornos rurales”. En la convivencia entre un municipio y una central nuclear, dijo, “tenemos una experiencia de cuarenta años de funcionamiento y sí se puede llegar a conclusiones”.

Javier Arana destacó que el ATC “moviliza del orden de 700 millones de euros”, y destacó que el “hecho de que lleve parejo un Centro Tecnológico es lo que lo diferencia, al concebir la instalación como algo más amplio”. El Centro Tecnológico y el parque empresarial, resaltó, “tienen que ser los motores del dinamismo social de la zona”. Respecto al empleo que genera, explicó, la construcción ocupará de 300 a 500 personas, de las que el 60% será local; en la fase de explotación ocupará unas 100 personas. Según sus palabras, “los proyectos nucleares son intensivos en inversión y no tanto en mano de obra, pero sí que es un empleo de calidad, con un poder adquisitivo importante que genera gasto en la zona”.

Respecto al Centro Tecnológico, Arana reconoció que se han establecido contactos con universidades, fundaciones y empresas interesadas en participar en el proyecto, y añadió que “estos complejos movilizan turismo didáctico y científi-



Jorge Lang-Lenton, Javier Arana, María del Carmen Barco y Marià Vila participaron en la mesa redonda sobre el impacto socioeconómico del ATC y su Centro Tecnológico Asociado.

co, con visitas de muchos colectivos, que también contribuye a la dinamización de los servicios de la zona, y el parque empresarial se beneficiará de toda esta actividad”. Es, en definitiva, “una oportunidad enorme para el desarrollo eco-

■ **“El ATC supone una movilización importante de recursos económicos, tecnológicos y humanos y, por tanto, de generación de empleo”.** ■ Javier Arana, subdirector general de Energía Nuclear del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ■

nómico, va a mover una gran cantidad de recursos humanos y técnicos” y su éxito, finalizó, “dependerá en gran medida de cómo se gestionen esos recursos”.

La secretaria del Ayuntamiento de Villar de Cañas —municipio conculso candidato a acoger el ATC—, Carmen Barco, defendió que aunque el proceso abierto en España para escoger el municipio que albergue el ATC no contemplara asignaciones, “hubiéramos conculso igual” porque “el ATC es una instalación totalmente segura y el parque tecnológico es de por sí una gran oportunidad económica de desarrollo que ayudaría a la supervivencia del pueblo”. Según Barco, en un pueblo “nos conocemos todos, y podemos hablar

unos con otros, e informar a los vecinos”. Para ella, el ATC es una instalación necesaria y el parque tecnológico va a ser como el “Silicon Valley” de los residuos nucleares.

Carmen Barco explicó que desde la experiencia no nuclear, en Villar de Cañas son perfectamente capaces de entender lo que es un ATC y se sienten libres para decidir. La aportación económica de la que se beneficiará la zona es, a su juicio, “una cantidad pequeña” y “no es que queramos ser una metrópoli, pero tampoco un geriátrico”.

En su zona, dijo, “la mayoría es profundamente ecologista”, pero también quieren servicios “de primera” y que los profesionales puedan volver. Por eso, el ATC les parece “una oportunidad increíble” que garantiza la supervivencia del pueblo, además de ser una instalación segura. También apuntó que si el proceso de presentación de candidaturas se hubiese prolongado en el tiempo y se hubiese dado más información “habría habido más candidatos”.

La postura de los municipios acostumbrados a la actividad nuclear la proporcionó la gerente de la Asociación de Municipios en Áreas con Centrales Nucleares (AMAC), Marià Vila, quien explicó que, “ya desde 2006”, su grupo decidió que “era necesario un ATC y que lo apoyarían”, ya que sus poblaciones “se habían convertido sin saberlo en almacenes de residuos”, puesto que estos



De izquierda a derecha, José Miguel Fernández Labastida, Federico Gutiérrez Solana, Salvador Ordóñez, José Miracle y Carlos Martínez, en el acto de clausura del seminario sobre el ATC celebrado en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo.

materiales permanecen en las centrales nucleares.

Durante muchos años, explicó “no se hacía nada”, por lo que desde la AMAC hicieron ofertas de pactos sobre los residuos a los distintos gobiernos. En los años noventa, dijo, llegó el aprendizaje europeo, y conocieron cómo se solucionaban estos temas en estos países. “La solución pasaba por nosotros, por nuestra implicación”, afirmó.

Por eso pusieron en marcha el programa COWAM España, en el que se concluyó que la puesta en marcha de un ATC es responsabilidad del Gobierno, que las decisiones han de tomarse en el contexto político e institucional, que el proceso se base en la voluntariedad y que suponga una oportunidad económica para las zonas.

Tras todo esto, dijo Vila, “se ha llegado a un proceso consensuado, que no ha sido impuesto por el Estado”. En una reunión celebrada en Zaragoza en 2006, la AMAC, tras conocer los detalles del Sexto Plan General de Residuos Radiactivos, decidió que querían un ATC y que ayudarían a conseguirlo.

En 2009 se abrió el proceso de presentación de candidaturas y la AMAC presentó dos: Ascó y Yebra, que cuentan con un 80% y un 68% de aceptación, respectivamente.

El director de la división administrativa de Enresa, Jorge Lang-Lenton, moderó esta mesa redonda que dio paso

a la clausura de un curso en el que diferentes expertos analizaron y debatieron, a lo largo de tres días, tanto la vertiente técnica de un ATC, como sus implicaciones sociales o científicas.

Espíritu de debate y apertura

Para poner fin de manera oficial a este curso, se celebró un acto de clausura en el que el rector de la Universidad Inter-

■ **“Se ha llegado a un proceso consensuado, que no ha sido impuesto por el Estado”.** ■ Marià Vila, gerente de la AMAC ■

nacional Menéndez Pelayo (UIMP), Salvador Ordóñez, explicó la génesis del mismo, a raíz de la controversia que se generó en la prensa durante el último invierno, lo que puso de manifiesto, dijo, la necesidad de un debate en profundidad sobre esta instalación.

El testigo de este reto lo recogieron los directores del curso José Manuel Fernández de Labastida y Carlos Martínez Alonso. Para Fernández de Labastida este reto se transformó en una satisfacción; las tres jornadas de curso, afirmó, demostraron que el bienestar social lleva consigo una factura que “preocupa” que no se pueda pagar. A su juicio, el ATC es una organización de la sociedad para avanzar en un proceso que permi-

ta mitigar esa factura, en su vertiente técnica y social.

Por su parte, Carlos Martínez agradeció tanto la voluntad de Enresa para cumplir el mandato que se le ha hecho, como “el espíritu de debate y apertura” de la UIMP, que permite que la voz de los ciudadanos sea oída. Gracias a iniciativas como ésta, y a proyectos como el ATC, señaló, podemos “asumir el futuro sin riesgo para las próximas generaciones”.

Federico Gutiérrez Solana, rector de la Universidad de Cantabria, también quiso estar presente en esta clausura, ya que, según sus palabras, “cualquier análisis donde el conocimiento es clave requiere a la universidad”.

El punto final a estas jornadas lo puso el vicepresidente de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI), José Miracle, quien hizo suyas las palabras del presidente de dicha sociedad, Enrique Martínez Robles, y afirmó que el ATC es uno de los proyectos más importantes para la sociedad española en los últimos años. La instalación, la inversión que conlleva y el empleo que genera, dijo, contribuirán a impulsar el desarrollo social y suponen una oportunidad para las industrias auxiliares. José Miracle terminó su intervención con un agradecimiento a los alcaldes de los municipios candidatos y a Enresa por sus veinticinco años de servicio público que la han convertido en un “referente imprescindible”. ■

Dejar abiertos los circuitos de materiales es cómodo, barato e irresponsable. Indica desidia, incompetencia o insuficiencia tecnológica. Cerrar los circuitos implica mantener en todas las fases del ciclo el rigor en el confinamiento, manejo, gestión y vigilancia de los materiales. El futuro Almacén Temporal Centralizado (ATC) se plantea como un instrumento eficaz y asequible en el proceso de gestión de la incertidumbre, reduciendo la probabilidad de accidentes y de riesgos asociados, en este caso, al combustible nuclear gastado. Responde también al imperativo ético de disponer los residuos más peligrosos y duraderos de forma cuidadosa, facilitando a nuevas generaciones la asunción de su gestión en las mejores condiciones. El ATC es, después de todo, transitorio, y la investigación irá proponiendo nuevos modos de gestionar la incertidumbre.

■ POR **Francisco García Novo**, PREMIO JAIME I DE MEDIO AMBIENTE, UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

*El proyectado ATC debe valorarse como un esfuerzo colectivo
para asegurar el futuro en el terreno ambiental*

Gestionar la incertidumbre

*Lo más incomprensible del mundo
es que sea comprensible*
Albert Einstein

Contingencia, incertidumbre, causalidad

En los sistemas naturales la contingencia marca la vida de organismos, la duración de las comunidades y la persistencia de las especies, las formas del terreno, las redes hidrográficas o las masas continentales. El teatro de la biosfera está marcado por el dinamismo planetario que rehace formas y materiales. El soporte energético lo ofrecen la radiación solar, la energía térmica y la trans-

ferencia de momentos interna, las interacciones que provocan los movimientos del planeta y los campos gravitatorios de la Luna y el Sol.

Todo fluye, πάντα ρει, y los cambios no se pueden anticipar plenamente desde la observación actual, lo que sitúa el futuro en la incertidumbre. Las culturas han intentado conducir el porvenir mediante el culto a sus dioses o adivinarlo mediante augurios. Será la cultura occidental, desde su raíz griega, la que sistematice los conocimientos y los depure con ayuda de la filosofía para explicarlos racionalmente. La causalidad eficiente sitúa los procesos natura-

les bajo leyes naturales, abre un acceso al futuro y ofrece mecanismos para restringir su incertidumbre.

Restringir no supone eliminar, porque desde iguales condiciones de partida los procesos pueden seguir trayectorias alternativas con diferente probabilidad. La existencia en los seres vivos de memorias, de información recuperable que puede actualizarse, permite a las comunidades de organismos adquirir configuraciones distintas.

La biosfera opera en el rígido corsé termodinámico, pero ensaya sin cesar nuevas rutas bioquímicas, nuevas especies o asociaciones, posibles desde el pun-

to de vista energético, pero improbables desde el punto de vista estadístico. Ramón Margalef, nuestro primer ecólogo expresaba esta paradoja en 1980 en su obra *La biosfera, entre la termodinámica y el juego*; Jacques L. Monod, en 1970, en el título de uno de sus libros la resumía en la antinomia *Azar y necesidad*.

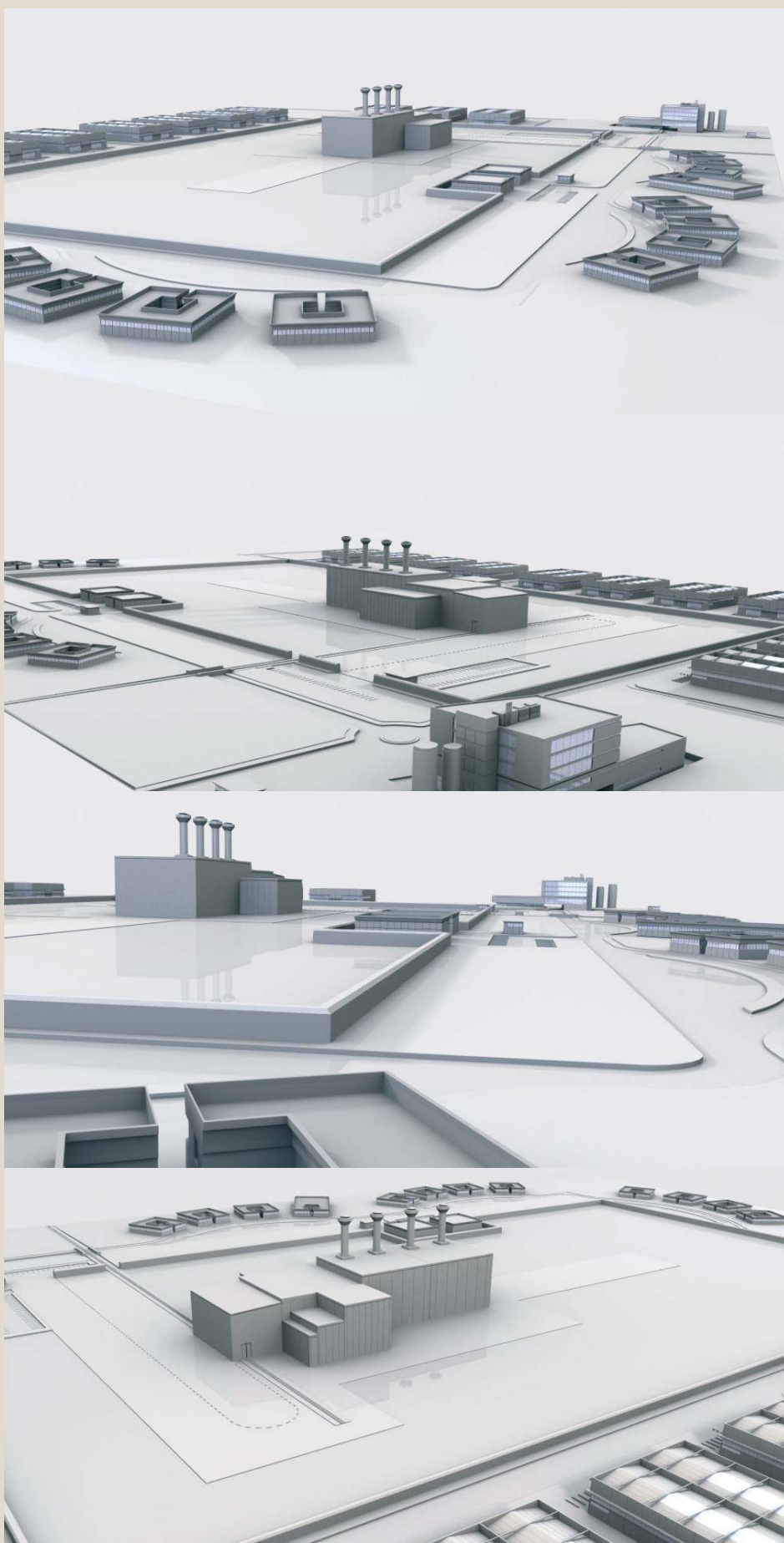
La sociedad, con las herramientas tecnológicas y el apoyo de la ciencia se mueve en este contexto predecible/impredecible, tratando de afianzarse en la solidez de los conocimientos para afrontar los grados de incertidumbre que oscurecen el futuro.

El mosaico impredecible

Los sistemas naturales pueden adquirir configuraciones alternativas, inicialmente equiprobables donde la consolidación de una impide otras, definiéndose trayectorias en el tiempo. Otros sistemas en condiciones iniciales idénticas seguirán trayectorias propias que pueden conducir hacia divergencias o encontrar atractores que estabilicen la configuración. Esta individualidad del sistema diseñando activamente su futuro es una descripción sugerente, pero parcial. Los estados del sistema y sus configuraciones, sus trayectorias temporales, quedan confinados por la trama de interacciones que caracteriza el estado de la materia para un nivel de energía.

Nuestra biosfera no podía preverse hace unas decenas de millones de años. Ni las especies actuales ni su distribución ni las comunidades. Tampoco los yacimientos minerales, su composición o localización. Pueden explicarse porque no eran imposibles, pero resultaban muy improbables. Bastantes minerales se conocen de una sola localización y alguna forma de cristalización, color, tamaño de los cristales sólo se encuentran en un yacimiento. Sucede algo equivalente en la evolución biológica que ha repartido organismos únicos en emplazamientos singulares por toda la biosfera, incluida nuestra especie, de origen africano.

El conocimiento ha permitido anticipar el comportamiento de la materia, obligándola a seguir trayectorias cada



Imágenes virtuales del futuro Almacén Temporal Centralizado y su Centro Tecnológico Asociado.

vez más afinadas. El Acelerador Europeo de Partículas (LHC) es ejemplo e imagen del dominio científico sobre la materia, acelerada en órbitas precisas. En otro contexto, de mayor calado filosófico, la síntesis de una célula viva a partir de sus componentes, lograda en 2010, muestra la finura de las manipulaciones y la solidez de las “leyes naturales” descubiertas.

La tabla periódica de Mendeleyev supuso aceptar en los elementos químicos otro tipo de leyes que regían la naturaleza discontinua de la materia y sus propiedades, sirviendo además para prever la existencia de elementos desconocidos. La radiactividad abría umbrales revolucionarios con la existencia de transmutaciones y la complementariedad de la materia y la energía. Además, permitía explorar procesos utilizando isótopos radiactivos capaces de señalar productos, moléculas o átomos individuales. Los trazadores radiactivos han dado enorme impulso a la fisiología, la medicina, la bioquímica, la hidrología y la ecología.

La liberación de energía asociada a la desintegración ha conducido a la tecnología por caminos opuestos. Radiación que atraviesa la materia y permite examinar el interior de órganos vivos, piezas industriales, masas rocosas o suelos. Radiación capaz de destruir tumores o de inducir roturas y translocaciones en los cromosomas. Energía utilizable para la generación eléctrica. Accidentes cuyas repercusiones van a persistir por generaciones. Radiación que permite destruir personas o inhibir circuitos electrónicos. Energía que permite construir bombas de potencia inmensa.

En el imaginario popular se ha almacenado el terror de Hiroshima y Nagasaki y de tantas pruebas nucleares que durante la segunda mitad del siglo XX acercaron al mundo a una hecatombe nuclear. El uso continuado de radiación para tratar los tumores malignos o el empleo de isótopos radiactivos en radioinmunoanálisis o gammagrafía forman parte de la vida cotidiana como el empleo de radiaciones en rayos X y TAC. Pero el segundo conocimiento no borra el anterior. Tendrían que desaparecer las

generaciones que han sido testigos del siglo XX para que el argumento bélico pasase a segundo plano... si las 22.000 armas nucleares actuales no llegan a emplearse y se reconvierten, todas, en combustible nuclear.

El proyectado Almacén Temporal Centralizado (ATC) se inserta en este paisaje de luces y sombras, de rechazo y aprecio de las tecnologías nucleares. Y la sociedad debe valorarlo como un paso más en la tecnificación de nuestros recursos, y un esfuerzo colectivo para reducir la incertidumbre del futuro. La perspectiva ambiental parece la más apropiada para situar la contribución del ATC al ciclo de la energía.

Cerrando los circuitos abiertos

El empleo de los recursos naturales es tan antiguo como la humanidad, pero su percepción como parte de un ciclo es reciente. El beneficio del recurso se aislaba de las fases previas de extracción y transporte y de la producción de restos. Los efectos ambientales del ciclo se han considerado externalidades en los balances económicos convencionales.

Los ciclos abiertos de las culturas agrícolas y ganaderas eran cerrados eficazmente por la naturaleza que mineraliza los restos orgánicos y mantenía estable la concentración de gases atmosféricos. La disponibilidad de energía aplicada a la minería y la industria aumentó las escombreras a magnitudes desconocidas y produjo contaminaciones permanentes de ríos y lagos. El siglo XX generalizó los procesos contaminantes, emergiendo un panorama global de concentraciones de moléculas y elementos que excedían la capacidad reguladora natural. Son del dominio público los cambios de gases con efecto invernadero en la atmósfera a los que puede añadirse la contaminación de los suelos, la eutrofización de los acuíferos. La eutrofia del mar Báltico que presenta fondos anóxicos, la concentración de mercurio del Mediterráneo que compromete la calidad de sus pesquerías o el ingente depósito de plásticos flotantes en el Atlántico Norte. Ejemplos de la economía mundial

operando en circuitos abiertos que la naturaleza no puede cerrar a escala temporal humana.

Los elementos radiactivos son poco abundantes y la tecnología operó para concentrarlos, poniéndolos a disposición de la industria. Pero también se produjeron ciclos abiertos que facilitaron su dispersión. En primer lugar, las pruebas nucleares atmosféricas que han repartido a escala planetaria sus productos de fisión hasta su prohibición en el Tratado de 1963. Su marca radiactiva, especialmente el Cs 137, sirve a geomorfólogos y ecólogos para datar con precisión el nivel de los años sesenta en una columna de sedimentos o en un perfil edáfico y recordar que todo el planeta quedó marcado por los ensayos bélicos. Más tarde, el accidente de Chernóbil, en 1986, dejaría una nueva señal en buena parte de Europa. El accidente de Palomares (Almería), en 1966, marcó la plataforma litoral y los suelos del municipio de modo irreversible. La minería de uranio en Sierra Morena y el acopio de minerales en Andújar (Jaén) y las escombreras de minerales tratados dejaron de 1960 a 1981 grandes volúmenes en depósitos no confinados. El tratamiento de fosforitas para producción de fertilizantes fosforados genera como residuo lodos de sulfatos con presencia de radioisótopos, que se gestionaban en ciclo abierto con unas 700.000 toneladas vertidas al embalse de Flix (Tarragona) y unos 70 millones de toneladas en las marismas del río Tinto (Huelva).

Inmediatamente después del accidente en Palomares se inició la retirada de suelos contaminados, pero la radiactividad residual no se cartografió hasta 2009 y el sustrato contaminado no se ha confinado. Los otros casos no fueron asumidos por la Administración hasta pasados muchos años. La Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) se desmantela desde 1991, cerrando el ciclo de sus minerales y convirtiendo el emplazamiento en un repositorio estable, cortando las rutas de los radionúclidos hacia la población, el vecino río Guadalquivir o la atmósfera. En Flix se proyecta retirar los depósitos a un nuevo repositorio,



Telemanipuladores del laboratorio de caracterización de El Cabril.

habiendo comenzado la costosa intervención en 2010. El caso de las Marismas de Huelva es bochornoso por tratarse de una gran superficie, 1.200 hectáreas, donde han seguido produciéndose vertidos hasta 2009, no habiéndose realizado todavía su confinamiento.

Dejar abiertos los circuitos de materiales es cómodo, barato e irresponsable. Indica desidia, incompetencia o insuficiencia tecnológica. Cerrar los circuitos implica mantener en todas las fases del ciclo el rigor en el confinamiento, manejo, gestión y vigilancia de los materiales. Es difícil, costoso, exige competencia en la Administración y nivel tecnológico elevado. Es el modelo asumido por la Unión Europea en su política ambiental. Revela, además, el compromiso ético de los gestores que tienen la obligación de ofrecer el mejor entorno a su alcance para su generación y las venideras. La calidad del entorno depende mucho del control de los contaminantes, radionúclidos en particular.

El Cabril

El ejemplo de los avances en la gestión de los residuos radiactivos lo ofrecen las instalaciones de El Cabril. En 1974, en la Mina Beta se guardaban bidones de materiales radiactivos depositados por la Junta de Energía Nuclear (JEN) desde 1965. Estaban oxidados, algunos rotos y se amontonaban, desordenados, en las galerías laterales. Los nuevos bidones que se recibían estaban ordenados y apilados en galpones. El cierre del circuito de los materiales era tosco e incipiente pero muy superior al de Andújar, Flix o Huelva. En pasos sucesivos, desde 1985 se desarrolla un almacén de residuos radiactivos de baja y media actividad. Se identificó y analizó el material antiguo, incorporándolo a envases adecuados y, de acuerdo con su contenido, se destinaron a nuevos modelos de almacén. Los depósitos se hicieron rigurosos, incorporando confinamientos más duraderos y resistentes a sucesos improbables de gran magnitud. Lo destacable del proceso es

la gestión de la incertidumbre, reduciendo la probabilidad de accidente y de riesgo catastrófico capaz de movilizar los radionúclidos y que alguna fracción pasara a la atmósfera o al cercano río Bembézar y al Guadalquivir.

En otra perspectiva, las antiguas galerías de las minas de Sierra Albarrana, que guardaban los metales y fueron vaciadas en los siglos XIX y XX con destino a la industria, se han sustituido por galerías artificiales que se rellenan de materiales industriales a confinar. No se trataba de los mismos elementos químicos, aunque las pegmatitas que contenían las menas metálicas eran, y son, radiactivas. Los mineros saben secularmente que los depósitos de una mina, las escombreras de material estéril, el mineral de baja ley y los residuos procesados y escorias no se debían mezclar, sino depositarlos ordenadamente, porque más adelante podía ser conveniente su reprocesado. En minas históricas como Riotinto o Tarsis, las escombreras romanas se han vuelto a explotar en el siglo XIX, y en el XX admitieron una nueva extracción.

En la gran faja pirítica del sudoeste peninsular se han aplicado casi todos los modelos de explotación de metales conocidos desde el cuarto milenio antes de Cristo a nuestros días, con innovaciones importantes. El Cabril enlaza con esta tradición, creando un depósito de materiales radiactivos, comparable a una sofisticada escombrera tecnológica.

Entre el primitivo vertedero radiactivo y la actual instalación hay una diferencia profunda debida al valor añadido de la información. Todos los isótopos almacenados están cuantificados y localizados; en los radiactivos está calculada su desintegración y la aparición de nuevos elementos. La instalación es un almacén de materiales tecnológicos en busca de un protagonismo futuro, administrando el tiempo y acotando su incertidumbre. El Cabril es, además, el nudo que cierra el ciclo de la investigación, la tecnología y el tratamiento médico que emplean fuentes o isótopos radiactivos y necesitan disponer de un sumidero de material gastado para seguir su actividad. Un repositorio moderno sirve como

almacén de productos tecnológicos a la espera de un avance científico que les devuelva la categoría de recurso. La electrónica, los aerogeneradores y las nuevas baterías han dado protagonismo al tántalo, niobio, lantano y a otros elementos antes *inútiles*, englobados sus óxidos en la denominación peyorativa de *tierras raras*.

En dirección contraria, un elemento de uso común se descubre que causa daños y es retirado, como ha sucedido con el mercurio. Su ciclo se cierra y los aparatos que lo usaban o los procesos industriales donde estaba presente se sustituyen. El avance tecnológico multiplica estos cambios de actitud sobre elementos, sobre minerales como el amianto y productos como el DDT o los CFC, de uso antes general. Desgraciadamente, las administraciones actúan con excesiva lentitud y la sociedad no tiene asumida la necesidad de estos depósitos permanentes para aquellos materiales que no se deben seguir utilizando. Los residuos urbanos, los tóxicos y peligrosos, los plásticos agrícolas, los residuos de destilación de hidrocarburos, las cenizas de carbón, son ejemplos de estos problemas tecnológicos pobremente resueltos, a veces con circuitos abiertos que implican elevado costo ambiental. Ignora la sociedad que existe una red de repositorios de estos materiales y la actitud ambiental en las administraciones es vacilante. En este contexto, la creación de un Almacén Temporal Centralizado aparece como una novedad inédita. E inquietante.

El ATC

En los años setenta, en España se lleva a cabo un gran esfuerzo para incorporar la tecnología nuclear, y la central nuclear de Zorita se inaugura en agosto de 1969, sólo trece años después de iniciarse en el mundo las centrales comerciales. Se asume la construcción de centrales y de equipos, su mantenimiento, seguridad y evaluación de impactos radiológicos y ambientales. El despegue nuclear queda truncado con la moratoria de 1984 que deja sin concluir Valdecaballeros I y II, Trillo II y Lemóniz I y II, pero los diez



Pruebas de almacenamiento de elementos combustibles.

grupos operativos han requerido almacenar el combustible gastado en las propias instalaciones.

La gestión del combustible gastado dispone de alternativas tecnológicas para el almacenamiento a largo plazo en un repositorio con destino a nueva utilización o para permitir la desintegración de los radionúclidos. Las tecnologías emergentes y la construcción de plantas de reprocesado demandan tiempo de maduración. Y el problema se concreta en la gestión de incertidumbre a un costo soportable. Probablemente el almacén profundo en formaciones impermeables (granito, arcillas, sal gema) es el más sencillo, pero de costo elevado. El almacén superficial exige la construcción de barreras tan sólidas como las geológicas, pero es de acceso y manipulación fácil.

La concentración de todo el combustible gastado en un depósito único plantea sólo problemas logísticos del transporte. Facilita actualmente la gestión de los

emplazamientos nucleares y al completar su vida útil, de unos sesenta años para los grupos nucleares, simplificará su desmantelamiento. No se trata de una actuación urgente desde el punto de vista de los residuos, pero sí desde otros ángulos. Al menos dos: la imagen pública y la investigación.

Plutonio evoca bomba nuclear, no elemento químico o producción de energía eléctrica. La expresión “cementerio nuclear” aplicada al ATC por sus detractores asocia hábilmente muerte y radiación, evocando daño y riesgo. La construcción del almacén se percibe públicamente como el aumento de otra instalación nuclear a las existentes y no como la reducción de los almacenes nucleares dispersos en los emplazamientos actuales. El éxito de la instalación no sólo será tecnológico (diseño, construcción, gestión), dependerá también de un ejercicio continuado de comunicación. La industria y la admi-

nistración nuclear en España (centrales, empresas, Enresa y Consejo de Seguridad Nuclear) han estado aquejadas de secretismo y mala comunicación: exceso de tecnicismo en el lenguaje, mínima presencia en los medios de comunicación, rechazo a la crítica, falta de percepción de los cambios sociales y carencia de puentes de comunicación con los grupos ambientalistas.

El ATC brinda una ocasión excepcional para revertir el proceso, convocando a su realización a las fuerzas sociales y ofreciéndolo como infraestructura en lugar de imponerlo como solución tecnológica de obligado cumplimiento. A fin de cuentas, ha sido la sociedad la que ha pagado el enorme costo de la moratoria nuclear y ha capitalizado las futuras instalaciones del almacén. Todas las sugerencias que sean tecnológicamente asumibles en el proyecto deben ser aceptadas e incorporadas, mostrando con los hechos la participación social en esta infraestructura nacional.

Los isótopos almacenados y su liberación de energía ofrecen ejemplos de las interacciones entre los componentes de la materia, la gestión y suministro de energía o la protección ambiental. El ATC debe convertirse en una potente herramienta educativa accesible en la red para distintos niveles de la enseñanza y un comunicador para los medios de masas. El área visitable debe mostrar el funcionamiento del ATC y también de El Cabril, las instalaciones nucleares activas y las clausuradas, las mineralizaciones radiactivas y el uso de radioisótopos e isótopos estables en cualquier aplicación. Puede servir asimismo para explicar mejor el tiempo, el enorme plazo de generación de los minerales y el intervalo extremadamente pequeño en el que suceden las interacciones del átomo o las trayectorias temporales de los radioisótopos desapareciendo en forma de energía.

Las centrales nucleares tienen la servidumbre de sus duraderos y peligrosos residuos y de un eventual accidente. Juegan un importante papel aportando una gran potencia eléctrica a la red, facilitando la gestión frente a la variabilidad en

la oferta de las fuentes renovables. El ATC cierra el ciclo de su combustible y lo hace permitiendo futuras utilidades de los isótopos. Los impactos ambientales del almacén se limitan a la producción de aire caliente, algo semejante a una central térmica con emisiones libres de cenizas, CO_2 , NO_x , SO_x y otros contaminantes. El riesgo de accidente es mínimo, comparado con el de un grupo nuclear convencional.

El procedimiento para la elección de emplazamiento a partir de ofertas municipales es muy interesante, yendo a la raíz del NIMBY (siglas inglesas de *not in my backyard*, no en mi patio trasero). Una alternativa hubiera sido proponerlo, con el centro de investigación asociado, a los campus de las universidades y centros tecnológicos, buscando una colaboración académica que acogiera las instalaciones con interés.

La posibilidad de pivotar en el ATC proyectos de investigación y empresas tecnológicas creando un campus nuclear permitirá mantener nuestra industria en este frente tecnológico. Contar en el campus con otras instalaciones, como aceleradores y laboratorios especializados, potenciaría su papel y la rentabilidad tecnológica del almacén. Probablemente deba acometerse la construcción del ATC y la infraestructura del campus de modo simultáneo, levantando como primera instalación un laboratorio para el registro de la radiación de fondo en el emplazamiento y un centro de visitantes, facilitando la apertura a la sociedad y el interés de la industria nuclear.

La gestión de la incertidumbre

Las tecnologías que implican radioisótopos son un ejemplo del empleo de datos científicos para conocer el comportamiento futuro de los materiales y limitar sus trayectorias, diseñando secuencias de barreras que los confinen. En el ATC son problemas conocidos y la industria nacional de equipos nucleares ha desarrollado ya prototipos para el transporte y el almacén.

Otro aspecto de la incertidumbre es el diseño del edificio frente a sucesos catastróficos de baja frecuencia que pue-

dan afectarlo. En parte, la respuesta es un emplazamiento en zona de baja sismicidad y sin riesgo de inundaciones o deslizamientos. Un principio común para garantizar la integridad del depósito de contenedores es construir un búnker sólido que soportaría tanto terremotos y vientos extremos como la caída accidental de aeronaves y los atentados terroristas. Estos eventos son de diferente frecuencia y su probabilidad se incrementa al considerar un periodo largo.

Es difícil que el almacén extienda su vida útil más allá de medio siglo, pero resulta razonable diseñarlo para soportar eventos de frecuencia secular y milenaria. Los eventos catastróficos de frecuencia mayor, 10.000 años, 100.000 años, no poseen una base estadística satisfactoria y se apoyan en modelos de funcionamiento de los sistemas naturales cuya validación está cuestionada. A la escala de 10.000 años en la superficie planetaria se han sucedido cambios importantes de clima, circulación oceánica y distribución de los organismos, sin que se conozcan satisfactoriamente los mecanismos causales.

La incertidumbre puede abordarse con rigor en la escala secular y con menor precisión, la milenaria. El hacerlo a escalas mayores para incorporar el evento como una característica de diseño del edificio de contención no es un ejercicio científico riguroso e implica un innecesario aumento de costo. Será la investigación en geología, climatología o hidrología la que permita conocer mejor los sistemas a plazo muy largo, anticipar sus eventos extremos y ante su posible presentación considerar alternativas adecuadas: quizá otras formas de almacenamiento o el reprocesamiento de los radioisótopos que mantengan una actividad significativa.

Para nuestra generación es un imperativo ético categórico disponer los residuos más peligrosos y duraderos de forma cuidadosa, facilitando a nuevas generaciones la asunción de esa responsabilidad. El ATC es, después de todo, transitorio. La investigación irá proponiendo nuevos modos de gestionar la incertidumbre. ■

Creador del concepto “traductores digitales”, Javier Rodríguez Zapatero (Córdoba, 1969), llegó en 2000, con sólo treinta años, ya “mayor”, al reino de Internet: primero a Yahoo! y luego a Google, que preside en España desde 2008. A pesar de no ser ingeniero sino un economista especializado en finanzas, su capacidad de adaptación y su flexible concepción del entorno empresarial —forjada en el sector del gran consumo como Procter and Gamble o Johnson Wax— ha situado a la compañía, que sigue velando celosamente datos como el número de ordenadores que constituyen su *superred* e incluso cuántos empleados tiene en cada país, como líder absoluto en un mundo en el que cada dieciocho meses se duplica la información. ■ POR Concha Barrigós, PERIODISTA.

Javier Rodríguez Zapatero,
presidente de Google España

“La labor de Google estará eternamente inacabada”

— ¿Cómo consigue alguien que viene de otro sector entrar en Google por la puerta grande, por la que pasan los que sí empiezan su carrera en Internet?

— Llevo desde 2000 en Internet, cuando prácticamente no había directivos en el sector. Pasé de empresas de gran consumo como Procter and Gamble o Johnson Wax a dirigir el área comercial de *marketing* de Yahoo! España y luego he hecho una carrera básicamente en empresas del sector. A pesar de ser “inmigrante” y no “nativo”, era posiblemente uno de los pocos ejecutivos que habían tenido una trayectoria digital bastante amplia, y creo que para un puesto como éste cuajaba bastante bien.

— Quiere decir uno de los pocos ejecutivos españoles...

— Sí. Es un sector pequeño que se ha empezado a crear escasamente hace seis o siete años. Hubo mucha “migración” a finales del siglo pasado y a comienzos de

éste, pero cuando estalló la burbuja en 2002 también hubo muchos ejecutivos que huyeron y volvieron a sus sectores anteriores, como el financiero o el *marketing*, es decir, a lo que era entonces más seguro. Sin embargo, algunos nos quedamos. Al final, esto ha hecho que haya menos de lo deseable y ahora es el momento para expandir el sector.

— Cuando Google ficha a alguien para un puesto tan importante como el que usted ocupa...

— Es que yo no creo que sea tan importante... [interrumpe riéndose].

— ... la decisión final la toman los propios fundadores de la empresa, Larry King y Sergey Brin. ¿Fue así en su caso?

— En la mayor parte de los procesos hay una validación final de los fundadores, y en el caso de los directivos, siempre. Se mira mucho el currículo académico, el empresarial, la aportación a la sociedad, la experiencia multicultu-

ral... Es muy importante que todo eso permita entender si vas a encajar o no con la cultura de la compañía, y ésa es la parte que quizá los fundadores revisan un poquito más en detalle. En Google somos más de 22.000 personas —18.000 en Europa—, así que el cien por cien de las contrataciones no las han podido ver.

— Si tuviera que explicar a un marciano qué es Google, ¿qué le diría?

— Que es una ventana al mundo en la que se puede encontrar, hoy por hoy, casi toda la información digital existente. Su misión es organizar la información que hay en el mundo —en nuestro caso en más de cien idiomas— para hacerla accesible y útil a todos, independientemente desde dónde se acceda. La información en Internet se duplica cada dieciocho meses, por eso la labor de Google será eternamente inacabada, porque siempre habrá muchísima información para organizar.



— *¿Qué tiene que afrontar Google en el futuro más inmediato, en los próximos cinco meses, por ejemplo?*

— Cinco meses es sencillo; el reto es a dos o tres años vista. Ahora mismo estamos consolidando el negocio publicitario [el 95% de sus ingresos] en el

buscador y desarrollando nuevas fórmulas publicitarias mediante la explotación de YouTube como plataforma de publicidad gráfica. Los retos más a medio y largo plazo pasan por la consolidación del móvil como un elemento de acceso universal a Internet con el desarrollo en

España de la plataforma *Android*. Por otro lado, trabajamos para que la *cloud computing*, es decir, la computación en la nube sea una realidad para la empresa, viendo cómo cada vez puede resultar más barato y eficiente migrar toda la información que está destinada a la ges-

tión de una compañía desde los servidores propios a unos provistos por Google, lo que permite ahorrar muchísimos costes y que los directores generales puedan dedicarse a gestionar el negocio y no a las puntas de tecnología de datos.

— *Internet es una magnífica oportunidad de negocio, pero ¿sólo para los que ya están en él?*

— He tenido cierta responsabilidad en otros países [en Yahoo! fue vicepresidente europeo de todo el negocio] y he tenido la oportunidad de ver cómo funcionaba. En Internet la demanda crece cada vez más, es una excelente oportunidad, pero hoy por hoy las empresas españolas, medianas, grandes o pequeñas, no están preparadas para competir en ese sector. ¿Por qué? Porque hay una importante falta de profesionales capacitados para llevar al éxito los negocios en la Red. Ésa fue la razón por la que hace un año lanzamos el Instituto Superior para el Desarrollo de Internet (ISDI), una escuela de negocio que pretende cerrar esa distancia que hay en formación de profesionales.

— *“Conductores de barco”, “traductores digitales”... ¿qué es todo eso?*

— Lo de “traductores” lo utilizo mucho porque en una empresa como ésta, de ingenieros, bastante preparados y creativos, te planteas cuál es el valor que tú añades. Me he ido dando cuenta de que una persona como yo, que viene de la economía real y ha emigrado a la digital, tiene un valor que es el de ser capaz de traducir lo que pasa en la economía real a la digital y viceversa. Hay un déficit brutal de “traductores” en España y en el mundo en general, de gente que sea capaz de entender qué significa el *marketing* digital, por qué hay que hacer una página web de una manera o de otra, o por qué se utilizan unos determinados criterios de indexación de contenidos. Eso es lo que significa ese concepto que se me ocurrió un día de los “traductores digitales”. Con “conductores de barco” me refiero a esos presidentes y consejeros delegados que saben que Internet está ahí, que está creciendo, pero que tienen un pánico atroz a entrar en él.

— *Su modelo de negocio ya ha cambiado radicalmente la industria moderna, las telecomunicaciones, la publicidad, los medios de comunicación, el espectáculo...*

— Una cosa es el modelo de negocio y otra es el servicio que damos a la comunidad y a los internautas. Nuestro modelo es bastante sencillo y funciona bastante bien. Lo denominamos publicidad en buscadores, pero está concebido como un servicio para el usuario. Cuando vamos a un servidor buscamos información y, en un 80% de los casos, esa información no tiene un contenido comercial, pero en el 20% de los casos quieres un servicio o una televisión. Cuando el usuario busca una oferta comercial se está autosegmentando en el

“Las empresas españolas no están preparadas para competir en Internet”

momento más cercano a la compra y eso es muy importante, pero no significa que el anunciante que más pague aparezca más arriba o más destacado, sino que es una combinación entre lo que éste paga y su calidad, entendiendo por tal el servicio para el usuario. El papel que juega Google de alguna manera es acercar oferta y demanda de la forma más eficiente posible, y ésta es la revolución.

— *¿Google quiere ser la nueva Biblioteca de Alejandría?*

— Si entendemos por Biblioteca de Alejandría el lugar que organiza el conocimiento por categorías, no es eso; aunque sí pretendemos que cada vez sea más sencillo acceder a la información que alguien está buscando. El tiempo para acceder a esa información y la relevancia de la misma son los dos aspectos fundamentales. El público se pregunta ¿por qué en Google la gente pasa menos tiempo que en otros sitios? Porque queremos

que salga cuanto antes, que encuentre pronto lo que está buscando. Esto va a evolucionar mucho. ¿En qué sentido? En que ahora todo está basado en imágenes, en audio, en tu entorno de amigos y social. Introducir esos componentes es en lo que vamos a trabajar cada vez más porque es por ahí por donde se encabeza el nivel de información.

— *¿Entonces el principal objetivo de Google es la rapidez?*

— El principal objetivo es organizar la información, hacerla accesible, útil, de forma sencilla y rápida, y en este sentido para nosotros información es todo. Lo que ofrece Internet es la capacidad para tener la misma sabiduría independientemente de si has nacido en Delhi o en Chelsea. Esto no ocurría hace veinte años y eso es lo que hace a la humanidad más productiva, igual y eficiente. Al cabo del tiempo, más gente más preparada genera un ecosistema mucho más productivo.

— *Hablando de ecosistema: hace doce años, el 75% de las búsquedas empezaban en Yahoo! y Google manejaba 10.000 búsquedas al día. Ahora eso ha cambiado radicalmente y hay quien acusa a su empresa de estar acabando con todo el “oxígeno”.*

— Quien dice eso todavía no ha recibido la visita de los “traductores”. En este mundo en el que además estamos ofreciendo productos y servicios gratuitos para el usuario final, la barrera de cambio es cero: a ti no te gusta el resultado que te da Google y te vas a Bing o a Yahoo! Nunca ha sido tan fácil salir y entrar. Nadie va a tener una posición dominante durante mucho tiempo. Hace cinco años nadie había oído hablar de las redes sociales y hoy es una de las puertas de entrada en Internet y uno de los sitios donde más tiempo se pasa en la Red. ¿Son ellos los que están comiendo el oxígeno en la Red? Pues tampoco, porque las cosas van cambiando rápidamente. Ese tipo de acusaciones me encanta debatirlas porque denotan que aún no se conoce la naturaleza del propio medio.

— *¿Quién tiene que asumir el coste de la ampliación de las redes para las descargas masivas de datos de páginas que se localizan a través de Google? ¿Las operadoras?*



El ojo que todo lo ve

En Google, explica Javier Rodríguez Zapatero [nada que ver con el presidente del Gobierno], lo primero que se les pide a los directivos es que lleven el plan de negocio a buen puerto, pero también que innoven, que estén siempre dispuestos a hacer las cosas de forma distinta para lograr mejores resultados. De esa dinámica nació el proyecto de digitalización de las obras maestras del Museo del Prado, una idea de una persona del departamento de *marketing* de Google España, que pensó que la tecnología de Google Earth podía utilizarse para profundizar en un cuadro y verlo diez mil veces mejor de lo que es capaz el ojo humano. Por el momento son catorce las obras maestras, como *El jardín de las delicias*, de El Bosco; *Las Meninas*, de Velázquez; *Las tres gracias*, de Rubens, o *El descendimiento*, de Roger van der Weyden, a las que el internauta puede acercarse de forma antes impensable para detectar en ellas detalles escondidos, como lágrimas, reflejos o insectos. Ya hay muchas otras pinacotecas del mundo que van a hacer lo mismo y será el creativo español de Google quien coordine la iniciativa. ■

— No voy a entrar en polémicas con las operadoras, porque creo que ya ni las hay. Hay un asunto claro: Internet aporta un valor incalculable para la sociedad. En eso todos tenemos una parte importante: operadoras y proveedoras de servicio, y tenemos que hablar más de cómo crecer en conjunto que entrar en discusiones que creo que ya están pasadas.

— ¿Su empresa ha tenido que claudicar ante las autoridades chinas?

— Entramos en China con una idea muy clara: era mejor ofrecer el 99,99% de la información a la sociedad china en aras de conseguir que estuviesen más cerca de un entorno de libertad de expresión, de democracia plena, que ninguna. No ha sido tan fácil como preveíamos y estamos viendo cuál es la solución, pero

todo está cambiando tan rápido que cualquier cosa que diga ahora puede estar obsoleta dentro de dos meses.

— *Una empresa que tiene ingenieros capaces de crear el alcoholímetro para e-mails, ¿en qué trabaja ahora?, ¿en ser la primera en el espacio, en una nueva energía renovable, en la teletransportación?*

— En un entorno en el que Google tiene vivos más de mil productos, de los que se conocen bien siete u ocho, participamos en muchos proyectos, sobre todo de desarrollo sostenible y en busca de que cualquier producción de energía sea más barata que el carbón. Muchas veces entramos en otros campos con el objetivo de mejorar nuestras eficiencias. Ahora estamos en el mercado mayorista de electricidad y consumo energético en Estados Unidos con una licencia para, simple y llanamente, beneficiarnos como consumidores de energía y entender muy bien cómo funciona todo el proceso. Es verdad que nos gusta mucho probar y soñar y, en ese sentido, hay gente que cree que queremos entrar en muchos mercados y en el fondo estamos en uno solamente.

— *¿Y en el mundo de la telefonía móvil?*

— A nivel de desarrollo de producto es la prioridad número uno. Los ingenieros están empezando a pensar primero para móvil y luego para el ordenador, porque en el mundo hay muchos más móviles que ordenadores y cada vez habrá más con acceso a Internet. El desarrollo de una plataforma con un sistema operativo como *Android* está permitiendo que, de cara al futuro, se pueda crear un estándar de acceso a Internet a través del móvil, y la verdad es que estoy encantado porque estamos entregando más de 160.000 móviles con él al día.

— *¿Cuántos ordenadores hay funcionando al tiempo en Google?*

— No tengo ni idea. Muchísimos.

— *Entonces, ¿es verdad que ése es el secreto mejor guardado de Google?*

— [Se ríe] Es verdad que una de las partidas importantes de inversión en capital es para equipos informáticos. Muchos de los ordenadores los fabricamos nosotros. Es una empresa que está dando al mundo una pizca de cada uno de nosotros. ■



Inauguración del Laboratorio Ibérico de Nanotecnología, en Braga (Portugal).

*España y Portugal desarrollan en suelo luso
un laboratorio puntero de nanotecnología*

Iberia quiere ser grande en la ciencia de lo diminuto

Que España y Portugal comparten numerosos lazos históricos y culturales es una obviedad, pero no lo es tanto que ambos países hayan decidido ahora aprovechar su cercanía para afrontar juntos el que promete ser uno de los mayores retos científicos del siglo XXI: el estudio y manipulación de materiales a escala atómica y molecular. ■

POR **Ángel Díaz**, PERIODISTA CIENTÍFICO.

LOS DOS PAÍSES VECINOS ARRASTRAN, por desgracia, un secular retraso científico y técnico, pero ambos son ahora democracias plenamente integradas en Europa y pueden situarse, por primera vez, a la vanguardia mundial del saber, sobre todo en el caso de dis-

ciplinas recién nacidas, como lo son la nanociencia y la nanotecnología.

El Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología (INL), inaugurado en julio de 2009, pretende ser un centro puntero que acoja a investigadores de todo el mundo y al que puedan acercarse la uni-

versidad y la industria para realizar investigaciones de vanguardia. La idea surgió hace cinco años y, tras algo más de un año de obras, la instalación fue oficialmente inaugurada por el rey Juan Carlos y el presidente de Portugal, Aníbal Cavaco Silva, en el verano del año pasado.



EFE/ESTELA SILVA

El presidente de Portugal, Aníbal Cavaco Silva (a la izquierda), y el rey Juan Carlos observan una maqueta durante la visita a las instalaciones del Laboratorio de Nanotecnología de Braga (Portugal) el 17 de julio de 2009.

Sin embargo, el centro no alcanzará la velocidad de crucero hasta dentro de cinco años, durante los cuales seguirá creciendo hasta acoger a doscientos investigadores. Con 47.000 metros cuadrados de campus y 26.000 de instalaciones construidas, el INL será, de hecho, el primer organismo internacional dedicado exclusivamente a la nanotecnología, uno de los campos del saber que más está creciendo en la actualidad y una de las áreas estratégicas del Plan Nacional 2008-2011 que ha diseñado el Gobierno español.

El laboratorio, situado en la localidad portuguesa de Braga, es un moderno edificio ajardinado que recuerda al típico campus universitario estadounidense. Cuenta, además, con un emplazamiento de lujo, al pie del monte de Bom Jesus, un santuario tradicionalmente dedicado al peregrinaje y a la oración, y que hoy se ha convertido en uno de los mayores atractivos turísticos de la región gracias a su monumental conjunto de iglesias, capillas y escaleras barrocas, rodeado ahora de hoteles y restaurantes.

El enclave se eligió por varios motivos, entre ellos los dos requisitos científicos indispensables para poder trabajar con garantías: la baja vibración del suelo y la ausencia de campos magnéticos. Además, es una zona cercana a la universidad —concretamente al campus de Gualtar, de la portuguesa Universidade do Minho— y a la industria. En cuanto a las discusiones políticas, no las hubo: fue el propio presidente del Gobierno español, José Luis Rodríguez Zapatero, quien propuso que el país luso acogiese la sede del organismo.

También el monarca español, según recordó Rodríguez Zapatero durante la inauguración del Laboratorio, se sumó a este proyecto de cooperación científica: “Puedo dar testimonio de que el Rey de España, desde que conoció el proyecto, la idea, ha mostrado un entusiasmo, un apoyo y un seguimiento continuo. Casi todas las semanas me preguntaba cómo iba el proyecto. Ya saben que el Rey de España tiene una gran debilidad por Portugal, un gran cariño a Portugal”, manifestó el presidente del Gobierno.

Braga tiene, además, un aeropuerto cercano, el de Oporto, y siglos de historia recorriendo sus calles. Se cree que fue un asentamiento celta antes de que los romanos llegaran en el siglo II a. C. Ya desde el siglo III de nuestra era fue una de las primeras archidiócesis de la Península, y su jurisdicción se extendía sobre los obispados de la actual Galicia, aunque hoy sólo es una pequeña ciudad de 175.000 habitantes en la que, a partir de ahora, convivirá la tradición de sus calles góticas con la vanguardia científica del INL.

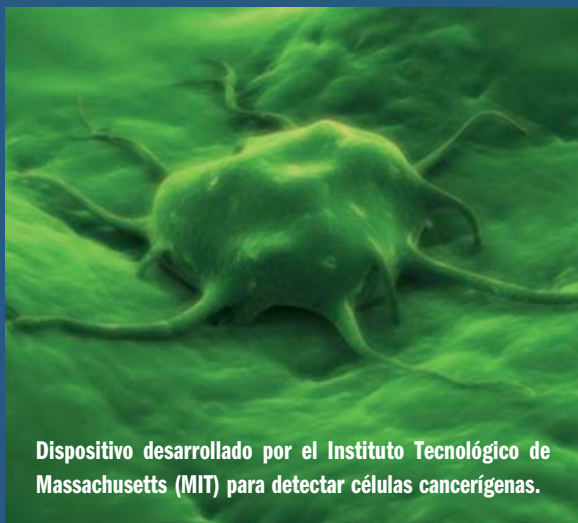
Colaboración con las empresas

El laboratorio cuenta con un presupuesto original de 106 millones de euros, de los cuales 66 serán sólo para edificaciones y 40, para equipamiento científico. El organismo se especializará en cuatro áreas bien diferenciadas: nanomedicina, medio ambiente y control alimentario, nanoelectrónica, y nanoequipamiento y maquinaria. Precisamente, una de las principales características de la nanotecnología y la nanociencia es su interdisciplinariedad, así

Lo diminuto contra el cáncer

Una de las promesas de la nanotecnología que más entusiasmo despierta es la posibilidad de usar dispositivos diminutos dentro de nuestro organismo o incluso en el torrente sanguíneo para monitorizar o tratar enfermedades. Uno de los últimos avances en este terreno es el prototipo de un artilugio del tamaño de un grano de arroz que podría ser eficaz en tratamientos contra el cáncer.

El dispositivo, desarrollado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) por el investigador Michael J. Cima y su equipo, se podría adaptar a la



Dispositivo desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para detectar células cancerígenas.

aguja con que se realizan las biopsias e introducirse así en el tejido celular dañado durante el mismo procedimiento.

El dispositivo contiene nanopartículas tintadas que se unirían a las células cancerígenas y permitiría detectarlas mediante técnicas no invasivas, como una resonancia magnética. Al contrario que una biopsia, que ofrece sólo información del momento en que se extrae el tejido, este método adicional permitiría tener controlado el avance de la enfermedad de forma continuada, según argumentan sus creadores.

En el futuro se especula con la posibilidad de conectar el dispositivo a un segundo mecanismo que se encargaría de administrar el medicamento directamente sobre las células dañadas cuando se detecte que el mal se ha extendido. ■

como su capacidad para incidir en muy variados sectores de la economía.

De hecho, compañías del sector farmacéutico y otras más ligadas a la región, como el agrario, el vinícola o el textil, ya han mostrado su interés por el INL, cuyas instalaciones cuentan con un edificio específicamente diseñado para convertirse en una incubadora de empresas de base tecnológica. El objetivo es que, cuando el Laboratorio se encuentre a pleno rendimiento, al menos un 30% de la financiación provenga de la industria privada.

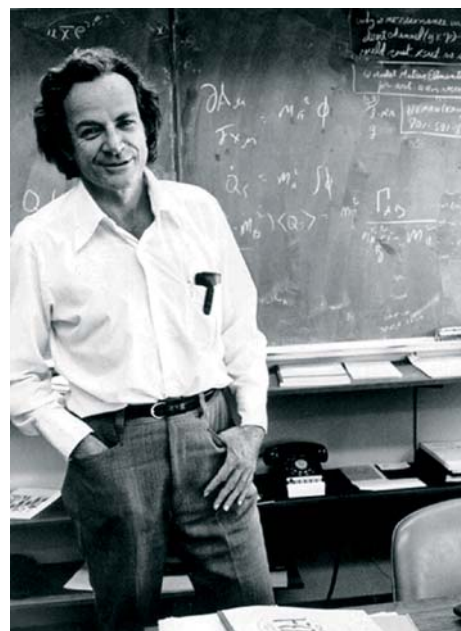
También se han firmado acuerdos con instituciones científicas estadounidenses, como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y el Laboratorio Nacional de Brookhaven, y está previsto colaborar con centros de referencia en Europa, como el Instituto Max Planck de Alemania. Junto al centro dedicado a la empresa, otras tres instalaciones presiden el campus del INL: la principal da cobijo a los equipamientos científicos, despachos y laboratorios; otra servirá como residencia de los investigadores, e incluso habrá un edificio dedicado a la divulgación de la nanotecnología, abierto al público.

La presencia de la nanotecnología

y la nanociencia ha aumentado en los últimos años, y ha pasado de figurar exclusivamente en las páginas de revistas de investigación especializadas a formar parte de nuestra vida cotidiana, a través de revestimientos para tejidos o superficies, material deportivo, productos cosméticos, neumáticos y un sinfín de artilugios más.

Los expertos estiman que de aquí a 2015 la industria de lo diminuto moverá cifras en torno al billón de dólares en todo el mundo. También podría revolucionar áreas tan fundamentales como la energía o la medicina. Se habla, por ejemplo, de que los diabéticos podrían usar en el futuro nanocápsulas que liberarán insulina en la sangre al detectar niveles altos de azúcar. Y un procedimiento similar se emplearía para llevar fármacos hasta grupos determinados de células, con el fin de tratar enfermedades como el cáncer.

El Laboratorio Ibérico —proyecto que se anunció el 19 de noviembre de 2005 en la Cumbre Bilateral de Évora (Portugal), aunque la primera piedra no se colocó hasta enero de 2008, en la Cumbre de Braga— posee un estatuto jurídico similar al de la Organización Europea para la Investigación



El premio Nobel de Física de 1965 Richard Feynman, pionero en materiales a nivel atómico.

Nuclear (CERN), lo que le permitirá convertirse en un centro de cooperación entre investigadores de todo el planeta.

“Al combinar capital humano con tecnología y conocimiento, el INL trabajará sobre una estrategia centrada en los resultados, aprovechando su régimen jurídico para ofrecer resultados eficientes”, augura el investigador espa-

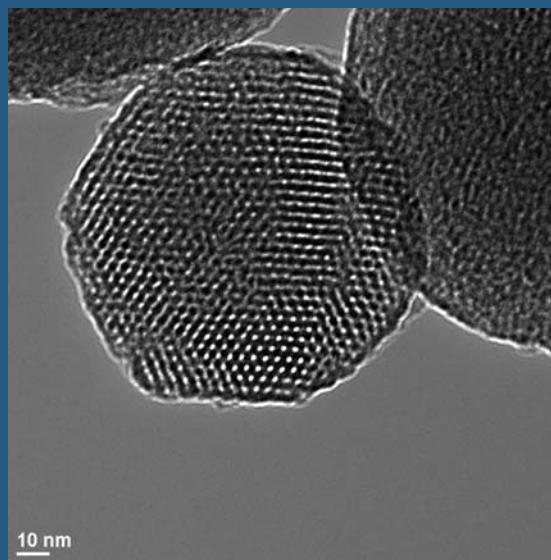
¿Son seguras las nanopartículas?

Toda nueva técnica tiene sus ventajas y sus riesgos, y la producción industrial de bienes que echan mano de la nanotecnología ya se ha cobrado sus primeras víctimas documentadas. En concreto, siete trabajadoras chinas, cuya función era rociar con *spray* tablas de plástico, resultaron gravemente perjudicadas por las nanopartículas que contenía la pintura, y dos de ellas murieron.

El caso fue estudiado en el Hospital Chao-Yang de Pekín y sus resultados se publicaron en el verano de 2009 en la revista especializada *European Respiratory Journal*. Las cinco jóvenes trabajadoras que sobrevivieron sufren daños permanentes, ya que, de acuerdo con los doctores, las partículas de 30 nanómetros de diámetro que inhalaban, y que quedaron adheridas a sus pulmones, son imposibles de extraer.

En todo caso, hay que tener en cuenta que las condiciones de seguridad laboral de las mujeres no eran las adecuadas, por lo que, en este sentido y por lo que se conoce del caso, la nanotecnología no es intrínsecamente más peligrosa que cualquier otra técnica industrial. Las trabajadoras chinas, de hecho, espolvoreaban la pintura dañina en cuartos muy pequeños y sin ventilación, y no siempre usaban mascarilla.

El resultado fue que aspiraron vapores con nanopartículas, lo que les provocó síntomas como dificultad respiratoria y sarpullidos en cara y brazos. Años después, y a pesar de haber abandonado su perjudicial actividad laboral, los problemas continúan.



La seguridad de las nanopartículas está en entredicho.

Estudios realizados con ratas de laboratorio ya habían demostrado que las nanopartículas podían causar graves daños en los pulmones, pero el caso de las siete trabajadoras chinas se ha convertido en la primera evidencia con humanos de los potenciales peligros de la nanotecnología cuando se usa sin la debida seguridad. ■

ñol José Rivas, catedrático de Electromagnetismo de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) y director del Laboratorio.

Una ciencia en pleno desarrollo

La nanotecnología es una ciencia nueva que aún se encuentra en pleno desarrollo y que ha surgido en una España ya madura, al contrario que otras áreas más tradicionales del saber, cuyo tren perdió nuestro país hace décadas o

incluso siglos. Buena prueba de esta favorable circunstancia la encontramos en la red nacional NanoSpain, que agrupa a más de 1.500 científicos del país, provenientes de la universidad, institutos públicos de investigación o la empresa privada.

La primera referencia a la manipulación de materiales a nivel atómico, aunque sin usar aún el término actual, proviene de una de las célebres conferencias que el premio Nobel de Física

estadounidense Richard Feynman pronunció en el Instituto Tecnológico de California (Caltech). Concretamente, de una charla de 1959 llamada "*There's plenty of room at the bottom*" ("Hay bastante sitio al fondo"). Feynman predijo que los avances en computación y microscopía permitirían trabajar al nivel del átomo, lo que sin duda abriría un sinfín de posibilidades. Pero la obra que se considera habitualmente el pistoletazo de salida de la nanotecnología, al menos desde el punto de vista literario y cultural, es sin duda *Engines of creation* (*Máquinas de creación*), escrita en 1986 por el ingeniero estadounidense Eric Drexler.

De este libro, traducido a seis idiomas y prologado por el experto en inteligencia artificial Marvin Minsky, procede el polémico concepto "*grey goo*" (plaga gris), inspirado en la supuesta posibilidad de que máquinas nanotecnológicas con capacidad de replicarse a sí mismas comiencen a multiplicarse descontroladamente hasta consumir todos los recursos terrestres y provocar la extinción de los propios humanos.

Por el momento, y al margen de la ciencia ficción, los expertos están viendo cada vez más posibilidades en la construcción de materiales a nivel atómico, pero la aniquilación no es una de ellas. Sí se espera, en cambio, que provoque una revolución similar a la que supusieron las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) hace un par de décadas.

Parece evidente, por tanto, que una sociedad del conocimiento y una economía de futuro no pueden dar la espalda a esta revolucionaria tecnología de lo diminuto. No en vano, el Rey de España apeló en la pasada inauguración del Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología a "la necesidad, sobre todo en momentos de grave crisis económica, de concienciar aún en mayor medida a nuestras instituciones, operadores económicos y sociales y a nuestras sociedades, de que nuestro progreso y bienestar dependen hoy como nunca de más innovación y más educación". ■

Atrás quedaron las expediciones en busca de las fuentes del Nilo y el Polo Norte geográfico. Los nuevos exploradores manejan mejor el microscopio y los ordenadores que la brújula. Y no les motiva tanto la fama —al menos no lo confiesan— como el deseo de contribuir a preservar el planeta en un momento crítico. Los términos “cambio climático” y “biodiversidad amenazada” aparecen constantemente en sus discursos. Ahora bien, ni el escenario ni la narración de sus aventuras emocionan menos que los relatos de los naturalistas del pasado. ■ POR **Mónica Salomone**, PERIODISTA CIENTÍFICA.

*Los nuevos exploradores de la naturaleza
apuestan por la investigación*

Naturalistas del siglo XXI



Jacob González Solís, con una pardela.

Jacob González Solís,
biólogo de la Universidad de Barcelona

De polo a polo siguiendo aves marinas

Jacob González Solís, de la Universidad de Barcelona, ha dedicado su carrera a seguir a las aves. No cualquier ave, sino aves marinas que recorren cada año miles de kilómetros. Y eso le ha llevado, literalmente, de polo a polo, “del Ártico a la Antártida”. “He trabajado en el archipiélago de las Georgias del Sur, en la isla de Gough, en la Mata Atlántica Brasileña, en Cabo Verde, Canarias, Azores, Madeira, en diversas islas Mediterráneas...”, dice. Se considera, simplemente, un privilegiado: “La investigación me apasiona. Poder dedicar tus esfuerzos a aquello que realmente te motiva es un privilegio impagable. Además, ayudar a frenar el continuo empobrecimiento de la biodiversi-



Pedrós-Alió, experto en ecología microbiana, ha descubierto especies inéditas de bacterias. Sobre estas líneas, en una investigación en el Ártico.

Carlos Pedrós-Alió, profesor del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona

Las sorpresas de una gota de agua

“Hay catálogos muy completos de estrellas que están a miles de millones de años luz de nosotros; sería paradójico no conocer a los habitantes de las aguas en que nos bañamos”, dice Carlos

Pedrós-Alió, del Instituto de Ciencias del Mar (ICM), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en Barcelona. La comparación tiene sentido si se tiene en cuenta que “un mililitro de agua de mar puede contener un millón de bacterias”, recuerda este investigador. Son, además, bacterias distintas entre sí. Es decir, los océanos albergan tantos microorganismos como estrellas el universo —y quién

sabe si en los mares la variedad no es incluso mayor que en los cielos—. Todo un trazo rojo al que Pedrós-Alió, experto en ecología microbiana, se ha lanzado de cabeza: “He trabajado en medios acuáticos con todo tipo de microorganismos. Empecé en lagos de agua dulce, luego descendí hacia las marismas costeras y finalmente llegué al mar”.

Pedrós-Alió ha investigado en Estados Unidos, *[continúa en pág. 50]* ►

dad me llena de satisfacción y da sentido a mi esfuerzo”.

Ese esfuerzo está proporcionando un tipo de información clave para la conservación de aves amenazadas, como las pardelas —que crían en las costas mediterráneas y en Canarias; sus gritos cuando vuelven del mar al anochecer recuerdan al llanto de un niño—. Hace unos años, por ejemplo, Solís y su grupo lograron dibujar la ruta que siguen estas aves en su migración anual colocando en sus patas pequeños geolocalizadores. Sorprendentemente, el trabajo reveló que muy a menudo aves con destino a África preferían completar largos desvíos por América del Sur aprovechando los vientos.

En otro trabajo reciente, González Solís ha desarrollado una técnica que permite identificar la población de

origen de un ave marina hallada en cualquier lugar del planeta. “Saber de dónde vienen las aves que han sido afectadas por alguna actividad o accidente es el primer paso para evaluar el impacto de esta actividad sobre las poblaciones”, explica este investigador. “Por ejemplo, nos permite distinguir si el accidente de la plataforma de BP en el Golfo de México del pasado mes de abril o una flota palangrera, como la de la costa de Levante, están afectando a una única población de pardelas, y por tanto puede llegar a extinguirla, o a muchas poblaciones distintas, con lo que el impacto queda repartido y es más suave”. La nueva técnica se basa en el análisis de los elementos químicos presentes en las plumas, que reflejan la alimentación del ave cuando era una cría.

Hoy por hoy, el problema que más preocupa a González Solís “es la pérdida incesante de la biodiversidad y la poca conciencia que tenemos para afrontarla”, señala. “Tendemos a justificar conductas poco respetuosas con el medio ambiente si ello beneficia a las personas. Estoy a favor del progreso y del bienestar, pero nuestras acciones no deben comprometer el futuro de los demás organismos”.

El año que viene González Solís irá a investigar a la isla de Marion, al sur de Sudáfrica. Un privilegio, sí, pero no unas vacaciones: “En todos estos lugares solemos trabajar en las áreas mejor preservadas y de acceso muy limitado. Pero no todo es tan bonito; muchos de estos lugares son inaccesibles, inhóspitos, incómodos, solitarios, sin ningún tipo de infraestructura”. ■

► [viene de pág. 49] en la Antártida, en el Ártico —una de las campañas en pleno invierno— y en Chile. También, por supuesto, en España. La mayor parte de su investigación actual se lleva a cabo en el Observatorio Microbiano de la Bahía de Blanes (Girona), donde desarrolló a lo largo de los noventa uno de sus proyectos internacionales más llamativos: la búsqueda de nuevas especies de pico-plancton —organismos marinos de menos de tres milésimas de milímetro, desconocidos hace sólo unas décadas—, mediante nuevas técnicas de biología molecular.

Así se convirtió este investigador en un pionero en esta área de trabajo: “[En 1987] me di cuenta de que la biología molecular era el camino más prometedor. Pero no podíamos competir con los grupos que ya estaban trabajando en ello. Había que buscar un nicho. Me fijé en que mis colegas que investigaban con fitoplancton hacían listas muy largas de especies. En cada muestra encontraban un centenar de microorganismos distintos. Pero lo

más curioso es que no tenían ni idea de qué eran, y decidí que ésta sería la pregunta a contestar”.

A principios del nuevo milenio, su carrera sufrió otra sacudida, esta vez auspiciada por Craig Venter y sus revolucionarios proyectos para secuenciar en masa cualquier pedazo de ADN presente en una muestra. De nuevo se había producido un salto técnico, con la llegada de herramientas capaces de leer ingentes cantidades de material genético en muy poco tiempo. “Quedé absolutamente fascinado —cuenta Pedrós-Alió—. Me di cuenta de que hasta entonces nuestra investigación había sido como explorar un paisaje por la noche. Con una linterna avanzábamos al azar haciendo pequeños descubrimientos, pero no teníamos ni idea del paisaje completo. De repente era como si hubiera salido el sol y lo viéramos todo, y pudiéramos ir directamente a lo que queríamos estudiar”. Así, el equipo de Pedrós-Alió ha hallado una decena de especies inéditas de bacterias en la mismísima bahía de Blanes.

Las nuevas herramientas permiten hallar seres con habilidades insospechadas, y que en un futuro podrían servir para generar energía o para absorber CO₂ atmosférico. Un ejemplo son los microorganismos capaces de *respirar* arsénico, descubiertos recientemente por el grupo de Pedrós-Alió en un desierto en los Andes Centrales. Los lagos y salares en ese ambiente “extremo y frágil” contienen altísimas concentraciones naturales de arsénico. Los mecanismos biológicos desarrollados por los microorganismos que viven allí podrían ayudar a potabilizar el agua contaminada con arsénico natural que beben cada día millones de personas en todo el mundo.

“A veces tenemos la impresión de estar prosiguiendo la vieja tradición europea de los grandes naturalistas del siglo XVII que, en cada uno de sus viajes, traían especies nuevas y extraordinarias, gracias a lo cual pudieron sentar las bases de la taxonomía de los organismos vivos”, dice Carlos Pedrós-Alió. ■

Isabel Reche, investigadora de la Universidad de Granada

Desentrañar las migraciones microbianas

“Desde siempre he tenido mucha curiosidad por cosas nuevas; empiezas a tirar del hilo... y la emoción no termina nunca”.

Reche trabaja con un tipo de seres vivos que nunca protagonizarán una campaña como la del lince o las ballenas. Y sin embargo, su papel en el ecosistema planetario es fundamental: “Son los seres vivos más abundantes y con mayor diversidad genética”, explica. “Constituyen una gran parte de la biomasa de la Tierra y durante más de las

tres cuartas partes de la historia de la vida fueron los únicos pobladores del planeta; su importancia es cuantitativa y cualitativa, puesto que contienen la

mayor diversidad genética del sistema Tierra”. Reche estudia microorganismos, un campo que no parece acabar de expandirse. Hasta hace apenas unas



Isabel Reche, abajo en el centro, junto al equipo de investigadores del proyecto Ecosensor.

Jordi Bascompte, investigador
de la Estación Biológica de Doñana

Las matemáticas de la biodiversidad

Jordi Bascompte ha sido uno de los pocos científicos españoles en recibir el premio EURYI para jóvenes investigadores. Eso le ayudó, en 2004, a establecer una línea de investigación novedosa en el área de la biología de la conservación: el desarrollo de modelos matemáticos para describir las relaciones entre los seres vivos que integran un ecosistema, y también para predecir las consecuencias de la pérdida de biodiversidad. Con estos modelos es posible saber, por ejemplo, qué especies son clave para preservar el conjunto y, por tanto, cuáles son las que conviene proteger con especial atención. El trabajo está resultando tan exitoso que Bascompte, investigador de la Estación Biológica de Doñana, del CSIC, se ha convertido este año en miembro del comité editorial de la prestigiosa revista *Science*, donde tam-



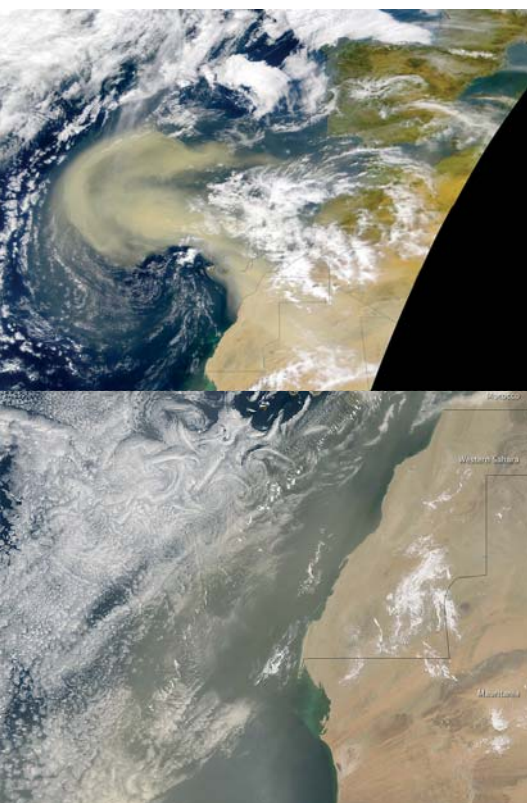
Además de investigador, Bascompte es miembro del comité editorial de la revista *Science*.

bién está el español Óscar Marín. Comprender las relaciones ecológicas “es uno de los grandes desafíos científicos de este siglo”, señala.

Su afición por la naturaleza empezó, como la de muchos otros niños españoles, con el famoso programa de televisión *El hombre y la Tierra*. A los trece años, Bascompte empezó a describir en su cuaderno de campo sus observaciones de aves, para más tarde sentirse inspirado por el trabajo del pionero ecólogo Ramón Margalef. Ya como biólogo, su interacción con físi-

cos acabó de dar a su carrera un enfoque multidisciplinar. Uno de sus temas de investigación son las relaciones mutualistas que se establecen entre especies. Por ejemplo, entre las plantas y los animales que las polinizan o dispersan sus semillas. Este tipo de relación, explica Bascompte, es una de las principales a la hora de generar biodiversidad.

A su retrato no le puede faltar su *hobby* favorito: la magia. Casa perfectamente, se diría, con la gran creatividad de Bascompte. ■



décadas el universo microbiano que los científicos podían estudiar se reducía a las bacterias cultivables en el laboratorio. Hoy, las técnicas de biología molecular permiten acceder a otros muchos organismos que no crecen en platillos de laboratorio, y cuya existencia antes ni se sospechaba.

Uno de los proyectos que lidera Reche se llama Ecosensor. Del Sáhara y el Sahel llegan cada día a España, volando, millones de bacterias, hongos y virus que viajan miles de kilómetros adheridos a partículas de polvo. Hasta ahora se conocían menos del 0,1% del medio millar de bacterias presentes en cada litro de aire, y se ignoraba también su efecto sobre los ecosistemas de destino. Los investiga-

dores de Ecosensor, financiados por la Fundación BBVA, no sólo los han identificado por primera vez, sino que han descubierto que colonizan lagos de alta montaña en Sierra Nevada y Pirineos. “Es algo sorprendente”, dice Reche.

El estudio abarca también lagos en los Alpes (Austria); la Patagonia argentina; las islas Bylot, en el Ártico (Canadá), y el archipiélago de las Shetland del Sur (Antártida). Porque se sabe que el polvo sahariano llega a todo el planeta, y que el fenómeno va en aumento con el cambio climático. De hecho, uno de los objetivos de Ecosensor es usar estos microorganismos viajeros como marcadores de impacto de los cambios en el clima del planeta. ■

Arriba, tormenta de polvo procedente del Sáhara y debajo, polvo sahariano sobre Canarias.

*Empresas y científicos
de la Unión Europea
desarrollan técnicas para
reducir los riesgos
inherentes
a la explotación petrolera
en aguas profundas*

RECETAS EUROPEAS CONTRA VERTIDOS SUBMARINOS

Primeros momentos tras la explosión de la plataforma Deepwater en el Golfo de México.

El descomunal desastre originado en la primavera de este año en un pozo de British Petroleum en el Golfo de México —el peor vertido *offshore* en los anales de la industria petrolera— ha puesto en primer plano el problema de la contaminación oceánica, las dificultades para prevenirla y las enormes complicaciones para atajarla cuando se produce a gran profundidad, como en el citado accidente, sucedido a 1.522 metros bajo la superficie del mar. Europa propone soluciones. ■

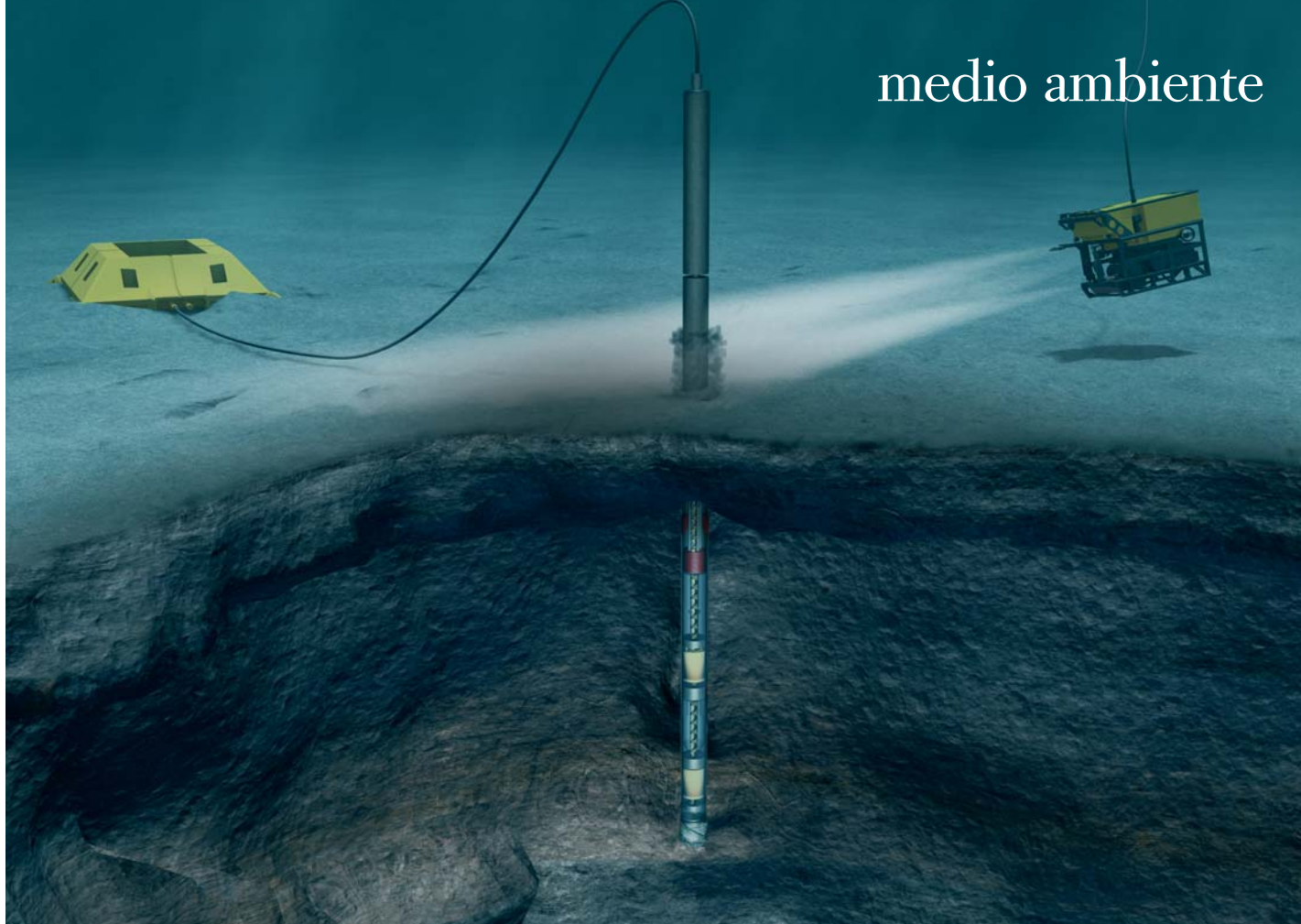
POR **Pablo Francescutti**, PERIODISTA CIENTÍFICO.

LA MAYOR CATÁSTROFE ECOLÓGICA de la historia de Estados Unidos ocurrió el pasado 20 de abril, tras la ruptura de las tuberías del pozo submarino Macondo (Golfo de México). Ésta, a su vez, fue provocada por una explosión en la plataforma Deepwater Horizon (la causa exacta del estallido todavía no se conoce con certeza). El siniestro mató a 11 trabajadores e hirió a otros 17. El pozo fue sellado el 15 de julio, tras dos meses y medio de intentos y el escape del equivalente a 4,9 millones de barriles de crudo, al cierre de esta edición.

Precisamente gran parte de las críticas hechas a British Petroleum (BP) se han centrado en su falta de planes o equipos preparados para lidiar con semejante emergencia. Su falta de previsión obligó a los ingenieros a improvisar sobre la marcha, por el rudimentario método del ensayo y error. Primero, enviaron vehículos submarinos a cerrar las válvulas en la boca del pozo, sin éxito; luego, le colocaron encima una campana de hierro, de nuevo sin éxito; después, quisieron sellar el escape inyectándole cemento, sin resultados positivos; a continuación pusie-

ron una segunda campana; y finalmente, una tercera, acompañada de una inyección de lodo, logró obturar el pozo casi completamente, aunque BP promete que con la apertura de un “pozo de alivio” podría resolverse definitivamente el problema.

La catastrófica experiencia está obligando a las naciones con plataformas petroleras operando en sus costas a sacar lecciones y a diseñar programas preventivos. Tal es el caso de Europa, que sólo en el Mar del Norte cuenta con unas seiscientas plataformas en actividad. Por fortuna, la Unión Europea no parte de

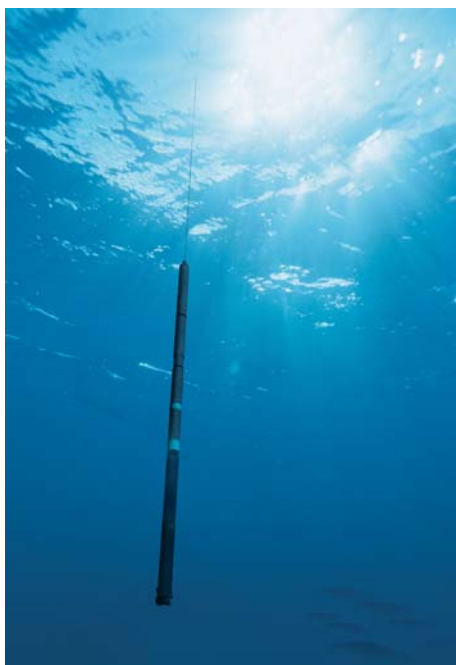


cero, puesto que cuenta con cierta experiencia en la materia, además de algunas prometedoras iniciativas en marcha.

Una súperespumadera en acción

La experiencia europea se ha ido desarrollando en respuesta a los desafíos planteados a la explotación petrolera en el mar del Norte. En este entorno hostil de 750.000 km² de extensión, que baña las costas del Reino Unido, Bélgica, Holanda, Dinamarca, Noruega y Alemania, se extiende una de las áreas del mundo con la mayor actividad extractiva de hidrocarburos, y por ende, uno de los ecosistemas marinos más expuestos a la contaminación.

La mayoría del aprendizaje lo realizó Noruega, el principal actor en el negocio petrolero del mar del Norte. Una parte de su valioso *know-how* se ha plasmado en tecnologías orientadas a hacer más seguras las perforaciones en aguas profundas. Una muestra es el taladro de unas pocas pulgadas de ancho puesto a punto por la compañía noruega Reelwell. El artilugio envía a la superficie las rocas que va perforando a través de su propio conducto,



BADGER EXPLORER



El Badger Explorer permite realizar perforaciones sin riesgos. Arriba, ilustración del Badger Explorer en acción, guiado desde la superficie por un navío. Sobre estas líneas, introducción en el agua y perforaciones de prueba.

en lugar de hacerlo por el tradicional tubo “elevador” externo. De tal manera se eliminan kilómetros de tuberías, aligerando el peso de las instalaciones en varios miles de toneladas y, en consecuencia, reduciendo el tamaño de las plataformas.

La innovación tiene otro de sus focos en los sensores. Éstos pueden situarse en partes profundas del hoyo de excavación para detectar el flujo de gas, las presiones y otros indicadores críticos antes de que se cree un peligro para los

trabajadores y el medio ambiente. Los datos podrían transmitirse a un centro en tierra firme o a las agencias estatales, permitiéndoles supervisar las operaciones en el pozo y obtener información de lo que sucede durante un vertido o una explosión. “Sería como tener un ‘par extra de ojos’ fuera de la plataforma”, compara Elgie Holstein, director senior de Planificación Estratégica de Environmental Defense Fund, una ONG conservacionista estadounidense.

Otro adelanto ha sido introducido por la firma noruega Badger Explorer. Esta vez se trata de una sofisticada perforadora denominada Explorer. La máquina requiere sólo un pequeño navío que la guíe y hace innecesaria la torre de perforación. El largo y estilizado cilindro metálico perfora las rocas duras con la barrena eléctrica emplazada en su parte frontal, depositando los residuos a su alrededor en lugar de subirlos a la superficie. La barrena está conectada a un cable de alimentación que además envía información a sus operadores. Si Explorer alcanza una bolsa de gas, no se detiene, ya que no hay ningún conducto por el cual el gas pueda ascender a la superficie.

“En diez años o menos, esta clase de tecnologías estará gestionando las más complicadas y peligrosas situaciones de perforación, a la vez que reducirá los impresionantes costos de las gigantescas plataformas”, pronostica Stein Bjørns-tad, experto en exploración petrolera de la BI Norwegian School of Management, en Oslo.

La inventiva noruega también se ha destacado en cuanto a la recogida del petróleo vertido en el mar. En 1976, el Gobierno de ese país, preocupado por los daños que un accidente en las perforaciones podría ocasionar al medio ambiente, encargó a la firma de ingeniería Aker A/S diseñar y construir una máquina capaz de recoger el crudo de un vertido *offshore*. En respuesta al reto, el ingeniero Jan Sverre Christensen inventó el Euroskimmer (contracción de Eureka Skimmer, es decir, Espumadera Eureka), concebido para manejar un amplio rango de viscosidades en un mar embravecido. El aparato, dispuesto en

el casco de un catamarán de seis metros cuadrados que garantizaba su flotabilidad, cuenta con un motor hidráulico operable por radio o *joystick*, y una manguera de descarga de cien metros de largo. Un sistema de “adhesión a discos” recogía el petróleo flotante: los discos giraban como la lana en un huso, separando el petróleo del agua y enviándolo por la manguera al buque que le acompañaba.

El artulugio pronto tuvo oportunidad de estrenarse. El 22 de abril de 1977, la plataforma noruega Bravo explotó, lanzando al mar más de 200.000 barriles diarios durante una semana. En esos días, la bomba del Euroskimmer tuvo un desempeño más que notable, aspirando unos 3.100 barriles de chapapote por hora. Un año más tarde, retornó a la

las grandes espumaderas. Todo se interrumpió en los años ochenta y noventa debido a la ausencia de vertidos”, recuerda Christensen, y añade, categórico: “Hoy, ningún aparato cumple aquello para lo que Euroskimmer fue diseñado”.

No exagera; como se ha visto en las tareas de limpieza en el Golfo de México no existen medios para separar el petróleo del agua de modo rápido y efi-



Euroskimmer, pionero en la recogida de vertidos.



Ilustración de una de las centrifugadoras de la empresa Ocean Therapy Solutions.

acción con motivo del vertido del *Amoco Cadiz*, en la costa bretona (Francia).

El tiempo demostró que las filtraciones desde plataformas son raras en comparación con las causadas por buques-tanque. Por esa razón, el Euroskimmer no volvió a usarse y acabó en un astillero de desguace. “Las cosas serían muy distintas de haber habido treinta años de desarrollo continuo de los recogedores mecánicos de petróleo, a partir de la experiencia de los años setenta con

caz, ni de bombearlo sin atascar las tuberías. Significativamente, BP ahora deposita sus esperanzas en las centrifugadoras que ha comprado a la empresa Ocean Therapy Solutions, de Kevin Costner y su hermano, que harán el trabajo que precisamente hacía la espumadera noruega antes de su desguace.

La alarma de las sirenas

En el control de una marea negra resulta sumamente decisiva su detección a

tiempo y un seguimiento adecuado. De ahí la importancia del proyecto europeo Mermaid (“sirena” en inglés). El mar del Norte ha servido de banco de pruebas para este sistema altamente sofisticado de alarma temprana para cualquier tipo de contaminación, que ahora está ayudando a las autoridades de todo el mundo a mantener los mares limpios.

En realidad, el nombre Mermaid

responde a un referente más prosaico: las siglas de Marine Environmental Remote-controlled Measuring and Integrated Detection (Detección y mediciones por control remoto en ambiente marino). Ésta es la denominación que ha recibido el esfuerzo de científicos e ingenieros por pergeñar e instalar sensores y analizadores en una red de estaciones marinas controladas

da por las floraciones de algas. Para apreciar la novedad, cabe recordar que, anteriormente, la mayoría de los centros de seguimiento marino dependían de las infrecuentes muestras tomadas en barcos y analizadas en laboratorio semanas o meses después de los hechos, impidiendo una reacción eficaz. Y los sistemas automáticos activos en el mar del Norte medían sólo la salinidad y la temperatura, pero no los perfiles químicos y biológicos del agua.

Mermaid, al decir de sus responsables, sentó las bases de sistemas fiables y extensos que facilitan una alarma rápida y precisa de la contaminación, permitiendo la toma de medidas con celeridad. “Aplicó la tecnología informática y de comunicaciones más puntera para suministrar evaluaciones en tiempo real de la calidad del agua y demás parámetros, con un potencial para cubrir todo el mar del Norte y masas de agua similares —valora Friedrich Schroeder, su coordinador—. Ha sido un gran éxito”.

Actualmente, GKSS ultima una versión mejorada de Mermaid: el Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas (Cosyna). El nuevo sistema tiene un punto de apoyo en el FerryBox, una estación automática de muestreo y mediciones transportable a bordo de un *ferry* o cualquier navío que haga una ruta regular. Su rango de observación supera al de las estaciones instaladas en boyas, y su instrumental —que incluye un novedoso detector genético de algas tóxicas— se halla protegido contra las excrecencias biológicas y las condiciones externas adversas. La recogida de muestras y el mantenimiento se llevan a cabo cuando la embarcación se encuentra en el puerto.

Cosyna opera a través de varios FerryBoxes y estaciones fijas (dos de ellas localizadas en los extremos de una de las mayores corrientes que fluye a lo largo del mar del Norte), amén de radares de movimientos de aguas y sensores por satélite. En un futuro se podrán instalar más estaciones en molinos eólicos *offshore*. Por ahora, sus gestores reconocen que necesita más rodaje antes de ofrecer datos de calidad para una



El proyecto Mermaid emplea barcos y postes de medición para detectar posibles vertidos.



Boya de medición de GKSS.

por radio, para tomar muestras, medir y registrar cambios químicos y biológicos del agua.

El proyecto arrancó con tres estaciones piloto situadas en el mar del Norte, próximas al estuario del río Elba (Alemania). Sus creadores, adscritos al GKSS Institute for Coastal Research, un centro público germano, idearon equipos automáticos para detectar y analizar parámetros clave de oxígeno, pH, nutrientes, clorofila y sustancias tóxicas de origen industrial. Por primera vez se pudieron detectar en tiempo real fenómenos como las mareas rojas asociadas a concentraciones de metales pesados o la repentina liberación de nutrientes en las crecidas fluviales. En sus veinte años de andadura, Mermaid constató mejoras en la calidad de las playas alemanas, tales como la desaparición de la desagradable espuma deja-



Radar de la red de Cosyna que detecta los movimientos de las olas.



Tony Hayward dejó su cargo como consejero delegado de BP por su gestión del vertido en el Golfo de México.

modelización precisa. “Queremos conectar la red de Cosyna a los demás sistemas de vigilancia de otros países ribereños, y confluir en un observatorio común del mar del Norte”, añade Schroeder. A su juicio, la amenaza de los vertidos se añade a la planteada por el cambio climático, con su impacto en las migraciones de peces, la acidez del agua y la cadena alimentaria. “Si vamos a afrontar esos peligros de modo eficaz, resulta esencial conocer mejor qué sucede en el mar del Norte. Y eso sólo será posible si mejoramos y expan-

dimos el sistema de seguimiento iniciado por Mermaid”, dice.

Amenazas en ciernes

Dispositivos e innovaciones de esas características se hacen cada vez más necesarios en el contexto europeo. “Es un milagro que un vertido de las dimensiones del ocurrido en el Golfo de México no se haya producido aún en el mar del Norte”, se sorprende Carlo von Bernem, experto en gestión de costas del GKSS.

Sobran motivos de preocupación. Más de cien mil barcos cruzan esas aguas

anualmente, multiplicando la posibilidad de accidentes. Por añadidura, y en condiciones normales, “cada año se vierten allí unas 20.000 toneladas de petróleo”, indica Christian Bussau, especialista en biología marina de Greenpeace. “En un radio de quinientos metros alrededor de las plataformas de perforación, el lecho marino está biológicamente muerto —específica—. Sólo se encuentran bacterias y nematodos, pero no peces”.

Las luces de alarma se han encendido recientemente. Los tres incidentes sufridos en sólo cinco meses en las instalaciones *offshore* de la firma noruega Statoil, causados por la acumulación de presión en sus yacimientos submarinos de gas, le obligaron en mayo pasado a tomar medidas urgentes como el sellado del pozo de Gullfaks.

El escepticismo de la opinión pública internacional ante la perforación en aguas profundas crece por momentos. Cada vez más voces claman por una moratoria indefinida de actividades. Parece fuera de dudas que los permisos para operar en entornos marinos se estudiarán con lupa, toda vez que la dificultad de gestionar un derrame crece exponencialmente cuanto más profundo se perfora. Se esperan regulaciones más duras, lo cual repercutirá en los costos, obligando a las compañías a limitarse a yacimientos susceptibles de generar ganancias que compensen los riesgos. Pero las petroleras no se amilanan y se aprestan a explotar los depósitos submarinos en las aguas de Brasil, Canadá y, más inquietante para los europeos, de Libia y del Ártico.

Ante esas perspectivas adquiere especial relevancia el reconocimiento hecho por el dimitido máximo ejecutivo de BP, Tony Hayward, cuando admitió que su compañía “carecía de los instrumentos que uno querría tener en su caja de herramientas” para controlar un vertido de grandes dimensiones. La consecuencia lógica de tal afirmación sería que no se autorizase a perforar a ninguna compañía que carezca de dichos instrumentos. El problema de fondo estriba en que la susodicha “caja de herramientas”, pese a los avances consignados en estas páginas, está todavía por desarrollar. ■

Estados Unidos retoma la aventura espacial a Marte impulsada por el presidente Obama

Rumbo al 'planeta rojo'



Si el presidente Bush había anunciado a los cuatro vientos en 2004 que Estados Unidos volvería a la Luna antes del año 2020, también en esto el presidente Barack Obama le lleva la contraria. Porque los nuevos presupuestos de la NASA para el periodo 2010-2014 contemplan la eliminación del programa Constellation anunciado por Bush seis años antes, pero que había acumulado un notable retraso por falta de fondos. Lo que ahora se anuncia es un programa de actividades renovado, más realista y, en cierto modo, más ambicioso. La filosofía global sigue siendo la exploración humana del espacio, pero con un objetivo mucho más lejano que la Luna: el planeta Marte. ■ POR Manuel Toharia.

UN VIAJE HUMANO A UN LUGAR TAN alejado requiere planteamientos realistas, que vayan permitiendo cubrir las etapas necesarias para conseguirlo con costes y riesgos mínimos. Todo el mundo está de acuerdo en que volver a la Luna tiene menos interés que hacerlo a Marte: objetivos científicos más ambiciosos —incluida la búsqueda de un pasado con vida no descartable— y enorme interés estratégico de cara a posteriores viajes aun más lejanos.

Por supuesto, eso alarga mucho los plazos; el viaje a Marte no será en 2020 como el de la Luna anunciado por



El presidente Barack Obama anunció el pasado abril que el nuevo destino de la NASA será Marte.

NASA: un presupuesto renovado

El preámbulo del nuevo presupuesto dice textualmente: “Aunque nuestra filosofía y enfoque cambiará, el objetivo fundamental se mantiene: enviar exploradores humanos hacia el Sistema Solar”. ¿Cómo? Desarrollando nuevas tecnologías que faciliten esa exploración y mejorando nuestra comprensión de todos los fenómenos implicados. Todo ello requerirá incrementar los retornos tecnológicos de la Estación Espacial Internacional (ISS), aunque “para focalizarse en esta iniciativa que mira al futuro, el nuevo Presupuesto

propone la cancelación del programa Constellation [de viaje a la Luna]”.

La investigación de novedosos sistemas de vehículos espaciales, como la puesta en órbita de depósitos de combustible y de estaciones intermedias de almacenamiento y encuentro de tripulaciones, recibirá 7.800 millones de dólares durante los próximos cinco años.

Con 3.100 millones de dólares se impulsará la investigación de un nuevo cohete pesado, con nuevas tecnologías de propulsión.

Otros 3.000 millones se destinarán, en esos cinco años,



Sobre estas líneas, científicos de la NASA presentan la nueva cámara para la observación de Marte. A la derecha, prueba de la misión Mars Science Lab.

George W. Bush (que ya había acumulado cinco años de retraso), sino como pronto en 2030, quizá 2035; pero, eso sí, con etapas que constituyen por sí solas importantes objetivos para muchas otras actividades, además de la preparación del gran viaje, y que por eso hacen más creíble el plazo. Este cambio de rumbo drástico de la agencia espacial americana ocurrió en abril de 2010: en una multitudinaria rueda de prensa, el presidente Barack Obama anunció ante la plana mayor de la NASA esa sustancial variación en los objetivos de la Agencia a corto y medio plazo, concretando el modo de abordarlos económicamente en los próximos cinco años.

Lo más llamativo, sin duda, es el cambio del viaje lunar por el marciano:

destinan, en una primera etapa, 6.000 millones de dólares a la construcción de un nuevo lanzador capaz de ir y volver al *planeta rojo*, al diseño de una nueva estación científica automática para enviarla a Marte en 2012 con el fin de identificar lugares de aterrizaje, al estudio de cómo deben ser los nuevos satélites destinados a ser estaciones intermedias de repostaje y almacenamiento, y al análisis de la viabilidad de semejante empresa.

¿Restos de actividad orgánica?

Curiosamente, a finales del verano de 2010 hemos sabido que los científicos han encontrado en los hallazgos de las naves *Viking*, que visitaron Marte en 1976, elementos nuevos que quizá confirmen la

mayor probabilidad de que hubiera habido vida en el pasado. Un trabajo publicado en el *Journal of Geophysical Research* mostraba a primeros de septiembre de este año los resultados de los análisis químicos realizados sobre productos del suelo marciano por aquellas naves tan antiguas ya. Y lo que ahora han probado es que allí podría haber compuestos orgánicos compatibles, eventualmente, con la existencia de algún tipo de vida elemental pasada.

En su momento, los experimentos de la *Viking* sólo identificaron clorometano y diclorometano, compuestos orgánicos sí, pero que también se producen por contacto con los fluidos propulsores de la nave al abandonar la Tierra; esa fue la tesis dominante de los más cautos, que

a misiones robotizadas de exploración para determinar los mejores lugares para el aterrizaje humano.

Todo ello con el fin de ir sustituyendo las tecnologías, ya obsoletas, que permitieron llegar a la Luna, para concentrarse en nuevos desarrollos propios del siglo XXI.

Se invertirán más de 6.000 millones de dólares durante los próximos cinco años en el desarrollo de un programa de nave espacial comercial capaz de albergar seres humanos en viajes de larga distancia, y también para dar servicio a la ISS.

Las nuevas actividades comerciales de la ingeniería espacial de la NASA crearán miles de puestos de trabajo de alta cualificación, con retornos industriales en otros campos de actividad que inducirán beneficios secundarios de enorme importancia.

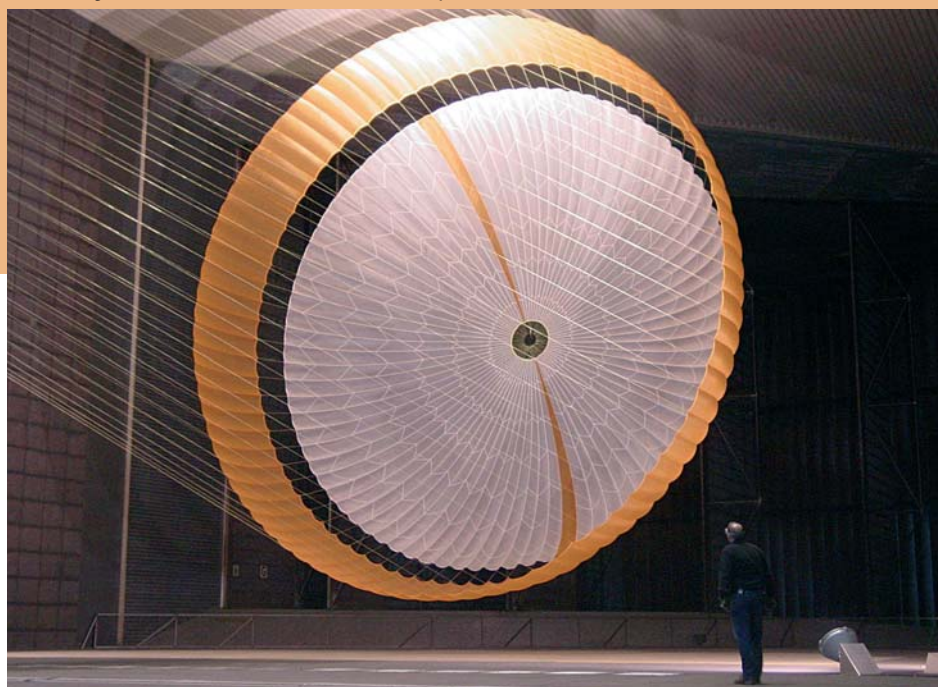
Entre esas actividades destaca el Observatorio Orbital de Carbono (OCO, en sus siglas en inglés), que habrá de

ser una herramienta vital para conocer mejor el ciclo del carbono del planeta.

Se mantienen las once misiones planetarias ya en marcha para explorar nuestro Sistema Solar, incluyendo un Laboratorio Científico en Marte y la localización de asteroides NEO (objetos de órbita próxima a la Tierra) que puedan suponer una amenaza para el planeta, y un Observatorio de la Dinámica Solar para comprender mejor la influencia del Sol sobre nosotros. En el campo aeronáutico se incentivará la nueva "aviación verde", con tecnologías reductoras de consumo, ruido y emisiones, incluyendo las naves sin piloto.

descartaron, por tanto, la posibilidad de que hubiese compuestos orgánicos en Marte. Pero el nuevo estudio ha demostrado que también pudo haber percloratos (iones con cloro y oxígeno), lo cual ya no sería atribuible a contaminación alguna, sino que podría ser compatible con alguna actividad orgánica. La controversia sobre aquellos resultados ha durado más de tres decenios, pero ahora los científicos más escépticos tienen un nuevo quebradero de cabeza... justo cuando Obama decide que la nueva prioridad es Marte.

Por supuesto, Marte no es el planeta que más se parece a la Tierra. Ni por su tamaño ni por la distancia a que se encuentra de nosotros: sin duda, Venus está mucho más cerca y es un planeta casi gemelo al nuestro. El tamaño de Marte es la mitad del de la Tierra y está a 78 millones de kilómetros (Venus está a sólo 42). Pero lo que sabemos de Venus resulta aterrador: las condiciones infernales que imperan en su superficie impiden el viaje: temperaturas del orden de 450 °C, atmósfera densísima (casi cien atmósferas terrestres) y corrosiva, espesa niebla ardiente por doquier... Cualquier vehículo terrestre, y no digamos cualquier ser vivo, se vería inmediatamente volatilizado y aplastado antes



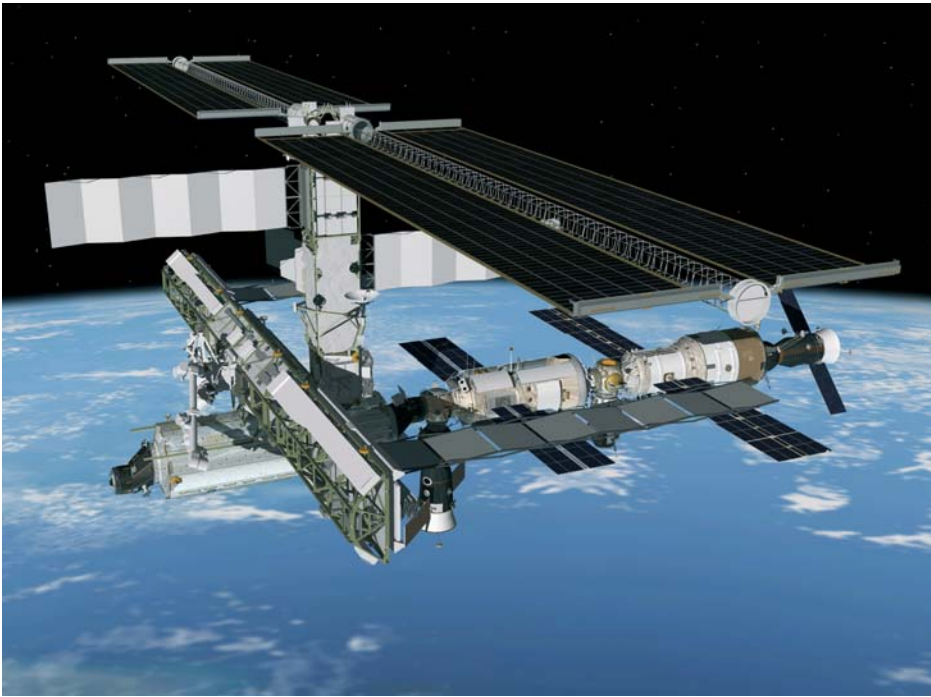
Este paracaídas diseñado por la NASA puede soportar cargas de más de 36.000 kilos.

incluso de aterrizar. En cambio, Marte tiene una atmósfera muy tenue, más o menos cien veces menos densa que la nuestra, pero con hielo en los polos y en el subsuelo. ¿Pudo haber albergado algún tipo de vida, sin duda microscópica, en algún momento muy remoto de su pasado? Quien dice vida dice agua líquida; y aunque no parece que ahora exista, no faltan indicios de que pudo haberla hace muchos millones de años.

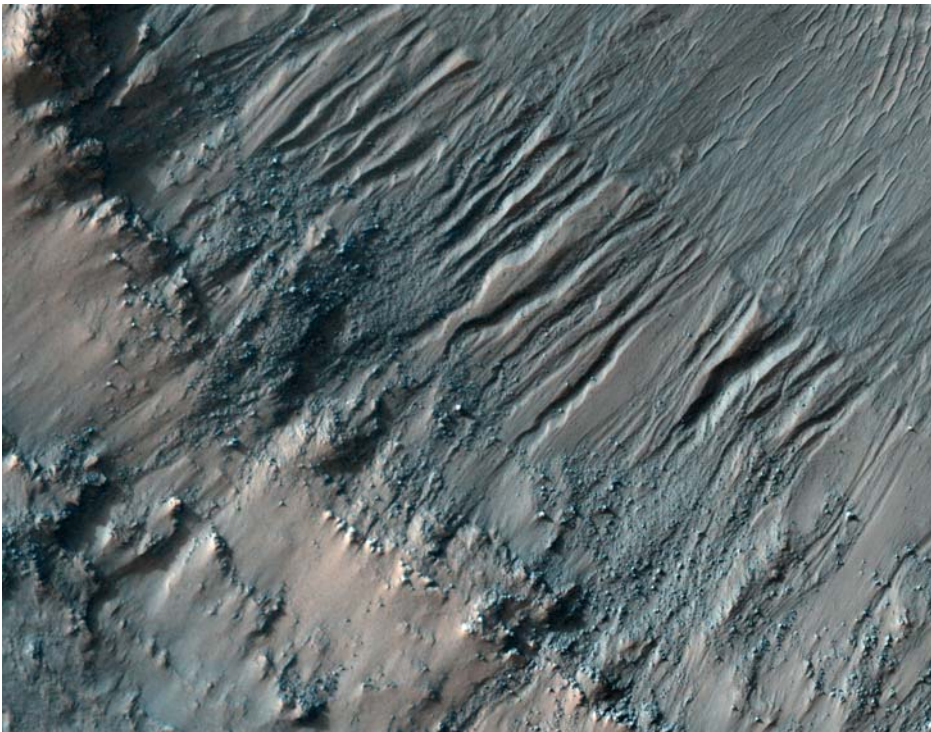
También juega en su contra su lejanía del Sol, que hace que la radiación que llega al *planeta rojo* sea un 40% menor que la de aquí, y eso favorece unas temperaturas muy bajas aunque no del todo incompatibles con la vida: en el Ecuador marciano a veces se dan temperaturas sobre cero.

El largo viaje

Si han quedado restos fosilizados de aquellos posibles seres vivos microscópicos, refugiados convenientemente en las rocas marcianas o incluso conservados en el hielo de los polos o subterráneo, aunque sólo sea por encontrar semejantes vestigios de vida remota, ya parece apasionante la visita a Marte. Pero, claro, estando a tantos millones de kilómetros, el viaje no durará dos o tres días como el de la Luna sino... dos o tres años con los propulsores actuales. Y otro tanto para la vuelta, además de la estancia allí, no demasiado breve después de tanto esfuerzo y tiempo por llegar. En total, se calcula que, incluso con los nuevos motores que se espera desarrollar, el viaje total durará varios años... ¿Cuántos?



La Estación Espacial Internacional ayudará a ensamblar las piezas de las naves que vayan a Marte.



Interior de un cráter en Terra Cimmeria, en Marte.

Porque podrían ser muchos si hubiera voluntarios dispuestos a quedarse allí mucho tiempo; tanto como para contemplar la posibilidad de que fuesen viajeros sin retorno, algo que diversos científicos ya han sugerido. Por supuesto, deberían ser voluntarios, aunque hay numerosas novelas o películas que abordan la posibilidad de convertir el plane-

ta en una especie de cárcel sustitutiva de la pena de muerte.

En todo caso, esos primeros habitantes humanos permanentes del *planeta rojo* serían auténticos colonos. Y conviene recordar que la colonización inglesa de las costas norteamericanas de lo que ahora es el noreste de Estados Unidos se hizo con convictos, que

eran deportados a las colonias. Y lo mismo ocurrió en Australia inicialmente. En el futuro, en esa misma óptica tan fascinante como horrible, ¿por qué no Marte?

Pero la psicología humana ha cambiado mucho desde la Inglaterra de las colonias o desde la emigración masiva de europeos a América a través de Nueva York y la tristemente famosa Ellis Island. Hoy, viajar a distancias enormes es cosa banal y, en general, cuestión de unas cuantas horas. Por eso un viaje sin retorno al *planeta rojo* podría ser impensable, aunque... Jim McLane, un experto en aeronáutica que ha trabajado durante veintidós años en la NASA, ha tenido la idea de enviar una tripulación compuesta por varias personas, dos de las cuales, a ser posible formando una pareja, se quedarían allí al estilo de Adán y Eva, como primeros colonos marcianos. Un poco al estilo de aquellos inmigrantes pioneros que llegaron a Estados Unidos a finales del siglo XIX y comienzos del XX, sabiendo que lo más probable era que nunca más pudieran volver a su tierra natal. Resulta que la sugerencia de McLane ha sido correspondida por la afirmación de numerosos psicólogos que aducen que muchas personas insatisfechas o desencantadas con el mundo actual, o sin arraigo familiar alguno, un poco al estilo anacoreta antiguo, podrían verse tentadas por una aventura así. Sin necesidad de tener que apelar a los condenados a cadena perpetua...

La Estación Espacial Internacional, imprescindible

Pero todo eso son elucubraciones que el futuro se encargará o no de desmentir. Volviendo al anuncio de Obama, es obvio que no contempla nada de eso porque su intención es bien patente, y se apoya en presupuestos realistas a corto plazo: embarcar a la NASA en una aventura que debe ir por sus pasos contados, y que en una primera etapa de cinco años debe analizar la viabilidad de un lanzador, con su nave habitable para el viaje de ida, la estancia y el viaje de vuelta, incluyendo una posible parada intermedia en un

satélite o en un asteroide, lo que requerirá forzosamente esos veinte o más años que se contemplan en el programa a largo plazo, del que sólo es un inicio esta primera parte que ahora se presenta.

El lanzador, en contra de lo que podría parecer a simple vista, no tendría por qué ser excesivamente potente. Hay que recordar que la velocidad necesaria para alcanzar la órbita marciana es del orden de cinco a seis kilómetros por segundo, mientras que para llegar a la órbita lunar es de algo más de cuatro kilómetros por segundo. La diferencia no es muy grande, pero sí lo es en cambio la duración del viaje, poco más de dos días hacia la Luna, frente a un mínimo de 260 días que podría quedar el viaje a Marte con esos nuevos propulsores que se están empezando a concebir pero que todavía no existen... La idea de la NASA es, pues, la de enviar una nave compuesta por al menos dos módulos habitables y dos cápsulas para el retorno a la Tierra (por si una de ellas falla), dejando el resto en Marte. Además, claro, del lanzador —un cohete potente para movilizar tan pesado conjunto— y de un módulo de servicio para proporcionar energía y controlar la habitabilidad de los módulos. Todo un enorme complejo espacial volador y, consecuentemente, muy pesado y de tamaño notable.

¿Es posible? Desde luego, desarrollando nuevos cohetes capaces de lanzar todo eso, sin duda es factible. Y aún lo será más si se deciden en el futuro por lanzar las diferentes piezas por partes, con el fin de ensamblarlas, por ejemplo, en la Estación Espacial Internacional (ISS) o en un asteroide adecuado. Luego, el conjunto se lanzaría hacia Marte, lo cual resultaría mucho más sencillo porque la gravitación que habría que vencer sería muchísimo menor.

Todo eso es lo que, al menos en sus inicios, quiere explorar el nuevo programa de la NASA que Obama impulsa ahora. De ahí el interés renovado por la ISS y su terminación; porque dentro de quince o veinte años podría ser



Robot Scarecrow, diseñado para moverse por la superficie de Marte.

un elemento crucial para este tipo de viajes. De hecho, los expertos hablan ahora de mantener en activo la Estación Internacional al menos hasta el año 2030, cuando inicialmente se pensó que sólo iba a durar hasta 2015 o, como mucho, 2020.

Un último detalle: los europeos nunca vieron con buenos ojos, desde su Agencia Europea del Espacio, el programa lunar de Bush porque ellos, a largo plazo, parecían preferir Marte. La colaboración ESA-NASA parece, pues, ahora más que probable y eficaz que nunca. En cuanto a los rusos y los chinos, son bastante menos explícitos, pero es seguro que no querrán quedarse atrás. Todo ello le da al programa de Obama una muy superior dosis de credibilidad.

Un segundo gran paso para la Humanidad

¿Se acerca, pues, un segundo “gran paso para la Humanidad”, como aquél que dio Armstrong en la Luna en 1969, sólo que ahora con Marte como objetivo?

Quizá muchos de los que lean esto, incluido quien lo escribe, no lo vean. Pero es más que probable que muchos otros sí; Obama ya hemos visto que lo

desea, y con cierto entusiasmo que no parece fingido. La aventura espacial no se ha detenido sino que parece relanzarse con más brío. Es un impulso que, en plena crisis económica, agradecen de manera explícita no sólo los técnicos en el tema, sino todos aquéllos que sueñan con la conquista humana de su entorno, intra e interplanetario. En el supuesto de que una misión de estas características tuviese éxito, es indudable que la humanidad entraría en una nueva era: la conquista del Espacio lejano. Porque ya podría pensarse en bases permanentes, y luego en viajes a lugares remotos. Y ya hay quien comienza a reverdecer la vieja idea de la “terraformación” de Marte, es decir, el intento de modificar su atmósfera para hacerla más densa, quizá incluso respirable; algo que requeriría, desde luego, miles de años...

Estas consideraciones son ya más de ciencia ficción que otra cosa. Pero es que la mera posibilidad de pensar en un viaje interplanetario a Marte abre de pronto perspectivas realistas que hasta ahora habían quedado exclusivamente en manos de los escritores de fantasías espaciales y de ficción futurista delirante. Una ficción que, de repente, parece ya menos imposible... ■

Los Premios Nobel de ciencia 2010

Como todos los años, en octubre la Academia de Ciencias de Suecia ha hecho públicos los nombres de los premiados con los Premios Nobel en sus tres categorías científicas: Medicina y Fisiología, Física y Química. ■ POR Manuel Toharia.

Medicina y Fisiología

Ha recaído en el científico que todo el mundo considera padre de los bebés probeta, el primero de los cuales nació el 25 de julio de 1978 mediante una técnica entonces revolucionaria llamada fertilización in vitro (FIV). Fue una técnica puesta a punto por dos investigadores británicos, Robert Edwards y Patrick Steptoe. Hoy, aquel bebé, la famosa Louise Brown, tiene ya 32 años y es, a su vez, madre de un precioso niño de tres años que concibió de forma natural, porque ella no sufre problema alguno de infertilidad.

Aquel nacimiento abrió un debate ético sobre estas nuevas técnicas de reproducción asistida, que tiene lugar más allá de los cauces considerados hasta entonces como “naturales”. Hubo reacciones en contra desde ciertas confesiones religiosas, incluida la católica. Ahora, al conocerse la concesión del premio a Edwards (Steptoe falleció en 1988), la Iglesia Católica ha expresado de for-



Robert Edwards.

ma vehementemente su disgusto. En cambio, el Comité Nobel afirma que Edwards merece el galardón “por desarrollar la fecundación in vitro, descubrimiento que ha hecho posible el tratamiento de la esterilidad que afecta a una gran proporción de la humanidad y a más del 10% de las parejas en el mundo”.

En efecto, hoy la probabilidad de que una pareja con problemas de fertilidad conciba un bebé tras un ciclo de FIV es de una sobre cinco. Casi la misma que tiene una pareja sana de conseguir un embarazo tradicional.

Robert Edwards nació en Manchester en 1925; tiene 85 años. Y aunque la técnica de fertilización asistida la destinaba a mujeres que, por problemas en las trompas de Falopio, no podían lograr un embarazo natural, su uso se fue luego ampliando a otros tipos de infertilidad femenina, e incluso de infertilidad masculina mediante ICSI (siglas en inglés de inyección intra-citoplasmática de espermatozoides).

Física

En cuanto al premio Nobel de Física, este año se ha otorgado a dos científicos cuyos trabajos pusieron de relieve la existencia de un nuevo tipo de material de carbono



Andre Geim.

puro en finísimas láminas llamado grafeno. Andre Geim y Konstantin Novoselov, ambos rusos de origen, trabajaron juntos en la universidad holandesa de Nijmegen y acabaron en 2004 en la británica de Manchester. El Comité Nobel reconoce “sus experimentos fundamentales sobre el material bidimensional grafeno”.

Cada lámina de grafeno tiene sólo un átomo de grosor: imposible encontrar un material más fino... Hasta ahora, lo más delgado que se sabía fabricar tenía un espesor de muchas decenas de miles de átomos (en torno a la milésima de milímetro). Los dos físicos demostraron, además, que en esa extraña configuración, el carbono posee increíbles propiedades físicas ligadas al mundo cuántico: como conductor de la electricidad se comporta incluso mejor que el cobre, pero como conductor del calor es increíblemente más efectivo que cualquier otro material conocido. Además, es transparente pero al mismo

tiempo tan denso que ningún gas podría escaparse dentro de un recinto formado por tan delgada envoltura, absolutamente hermética. Y es más duro que el acero...

Geim y Novoselov obtuvieron el grafeno a partir del grafito que se encuentra en objetos tan normales como



Konstantin Novoselov.

la mina de los lápices; y lo lograron simplemente utilizando un papel celo adhesivo completamente banal. Sus colegas pensaban que algo así sería absolutamente inestable: nadie pudo siquiera imaginar una lámina tan delgada como un solo átomo de espesor. Pero los posteriores trabajos de estos físicos experimentales y de numerosos colegas teóricos han llevado ya a las primeras aplicaciones prácticas.

Geim tiene ahora 51 años y el que fuera inicialmente su ayudante, Novoselov, sólo 36 (desde hace casi cuarenta años no recibía un Nobel una persona tan joven). Pero hay más curiosidades: Geim obtuvo hace diez años, en el año 2000, el anti-Nobel, o Nobel humorístico (el Nobel Innoble, por el juego de palabras en inglés al sonar igual noble y nobel, ya que se llama Ig-Noble). Geim lo logró por un estudio en el que describía cómo era posible hacer levitar una rana aplicándole un determinado campo magnético. Lo bueno es que también ha sido el

único científico de alto nivel que se ha atrevido a firmar trabajos serios junto a... ¡su hámster! De hecho, la Academia sueca reconoce ese espíritu “juguetón” de ambos científicos al comunicarles, en un rasgo inhabitual de humor, “que su trabajo les ha conducido a llevarse el premio gordo”.

Por sus características, el grafeno está originando en los últimos años una auténtica revolución en el campo de la física y, casi enseguida, en determinadas aplicaciones tecnológicas: nuevos tipos de pantallas flexibles táctiles, creación de chips mucho más rápidos y sin calentamiento —acelerando, quizá, la llegada de la tan deseada computación cuántica—, utilización en múltiples circuitos electrónicos enormemente potentes y cuyo calor abrasaría literalmente cualquier otro chip de los de hoy... El grafeno podría ser utilizado igualmente en la obtención de minúsculos electrodos conductores transparentes y muy delgados, cualidades que lo convierten en un candidato ideal para todo tipo de dispositivos, algunos ya existentes como las células fotovoltaicas, los diodos orgánicos emisores de luz (OLED) o las pantallas táctiles tan finas y flexibles que podrían enrollarse, y otros aún por inventar, pero sin duda nada lejanos en el tiempo.

Química

El tercero de los Nobel de ciencia tiene de nuevo al carbono como protagonista indirecto. Aunque los trabajos que se reconocen tienen que ver con el paladio como catalizador (acelerador de

reacciones químicas) esencial, se trata de usarlo para establecer uniones de cadenas de carbono típicas de las grandes moléculas de la química orgánica.

Los galardonados, dos japoneses y un estadounidense, han sido los doctores Ei-ichi Negishi, Akira Suzuki y



Ei-ichi Negishi, Akira Suzuki y Richard F. Heck.

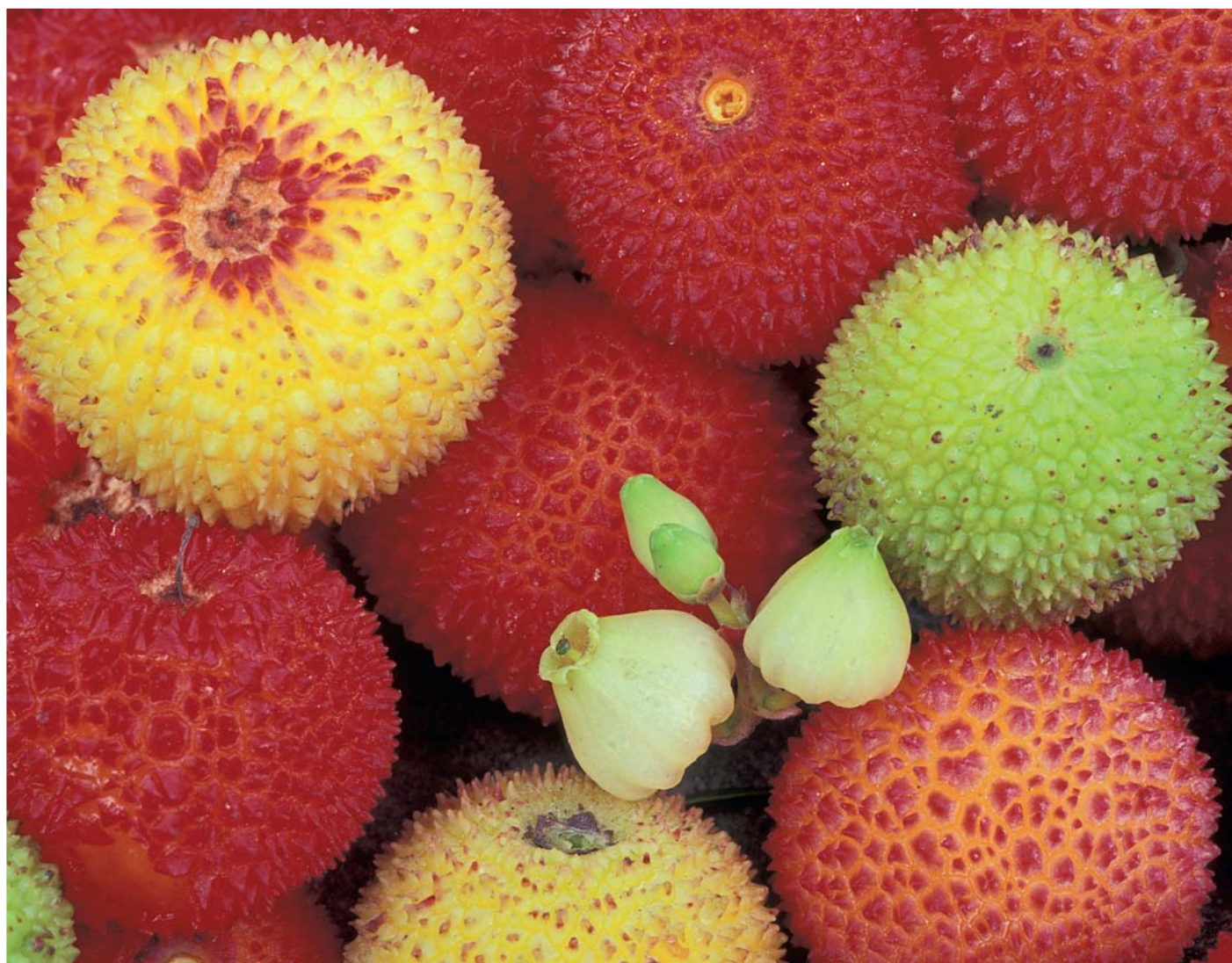
Richard F. Heck. El comunicado de la Academia sueca de Ciencias les premia “por el desarrollo de la catálisis por medio del paladio de uniones cruzadas en las síntesis orgánicas, una importante herramienta para toda la química orgánica actual”.

Las aplicaciones de esta nueva herramienta tienen repercusiones en campos tan diversos como la química, la medicina, la electrónica y la tecnología en general aplicada a muchos campos aparentemente alejados de la biología, como la petroquímica por ejemplo. Se trata, en realidad, de una increíblemente versátil herramienta química, cuya potencialidad reside no en lo que ella misma hace, sino en lo que gracias a ella se puede conseguir. No hay que olvidar que puede ser utilizada en prácticamente todas las reacciones orgánicas; la química orgánica es la que afecta a los compuestos de carbono, es decir, por extensión a todos los seres vivos. De ahí la importancia de estas reacciones químicas producidas por Ne-

gishi, Suzuki y Heck —por cierto, trabajando por separado y sin más contacto entre ellos que el normal entre químicos de la misma especialidad—, en las que los átomos de carbono se ponen en contacto con átomos de paladio (que poseen muchos electrones reactivos y supo-

nen una especie de “imán” para el carbono), lo que ayuda a acelerar la reacción de forma muy sustancial. Esta catálisis por paladio de uniones cruzadas en todo tipo de síntesis orgánicas ya se utiliza para diseñar y elaborar nuevos y cada vez más eficaces medicamentos para combatir diversas enfermedades. Pero es sólo el inicio: sus potenciales aplicaciones futuras, según los expertos, son casi infinitas a corto y medio plazo.

Heck nació en 1931 en Springfield (EE.UU.), y se doctoró en 1954 en la Universidad de Los Ángeles; actualmente es profesor emérito de la Universidad de Delaware, en Nueva York. Negishi nació en 1935 en Changchun (localidad china en la actualidad) y se doctoró en 1963 en la Universidad de Pensilvania (EE.UU.); fue profesor de la Purdue University (EE.UU.). Y Suzuki, nacido en Mukawa (Japón) en 1930, se doctoró en 1959 por la Universidad de Hokkaido, de la que sigue siendo investigador. ■

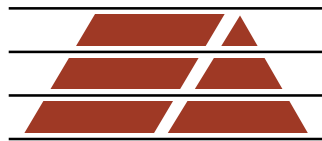


Bayas de madroño (*Arbutus unedo*).

Los otros colores del otoño

ES EN OTOÑO CUANDO LOS ÁRBOLES CADUCIFOLIOS NOS regalan sus tonos amarillos, ocre y granates, cuando también maduran las bayas del madroño (*Arbutus unedo*). Han tardado justo un año en hacerlo, y así coinciden en el tiempo con las flores de la nueva temporada. Mientras maduran, pasan del verde al amarillo y finalmente al rojo, añadiendo nuevos matices al colorido de la estación.

El nombre de la especie —*unedo*— quiere decir en latín “comer de uno en uno”, pues el pequeño porcentaje de alcohol de sus frutos —un 0,5%— parece ser que causaba alguna indisposición a quien de ellos abusaba. Lo cierto es que es una fruta deliciosa, dulce y muy aprovechada por aves y pequeños mamíferos del bosque, aunque lamentablemente ya no por el extinto oso madrileño que tanta fama le dio. ■



EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

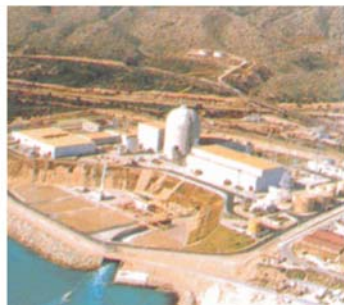
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

- ▶ Consultoría
- ▶ Gestión de Proyectos
- ▶ Ingeniería y Diseño
- ▶ Seguridad Nuclear y Licenciamiento
- ▶ Protección Radiológica
- ▶ Adquisición de Equipos
- ▶ Supervisión de Construcción
- ▶ Pruebas y Puesta en Marcha
- ▶ Garantía de Calidad
- ▶ Apoyo a la Operación y Mantenimiento
- ▶ Evaluaciones de Seguridad
- ▶ Análisis Probabilista de Seguridad
- ▶ Proyecto e Implantación de Modificaciones
- ▶ Gestión de la Configuración
- ▶ Gestión de Residuos Radiactivos de Baja Actividad
- ▶ Proyectos de Instalaciones para Almacenamiento de Combustible Gastado
- ▶ Programas de Alargamiento de Vida
- ▶ Descontaminación y Desmantelamiento

Tecnología

Experiencia

Dedicación



EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. Magallanes, 3 • 28015 Madrid, España • Teléfono (34) 91 309 80 00 - Fax (34) 91 591 26 55
www.empre.es

EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. es una Agrupación de Interés Económico (Ley 12/1991 de 29 de Abril) constituida por GHESA, TRSA, IBERINCO, SOLUZIONA INGENIERÍA y TRPI.

EMPRESARIOS AGRUPADOS INTERNACIONAL, S.A. es una Sociedad Anónima promovida por los mismos socios.



Passion_{for} improvement

Ensa, Spanish Company, whose main activities are manufacturing of: Nuclear components, mainly Steam Generators (S.G), Reactor Pressure Vessels (RPV) and RPV heads. Fresh and spent fuel containers, casks, spent fuel pool racks. Components for Research Centers: CERN, NASA, EURATOM, UKAEA, etc. Also: Metallurgy, welding, NDE, decontamination, decommissioning R & D activities. Technology assistance and heat exchangers.

PRODUCT LINES

Nuclear Components

Elements for spent fuel storage and / or transport

Components for research centers and development programs

Technology Services

SERVICES AREA

Plant Maintenance

Radwaste Treatment-Conditioning and Decommissioning of
nuclear and radioactive installations

EQUIPOS NUCLEARES S.A.

Head Office:

José Ortega y Gasset 20-5º
28006 Madrid (Spain)

Phone: +34 91 555 36 17
Fax: +34 91 556 31 49
commercial@ensa.es

Plant:

Avda. Juan Carlos I, 8
39600 Maliaño, Cantabria (Spain)

Phone: +34 942 20 01 01
Fax: +34 942 20 01 48
commercial@ensa.es

www.ensa.es