



José María Fernández-Rúa, físico, periodista y divulgador: "La ciencia vende e interesa"



Basura fotovoltaica: ¿qué hacer cuando los huertos solares finalicen su vida operativa?

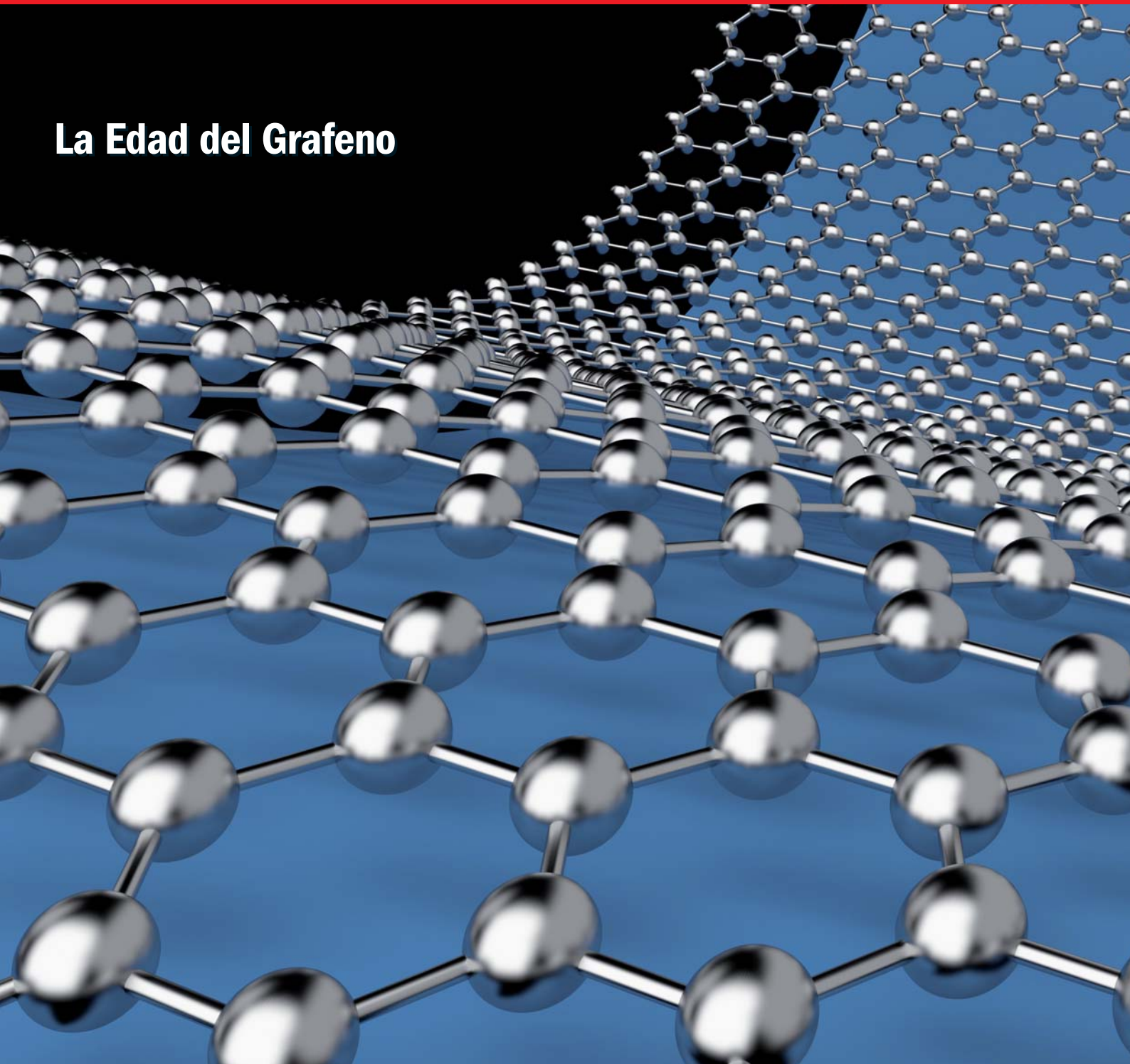


Enresa orienta buena parte de su I+D a través de las plataformas tecnológicas europeas

estratos

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos N.º 104
Invierno 2012

La Edad del Grafeno





IBERDROLA
Ingeniería y Construcción

Presentes en más de 30
países

Referencia tecnológica del
Grupo IBERDROLA

Inversión continuada en I+D+i

Excelencia en la Gestión (nivel
+400 de EFQM)

Innovamos para construir un mundo mejor

Un gran proyecto de empresa



El pasado 27 de noviembre comparecí por primera vez ante la Ponencia encargada de las relaciones con el Consejo de Seguridad Nuclear en el Congreso de los Diputados. En mi intervención, además de atender a las cuestiones planteadas por los parlamentarios de la Comisión de Industria, Energía y Turismo, expliqué y detallé los pormenores del gran proyecto que nos ocupa en buena medida en esta empresa pública: el Almacén Temporal Centralizado (ATC).

El proyecto ATC ya está en marcha y en la localidad que lo acoge, Villar de Cañas, en Cuenca, ya es evidente la presencia de Enresa. Por un lado, en el mes de agosto Enresa inauguró allí una oficina de información a la que todo interesado puede acudir a conocer cómo funcionará el almacén o las características del Centro Tecnológico que va asociado al proyecto, entre otros aspectos. Por otro lado, ya se trabaja en el ATC: en agosto se compraron los terrenos donde se asentará la instalación y a principios de septiembre comenzaron los trabajos de caracterización de los mismos, dirigidos a evaluar la seguridad del emplazamiento y a dar soporte a su diseño.

De forma paralela a estos trabajos se está cumpliendo el programa de adjudicaciones necesarias para la ejecución del proyecto, como es el caso de la ingeniería principal, a la que se han presentado tres grupos de empresas nacionales, lo que nos complace de manera especial, aunque somos conscientes de que el proyecto podrá requerir, en algún momento, la participación extranjera.

El Consejo de Seguridad Nuclear avala cada paso que damos y a los estudios de seguridad del futuro almacén estamos dedicando la mayor parte de nuestros esfuerzos. La relación de Enresa con el organismo regulador es constante, ya que el objetivo de esta empresa es tener todo preparado para cuando se pueda iniciar la construcción.

Pero al margen del ATC, en la Ponencia también hice alusión a otros proyectos de Enresa como son el desmantelamiento de la primera central nuclear que funcionó en España, José Cabrera, en Almonacid de Zorita (Guadalajara), y el funcionamiento del almacén centralizado de El Cabril, en Hornachuelos (Córdoba).

El proceso de desmantelamiento de la central alcarreña se encuentra ahora en su fase crucial, ya que se están realizando bajo agua los cortes de los componentes internos del reactor, una actividad pionera en España. El proyecto avanza en tiempo y presupuesto según lo previsto, y ya roza el 50% de su ejecución.

Por otra parte, y no menos importante, es la actividad del almacén de residuos de baja y media actividad de El Cabril, cuya operación continúa sin incidencias justo cuando se acaban de cumplir veinte años de la puesta en marcha de las nuevas instalaciones.

Enresa también mantiene la vigilancia del periodo de latencia de la antigua central nuclear Vandellós I, en Tarragona, donde actualmente funciona el Centro Tecnológico Mestral, que centraliza la I+D de la empresa en materia de desmantelamiento.

Esta fue, en resumen, la síntesis de mi intervención, destinada, sobre todo, a acreditar el nivel de solvencia que posee una empresa de tan enorme importancia técnica y social como Enresa. ■

A handwritten signature in black ink, reading 'F. Gil-Ortega'. The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Francisco Gil-Ortega
Presidente de ENRESA





enresa

en

en

en

en

en

en

en

en



**en 2013,
nuestros
mejores
deseos
para todos**

estratos

N^o 104 INVIERNO 2012

21

Especies salvadas en el último momento

Pablo Francescutti



ANCALAGON

41

Corrientes, el pulso del océano

Arantza Prádanos



IMEDEA (CSIC-UIB)

50

El románico peninsular, al alcance de un clic

Juan Tena



26

¿Qué hacer con la basura fotovoltaica?

Belén Tobalina

30

La actividad internacional de Enresa

Álvaro Rodríguez Beceiro y Mariano Molina

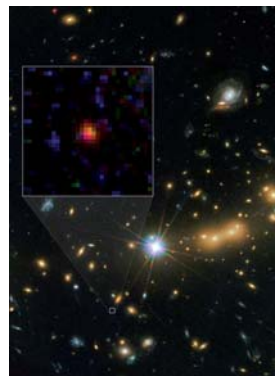


ENRESA

46

MACS0647-JD, la galaxia más lejana jamás vista por el hombre

Concha Barrigós



NASA

54

Bancos de tiempo

José María Montero

6 Actualidad

58 Noticias

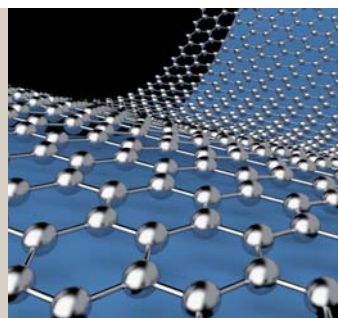
61 Libros

64 Una imagen, cien palabras

Sierra Albarrana

Estimados lectores, les comunicamos que, a partir del próximo número, junto con Estratos se publicará el suplemento *Sierra Albarrana*, en el que se recogerá la actualidad del Almacén Centralizado de El Cabil y su entorno.

Imagen virtual de la estructura del grafeno (123RF Stock Photo)



REVISTA ESTRATOS

Presidente: Francisco Gil-Ortega.

Director: Carlos Dávila.

Redactores jefe: Jorge Fernández y Teresa Palacio.

Redactores y colaboradores: Leticia Arenas, Julio Astudillo, Concha Barrigós, Ignacio F. Bayo, Lorena Cabeza, Joaquín Fariás, Pablo Francescutti, Emilio García, Luis Guijarro, Emilio Jarillo, Cristina López-Quero, Mariano Molina, José María Montero, Arantza Prádanos, Nuria Prieto, Álvaro Rodríguez Beceiro, Maruxa Ruiz del Árbol, Mónica Salomone, Juan Tena, Belén Tobalina y Jesús Vicenti.

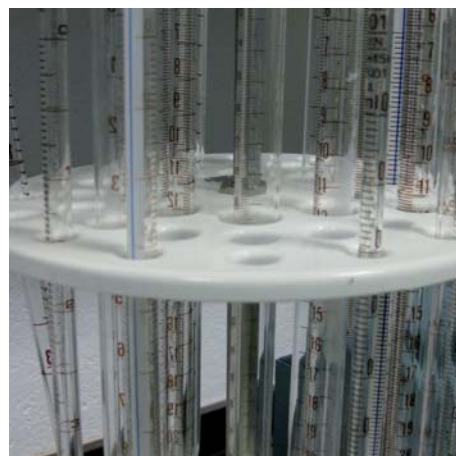
I 2

Las plataformas tecnológicas europeas como generadoras de proyectos de I+D

Empresas, centros de investigación y universidades se relacionan a través de las denominadas plataformas tecnológicas, en las que colaboran para desarrollar planes estratégicos y proyectos. Enresa participa en tres de ellas: Ceiden, IGD-TP e SNE-TP; la primera, nacional, y las otras dos, europeas.

European technology platforms as generators of R&D projects (page 16)

Texto: Joaquín Farias y Julio Astudillo

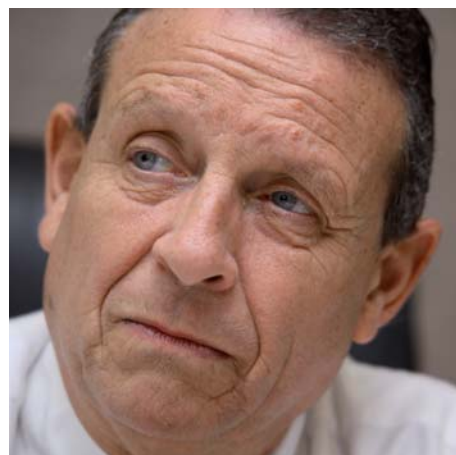


I 8

“La ciencia vende e interesa”

“Hay quienes tienen como *hobby* el mus o el golf; el mío es leer *papers* de revistas científicas”, así resume José María Fernández-Rúa su pasión por la ciencia. Físico y periodista, su trayectoria profesional abarca desde la antigua Junta de Energía Nuclear y las páginas de ciencia y salud de ABC hasta su proyecto actual, la agencia de comunicación y *lobby* Cariotipo MH5. Aunque reconoce que tenemos buenos informadores, “aún falta para igualarnos a otros países”.

Texto: Teresa Palacio



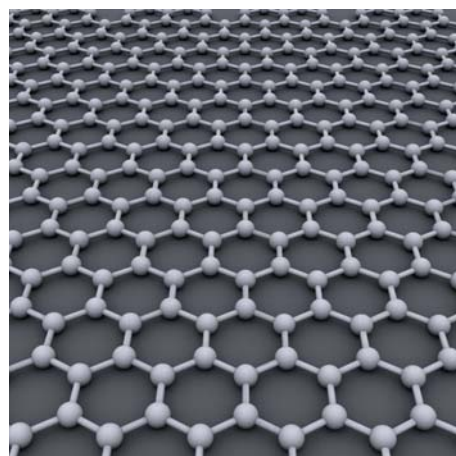
JORGE FERNÁNDEZ

36

La Edad del Grafeno

La historia se suele dividir en función del material más avanzado que la tecnología ha puesto a disposición del hombre en cada etapa. Así, pasamos de la Edad de Piedra a la de los Metales, y de esta a la de los polímeros y a la del silicio. El siguiente paso está a punto de consumarse y dará lugar a una era dominada por el grafeno: una malla cristalina hexagonal de átomos de carbono con propiedades asombrosas que prometen cambiar nuestra vida cotidiana.

Texto: Ignacio Fernández Bayo



ALEXANDER ALUS

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.

actualidad **estratos**

El Almacén Temporal Centralizado protagoniza la comparecencia del presidente de Enresa en el Congreso de los Diputados

La situación actual del Almacén Temporal Centralizado, del que ya se están realizando las caracterizaciones del terreno, centró la comparecencia del presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega, durante la reunión de la ponencia encargada de las relaciones con el Consejo



JORGE FERNÁNDEZ

Congreso de los Diputados.

de Seguridad Nuclear que se celebró el pasado 27 de noviembre en el Congreso de los Diputados.

Gil-Ortega explicó en su intervención que ya se están caracterizando los terrenos en la localidad conquense de Villar de Cañas —donde se ubicará el almacén—, haciendo sondeos a profundidades variables “para tener un conocimiento detallado del subsuelo”. Además, según destacó, ya ha salido a concurso la ingeniería principal por un importe de 37 millones de euros y próximamente se procederá al

vallado de las parcelas de la instalación.

A este concurso, añadió en declaraciones a la agencia Efe, se han presentado tres grupos de empresas, todas nacionales: “Es lo que nos interesa para vender la marca España, que este proyecto sea nuestro, aunque tengamos participación extranjera en algún momento”. Otro de los concursos que Enresa ya ha publicado es el correspondiente al proyecto medioambiental, al

Enresa reúne a pequeños productores de residuos en las XVI Jornadas de Instalaciones Radiactivas

Enresa inauguró, el pasado 19 noviembre en Córdoba, la XVI edición de sus Jornadas de Instalaciones Radiactivas, a las que acudieron pequeños productores de residuos radiactivos generados en el ámbito hospitalario, industrial y de investigación. El director de Operaciones de Enresa, Alejandro Rodríguez, y el jefe del Servicio de Radiofísica del hospital Son Espases de Palma de Mallorca, Joan Font, ofrecieron los datos de la gestión integral de este tipo de desechos. Durante dos días, técnicos de Enresa repasaron con los profesionales del sector cuestiones como la normativa reguladora, la cultura de la seguridad o el acondicionamiento de residuos.

En la actualidad, Enresa mantiene contrato con 839 instalaciones radiactivas, de las aproximadamente 1.300 que hay censadas en España. Tomando en cuenta los últimos nueve años, estas instalaciones generan una me-



ENRESA

Los participantes en las jornadas, durante su visita a El Cabril.

dia de unos 22 metros cúbicos de residuos radiactivos por año. Se trata de desechos heterogéneos que incluyen fuentes de radioterapia y otros materiales residuales de los usos de radioisótopos en medicina nuclear, fuentes de control de procesos y medidas industriales, además de equipos en cuya composición o para cuyo funcionamiento se precisan componentes radiactivos. De las 839 instalaciones radiactivas con contrato con Enresa, algo más del 30% son de uso médico, el 40% pertenece al ámbito industrial y en torno al 20% al campo de la investigación y la docencia. Algo menos del 10% pertenece a otros sectores.

Estos residuos de baja y media actividad siguen un proceso reglamentado hasta que, finalmente, son gestionados en el Almacén Centralizado de El Cabril, instalación que visitó el más de medio centenar de profesionales del sector participantes en la clausura de las jornadas. ■

cual se han presentado unas 25 empresas españolas. Por otra parte, en virtud del acuerdo establecido con la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha para la mejora de accesos a Villar de Cañas, en los próximos meses la Junta licitará la ejecución de dichas obras, cuyo importe asciende a 18 millones de euros.

El presidente de Enresa también recordó que se está trabajando con el Consejo de Seguridad Nuclear para que, en el momento en que haya que arrancar, todo se encuentre preparado, “porque el compromiso de puesta en operación es para 2017”.

El desmantelamiento de Vandellós I centra una jornada formativa con la Asociación de la Prensa de Guadalajara

Los detalles del desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I (Tarragona), realizado entre 1998 y 2003, centraron la jornada formativa que organizó Enresa el pasado 29 de noviembre junto con la Asociación de la Prensa de Guadalajara. Más de una veintena de periodistas conocieron el Centro Tecnológico Mestral, situado en la antigua central tarraconesa, y profundizaron en las diferencias entre el proceso llevado a cabo en su día en dicha instalación y el que se desarrolla en la actualidad en José Cabrera.

Según explicó a los participantes Manuel Rodríguez, director del desmantelamiento de la central José Cabrera (Guadalajara), la principal diferencia

Los estudios para la caracterización del emplazamiento del ATC en Villar de Cañas llegan a su ecuador

Desde que comenzaron los trabajos de caracterización de los terrenos donde se asentará el Almacén Temporal Centralizado en Villar de Cañas (Cuenca), ya se han realizado más de una treintena de sondeos y los estudios tienen un grado de avance superior al 50%. En la actualidad se dispone de cartografías regionales y locales, topografía detallada del emplazamiento, sistemas de adquisición in situ de datos climatológicos, sondeos de caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica, y se están iniciando estudios de I+D asociados con el comportamiento termohidromecánico y geoquímico de las matrices del substrato geológico del emplazamiento.

Toda esta documentación, dirigida a evaluar la seguridad del emplazamiento y a dar soporte al diseño, se complementará en fases posteriores con estudios que requieren de periodos más amplios de obtención de datos. Dichas fases continuarán hasta la puesta en operación de la instalación, que llevará asociada un Programa de Vigilancia del emplazamiento acorde con los resultados del Plan de Caracterización.

Para poder iniciar la construcción del ATC, Enresa tiene que presentar ante Ministerio de Industria, Energía y Turismo la solicitud conjunta de la autorización previa y de construcción de la instalación, que debe ir acompañada de un Estudio Preliminar de Seguridad.

Para dar soporte tanto a este estudio como al diseño detallado de la instalación



Sondeos en los terrenos del futuro ATC.

JORGE FERNÁNDEZ

es imprescindible el desarrollo del Plan de Caracterización del emplazamiento. Dicho plan se ha establecido siguiendo el marco legal y la normativa más exigentes, por lo que su alcance se ha presentado y discutido con el Consejo de Seguridad Nuclear.

A finales del pasado agosto, Enresa adquirió los terrenos en los que se instalará el ATC y su Centro Tecnológico Asociado, y a primeros de septiembre se iniciaron los trabajos de caracterización del emplazamiento. Previamente se habían realizado una serie de estudios geológicos y geofísicos, tanto en superficie como en sondeos, para confirmar las características de los terrenos y su utilización con el fin propuesto.

Los trabajos de caracterización se desarrollan en varias fases. La primera, con una duración de seis a ocho meses y que aún está en curso, comprende estudios de geografía, demografía, ecología, socioeconomía, proximidad de instalaciones industriales, militares y de transporte, geología, geofísica, sismología, hidrología superficial y subterránea, y geotecnia.

entre ambos procesos radica en el tipo de central a desmantelar. Mientras que en Vandellós I se ha realizado un desmantelamiento parcial a nivel 2, según la terminología del Orga-

nismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), en José Cabrera se ha optado por el desmantelamiento total, un nivel 3. Esta diferencia de estrategias responde, entre otras

cosas, a que ambas centrales son distintas, tanto en lo que respecta al tamaño como al hecho de que la instalación catalana utilizaba como combustible uranio natural, mientras



ENRESA

Los periodistas alcarreños en la central Vandellós I.

que la alcarreña empleaba uranio enriquecido.

Los periodistas realizaron una visita por el centro tecnológico para familiarizarse con las tareas de vigilancia y mantenimiento que Enresa desarrolla durante el periodo de latencia del reactor, tiempo tras el cual se procederá a su desmantelamiento. ■

Técnicos internacionales del sector visitan el desmantelamiento de Zorita

Los trabajos de desmantelamiento que Enresa lleva a cabo en la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara) trascienden más allá de nuestra fronteras. Desde que comenzaron los trabajos en febrero de 2010 han pasado por el proyecto profesionales del sector nuclear y de organismos oficiales, además de periodistas de países como Suecia, Bélgica, Holanda, Rusia, Bulgaria, Estados Unidos, Canadá, Australia, Francia, Reino Unido, Corea,

China, Eslovaquia, Alemania, Italia, Argentina o Japón. Estas visitas técnicas han aumentado especialmente durante los últimos meses, debido al interés que despiertan los trabajos de segmentación de los internos del reactor bajo agua que se acometen en Zorita en estos momentos. De esta manera, el proyecto de José Cabrera se ha convertido en un referente para la comunidad internacional.

Entre otras, la instalación ha recibido la visita del Technical Advisory

Group (TAG), del Programa de Cooperación Internacional para el Intercambio de Información Científica y Técnica en Proyectos de Desmantelamiento de Instalaciones Nucleares, perteneciente a la Agencia de la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (AEN/OCDE). Tras reunirse en los días previos en el Centro Tecnológico Mestral (Tarragona), técnicos de más de treinta países participaron en este encuentro de expertos.

Los miembros del Comité Asesor de la International Decommissioning Network (IDN), foro internacional centrado en el intercambio de experiencias relacionadas con el desmantelamiento de instalaciones nucleares, fueron otro de los colectivos que se acercaron a la central nuclear José Cabrera. La IDN, creada en 2007 por el OIEA, tiene como objetivos principales la promoción y difusión de buenas prácticas en los diferentes ámbitos técnicos relacionados con este tipo de proyectos.



ENRESA

Los miembros del Comité Asesor de IDN, en la central José Cabrera.

Japón es uno de los países cuyos especialistas están mostrando mayor interés por los trabajos desarrollados en José Cabrera. Así, una decena de técnicos nipones de la compañía eléctrica Kansai se desplazaron hasta la central para conocer con detalle el proyecto de desmantelamiento. Kansai Electric Power Company es una empresa que suministra servicio eléctrico a la segunda zona más industrializada de Japón, la cual engloba el área de Kobe-Osaka-Kioto, una región que cuenta con once centrales nucleares. ■

La Asociación de la Prensa de Cuenca y Enresa organizan una jornada sobre gestión de residuos radiactivos en El Cabril

Conocer el sistema de gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad, visitar las instalaciones de Enresa en la Sierra Albarrana y comprobar las medidas de control que garantizan, después de veinte años de operación, la ausencia de impacto radiológico en el entorno de El Cabril. Estos fueron algunos de los objetivos de la jornada formativa que Enresa y la Asociación de la Prensa de Cuenca celebraron en el almacén centralizado y en la que participaron una veintena de periodistas castellano-manchegos.

El grupo de informadores, antes de iniciar un recorrido por las instalaciones, tuvo ocasión de conocer de mano de la directora de El Cabril, Eva Noguero,

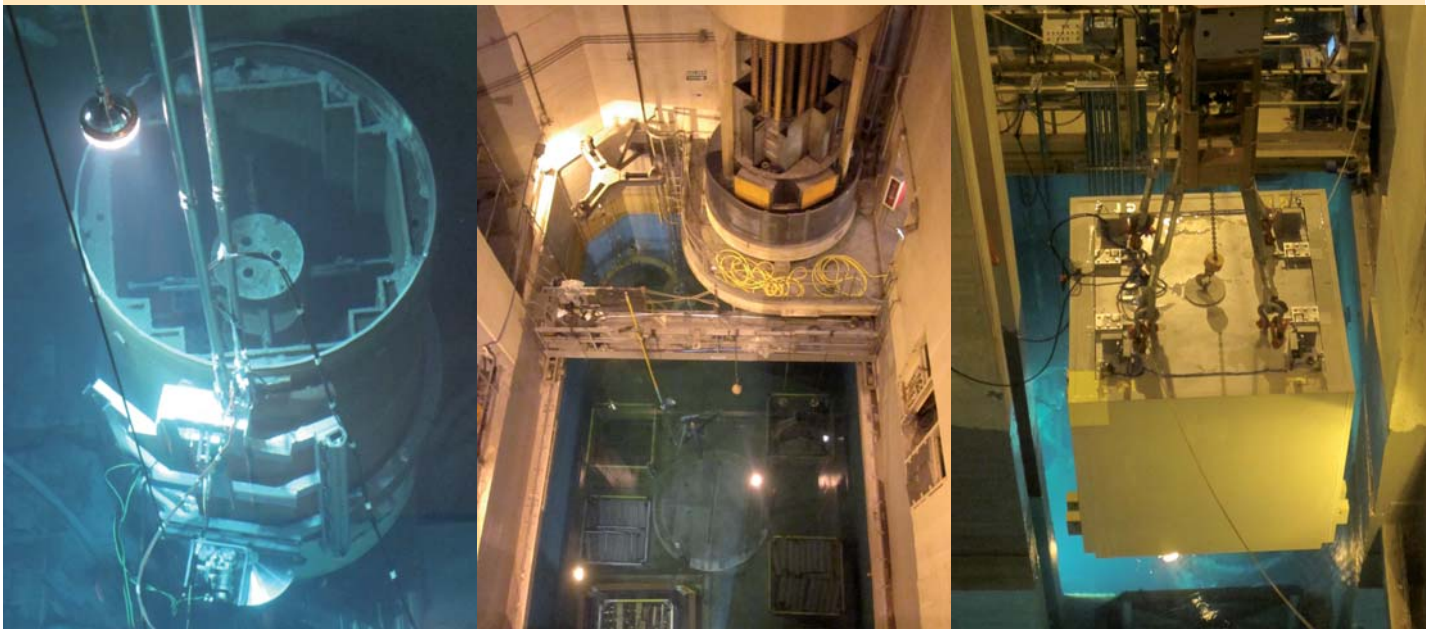
Enresa acondiciona los primeros residuos del reactor de la central nuclear José Cabrera

El proyecto de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara) ha llegado a otro de sus hitos más importantes, ya que a finales del pasado mes de octubre comenzaron a extraerse los primeros residuos radiactivos procedentes del reactor de la instalación. Estas piezas, que se cortaron previamente bajo agua, han sido acondicionadas para su posterior envío al almacén de residuos de media y baja actividad de El Cabril (Córdoba).

tenedores, una de las tareas más significativas de todo el proyecto, participan profesionales de diferentes servicios de la planta. Está previsto que se generen cerca de un centenar de estos contenedores.

Otros trabajos

De forma paralela, continúan desarrollándose diferentes labores de desmantelamiento de partes activas dentro de los edificios de contención y auxiliar. Así, la



De izquierda a derecha, trabajos de segmentación del reactor, cestas con piezas de los internos y descenso de la campana de blindaje.

El primero de los contenedores utilizados —denominados técnicamente Unidad de Almacenamiento (UA)— tuvo un peso total de 13.110 kilogramos y contenía varias piezas de los internos superiores del reactor. Los residuos, acopiados tras su segmentación bajo agua en una cesta metálica, fueron extraídos del edificio de contención mediante una campana de blindaje y trasladados al Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, donde fueron acondicionados en un contenedor de hormigón de cuatro metros cúbicos de volumen.

En la conformación y acondicionamiento de estos con-

bomba principal del circuito primario se encuentra en fase de desmontaje, al igual que otros sistemas del recinto y diferentes componentes.

Por otro lado, los trabajos de segmentación se centran en estos momentos en una de las zonas más *activadas* de los internos inferiores del reactor. Estas piezas se almacenarán en cuatro contenedores específicos, que se unirán a los doce que ya se encuentran en el Almacén Temporal Individualizado (ATI) y que albergan el combustible gastado utilizado durante la etapa de operación de la central. ■

las características de la instalación, los procesos industriales que se realizan en ella y su integración en el entorno social y económico de la zona.

Este encuentro supuso la continuación de la jornada formativa que el pasado mes de marzo se realizó en Cuenca para este colectivo profesional. En

aquella ocasión se abordaron, entre otros aspectos, la experiencia técnica de Enresa, el funcionamiento del futuro Almacén Temporal Centralizado

(ATC) y su Centro Tecnológico, así como diversos ejemplos de instalaciones internacionales similares al futuro ATC de Villar de Cañas. ■

Enresa y la Universidad Politécnica de Valencia

ponen en marcha un máster en protección radiológica

Enresa y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) firmaron el 16 de noviembre un convenio de colaboración por el que la empresa pública participará en la impartición del Máster en Protección Radiológica en Instalaciones Radiactivas y Nu-

terias incluidas en el máster. En concreto, colaborarán en la docencia de las áreas relacionadas con el desmantelamiento de instalaciones nucleares, así como con la organización de prácticas presenciales en las centrales nucleares de Vandellós I, en Tarragona, y José Cabrera, en Guadalajara, sin olvidar el almacén de residuos radiactivos de El Cabril. En estas visitas los alumnos podrán conocer de primera mano el proceso que se sigue para desmantelar una central nuclear y las medidas en el ámbito de la protección radiológica que se han de poner en práctica en dicho proceso.

El máster sobre protección radiológica es un título propio de la UPV que se imparte de forma *online*, pero que cuenta también con algunas clases prácticas presenciales.

La UPV es la única universidad española que realiza un máster con estas características. Desde el centro académico se está trabajando para que el Consejo de Seguridad Nuclear permita la convalidación de este título para acceder al examen de jefe de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas o Nucleares, que actualmente solo puede cursarse en el Cimat de forma presencial.



Juan Julià y Alejandro Rodríguez se dan la mano tras la firma del convenio.

cleares de esta universidad. El acuerdo fue suscrito por el rector de la UPV, Juan Julià, y el director de Operaciones de Enresa, Alejandro Rodríguez, quienes destacaron la fructífera colaboración existente entre ambas instituciones, “no sólo en materia de formación, sino también de investigación”.

Según los términos del mencionado acuerdo, expertos profesionales de Enresa se harán cargo de algunas de las ma-

Enresa colabora con el Programa Primer Empleo de la Asociación de la Prensa de Madrid

Nueve periodistas con los mejores expedientes de universidades madrileñas trabajarán durante 2013 en otros tantos medios de comunicación gracias al Programa Primer Empleo de la Asociación de la Prensa de Madrid (APM),



Presentación de la decimotercera edición del Programa Primer Empleo.

con el que colabora Enresa. La Biblioteca Miguel Moya acogió, el pasado 27 de noviembre, la presentación oficial de la decimotercera edición de esta iniciativa. La presidenta de la APM, Carmen del Riego, aconsejó a los seleccionados que aprovecharan “esta oportunidad única” y recordó que, en tiempos de crisis, “son más de agradecer que otros años” las aportaciones de las empresas patrocinadoras, que otorgan la oportunidad a jóvenes periodistas de introducirse en el panorama laboral.

Además de conceder un año de contrato en un medio de comunicación, el Programa Primer Empleo profundiza en la necesidad de especialización de la prensa, por lo que ofrece un programa formativo antes de la incorporación de los seleccionados al medio correspondiente. En este sentido, el pasado 5 de diciembre los jóvenes visitaron el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, en Almonacid de Zorita (Guadalajara).

La Fundación Enresa y la Diputación de Cuenca firman un convenio para mejorar la accesibilidad de la Cueva del Estrecho

El presidente de la Fundación Enresa, Francisco Gil-Ortega, y el presidente de la Diputación de Cuenca, Benjamín Prieto, firmaron el pasado 31 de octubre en Madrid un convenio por importe de 10.000 euros para realizar un análisis básico, o diag-

Técnicos de la UTPR de Enresa participan en un seminario sobre detección de fuentes radiactivas organizado por Unesid y el CSN

Con la presencia de más de ochenta expertos y técnicos, el pasado 22 de noviembre se celebró el seminario *Actuaciones en caso de detección de fuentes radiactivas en acerías y en caso de fusión. Lecciones aprendidas*, cuya organización corrió a cargo del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y de la Unión de Empresas Siderúrgicas (Unesid), asociación que engloba a 46 empresas del sector.

El objetivo fundamental de este encuentro, en el que participaron representantes de la Unidad Técnica de Protección Radiológica de Enresa (UTPR), fue intercambiar experiencias y explicar las recomendaciones a seguir ante una posible situación de fusión o detección de una fuente radiactiva mezclada con la chatarra durante el proceso de reciclado del acero. La formación de los trabajadores, el establecimiento de procesos de actuación ante incidentes de este tipo y la especificación de procedimientos de gestión para los materiales contaminados detectados en caso de detección o fusión, fueron algunos de los temas que se abordaron a lo largo del encuentro.

En noviembre de 1999, tras el incidente ocasionado

por la fundición de una fuente radiactiva en una factoría de Acerinox, se acordó el Protocolo de Vigilancia Radiológica de los Materiales Metálicos, firmado por el Ministerio de Industria y Energía, el Ministerio de Fomento, el CSN, Enresa, la Federación Española de la Recuperación (FER) y Unesid. A dicho documento se han adherido, pos-



Desarrollo de una de las sesiones del seminario organizado por Unesid y el CSN.

teriormente, otras federaciones y asociaciones del sector. Desde la puesta en marcha del protocolo y hasta finales de 2011, Enresa ha realizado 409 actuaciones planificadas en 64 instalaciones. El papel de Enresa en estas acciones ha sido el de prestar su colaboración al CSN, a petición de este, para caracterizar los materiales detectados y acondicionarlos como residuo radiactivo para su transporte y posterior tratamiento. ■

nóstico del estado de accesibilidad y seguridad del espacio subterráneo, de cara a mejorar las condiciones en el interior de la Cueva del Estrecho (en Villares del Saz, Cuenca) como posible lugar de acceso público en su gestión turística.

El convenio, que tendrá un año de vigencia, se enmarca dentro de las ac-



Benjamín Prieto y Francisco Gil-Ortega.

tividades de la Fundación Enresa, cuyo objetivo principal es apoyar todas aquellas iniciativas de carácter social, medioambiental, científico, formativo, cultural y deportivo con el fin de contribuir al bienestar y mejorar la calidad de vida de las poblaciones cercanas a los centros e instalaciones de la compañía. ■

Enresa participa directamente en tres de estos foros a través de los que orienta parte de su investigación

Las plataformas tecnológicas europeas como generadoras de proyectos de I+D

Desde hace unos años, empresas, centros de investigación y universidades de toda Europa se relacionan por medio de las denominadas plataformas tecnológicas, a través de las que colaboran estrechamente en la preparación de planes estratégicos y en el desarrollo de proyectos. Sin embargo, a excepción de las partes directamente implicadas, pocos conocen la utilidad, la misión y la importancia de estas organizaciones. Enresa participa actualmente en las plataformas tecnológicas CEIDEN e IGD-TP y permanece informada de las actividades de SNE-TP; la primera, de ámbito nacional, y las otras dos, de aplicación en la Unión Europea. ■ POR **Joaquín Farias y Julio Astudillo, ENRESA.**

LA COMISIÓN EUROPEA (CE) CONSIDERA a las plataformas tecnológicas (PTE) como foros de agentes interesados (del inglés *stakeholders*), dirigidos por la industria y cuyo objetivo es definir las prioridades de investigación en una amplia gama de áreas tecnológicas.

En marzo de 2003, el Consejo Europeo señalaba que entre las ventajas que estas plataformas aportan está la de incrementar las sinergias entre los diferentes actores, lo que conduce a mejorar la competitividad y el crecimiento sostenible en la Unión Europea. Desde entonces, la CE ha promovido la creación de más de una treintena de ellas en ámbitos científicos e industriales tan diferentes como la energía, el transporte o los procesos y la producción. La CE participa en ellas de manera activa, aunque siempre considerándolas organizaciones independientes que no dependen de su estructura. En la tabla 1 se recogen las

principales plataformas existentes hasta marzo de 2012.

En todas ellas se sigue el mismo proceso para su creación y puesta en funcionamiento: primero se consensua un Documento de Visión, después se elabora una Agenda Estratégica de Investigación y, a continuación, se desarrolla un Plan de Implementación en el que se indican las acciones necesarias para que la agenda pueda ponerse en marcha. Una vez lanzadas, no todas las pla-

taformas funcionan al mismo nivel: algunas consisten solo en una red de organizaciones que se reúnen una vez al año, mientras que otras se constituyen en estructuras jurídicas con cuotas de afiliación.

La selección de los proyectos de I+D+d (investigación, desarrollo y demostración) que realizan las plataformas tiene como consecuencia la optimización de los recursos económicos aplicados, con repercusiones tanto a

Tabla 1. Plataformas europeas existentes a marzo de 2012 clasificadas por áreas.

Energía	TIC	Economía biológica	Producción y procesos	Transporte
Biofuels	ARTEMIS	FABRE TP	ECTP	ACARE
SmartGrids	ENIAC	Food	ESTEP	ERRAC
TPWind	ISI	GAH	ETP SMR	ERTRAC
Photovoltaics	Net!Works	NanoMedicine	Manufuture	Waterborne
ZEP	NEM	Plants	FTC	ESTP
SNETP	NESSI	Forest-based	WSSTP	
RHC	EUROP		SusChem	
IGD-TP	EPoSS		EuMaT	
	Photonics21		IndustrialSafety	



Experimento Febex in situ. Calentador eléctrico que simula un contenedor de combustible gastado.

nivel nacional como regional. Por ello, la CE valora considerablemente las actividades que surgen en estos entornos, hasta el punto de que han servido para orientar el Séptimo Programa Marco de investigación (2007-2013), y valdrán para definir los proyectos que cofinanciará el siguiente, el Horizonte 2020. Esto último implica que, para participar en proyectos de investigación europeos en el siguiente Programa Marco, es necesario estar presente en la plataforma correspondiente durante su definición y desarrollo.

Presencia de Enresa

En la actualidad hay dos plataformas europeas que trabajan en áreas relacionadas con los objetivos de Enresa: la

IGD-TP (Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform) y la SNE-TP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform).

Enresa participa directamente en las actividades de la primera de ellas, la plataforma en la que se tratan aspectos relacionados con los residuos radiactivos de alta actividad. El Consejo Europeo, en su Decisión 2006/976/Euratom, señaló que los trabajos de investigación de Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica) deben orientarse a la implementación de un almacenamiento geológico profundo para el combustible gastado y los residuos radiactivos de larga vida. La I+D en este campo debe enfocarse a la

resolución de aspectos clave aún pendientes para ponerlo en marcha. Se considera, por tanto, que las actividades relacionadas con los residuos de media y baja actividad, el almacenamiento temporal de residuos de alta y el desmantelamiento y restauración de instalaciones, en términos generales, están suficientemente desarrollados a nivel europeo.

Por lo que respecta a la SNE-TP, es una plataforma en la que Enresa tiene una presencia indirecta a través del Ciemat. Su objetivo es continuar con el desarrollo de las tecnologías relacionadas con la energía nuclear de fisión, a fin de conseguir una producción sostenible de energía junto con una minimización de la producción de residuos. Se parte de la base de que esta fuente energética puede proporcionar energía de una manera segura, sostenible, competitiva y, lo más importante, sin emisión de gases de efecto invernadero. Hay que tener en cuenta que Europa se ha marcado el objetivo de tener en 2050 un sistema de generación de energía de origen mixto y con baja aportación de los combustibles basados en el carbono, como se señala en el *Strategic Energy Technology Plan* (SET-Plan). Así, a la energía nuclear de fisión se le da la opción de jugar un papel importante en el período de transición entre el sistema actual y el marcado para 2050.

En este artículo solo se abordará la primera de las dos plataformas comunitarias en las que participa Enresa.

Implementing Geological Disposal Technology Platform (IGD-TP)

Entre 2006 y 2007, la CE dirigió un estudio, en colaboración con varias agencias europeas de gestión de residuos radiactivos —Enresa entre ellas—, denominado *Coordination Action on Research, Development and Demonstration Priorities and Strategies for Geological Disposal* (CARD Project). El objetivo era comprobar la viabilidad de la creación de una plataforma tecnológica sobre el almacén geológico profundo para combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad y larga vida.

Los resultados, que fueron positivos en cuanto al interés y la viabilidad, se presentaron en marzo de 2008 en Bruselas. Durante la cita, dos países, Suecia y Finlandia, a través de sus respectivas agencias —SKB y Posiva OY—, aceptaron tomar la iniciativa para crear esta plataforma tecnológica.

A partir de este punto se fundó el Grupo Ejecutivo Interino (IEG), formado por organismos y agencias de Suecia, Finlandia, Francia y Alemania, para la preparación del primer objetivo de la plataforma, el *Documento de Visión*. El IEG contó con la ayuda de las agencias de Bélgica, Suiza, Reino Unido y España. Tras dos años de trabajo, la plataforma se presentó en noviembre de 2009. Tal como recoge el documento fundacional, lo hizo con el objetivo de contar en 2025 con las primeras instalaciones geológicas profundas para el almacenamiento definitivo de combustible gastado, así como residuos radiactivos de alta actividad y larga vida en operación de forma segura en Europa.

■ Organización y participantes

La estructura de la plataforma la compone en primer lugar un Grupo Ejecutivo (*Executive Group*), que es el órgano de decisión y gestión, y que está constituido esencialmente por representantes de las agencias europeas. En la tabla 2 se indican los integrantes del Grupo Ejecutivo. Este se encuentra asistido por una Secretaría y un Foro para el intercambio (*Exchange Forum*) de información y discusión de las necesidades de I+D+d y sus resultados (figura 1).

Este último reúne a todos los agentes interesados en los objetivos de la plataforma. Hasta el momento, se ha reunido en tres ocasiones en las que el establecimiento de la Agenda Estratégica de Investigación y su puesta en práctica con el Plan de Desarrollo (*Deployment Plan*) han sido los temas principales de discusión. Finalmente están los Grupos de trabajo, que tienen encomendadas actividades espe-

Tabla 2. Entidades integrantes del Grupo Ejecutivo

1. Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies/ Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen (ONDRAF/NIRAS) (Bélgica)
2. Radioactive Waste Repository Authority (RAWRA/SURAO) (República Checa)
3. Posiva Oy (Finlandia)
4. Agence Nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) (Francia)
5. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Alemania)
6. Public Limited Company for Radioactive Waste Management / Radioaktív Hulladékot Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft (PURAM) (Hungría)
7. Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) (Países Bajos)
8. Agencija za radioaktivne odpadke (ARAO) (Eslovenia)
9. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. (Enresa) (España)
10. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) (Suecia)
11. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) (Suiza)
12. Nuclear Decommissioning Authority (NDA) (Reino Unido)

Tabla 3. Pasos seguidos en la preparación de la Agenda Estratégica de Investigación.

Paso 1 Compilación de temas de I+D+d. Tiene por objeto agregar / compilar las áreas de I+D+d en las que actualmente se está trabajando o que están en proceso de planificación para alcanzar la Visión 2025, o se considera de gran importancia para cada programa nacional de las agencias de residuos radiactivos.
Paso 2 Clasificación de los temas de I+D+d. Se ponen en perspectiva los temas respecto de la Visión 2025, se determinan retos y asignan calendarios.
Paso 3 Identificación de las necesidades comunes en I+D+d. Tiene como resultado el establecimiento del grado de interés que tienen los implementadores sobre cada tema.
Paso 4 Priorización de temas dentro de cada tema clave. Se determina para cada uno de los temas clave identificados en la base del actual estado de la técnica.
Paso 5 Proceso de información y consulta. Se ha considerado esencial en el desarrollo de la Agenda Estratégica de Investigación.



Figura 1. Organización de la plataforma IGD-TP (Documento de Visión).

Tabla 4. Listado de actividades conjuntas del Primer Plan de Implementación

Temas (topics, T)	Tipo de actividad
1 Naturaleza del residuo y su comportamiento	TSWG TEP
2 Demostración de Tapado y Sellado a gran escala	TSWG / TEP
3 Naturaleza del residuo y su comportamiento: TSWG en C-14	TSWG TEP
4 Monitorización del esquema medioambiental de referencia	TSWG
5 Seguridad de la construcción y de las operaciones	ORWG
6 Aumento de la confianza en los códigos de evaluación de seguridad (conceptos, definición de escenarios y códigos informáticos). Interacciones de materiales: especialmente interacciones basadas en el cemento y la arcilla	TSWG / TEP
7 Programa de monitorización	TSWG
8 "Evaluación comparativa" para la confianza en la seguridad de LT en los asuntos de seguridad	TSWG
9 Revisión inter pares eficaz y procesos relacionados con el control de calidad	ORWG
10 Estabilidad a largo plazo de la bentonita en entornos cristalinos	TEP
11 Diversos temas que pertenecen a diferentes categorías. Los temas se refieren a la gestión de la toma de decisiones y diversos temas relacionados con la viabilidad técnica de los componentes de depósitos	
12 Adaptación y optimización del repositorio	ORWG
13 Comunicación de resultados de la I+D+d	IEP
14 Mantenimiento del nivel de competencia, educación y formación	ORWG
15 Gestión del conocimiento nuclear	ORWG
16 WMOs IEP	IEP

cíficas señaladas por el Grupo Ejecutivo.

■ Agenda Estratégica de Investigación (AEI)

En julio de 2011, tras 18 meses de trabajo, se publicó la Agenda Estratégica de Investigación (AEI). En ella se identifican y asignan las actividades prioritarias de la plataforma. Este documento se estructura en siete temas clave (*Key Topics*), centrados especialmente en el comportamiento a largo plazo de los componentes de un repositorio y en su viabilidad técnica. En cada uno de ellos, a su vez, se han identificado temas individuales (*Topics*), hasta un total de 37. En función de las prioridades y urgencias asignadas, se han identificado 16 temas de alta prioridad y urgentes. En la tabla 3 se explica el método seguido para la preparación de la AEI.

Los siete temas clave definidos son la seguridad (*safety case*); la naturaleza del residuo y su comportamiento (*waste forms and their behavior*); la viabilidad técnica y el comportamiento a largo plazo de los componentes del repositorio (*technical feasibility and long-term performance of repository components*); la estrategia de desarrollo del repositorio

(*development strategy of the repository*); la seguridad de la construcción y de la operación (*safety of construction and operations*); la monitorización (*monitoring*), y los gobiernos y líderes de opinión.

Junto a estos temas clave se han definido también cuatro actividades transversales que se dirigen más a aspectos administrativos, de gestión y sociales, que a cuestiones técnicas o científicas. Estas son el diálogo con reguladores; el mantenimiento de las competencias, la educación y la información; la gestión del conocimiento y la comunicación (incluye conservación de la información y preservación de la memoria), y, en cuarto y último lugar, la comunicación y otras actividades de apoyo al intercambio de información.

■ Plan de Implementación

En junio de 2012 se publicó este documento que define la manera de llevar a la práctica la I+D+d sobre los temas definidos de la AEI. Se han determinado cinco formas de abordar cada uno de los temas individuales:

1. Grupo de trabajo organizador (*Organisational Working Group, ORWG*): es la forma que se utiliza para preparar un esquema organizado de

trabajo en torno a temas específicos, como por ejemplo una revisión de expertos.

2. Grupo de trabajo científico-técnico (*Technical/Scientific Working Group, TSWG*): su objetivo es desarrollar trabajos técnicos o científicos de preparación y planificación para la puesta en marcha de un proyecto técnico conjunto.

3. Plataforma de intercambio de información (*Information Exchange Platform, IEP*): son foros de intercambio entre los miembros del IGD-TP y otros participantes.

4. Proyecto técnico (*Technical Project, TEP*): se trata de un grupo que tiene el encargo de preparar un proyecto práctico de forma que pueda ser ejecutable a falta solo de un acuerdo formal entre los actores y de la elaboración de un plan detallado.

5. Transferencia de tecnología (*Technological Transfer, TT*): esta actividad se realiza generalmente entre dos actores, el que proporciona el conocimiento y el interesado en adquirirlo mediante acuerdos.

El Plan de Implementación 2011-2016 establece el orden y la forma con el que se ha de abordar una primera lista de temas individuales. En la tabla 4 se señalan las actividades que se han incluido en esta primera edición del documento. ■

REFERENCIAS

- CARD Project (Co-ordination of research, development and demonstration (RD and D) priorities and strategies for geological disposal): http://cordis.europa.eu/projects/rcn/80060_en.html
- Información sobre plataformas tecnológicas europeas: http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html
- IGD-TP 2009. Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform. Vision Report. Published as EC special report EUR 24160 EN.
- IGD-TP 2011. Strategic Research Agenda 2011. ISBN 978-91-979786-0-6.
- IGD-TP 2011. Deployment Plan 2011-2016. ISBN 978-91-979786-1-3.

Enresa is directly involved in three of these forums, using them as a guide for some of its research

European technology platforms as generators of R&D projects

For some years now, companies, research centres and universities throughout Europe have been interacting with each other through what are known as technology platforms. These platforms allow them to collaborate closely on drawing up strategic plans and developing projects. However, except for among the parties directly involved, the usefulness, mission

and importance of these organisations is not very well known. Enresa is currently a member of the CEIDEN and IGD-TP technology platforms and stays up to date on the activities of the SNE-TP. The first of these is a Spanish organisation, while the other two are connected with the European Union. ■ BY **Joaquín Farias y Julio Astudillo, ENRESA.**

The European Commission considers technology platforms (TP) to be industry-led stakeholder forums aimed at defining research priorities in a broad range of technological areas. In March 2003, the European Council stated that the benefits of these platforms include greater synergies among different research actors, which results in improved competitiveness and sustained growth for the European Union. Since that time, the European Commission (EC) has supported the creation of more than thirty platforms in such varied fields of science and manufacturing as energy, transport, processes and production. The EC plays an active role in the platforms, while still considering them independent bodies which are not part of its organisational structure. Table 1 shows the main existing platforms as of March 2012.

The same process is followed to create and start up all of these platforms: First, a consensus is reached on a vision document. Next, a strategic research agenda is established. Following that, a deployment plan is developed, detailing the actions required to implement the agenda. Once they have been established, not all platforms operate in the same way: some consist only of a network of organisations that meet once a year, while others are set up as legal entities with membership fees.

One result of these platforms selecting RD&D (research, development and demonstration) projects is that the financial resources involved are optimised, which has repercussions on both the national and regional levels. As a result, the EC values the activities which come out of these environments very highly, to the extent that they have served as a guide for the Seventh Framework Programme for Research (2007-2013), and will be utilised to define the projects to be co-financed by the subsequent programme, Horizon 2020. This means that in order to participate in European research projects as part of the next framework programme, it is necessary to be involved in the platform that defines it, as well as the selection and definition process.

Enresa's involvement

There are currently two European platforms working in areas related to Enresa's aims: the IGD-TP (Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform) and the SNE-TP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform).

Enresa is directly involved in the activities of the IGD-TP, the platform which deals with aspects related to high-activity radioactive waste. In its Decision 2006/976/Euratom, the European Council stated that the research work of Euratom (European Atomic Energy Community) should focus on implementing a deep geological repository for spent fuel and long-lived radioactive wastes. R&D in this field must focus on finding solutions to as yet unresolved key aspects in order to begin operation. Activities related to low- and medium-activity waste, temporary storage of high-activity waste and facility decommissioning and restoration, are therefore generally considered sufficiently developed at the European level.

As regards the SNE-TP, Enresa is only indirectly involved in the platform through Ciemat. The aim of this platform is to continue developing technologies related to nuclear fission energy, with the aim of achieving sustainable energy production, while also minimising the waste produced. These efforts are based on the idea that this energy source can supply energy in a safe, sustainable and competitive way, and most importantly, without greenhouse gas emissions. It should be remembered that Europe has set itself the goal of having an energy generation system with a mix of sources and a limited amount of carbon-based fuels by 2050, as stated in the *Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan)*. This gives nuclear fission energy the opportunity to play a key role in the transition between the current system and the market as it will be by 2050.

This article will discuss only the first of the two community platforms in which Enresa is involved.

Implementing Geological Disposal Technology Platform (IGD-TP)

Between 2006 and 2007, the EC conducted a study called *Co-ordination Action on Research, Development and Demonstration Priorities and Strategies for Geological Disposal* (CARD Project), in collaboration with several European radioactive waste management agencies – Enresa among them. The aim was to determine the feasibility of creating a technology platform on deep geological repositories for spent fuel and high-activity and other long-lived radioactive waste.

The results, which were positive in terms of interest and feasibility, were presented in Brussels in March 2008. During this event, two countries, Sweden and Finland, agreed to take the initiative in creating this technology platform through their agencies – SKB and POSIVA OY, respectively.

At this point, the Interim Executive Group (IEG) was established, made up of organisations and agencies from Sweden, Finland, France and Germany. Its aim was to create the platform's starting point, the Vision Document. The IEG received assistance from agencies in Belgium, Switzerland, the United Kingdom and Spain. After two years of work, the platform was presented in November 2009. As indicated in the founding document, the aim was that by 2025, the first deep geological facilities for permanent disposal of spent fuel and high-level and other long-lived radioactive waste will be operating safely in Europe.

■ Organisation and participants

The organisational structure of the platform consists firstly of the Executive Group, which is the decision-making and management body for the platform. It is essentially made up of representatives from the different European agencies. Table 2 shows the members of the Executive Group. This Group is supported by a Secretariat and an Exchange Forum for the interchange of information and discussion of RD&D needs and results (Figure 1).

The Forum includes all stakeholders in the platform's aims. To date, the group has met on three occasions, with establishing and implementing the Strategic Research Agenda and Deployment Plan as the main topics of discussion. Lastly, there are task forces, which have been charged with specific activities indicated by the Executive Group.

■ Strategic Research Agenda (SRA)

In July 2011, after 18 months of work, the Strategic Research Agenda (SRA) was published. It identifies and assigns the platform's high priority activities. This document is divided into seven Key Topics, focusing especially on the long-term performance of repository components and technical feasibility. Under each key topic, there are in turn individual topics, which total 37. Based on priorities and the level of urgency assigned to them, 16 high-priority and urgent topics were identified. Table 3 explains the method used to prepare the SRA.

The seven key topics are: *safety case; waste forms and their behaviour; technical feasibility and long-term performance of repository components; development strategy of the repository; safety of construction and operations; monitoring; and governance and stakeholder involvement.*

Together with these key topics, four cross-cutting activities have also been defined. These deal more with administrative, management and social aspects than technical or scientific matters. They include dialogue with regulators; competence maintenance, education and training; knowledge management and communication (including information and memory preservation); and lastly, communication and other activities to support information exchange.

■ Deployment Plan

In June 2012, a document was published which defined how to put RD&D related to the topics defined in the SRA into practice. Five methods of dealing with each of the individual topics were identified:

1. *Organisational Working Group, ORWG*: the method used to prepare an organised framework for handling specific topics, for example, expert review.

2. *Technical/Scientific Working Group, TSWG*: this group's aim is technical or scientific work in preparation and planning for implementation of a joint technical project.

3. *Information Exchange Platform, IEP*: forums for exchange among members of the IGD-TP and other participants.

4. *Technical Project, TEP*: a group charged with preparing a functional project which can feasibly be implemented following a formal agreement among the actors and creation of a detailed plan.

5. *Technological Transfer, TT*: this activity takes place through agreements between two actors, with one providing the knowledge and the other party interested in acquiring it.

The 2011-2016 Deployment Plan establishes the order and manner in which the first list of individual topics is to be handled. Table 4 shows the activities included in this first edition of the document. ■

References

- CARD Project (Co-ordination of research, development and demonstration (RD and D) priorities and strategies for geological disposal): http://cordis.europa.eu/projects/rcn/80060_en.html
- Información sobre plataformas tecnológicas europeas: http://cordis.europa.eu/technologyplatforms/home_en.html
- IGD-TP 2009. Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform. Vision Report. Published as EC special report EUR 24160 EN.
- IGD-TP 2011. Strategic Research Agenda 2011. ISBN 978-91-979786-0-6.
- IGD-TP 2011. Deployment Plan 2011-2016. ISBN 978-91-979786-1-3.

“Hay quienes tienen como *hobby* jugar al mus o al golf; el mío es leer *papers* de revistas científicas especializadas, porque me refresca la mente”, así resume José María Fernández-Rúa su interés por la divulgación científica. Físico y periodista, aunque ha sido esta última actividad, que le viene de familia, la que ha ocupado su vida profesional —y hasta personal, como reconoce— en una larga trayectoria que abarca desde la antigua Junta de Energía Nuclear y las páginas de ciencia y salud del diario *ABC* hasta su proyecto actual, la agencia de comunicación y *lobby* Cariotipo MH5. A lo largo de este camino ha tenido la oportunidad de relacionarse y aprender de científicos como Severo Ochoa, Francisco Grande Covián y Santiago Grisolia, que generaron en él una inquietud que le ha llevado a conocer casi todos los centros importantes de investigación de Estados Unidos. Ni los achaques de salud han podido con su desbordante energía ni con el optimismo que contagia al hablar de sus proyectos: “Vamos a comernos el mercado”, afirma. ■ POR Teresa Palacio, ENRESA. FOTOGRAFÍAS Jorge Fernández.

José María Fernández-Rúa, *periodista y físico* “La ciencia vende e interesa”

—Físico y periodista. ¿Hace falta esa doble titulación para poder divulgar bien la ciencia?

—Soy físico, pero llevo el periodismo en la sangre. Por eso, estudiando la carrera, me matriculé también en la Escuela de Periodismo, lo que me valió una beca del Consejo Superior de Investigaciones Científicas que marcó el inicio de mi camino profesional. Para divulgar la ciencia es importante la formación, la especialización. Mis hijos querían ser periodistas y les aconsejé estudiar antes otra carrera. Aunque no haga falta esa doble titulación, sí es necesaria, repito, la especialización. Y, actualmente, en las facultades de Periodismo no se obtiene.

—Durante los últimos años, y justificándolo en la crisis, los presupuestos para ciencia se han ido recortando en nuestro país. ¿Cómo está hoy la ciencia en España?

—Este país es una vergüenza, y mira que ha habido ministerios de Ciencia al mando de gente con buenas intenciones... Pero sería necesario un pacto de Estado para la ciencia. En la actualidad continúan los recortes en investigación, cuando realmente ahí está el futuro. A veces nos paramos a preguntarnos qué ha pasado aquí, por qué muchos de nuestros investigadores se tienen que ir o están con contratos precarios; por qué cuando vienen a España se les impide desarrollar su trabajo. Hemos perdido el orgullo de tener españoles en primera línea. En ciencia, como en todo, se busca un retorno inmediato y, mientras se siga pensando que la I+D es un gasto, nunca se va a llegar a ningún sitio. Es una inversión de futuro.

—Y en este escenario, ¿qué papel le corresponde al periodismo científico?

—La ciencia vende e interesa. En

España le dieron un gran impulso a esta disciplina las asociaciones de periodismo científico, como la Asociación Española de Comunicación Científica, que alentó el inolvidable Manuel Calvo Hernando, maestro de tantos periodistas en esta materia. Tenemos buenos comunicadores y hay en el mercado excelentes cursos de posgrado especializados en esta materia. Pero aún falta para igualarnos a otros países. Para ser un buen periodista científico lo primero es que te guste; lo segundo es saber inglés, pero saberlo bien, ya que las mejores fuentes suelen ser publicaciones americanas o anglosajonas, y lo tercero, tener un mínimo de formación e inquietud.

En mi camino como periodista especializado en temas científicos me ayudaron mucho Manuel Calvo Hernando, que creía de verdad en la gente joven; Nicolás Retana, en mi labor al frente



del suplemento de ciencia del diario *Informaciones*, y el profesor Ángel Martín Municio, quien entendió perfectamente la importancia de divulgar la ciencia. También quiero destacar que en mi vida no he conocido a nadie con mayor interés por la divulgación científica como Luis María Anson, que sabe que estos temas interesan a los lectores.

—¿Y cuáles son esos temas científicos que venden e interesan?

—Hay dos asuntos que interesan muchísimo: la nutrición y el envejecimiento. En los últimos años han salido los gurús de las dietas, aunque la mayoría de ellas son una mentira, y lo verdaderamente efectivo es “poco plato y mucho zapato”. Precisamente en España tenemos uno de los mejores especialistas en nutrigénica y nutrigenómica, José María Ordovás, discípulo de Grande Covián, que afirma que somos lo que

Cariotipo MH5, su ADN profesional

Mientras José María Fernández-Rúa seguía dedicando sus días profesionales a divulgar la ciencia desde los medios, su mujer, Carmen Mateo, también periodista, optó por la consultoría. “Las mujeres siempre saben dónde está el negocio”, sostiene. Por ello, pronto se embarcó en un nuevo proyecto de asesoría de comunicación y *lobby* para sectores estratégicos. En 1997 fundaron Cariotipo MH5, un nombre ideado por uno de sus grandes referentes en el mundo del periodismo científico como fue el profesor Ángel Martín Municio.

Hoy son 18 personas las que trabajan en la agencia para, entre otros, el sector farmacéutico, fabricantes de bebidas alcohólicas y sector energético. Recientemente han firmado un acuerdo con la multinacional de comunicación estadounidense Burson-Marsteller para intercambio de conocimiento: Cariotipo hará *lobby* a los clientes de Burson en España y Burson hará lo propio en Estados Unidos y la Unión Europea.

“Los *lobistas* me hacen entender un problema en diez minutos, mientras que mis colaboradores tardan tres días”, así resumía John F. Kennedy la función de esta actividad. “Integrar la gestión política, la gestión económico-jurídica y la gestión social”, añade Fernández-Rúa para explicar el trabajo que desarrollan en la agencia. ■

Informar sobre biotecnología

Como “valor añadido” de su empresa, y a raíz de una colaboración con una revista especializada en el sector informático, José María Fernández-Rúa puso en marcha en octubre de 2006 otro proyecto único en España: *Biotech*, una revista dedicada a la biotecnología que, seis años después, acaba de convertirse en digital pero sin perder, más bien todo lo contrario, un ápice de ese interés que suscitó desde su inicio a los más de cinco mil interesados que la siguen, entre instituciones, científicos, empresas farmacéuticas y especialistas.

La revista siempre publica un *paper* en portada. “Cuento con un comité científico de lujo”, afirma Fernández-Rúa, quien ratifica que el éxito de la publicación radica en “echarle horas” y saberse rodear de expertos para contrastar y poder explicar bien esas informaciones. ■



comemos. Este es un ámbito que interesa a todos, como el envejecimiento y saber llevar una vida saludable. Cada vez hay más gente mayor y ese grupo, que además tiene un buen poder adquisitivo, está muy interesado por este tipo de informaciones.

—*Si la televisión es el medio de mayor penetración, el ‘mass media’ por excelencia, entonces, ¿por qué la ciencia no está en la televisión?*

—Es cierto que la ciencia no está presente en España en la televisión como en otros países porque conseguir imágenes buenas de ciencia es muy caro. En Estados Unidos, por ejemplo, muchas universidades y organismos públicos tienen disponibles bancos de imágenes alucinantes en distintas disciplinas.

—*Ahora que debido a la coyuntura económica somos foco de atención en el exterior, ¿cómo cree que se valora la ciencia española fuera de nuestras fronteras?*

—De España ahora se ve todo mal por la crisis económica. Pero sí que es cierto que hay disciplinas en las que se nos tiene muchísimo respeto, como la astrofísica, la biomedicina, la nefrología o la investigación básica oncológica, entre otras. En España hay gente joven muy buena a la que no se estimula y no se le da la posibilidad de que se quede. Este es un país de envidiosos y es increíble que a una figura como José María Ordovás, al que antes me refería, aún no se le haya dado el Premio Príncipe de Asturias o el Jaime I.

—*Internet es la gran herramienta del siglo XXI, para lo bueno y para lo malo.*

—*¿Cómo valora su irrupción en el ámbito científico?*

—Pues como un elefante en una cacharrería. El que sabe buscar puede encontrar en la red toda la información. Hay fuentes excelentes, casi todas ellas americanas —Universidad de Harvard, Instituto Americano de la Salud, la FDA o el propio Gobierno americano—. Lo que hay que tener es mucho cuidado y saber contrastar esa información para evitar que te manipulen. Pero sin duda alguna Internet se ha convertido en una herramienta clave para la divulgación científica, de hecho no olvidemos que el origen de la red está en el CERN.

—*Otro aspecto ligado a Internet es la aparición de las redes sociales, un fenómeno de masas con el que a veces parece que todo se convierte en periodismo. ¿Qué papel cree que deben jugar?*

—En redes sociales no me he metido. En mi equipo tengo gente experta y reconozco su valor, pero todavía no he entrado a fondo en ellas y sus implicaciones.

—*Sus inicios, como nos ha contado previamente, fueron en la antigua Junta de Energía Nuclear. ¿En qué ha cambiado el sector desde entonces?*

—El sector nuclear se ha caracterizado siempre por no tomar la iniciativa frente a las agresiones de los colectivos, ecologistas. Yo no pertenezco a ninguno de estos colectivos pero soy ecologista porque me gusta cuidar el medio ambiente. El problema está en que hay mucha demagogia y el sector sigue sin reaccionar o, al menos, en mi opinión, no tanto como debería. Desde el punto de vista de la comunicación sí que se han hecho tímidos esfuerzos, pero hay que ser más agresivos y demostrar que se trata de una industria seria con gente competente. En este país hay un gran desconocimiento sobre el sector energético en general y la postura más fácil es la crítica. Habría que hacer un mayor esfuerzo divulgativo y sobre la forma en la que se divulga e ir a otros públicos, entre ellos los políticos. Sería necesario un pacto por la energía; voy más allá: un pacto por la energía nuclear, que es ahora más necesaria que nunca. ■

SALVAIDAS EN EL ÚLTIMO MOMENTO

*Las especies que dejaron
de estar condenadas
a la extinción*



Tres ejemplares del caballo de Przewalski en la Causse Méjean (Lozère, Francia).

Se habla mucho de las especies extintas o en vías de desaparición a causa del deterioro ambiental; menos prensa tienen, sin embargo, los exitosos programas de recuperación desarrollados en distintos puntos del planeta. Entre los seres salvados destacan el bisonte europeo, el órix árabe, el caballo salvaje mongol, el cóndor californiano, el águila calva o la ballena gris, entre otros integrantes de una larga lista de supervivientes. ■ **POR Pablo Francescutti, PERIODISTA CIENTÍFICO.**

AL TÉRMINO DE LA SEGUNDA Guerra Mundial apenas quedaban 93 bisontes en Europa, todos ellos en cautividad. Antaño este raro rumiante, el mamífero terrestre más pesado de la megafauna europea tras la desaparición de leones, elefantes, rinocerontes y otras grandes bestias, dominaba las tierras bajas que se extienden desde Francia al Cáucaso. En la penín-

sula Ibérica su presencia era habitual y sobrevivió en Navarra hasta el siglo XII, cuando la caza acabó con él. En el resto del Viejo Continente fue acorralado poco a poco por el hombre y en 1946 se extinguió en estado salvaje. Por fortuna, unos pocos aún subsistían en zoológicos y colecciones privadas, conformando la base de las reintroducciones acometidas desde entonces. Hoy, el *bison bona-*

sus cuenta con unos 1.400 representantes en cautividad y otros 1.800 en libertad, la mayoría de ellos en el parque de Bialowieza (Polonia). En España, 24 ejemplares pacen en sendas fincas de Asturias y Palencia, en el marco de proyectos de conservación y desarrollo rural.

Declarado en 1996 en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Pobreza genética

La cría en cautividad tiene un talón de Aquiles genético. Tomemos como ejemplo al bisonte europeo contemporáneo: según un estudio del *Biological Journal of the Linnean Society*, la variedad del patrimonio genético de este animal equivale tan solo al de 25 ejemplares -resultado del entrecruzamiento excesivo-, cuando una población necesita una variabilidad igual a la de cincuenta individuos para escapar de los efectos malsanos de la endogamia. “No hay mucho que podamos hacer”, reconoce la zoóloga Malgorzata Tokarska, una de las autoras del informe. “No podemos enriquecer sus genes mediante la crianza, ya que no existen animales procedentes de líneas salvajes. Todos descienden de cuatro sementales”, precisa.

“Preservar la biodiversidad exige mantener la diversidad genética, de la cual depende la salud de una especie y su capacidad adaptativa a retos como el cambio climático”, comenta Miguel Delibes de Castro, ex director de la Estación Biológica de Doñana, que apostilla: “Fijémonos en las cabras montesas de Gredos que proceden de unos pocos ejemplares que tenía Alfonso XIII. Actualmente hay miles y son más susceptibles a la sarna que otros tipos de caprinos, aunque afortunadamente la endogamia no les ha impedido reproducirse”. Para este especialista, la importancia capital de la variedad genética ofrece un argumento de peso contra la clonación como estrategia de conservación: “La clonación atrae como reto científico, pero no necesitamos miles de réplicas, sino individuos diversos capaces de sobrevivir a los desafíos de su entorno”. ■

TARAS SIFKO



Manada de bisontes en las montañas del Cáucaso.



El biólogo Miguel Delibes de Castro.

(UICN), este bóvido ha accedido a la categoría de especie vulnerable, reservada a las que, sin estar en peligro crítico, necesitan ser protegidas. “El destino del bisonte europeo brinda un ejemplo de la manera en que una especie puede ser llevada al borde de la extinción en muy poco tiempo y luego salvada mediante grandes esfuerzos”, apunta Zbigniew Krasinski, experto de la Academia de las Ciencias polaca. Este es tan solo un ejemplo de las proezas conservacionistas cumplidas ante el deterioro de las condiciones de vida de la fauna silvestre. A lo largo y ancho del planeta, una infinidad de programas impulsados por administraciones locales, nacionales e internacionales (sin olvidar los esfuerzos de científicos, zoológicos, organizaciones naturalistas y un nutrido voluntaria-

do) están consagrados a salvar especies cuya suerte parecía sellada. Y muchos de sus gestores ya pueden felicitarlos de que sus afanes no hayan sido en vano.

Más finales felices

Europa tiene otro logro del que enorgullecerse y concierne al único caballo salvaje genuino existente: el takhi o caballo de Przewalski. Este equino compacto y pequeño, que no supera los 1,32 metros de altura, proviene de las llanuras herbosas de la antigua Mongolia. La caza y la expansión del ganado doméstico lo arrinconaron contra el inhóspito desierto de Gobi, donde se lo vio por última vez en 1969. Aquí resultó decisiva la docena de caballos custodiada en zoológicos desde 1900, pues de ella descienden todos los ejemplares actuales,

190 en Norteamérica y unos 600 en Europa.

Otro éxito resonante lo protagonizó el cóndor californiano. De esta ave rapaz apenas quedaban nueve ejemplares en 1985, debido a la pérdida de su hábitat y a los peligros ambientales. Con esos contados sobrevivientes, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, en sus siglas en inglés) se lanzó a reproducirlos y a entrenar a sus crías, a fin de que estas fueran capaces de rehuir los centros urbanos y evitar posibles colisiones con postes eléctricos. En 2012, el recuento arrojó un total de 405 aves, algo más de la mitad en cautiverio y el resto surcando los cielos de California.

El mismo país ha sido testigo de la fenomenal remontada del águila calva.



Arriba, cría de cóndor y cachorro de oso panda.
Abajo, la primatóloga Dian Fossey con un gorila.



Su distinguido estatus de ave nacional no la libró de verse al borde de la extinción a finales del siglo XX, a causa del abuso de pesticidas, la caza ilegal y la pérdida de hábitat, además de las colisiones con aviones y tendidos eléctricos. Si en el siglo XVIII existían cientos de miles de ejemplares, a mediados de la pasada centuria apenas restaban 412 parejas. Los primeros intentos de salvar a este animal datan de 1918, pero su recuperación solo cuajó tras el endurecimiento de las penas a los cazadores furtivos y la prohibición del uso del DDT en la década de los setenta, alcanzando en 1992 los 115.000 ejemplares. En 2007, el gobierno estadounidense la declaró fuera de peligro.

Más conocida es la suerte de los gorilas de las montañas africanas, cuya his-

toria cobró relevancia gracias a la película *Gorilas en la niebla* y al dramático fin de su hada madrina, la zoóloga Dian Fossey, asesinada por cazadores furtivos. Según el último censo, el número de estos grandes simios ha ascendido a 880 ejemplares, la mitad de los cuales se encuentran en Uganda. Su recuperación forma parte de los esfuerzos que hicieron posible “que en el siglo XX no se extinguiera ninguna especie de primates”, indica Russell A. Mittermeier, jefe del grupo de primatólogos de la UICN.

Las criaturas amenazadas han retornado por tierra, mar y aire, y al hablar del medio acuático resulta obligado mencionar las peripecias de la ballena gris. Este cetáceo de treinta toneladas de peso, perseguido sin piedad por los balleneros, ya estaría extinto como el pájaro Dodo de

no ser porque la Comisión Ballenera Internacional prohibió su caza en 1947. En el Pacífico oriental su población actual ronda los 20.000 ejemplares; por contra, en la vertiente occidental no quedan más de 130 adultos. Otro tanto puede decirse de su pariente, la ballena jorobada, que tras la moratoria establecida en 1966 ha visto cómo su número global ascendía hasta los 80.000 individuos.

Aquí nos detenemos, pero solo porque la lista es demasiado larga para entrar en detalles. Entre sus integrantes figuran el ganso aleutiano de Canadá, el caimán estadounidense, el lobo gris de Norteamérica, el oso panda, la cotorra portorriqueña, el oso grizzli, el rinoceronte blanco o el perro de las praderas. No todos pueden considerarse completamente a salvo, pues muchos permanecen en situación vulnerable: han pasado de la UVI a planta, lo que no es poco.

Métodos in situ y ex situ

En su salida del estado crítico ha intervenido una auténtica panoplia de estrategias y recursos técnicos. A grandes rasgos, se dividen en dos grupos: métodos in situ (aplicados en hábitats naturales) y ex situ (implementados en zoológicos, jardines botánicos y centros especiales).

Morir de éxito

En el campo de la reintroducción, a veces las cosas salen demasiado bien. Lo prueba el caso del órix árabe, un antílope de los Emiratos Árabes Unidos extinguido en estado salvaje en los años setenta. La liberación en 1999 de setenta ejemplares criados en cautividad en un área protegida de Dubái ha llevado su número a 420. Hasta aquí todo son parabienes, pero en otras partes su población se ha disparado y el pastoreo excesivo ha alterado el equilibrio ecológico. Así ocurrió en Mahazat as-Sayd (Arabia Saudí), donde un gran número de órices murió entre 1999 y 2008 por esa razón. Para evitar la repetición del episodio, en Dubái quieren determinar la “capacidad de carga” de la reserva y saber cuántos antílopes puede alimentar. Greg Simkins, gestor de la instalación, no se muestra optimista: “Sería perfecto si alcanzáramos un nivel natural y sostenible, pero me temo que este crecerá lentamente y al final tendremos problemas”. Para atajarlos planean dos alternativas: administrar anticonceptivos orales a los animales o transferirlos a otras regiones.

Algo parecido ha sucedido en ciertos parques sudafricanos con los elefantes, que ya superan los 20.000 ejemplares, más del doble de lo que tales recintos pueden soportar. Ante esta situación, las autoridades han reaccionado con sacrificios selectivos y extendiendo permisos de caza limitados.

“Esto ocurre siempre que tenemos un éxito imprevisto, pero la naturaleza vuelve a encontrar un equilibrio, aunque este suponga la muerte de muchos individuos”, reflexiona Miguel Delibes de Castro, ex director de la Estación Biológica de Doñana. Para este biólogo, las reintroducciones deberían fijarse techos de poblaciones sostenibles: “En la península Ibérica tenemos ahora demasiados buitres y cigüeñas blancas, y están comenzando a crear problemas. Y si algún día el total de lince superase el número ideal, deberemos plantearnos medidas como su caza controlada”. ■



Colocación de un collar de seguimiento a un elefante africano.

Entre los primeros destaca la creación de reservas y zonas protegidas en sabanas, áreas oceánicas, selvas tropicales e incluso zonas urbanas; en Inglaterra, por ejemplo, el amenazado murciélago

pequeño de herradura dispone de 26 reservas establecidas en iglesias abandonadas y casas rurales. En el caso de los grandes santuarios naturales, la clave del éxito pasa en buena medida por la impli-

cación de las comunidades locales. Lo enseña el caso de los gorilas de montaña. Los responsables ugandeses supieron ganarse la colaboración de los lugareños, revirtiendo en ellos parte de los beneficios derivados de la conservación de los animales. Dado que un permiso para observar gorilas cuesta algo más de 400 euros, el Fondo Mundial de la Vida Salvaje (WWF, en sus siglas en inglés) estima que cada animal reporta un millón de dólares anuales de ingresos al país africano. De este modo, grupos inicialmente hostiles a los grandes simios se tornaron colectivos comprometidos con su supervivencia. La moraleja es evidente: en la jungla, al igual que en la campaña inglesa, la formación de un voluntariado dispuesto a proteger a los animales y a concienciar a la población resulta indispensable.

Entre las herramientas in situ más eficaces destacan las prohibiciones de prácticas nocivas, como la caza o el uso de pesticidas, y la mitigación del efecto barrera en las carreteras mediante la instalación de pasos especiales.

La cría en cautividad es otra fórmula que, además de resultar muy costosa, no se halla exenta de complicaciones, pues muchos animales solo procrean en libertad (carnívoros y primates resultan particularmente difíciles de criar). Para facilitar la tarea se recurre incluso a las técnicas de fertilización in vitro. Por esta vía y tras ocho años de intentos, el Centro Audubon para la Investigación de Especies en Peligro de Extinción (Nueva Orleans, EE.UU.) obtuvo en 2011 dos cachorros del africano gato patinegro.

La cría en cautividad tiene como principal objetivo la puesta en libertad de los animales reproducidos. Entre las reintroducciones fructíferas figuran las citadas del bisonte, el cóndor, el takhi y, en España, la del sapillo balear de Mallorca: más de mil batracios nacidos en el zoo de Barcelona fueron soltados en la sierra de Tramontana, dando lugar a enormes colonias con decenas de miles de ejemplares. Pero no siempre las criaturas logran salir adelante, y así lo ejemplifican el fallido retorno del lobo rojo en el parque nacional de las Grandes



Monitoreo de un ejemplar adulto de ballena gris y de su cría.



Ejemplares de gacela dorca.

Montañas Humeantes (EE.UU.) o las fracasadas experiencias con el urogallo en España. Los fracasos se deben, en parte, a que la crianza en un medio artificial no ayuda a desarrollar las habilidades requeridas para la lucha por la vida, que van desde la capacidad de integrarse en manadas a saber cazar y esquivar depredadores; asimismo, muchos de estos animales son reintroducidos sin que antes se hayan “restaurado sus hábitats, acotado obras públicas y buscado el apoyo de la sociedad”, observa el biólogo Miguel Delibes de Castro, ex director de la Estación Biológica de Doñana, que también señala el escaso número de especímenes liberados como otro factor que contribuye a los fallos: “Cuanto más pequeñas sean sus poblaciones, más dificultades tendrán para sobrevivir en el medio natural”.

De todos modos, este experto en carnívoros advierte contra el pesimismo prematuro: “En conservación hay que prepararse para los disgustos; gran cantidad de lince ibérico y nutrias sufren atropellos, y numerosos animales reintroducidos se electrocutan o ahogan sin que esto signifique un fracaso, pues el incremento de accidentes es correlativo al aumento de sus poblaciones”.

Operaciones costosas y justificadas

Salvar una especie requiere dinero y tiempo. Su reproducción es costosa y luego se precisan dispositivos de seguimiento y vigilancia onerosos, como chips o radioemisores que permitan seguir a los animales por medio de sensores, satélites o cámaras ocultas en la espesura (ahora se baraja utilizar aviones no tripulados para el avistamiento de osos

polares y en la lucha contra la caza furtiva de tigres). Por añadidura, las acciones pueden durar décadas, como es el caso del programa de conservación de ungulados norteafricanos a cargo de la Estación Experimental de Zonas Áridas de Almería, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). La actividad de este centro se remonta a 1970, cuando el naturalista José Antonio Valverde, en uno de sus viajes por el Sáhara Occidental, se planteó la salvación de las gacelas cuvier, dorcas y mhor, así como del caprino arruí. Cuarenta años de trabajo han permitido que, en la actualidad, setenta de esos rumiantes vivan en reservas valladas en Túnez, Marruecos y Senegal.

Pese a la lentitud de los progresos y a su coste económico, la bióloga Teresa Abáigar, una de las responsables del proyecto, juzga que ha merecido la pena: “Las especies son un patrimonio y un recurso natural; cuando una se extingue se produce una pérdida para la naturaleza, para la ciencia y para el desarrollo humano”. Delibes de Castro no niega la dimensión publicitaria de muchas de esas operaciones: “Su objetivo es ‘vender’ la conservación de la naturaleza mediante la recuperación de especies vistosas, mientras desaparecen otras que no llaman la atención, como escarabajos o líquenes”, observa el ex director de la Estación Biológica de Doñana, que considera legítima esta estrategia: “Los esfuerzos se centran en animales emblemáticos con el objetivo de conservar sus ecosistemas de procedencia y concienciar a la población”.

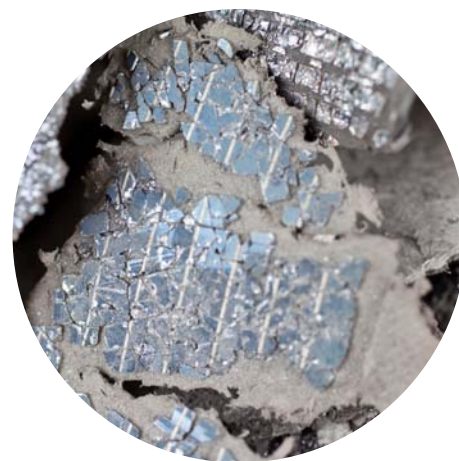
Ninguno de los protagonistas de esas experiencias exitosas cree que los logros den motivo a la complacencia. La UICN estima que más del 40% de las especies se enfrentan al riesgo de desaparición (en esa situación se hallan el 41% de los anfibios, el 33% de los arrecifes de coral, el 25% de los mamíferos y el 13% de las aves). Pero sus promotores no se amilan. “No seremos capaces de salvar a todas, pero si somos listos podremos salvar a muchas”, recapitula Cristian Samper, director de la ONG Wildlife Conservation Society, que cuenta con programas en 65 países. ■

En los dos últimos años se recogieron en Europa 4.820 toneladas procedentes de paneles fuera de uso y la cifra no para de crecer



¿QUÉ HACER CON LA BASURA FOTOVOLTAICA?

Se estima que en el 2030 Europa generará unas 130.000 toneladas de vidrio, silicio, aluminio y cobre procedentes de la energía fotovoltaica. Será cuando la mayoría de las instalaciones construidas en 1990 se acerquen al final de su vida útil y toque gestionar sus residuos. Para evitar que esto se convierta en un problema, la asociación PV Cycle ha distribuido 251 puntos de recogida por todo el continente, 8 de ellos en España. Desde que esta entidad empezara a operar en el año 2010, ya ha recogido y reciclado casi 5.000 toneladas de módulos y paneles, 350 procedentes de nuestro país. ■ POR **Belén Tobalina**, PERIODISTA.



A la izquierda, un huerto solar en operación. Cuando finalice su vida útil, los paneles se retirarán y reciclarán para obtener silicio, aluminio y vidrio, entre otros materiales.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, Y A PESAR de los múltiples vaivenes y baches sufridos, las renovables han logrado cubrir el 16,7% del consumo de energía global, según el último estudio publicado por la Red de Energías Renovables para el siglo XXI (REN21). A escala internacional, la energía solar atrajo en el año 2011 casi el doble de inversión que la eólica, de acuerdo con este estudio y con el informe publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En el caso de Europa, “la

renovable estrella, en términos de potencia instalada, fue la fotovoltaica”, explica Christine Lins, secretaria ejecutiva de REN21. Una renovable que no para de crecer, al igual que lo harán en un futuro los residuos de esta tecnología, cuyas primeras grandes instalaciones datan de los años noventa del pasado siglo.

Para el horizonte 2030 se estima que solo en Europa se producirán unas 130.000 toneladas anuales de vidrio, silicio, aluminio y cobre procedentes de los paneles que se den de baja. Este importante volumen de desechos ha de gestionarse para que no se convierta en un problema y que esta energía pueda seguir llevando la marca de tecnología limpia, incluso al final de sus días. Se trata de todo un reto ya que, en el caso de España, solo en 2008 se conectaron 2.661 megavatios (MW) de esta fuente, lo que significa unos 15 millones de paneles de unos 18 kilos cada uno, es decir, 270.000 toneladas.

La pregunta es: ¿qué hacer con todos esos residuos? Precisamente en eso se está trabajando en los últimos años. En 2010, la asociación europea PV Cycle, formada por los principales fabricantes de paneles fotovoltaicos, puso en marcha sus primeros puntos de recogida y un servicio de reciclaje. En la actualidad, su red paneuropea cuenta con “más de 251 puntos de recogida ubicados en catorce países, 8 de ellos en España”, explica Pia Alina Lange, portavoz de esta asociación sin ánimo de lucro fundada en 2007. Pero PV Cycle pretende ir más allá y brindar un mejor servicio a unas necesidades que aumentarán exponencialmente.

La iniciativa de esta asociación es clave, pues solo en 2011 se conectaron a la red 29.700 MW en todo el mundo, de los cuales 21.900 correspondieron a Europa, según el informe *Global Market Outlook 2016*, publicado el pasa-

Esquema del reciclado de paneles solares fotovoltaicos



En huertos solares y obras de renovación, los módulos son recogidos directamente donde están ubicados y llevados a la planta de reciclaje.

Fuente: PV CYCLE

El reciclaje, paso a paso

Una vez recogidos y transportados los residuos fotovoltaicos hasta la planta de reciclaje, el proceso varía según el tipo de panel solar: un panel de silicio cristalino está compuesto de un 80% de vidrio, un 10% de metales como el aluminio y el cobre de los cables, contactos y bastidores, y el resto es plástico y materiales semiconductores. En el caso del panel de capa fina, aproximadamente el 90% es vidrio. En cualquier caso, el objetivo es el mismo: recuperar de la for-

ma más sostenible y efectiva los módulos para producir nuevos productos. Para ello, lo primero que se hace es retirar el marco de aluminio del módulo; después, para separar las fracciones del mismo, se aplica un proceso mecánico o térmico, y, finalmente, se procede a un proceso químico. “Se podrá reciclar entre el 80% y el 90% del peso del módulo, según la tecnología”, precisa Pia Alina Lange, portavoz de PV Cycle. Un porcentaje elevado, si se compara con otros procesos de reciclaje, y muy significativo, dado el valor de los materiales recuperados. ■

do mes de mayo por la Asociación Europea de la Industria Solar Fotovoltaica (EPIA, en sus siglas en inglés). “Ya hemos recogido y reciclado cerca de 5.000 toneladas de residuos fotovoltaicos bajo nuestro paraguas, de las cuales más de 350 procedían de España”, comenta Lange. De este modo se adelantan a la Directiva Europea de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), que a partir de 2012 exige a fabricantes e importadores de paneles fotovoltaicos la recogida y el reciclaje de estos residuos al término de su vida útil. La medida es esencial, ya que “a finales del año 2011 se habían instalado más de 5 millones de toneladas de módulos solares fotovoltaicos en Europa”, señala la portavoz de esta asociación. PV Cycle ofrece infraestructuras de recogida en los Estados miembros de la Unión Europea y en los países de la Asociación Europea para el Libre Comercio

(AELC), que incluye a Islandia, Noruega, Suiza y Liechtenstein.

De 80 a más de 3.000 toneladas en solo dos años

Año tras año la cantidad de los residuos reciclados crece paulatinamente. Así, “en 2010 recogimos aproximadamente 80 toneladas de residuos fotovoltaicos en Europa; en 2011, más de 1.400, y entre enero y octubre de este año hemos superado las 3.300 toneladas”, añade Lange. Y la cifra seguirá creciendo en las próximas décadas, “pues los módulos solares tienen una vida útil técnica de entre veinticinco y treinta años, que puede llegar hasta los treinta o cuarenta, aunque con un rendimiento inferior”.

El caso es que, por mucho que haya crecido el volumen de basura fotovoltaica, lo cierto es que aún tendrán que pasar años hasta que los huertos solares instalados en la última década se tengan que repoten-

ciar y empiece de verdad el problema. “Aproximadamente el 99% de los módulos que recogemos en la actualidad proceden de daños sufridos durante el transporte o de problemas surgidos una vez instalados. Solo el 1% de todo el volumen de residuos fotovoltaicos recogidos hasta la fecha había alcanzado su vida útil de veinticinco años”, explica Lange.

Los paneles depositados y reciclados “proviene fundamentalmente —prosigue la portavoz— de Alemania e Italia, países en los que hemos recogido aproximadamente la mitad de los residuos fotovoltaicos”. De hecho, “fue en Alemania donde se instalaron los primeros once puntos de recogida, porque fue el primer Estado miembro en el que se instalaron cantidades importantes de módulos fotovoltaicos”, tal y como explicó en su día Virginia Gómez, ingeniera científica y de operaciones de la asociación PV Cycle.

PV CYCLE



Paneles fotovoltaicos fuera de uso en uno de los puntos limpios de recogida.

PV CYCLE



Paneles preparados para su reciclaje en un almacén de PV Cycle.

La recogida de los residuos

Tanto los ciudadanos como los profesionales del sector pueden depositar los residuos fotovoltaicos que quieran retirar en los puntos de recogida que PV Cycle tiene distribuidos por la geografía española. Para pequeñas cantidades —menos de cuarenta unidades— es el propietario o el instalador el que se encarga de transportar los desechos solares hasta el contenedor. Para hacerlo pue-

de consultar el punto de recogida más cercano a través de la página web www.pvcycle.org.

En el caso de grandes cantidades, es decir, más de cuarenta paneles, es la asociación la que los recoge directamente en las propias instalaciones y los lleva a la planta de reciclaje. En este caso, los interesados solo tienen que hacer una llamada o enviar un correo electrónico a la asociación para concertar la recogida. Y una

vez que los contenedores estén llenos se llevarán a la planta de reciclaje, donde se separarán los componentes de los residuos fotovoltaicos con el fin de dejarlos listos para la posterior utilización en nuevos productos. Esta recogida es gratuita para los socios de PV Cycle.

El desmantelamiento, por contrato

Existe el temor de que los dueños de plantas fotovoltaicas abandonen sus instalaciones sin retirarlas previamente, aunque rige una obligación contractual para evitarlo, al menos en España. “En todos los contratos que se hacen para instalar una planta fotovoltaica siempre se prevé el desmantelamiento de la misma”, asegura el experto en energía Javier García Brea, presidente de la Fundación Renovables.

Brea recuerda que en España “todavía estamos muy lejos del momento en el que los residuos fotovoltaicos puedan ser un problema, ya que la mayoría de las plantas de nuestro país se instalaron en 2008 y 2009”. “Al estar contemplado su desmantelamiento por contrato, no tiene por qué convertirse en un problema dentro de treinta o cuarenta años, sobre todo con la red de puntos de recogida”, añade.

Ahora bien, la duda es qué pasará con los propietarios de instalaciones solares que desaparezcan del mercado. Desde hace tiempo se habla de crear un fondo de reserva que garantice la recogida y el reciclaje de los paneles en esos casos.

Todo este proceso tiene un objetivo: retirar en 2015 el 80% de los paneles fotovoltaicos que hayan acabado su vida útil en Europa, y el 85% en 2020. Una meta ambiciosa para la que queda muy poco tiempo y que requiere un importante esfuerzo. “Estamos seguros de que se alcanzará”, concluye Lange. De lograrlo, se podrá seguir hablando de la fotovoltaica como una tecnología energética limpia, no solo por “reducir a la mitad el consumo de energía para la fabricación de los paneles”, como recuerda García Brea, sino por cerrar el ciclo de vida útil de esta renovable. Un plus de sostenibilidad que ofrece, a su vez, nuevas oportunidades de negocio. ■

La agencia española ejerce una posición de liderazgo en numerosas áreas de la gestión de residuos radiactivos

La actividad internacional de Enresa

Casi treinta años después de su fundación, Enresa ha pasado de ser una empresa que recibía, principalmente, asistencia técnica a presentarse como una agencia valorada por sus aportaciones en los foros internacionales. En la actualidad presta su experiencia, junto a otras gestoras y organizaciones multinacionales, para que otros países puedan realizar el tratamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos en las mismas condiciones de seguridad que en España y en la Unión Europea. ■ **POR Álvaro Rodríguez Beceiro, DIRECTOR DE LA DIVISIÓN TÉCNICA DE ENRESA, Y Mariano Molina Martín, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RELACIONES INTERNACIONALES DE ENRESA.**

Las actividades de Enresa en el ámbito internacional comenzaron en 1985, al mismo tiempo que la empresa iniciaba su andadura. La gestión sistematizada de los residuos radiactivos con vistas a su disposición final había empezado en muchos países de la OCDE durante la década anterior; Alemania, Bélgica, Suecia, Francia o Reino Unido ofrecían un escaparate amplio de actividades de gestión que, tanto en sus aspectos tecnológicos como organizativos, podían suministrar un caudal importante de experiencias e información con que dotar a la empresa española.

La conveniencia de aprovechar este contexto para facilitar y apremiar la transferencia de conocimientos tecnológicos y *know-how* técnico aconsejó la creación de una unidad especializada dentro de Enresa, el Departamento de Relaciones Internacionales, que pudiera coordinar y supervisar el acceso de los profesionales españoles a las empresas y organismos internacionales expertos en la gestión.

La experiencia acumulada en estos años ha hecho que el papel de nuestra compañía haya evolucionado, adquiriendo un papel cada vez más protagonista en la escena exterior y consoli-

dando esta señal como una de sus características primordiales, además de decisiva para el cumplimiento de sus cometidos como empresa.

Objetivos de la participación internacional de Enresa

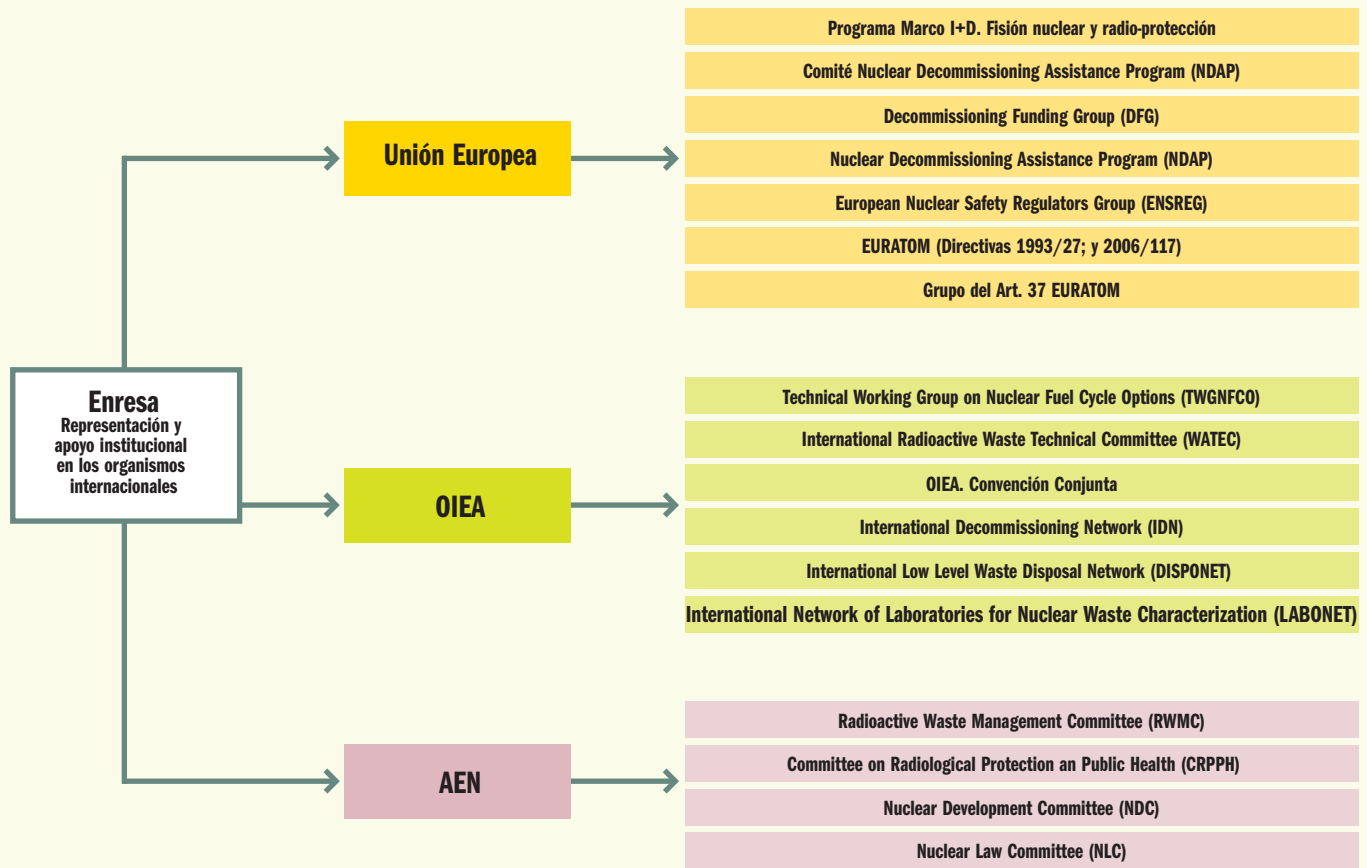
La participación internacional de Enresa persigue tres grandes objetivos:

— Satisfacer las necesidades de información e interacción con organizaciones homólogas extranjeras y organizaciones internacionales (OOII) para validar sus actividades, propuestas y decisiones con referencias internacionales solventes.



A la izquierda, visita a El Cabril de Mohamed el-Baradei, cuando era director del OIEA. A la derecha, técnicos de Enresa en una misión de asesoramiento en México.

Figura 1. Presencia de Enresa en los principales comités y grupos de trabajo de los organismos internacionales (UE, OIEA y AEN)



— Participar en las OOII especializadas en la gestión para influir en los nuevos desarrollos técnicos dentro de sus ámbitos de competencia e interés.

— Apoyar al Gobierno y otras instituciones en los comités y grupos de trabajo de las OOII que están orientados a la toma de decisiones de alto contenido tecnológico.

De una manera esquemática, la participación de Enresa en actividades internacionales se articula mediante su colaboración en los programas desarrollados por la Unión Europea, la Agencia de la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE y el Organismo Internacional de la Energía Atómica de Naciones Unidas (OIEA); así como a través del trabajo conjunto, en forma bilateral o multilateral, con otras agencias y organismos nacionales, y mediante las tareas de cooperación y asistencia a terceros países.

En el caso de las OOII, Enresa colabora en los grupos de trabajo y en las actividades de investigación promovidas

por estas. La cooperación con agencias y organismos nacionales se organiza habitualmente mediante acuerdos de colaboración, seminarios, conferencias, otros grupos de trabajo y la participación en asociaciones impulsadas por las agencias.

Mientras que las variedades anteriores de participación internacional se orientan prioritariamente a la adquisición de conocimientos, la cooperación y asistencia técnica tienen como objetivo ayudar a países emergentes o a países deficitarios en infraestructuras de gestión que quieran beneficiarse de la experiencia y los desarrollos tecnológicos españoles.

La participación de Enresa en organismos internacionales

Las instituciones europeas, el Consejo de la UE y la Comisión Europea (CE) desarrollan desde su creación actividades relacionadas con los programas nacionales de gestión de residuos radiactivos y de des-

mantelamiento de instalaciones nucleares. Los resultados de estos programas son de gran relevancia y trascendencia por sus implicaciones potenciales en la política nacional en estos dos ámbitos, ya que son los motores de los desarrollos normativos para la armonización de políticas y prácticas entre los Estados miembros. Los grupos donde se discuten, además, constituyen un foro destacado para la comparación e intercambio de experiencias prácticas sobre las estrategias tecnológicas desarrolladas por cada país (figura 1).

El otro ámbito natural de interacción entre Enresa y la CE es el Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico, promovido por la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom). El valor aportado al programa nacional desde la perspectiva de los años transcurridos es muy alto. La implicación directa y temprana en los primeros planes de acción y programas marco Euratom permitió a Enresa acceder

a información básica para el cumplimiento de sus cometidos y su desarrollo como organización. Aún hoy, el Programa Marco tiene un valor estratégico muy alto, pues las iniciativas de la Comisión continúan alimentando los propios desarrollos del programa nacional y las actividades de Enresa. Así, una parte importante de la I+D desarrollada por Enresa y algunos de sus activos tecnológicos —aunque los presupuestos hayan disminuido— se han llevado a cabo dentro de las diferentes convocatorias de estos planes comunitarios.

La AEN, por su parte, nace en 1958 y es integrada poco después en la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) con el objetivo de convertirse en un centro para la coordinación de los programas nucleares de los Estados miembros, especialmente en los ámbitos de la seguridad, la salud y la regulación nuclear. En la actualidad es el organismo de intercambio de experiencias más importante de los países avanzados en el área nuclear. De hecho, se puede considerar el foro de mayor relevancia en la gestión del combustible nuclear gastado y en el desmantelamiento de instalaciones nucleares. Desde su creación, Enresa ha participado en la AEN, bien en función de sus propias necesidades o bien para apoyar la representación de las autoridades españolas, como es el caso del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). La AEN suele trabajar en torno a programas plurianuales que son coordinados y dirigidos por alguno de los comités de alto nivel de la Agencia. Enresa participa principalmente en los grupos de trabajo y actividades que son liderados por el Comité de Gestión de Residuos Radiactivos (RWMC, en sus siglas en inglés), en el que cuenta con un representante.

La presencia de Enresa en el OIEA tiene por objeto principal contribuir al desarrollo de los diferentes documentos técnicos que emite este organismo, así como conocer e influir en la dirección de los programas de trabajo del mismo, los cuales, a día de hoy, son estándares de reconocida referencia internacional.

Como actuación complementaria, Enresa colabora con el OIEA en las actividades de cooperación técnica para ayudar a los países emergentes en el desarrollo y mejora de sus programas de gestión.

El OIEA articula sus actividades preferentemente mediante grupos de trabajo permanentes (comités o grupos asesores), que revisan o asesoran las actividades programáticas. Funciona también mediante grupos de trabajo ad hoc y Proyectos Coordinados de Investigación (CRP), encargados de desarrollar los programas y cuyos resultados se plasman en documentos técnicos de referencia, ya sean normas de seguridad o desarrollos tecnológicos.

Enresa, entre otras colaboraciones con el OIEA, participa en dos grupos permanentes de alto nivel: el International Radioactive Waste Technical Committee (WATEC) y el Technical Working Group on Nuclear Fuel Cycle Options (TWGNFCO), ambos dependientes del Departamento de Energía Nuclear. La participación en estos grupos tiene una alta relevancia y un carácter estratégico, ya que son grupos de cabecera para la definición de los programas del OIEA y, a la vez, foros de encuentro entre los principales expertos de los programas nacionales a quienes se les confiere la capacidad de asistir a esta institución en la definición de sus objetivos, estrategias y prioridades en cada área.

El OIEA trabaja también en la cooperación técnica mediante la promoción de la colaboración internacional a través de misiones, estancias formativas

de expertos y la financiación de algunas de las inversiones necesarias en países emergentes.

La cooperación multilateral y bilateral

El intercambio de experiencias y la cooperación técnica entre empresas gestoras de residuos radiactivos es otra forma de colaboración en la que Enresa participa activamente. En la mayoría de las ocasiones, la gestión de residuos radiactivos ha sido implantada en los países occidentales en régimen de servicio público exclusivo. Las empresas o agencias funcionan en sus respectivos países en ausencia de competencia; este hecho y la conciencia de que las soluciones a los residuos deben tener un carácter principalmente nacional facilita que la cooperación y asistencia técnica a terceros se conciba generalmente como una labor deseable de colaboración que pretende resolver problemas comunes y cuyas soluciones tienen una posibilidad muy alta de ser compartidas.



Hans Codée, director general de Covra, y Francisco Gil-Ortega, presidente de Enresa, firman un acuerdo de colaboración entre ambas empresas.



Reunión en Hungría del Foro sobre la Confianza de los Sectores Sociales Interesados (AEN-OCDE), con asistencia de técnicos de Enresa.

Acuerdos de cooperación vigentes con otras organizaciones

Organización	País	Duración	Ámbitos de actuación
CNEA	Argentina	2008 – 2013	Intercambio de información científico técnica Colaboración de servicios con y sin prestación económica
SKB	Suecia	2012 – 2017	Gestión de los residuos de baja y media actividad Gestión del combustible gastado y alta actividad Desmantelamiento de las instalaciones nucleares Barreras de ingeniería. Programa experimental
DOE	EE. UU.	Indefinida (Comienzo en 1992)	Intercambio información en gestión combustible gastado y residuos alta actividad
ONDRAF	Bélgica	2008 – 2013	Intercambio de científicos e información vinculado con centros de investigación y laboratorios Organización y/o participación en estudios relacionados con las áreas de cooperación
ANDRA	Francia	2008 – 2013	Gestión de residuos de baja y media actividad de vida corta Gestión de residuos de alta actividad Gestión de materiales conteniendo radioelementos naturales Investigación y desarrollo Designación de emplazamientos
ANSTO	Australia	2010 – 2015	Organizativos e institucionales Residuos de baja y media actividad Desmantelamiento Transporte
NAGRA	Suiza	2008 – 2013	Cooperación en el campo del comportamiento a largo plazo de los sistemas de ingeniería de bentonita
EdF	Francia	2009 – 2014	Cooperación en el campo de la clausura de centrales nucleares
E.ON	Alemania	2012 – 2017	Experiencia operativa en desmantelamiento de centrales Otras actividades en el área de desmantelamiento
JRC (Instituto transuránicos - ITU)	Unión Europea	2010 – 2015	Apoyo a la formación de científicos, técnicos y expertos Intercambio de información científica Puesta en marcha de una infraestructura conjunta para el trabajo experimental sobre el comportamiento del combustible gastado

Existen dos grandes organizaciones con carácter multilateral compuestas por agencias o empresas: el Club de Agencias (CoA) y la International Association for Environmentally Safe Disposal of Radioactive Materials (EDRAM).

El Club de Agencias, de signo europeo, se constituyó hace más de 25 años por las empresas de gestión de residuos radiactivos de seis países. Enresa, socio de la organización, participa en la dinámica del grupo desde el inicio de sus actividades. El CoA se reúne dos veces al año para conocer y actualizar la situación de la gestión en los países miembros, así como para discutir y avanzar en torno a cuestiones técnicas que afectan a la mayoría de sus componentes.

EDRAM, por su parte, está formado por doce agencias —nueve europeas, dos americanas y una japonesa—. España es miembro de EDRAM desde su creación en el año 1998. Esta asociación tiene un carácter más estratégico que el CoA y se encuentra orientada prin-

cipalmente a dar soporte a los esfuerzos de los países en sus planes de almacenamiento a largo plazo, sobre todo en lo referente al combustible gastado.

La cooperación bilateral es el otro gran paquete de actividad de Enresa, que se estructura mediante los respectivos acuerdos de cooperación. La fórmula fue empleada por Enresa desde su inicio para cubrir muchos ámbitos técnicos diferentes: residuos de baja y media actividad, investigación, desmantelamiento, combustible gastado, etc. En la actualidad Enresa mantiene acuerdos con diez organizaciones de ocho países de todo el mundo, sin olvidar el Joint Research Center de la UE (JRC-ITU). En la tabla que acompaña estas líneas aparece un resumen de estos convenios y su alcance.

Los proyectos de asistencia técnica

La experiencia acumulada en el desarrollo del programa español ha dado como resultado un conjunto de activos y capacidades que son susceptibles de ser trans-

feridos a otros países mediante su cesión cooperativa o su venta como prestación de servicios. En este apartado hay que destacar el papel que Enresa ha obtenido como referente internacional en el área de la gestión de residuos de baja y media actividad. Los desarrollos en El Cabril son seguidos con atención en todo el mundo. A ellos se ha unido el interés internacional por los trabajos realizados en desmantelamiento de instalaciones nucleares (Vandellós I y José Cabrera), además de la reciente implementación del Almacén Temporal Centralizado (ATC) en Villar de Cañas.

En el marco de la cooperación con el OIEA, Enresa desarrolla misiones de experto y recibe visitas técnicas y de becarios de otros países. Hace años que se viene intentado concentrar estas misiones de experto en América Latina, especialmente en países que tienen programas de generación electronuclear.

La participación de Enresa en actividades internacionales adopta la fór-

mula de asistencia técnica cuando estas acciones se realizan a cambio de una contraprestación económica. La participación en concursos promovidos por OOH forma parte de esta actividad. Desde los años noventa hasta los primeros años de la década siguiente, Enresa se ha apoyado fuertemente en los programas financiados por la CE a los países de la Europa del Este con cargo a los fondos de los programas Phare y Tacis. El objetivo de los mismos fue el reforzamiento de la seguridad nuclear, existiendo un área específica para su mejora en la gestión de residuos radiactivos, que priorizó la consolidación y creación de infraestructuras institucionales a semejanza de las ya existentes en los Estados miembros de la Unión Europea.

Enresa desarrolló en esos años, fundamentalmente en el marco del consorcio Cassiopée formado por seis agencias europeas, una intensa actividad de asistencia técnica. Cassiopée colaboró como consultor de la CE para la evaluación de las necesidades de los países beneficiarios, en la definición de los propios programas de asistencia técnica de la Comisión y, también, como coadjudicataria de un número significativo de proyectos. La actividad de Cassiopée favoreció una continua comunicación con sus estamentos y la creación de un vínculo privilegiado que facilitó el posicionamiento activo de la asociación ante los sucesivos concursos. A este respecto, Enresa tuvo un destacado papel en el liderazgo del consorcio, que funcionó exitosamente durante más de diez años.

Más recientemente, en 2007, la UE aprobó el Instrumento de Cooperación en Materia de Seguridad Nuclear (INSC) para apoyar a los países de la extinta Unión Soviética y a otros en vías de desarrollo. El INSC está dirigido, en algunos casos, a actividades de gestión de residuos. Sus proyectos son adjudicados mediante concurso y, en la actualidad, Enresa lidera un programa de tres años para el establecimiento de una estrategia de gestión de residuos radiactivos y su optimización en México. El Con-

sorcio dirigido por Enresa está compuesto por tres ingenierías de base española, una empresa de residuos belga y la agencia holandesa de gestión de residuos radiactivos. Asimismo, Enresa también trabaja como experto revisor de alto nivel en el diseño técnico y estudio de seguridad preliminar para la instalación de disposición de residuos de baja y media actividad que se construirá en Bulgaria.

En el aspecto de asistencia técnica hay que destacar que las características de los países solicitantes se han ido modificando gradualmente. La demanda se ha trasladado de países emergentes a países de nuestro entorno económico y social. Así, por ejemplo, Enresa ha actuado en 2012 como consultor de la agencia canadiense AECL para el diseño de su almacén definitivo de residuos de muy baja actividad. Recientemente, ha conseguido la adjudicación de un contrato con el Ministerio de Recursos, Energía y Turismo de Australia para el diseño genérico del repositorio nacional de residuos radiactivos de este país (figura 2)

La comparación internacional

Si bien la adquisición y transmisión de conocimientos técnicos es la misión principal de la participación de Enresa en el área internacional, un segundo valor añadido es la ayuda a la valoración de la eficacia de sus actividades mediante la evaluación comparativa con los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones o sistemas similares (*benchmarking*). Esto se realiza a través de informes o estudios que responden en la mayoría de los casos a necesidades de la empresa, y en algunos otros a solicitud del MINETUR u otras autoridades nacionales. De manera complementaria estos estudios cubren otros objetivos, como son:

— La adquisición de conocimientos de la situación de la gestión de residuos radiactivos, en sus distintos aspectos, en otros países de nuestro entorno económico y social (básicamente OCDE, OIEA y UE).

— La detección de iniciativas desarrolladas en otros países que pudieran ser

interesantes para su implementación en el sistema español.

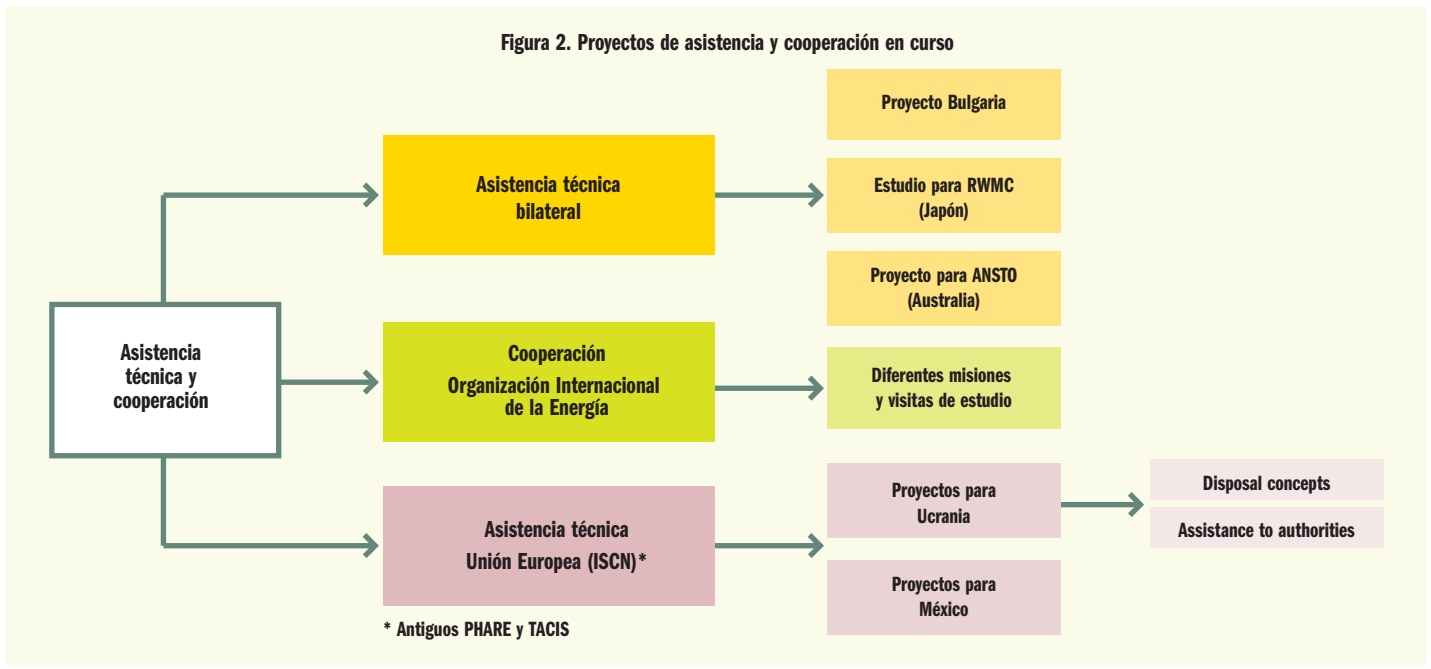
— La preparación o colaboración en la elaboración de informes destinados a la evaluación “entre pares” (*peer reviews*) de las políticas, estrategias y prácticas del sistema español en los organismos internacionales o en los foros de seguimiento de los compromisos adoptados por España (por ejemplo, el seguimiento del cumplimiento de los mandatos de la Convención Conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y la Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos).

El Departamento de Relaciones Internacionales de Enresa ha realizado diversos trabajos sobre diferentes aspectos de la gestión, como las opciones consideradas internacionalmente para la gestión de combustibles irradiados y residuos de alta actividad; las comisiones de expertos independientes en la gestión de residuos de alta actividad, o las experiencias de toma de decisiones sobre gestión del combustible gastado y residuos de alta actividad en países de la OCDE. Como se puede apreciar, responden a una amplia diversidad de cuestiones planteadas bien por los responsables de Enresa, bien por otros estamentos del MINETUR o del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

El futuro de la participación internacional

Enresa tiene por delante una labor significativa para abordar la puesta en marcha de nuevas instalaciones de gestión de residuos de alta actividad y combustible gastado, el desmantelamiento de sucesivas instalaciones nucleares y la optimización de la infraestructura de gestión de residuos de baja y media actividad. Los países OCDE de nuestro entorno económico y social tienen una problemática similar, con la única diferencia de que sus programas pueden estar más o menos avanzados en algunos de estos temas. El intercambio de información y la investigación conjunta en estas cuestiones seguirá siendo necesario y determinante, al igual que el soporte de los esfuerzos comunes desde instancias comunita-

Figura 2. Proyectos de asistencia y cooperación en curso



rias o desde otras organizaciones supranacionales.

El aprovechamiento del conocimiento que se genera en los foros internacionales debe continuar siendo una preocupación compartida por todos los técnicos de Enresa. Este objetivo se puede alcanzar mejor ahora partiendo de las ventajas que proporcionan las capacidades, experiencias y habilidades tecnológicas desarrolladas durante más de veinticinco años. Hace tiempo que en el extranjero se considera al personal de Enresa como profesionales muy preparados para debatir y construir las soluciones que requieren la gestión de los residuos radiactivos y, particularmente, la gestión a largo plazo del combustible gastado. Son retos compartidos por todos los países con producción electronuclear.

En este cuarto de siglo de actividad de la empresa, las actividades internacionales han pasado por diferentes fases:

— Una primera de adquisición de conocimientos, en la que tuvieron importancia capital las relaciones bilaterales para el desarrollo del proyecto de El Cabril y para las primeras tareas de restauración ambiental en actividades de la minería del uranio; al mismo tiempo se comenzaba a participar en los organismos internacionales.

— Una segunda, de consolidación, donde Enresa fue un actor importante

en las actividades de gestión de residuos radiactivos de la UE, encaminadas a su expansión hasta los 27 Estados miembros actuales y donde se mantuvo e incrementó su aportación a otras actividades del OIEA y la AEN.

— Una tercera fase, que es la actual, en la cual se disfruta de una clara imagen de liderazgo internacional en muchas áreas concretas. El papel e interés de las actividades internacionales han cambiado; sin embargo, su necesidad y los criterios de participación siguen siendo válidos, por más que la importancia de cada uno haya sido modificada con el paso del tiempo.

En conjunto es importante que se mantenga o incremente la representación de Enresa en los comités estratégicos de los tres organismos internacionales (UE, AEN y OIEA), siempre en coordinación con el CSN y en estrecha colaboración con el MINETUR. En el caso de la OIEA, la actuación de Enresa ante este organismo debe limitarse, como se ha venido haciendo en los últimos años, hacia temas concretos y de interés directo.

Es conveniente mantener la presencia en el Club de Agencias y potenciar sus actividades. EDRAM continuará siendo un foro importante para conocer y contrastar la política a largo plazo del combustible gastado. Con relación a los acuerdos de colaboración, que pueden

aportar importantes informaciones técnicas, se debe condicionar su firma a una verdadera y efectiva colaboración, con el fin de obtener resultados concretos y no transformarse en acuerdos sin contenido real.

La elaboración de estudios técnicos o de análisis comparativos debe mantenerse como línea de actividad. Aunque habitualmente los estudios responden a necesidades puntuales de los responsables de Enresa, se considera adecuado convertirlos en una práctica sistematizada a partir de un catálogo de temas a elaborar y sobre los que informar periódicamente. La ayuda de las diferentes direcciones y departamentos técnicos es vital en este sentido.

Finalmente, debe mantenerse una actividad internacional de asistencia técnica y cooperación limitada, equilibrada con la estructura y recursos de Enresa, semejante a la actual, pero más orientada a transferir conocimiento a países de nuestro entorno económico o cultural. Enresa cuenta con un prestigio importante en estas tareas, avalado por sus logros en el sistema español. La asistencia técnica en estas condiciones permitirá acrecentar la “marca Enresa” y, de esta manera, facilitar una integración mayor de sus especialistas en los foros donde se discuten las mejores soluciones de la gestión a futuro. ■

El material con más cualidades que se conoce hasta la fecha empieza a salir de los laboratorios y promete cambiar nuestra vida cotidiana

La edad del grafeno

La historia de la humanidad se divide, a grandes rasgos, en función del material más avanzado que la tecnología ha puesto a disposición del hombre en cada etapa. Así, pasamos de la Edad de Piedra a la Edad de los Metales, y de esta a la de los polímeros y a la del silicio. El siguiente paso está a punto de consumarse y dará lugar a una nueva era dominada por el grafeno. El protagonista no puede ser más sencillo, ya que está formado por una malla cristalina hexagonal de átomos de carbono en forma de lámina con un grosor de ¡un solo átomo! Por eso se dice que este material es bidimensional. Y en esa sencillez radican sus propiedades, tantas y tan sorprendentes que los científicos aseguran que es la sustancia con la que se construirá el futuro. ■ **POR Ignacio Fernández Bayo, PERIODISTA CIENTÍFICO.**

EL DIAMANTE YA NO ES EL MATERIAL más duro del mundo. El competidor que le ha destronado ha surgido de su propia familia, la del carbono, y se llama grafeno. Hasta 2004 era un perfecto desconocido, pero ese año se anunció su descubrimiento y su nombre empezó a circular de boca en boca; primero en círculos especializados, luego en los medios de comunicación, ahora también en la industria y, dentro de poco, en la calle y los hogares. La lista de sus asombrosas cualidades no deja de crecer y de sorprender: es el sólido más ligero y más fino; muy flexible y elástico, pero al mismo tiempo el más resistente; es anticorrosivo, inerte y el mejor conductor, tanto eléctrico como térmico. Semejante suma de cualidades, estructurales y funcionales, lo hacen idóneo para estar presente dentro y fuera de todo tipo de aparatos y productos.

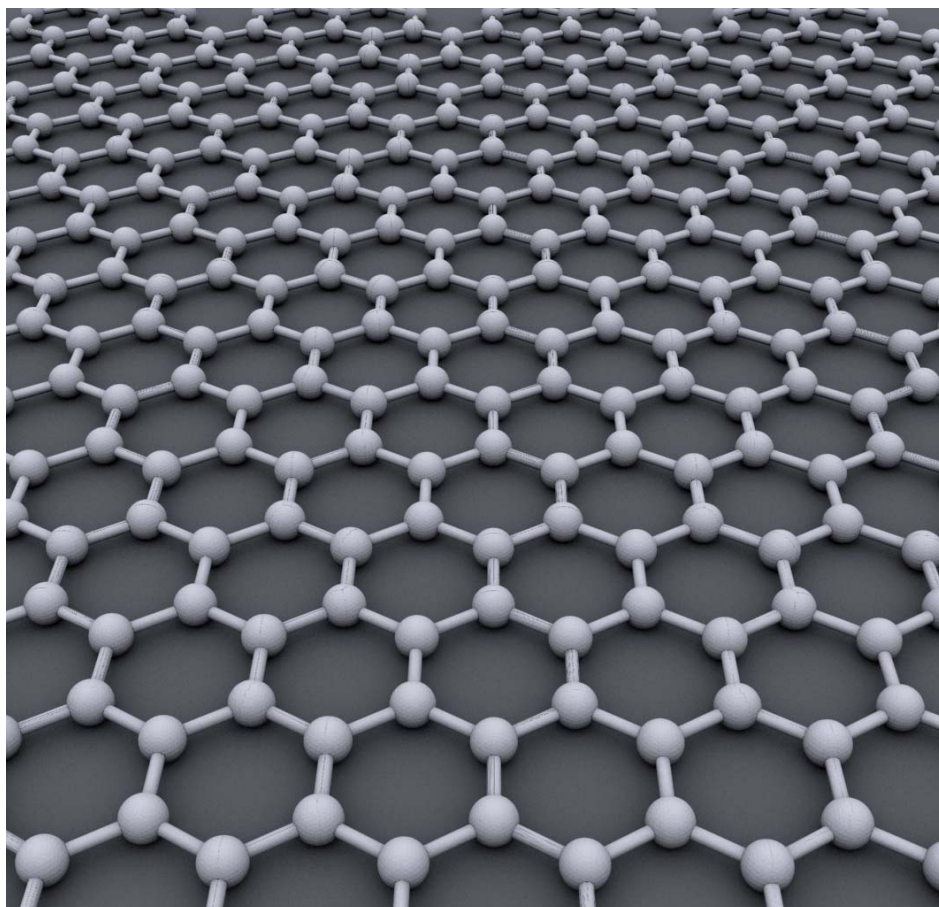
“El hallazgo del grafeno fue una sorpresa. Lo que buscaban sus descubridores era simplemente hacer láminas muy delgadas de materiales y, a partir del

grafito, consiguieron cortarlas tan finas que llegaron a hacerlas de un solo átomo”, explica Francisco Guinea, investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que añade: “Normalmente, al hacer capas muy finas se pierden las cualidades de un material, pero en este caso comprobaron

que mejoraba las del grafito. Desde el punto de vista de la ciencia fundamental fue todo un descubrimiento”. Y también podría serlo para las aplicaciones, a la vista de los récords que el grafeno obtiene. Andre Geim y Konstatin Novoselov son los investigadores de la Universidad de Manchester que ganaron el Nobel de Física de 2010 por su hallaz-



Andre Geim (izquierda) y Konstatin Novoselov, descubridores del grafeno.



La estructura cristalina del grafeno es una retícula hexagonal.

go. Nada más aislar las primeras láminas de grafeno, midieron su comportamiento y empezaron a descubrir que tenía unas propiedades inesperadas y portentosas.

Lo primero que les sorprendió fue su extrema ligereza y su enorme resistencia mecánica. Y es que sus enlaces son extremadamente firmes y rara vez tiene defectos estructurales que puedan producir grietas y roturas. Posee el récord de conductividad térmica, por lo que es idóneo para disipar calor. Luego está su elevada conductividad eléctrica, mayor que la del cobre y cualquier otro metal. Es impermeable y puede usarse como una membrana que ni el helio es capaz de atravesar. Y no hay que olvidar su elasticidad, ya que se puede estirar hasta un 20% de su tamaño original y, tras deformarse, vuelve a su posición anterior.

Se puede doblar sin quebrarse; resiste cualquier grado de pH, tanto ácido como alcalino; es inerte ante sustancias químicas muy activas; no se rompe; soporta grandes presiones y es muy esta-

ble térmicamente, tanto a bajas como a elevadas temperaturas, hasta tal punto que “probablemente tiene el punto de fusión más alto conocido”, según Guinea, premio Nacional de Investigación 2011 por sus trabajos sobre este material. También muestra propiedades magnéticas, ópticas y electrónicas muy interesantes. Asimismo, es susceptible de ser alterado para conseguir modular esas propiedades e incluso conseguir otras nuevas, bien dopando la lámina, es decir, sustituyendo átomos de carbono por otros en la red cristalina, o bien formando un sándwich con capas de otros materiales. Así se puede *funcionalizar* el material; en otras palabras, lograr que interactúe con otras sustancias y servir, por ejemplo, de detector.

Cada una de esas propiedades convertiría al grafeno en un material interesante, pero la conjunción de todas ellas lo hace excepcional. Como señala Fernando Calle, catedrático de Tecnología Electrónica en la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones de Madrid, “la mayor

parte de sus aplicaciones no se derivan de que tenga unas propiedades muy buenas, sino del conjunto de ellas; por eso es tan prometedor y no solo va a mejorar aplicaciones actuales, sino a generar otras nuevas. Esa es su principal virtud”.

Las salidas del ‘supermaterial’

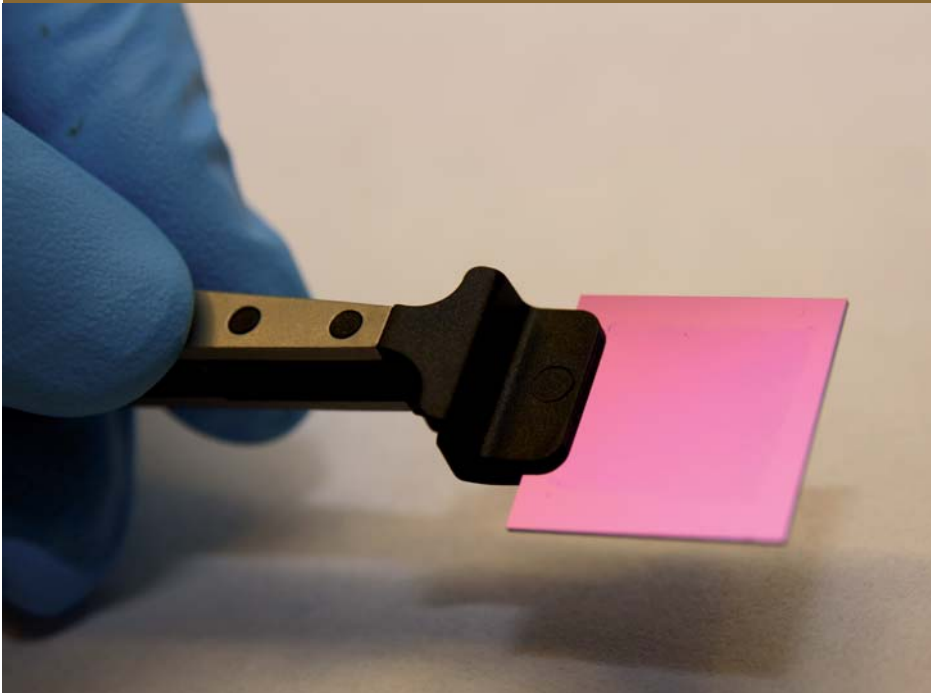
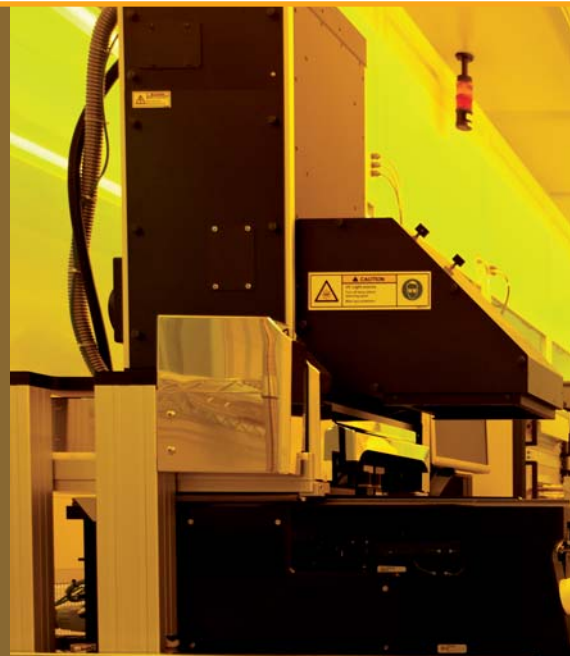
Atraídas por una o varias de sus cualidades, numerosas industrias han puesto el grafeno en su punto de mira. Ya hay prototipos de baterías capaces de proporcionar diez veces más energía que las actuales, recargarse en menos de media hora y durar una semana, además de soportar cinco veces más ciclos de carga y descarga. Empresas como Samsung trabajan en pantallas táctiles de grafeno, mientras que otras como IBM lo hacen en dispositivos nanoelectrónicos y su aplicación en transistores. Y hay quienes están desarrollando calzado más duradero; retardantes de llama; sistemas de disipación de calor; carrocerías de todo tipo de vehículos; pantallas de televisión enrollables; protectores contra la electricidad estática; barreras electromagnéticas; sensores de golpes y de presión; detectores de roturas internas; sensores químicos y biológicos; materiales compuestos; células fotovoltaicas; sistemas piezoeléctricos; circuitos impresos; almacenamiento de hidrógeno; biotecnología; tintas, adhesivos y pinturas más resistentes... No hay prácticamente producto alguno que no sea susceptible de mejora a partir del grafeno.

Su producción, en un principio complicada, es hoy relativamente sencilla, ya que se forma espontáneamente en determinadas circunstancias. En opinión de Calle, “se puede fabricar con casi cualquier producto que tenga carbono. Por ejemplo, por deposición química de vapor (CVD, en sus siglas en inglés) con hidrocarburos como el metano, que es como nosotros lo hacemos, aunque existen muchas técnicas diferentes”. Según Francisco Guinea, “la técnica más habitual consiste en bombardear con monóxido de carbono la superficie de un metal que actúa como catalítico y descompone el gas; el oxígeno se escapa por desorción y el carbono se queda en la superficie formando

De los hidrocarburos al coche eléctrico

Repsol es uno de los grupos petrolíferos más importantes del mundo, pero es consciente de que, en un plazo más o menos cercano, su principal mercado, el de la movilidad, se irá convirtiendo a la electricidad. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol, un vasto campus situado en Móstoles (Madrid) y dedicado a la investigación, en el que trabajan cientos de científicos e ingenieros, intentan adelantarse a ese futuro. Allí buscan la utilidad del grafeno en las baterías de los coches eléctricos del mañana. “Nos interesa especialmente el almacenamiento de energía, como línea general, y en concreto del grafeno, porque ofrece muchas prestaciones”, dice José Alía Moreno-Ortiz, investigador responsable de esta área. Se trata de una investigación con marcado carácter básico, por lo que se desarrolla con la Universidad Politécnica de Madrid, concretamente con el grupo de Fernando Calle, catedrático de Tecnología Electrónica en la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones de Madrid. “El proyecto se puso en marcha en junio de 2012 y tiene un plazo de tres años. El objetivo es conseguir prototipos de supercondensador y de batería hechos con grafeno”, desgrana Alía.

“Un supercondensador es un dispositivo capaz de almacenar energía, con la ventaja de que se carga y descarga con mucha mayor rapidez que una batería —argumenta Calle—. Tiene muchas aplicaciones en electrónica portátil y también como complemento de las actuales baterías para el coche eléctrico”. El grafeno ofrece una gran superficie en un pequeño volumen, lo que permite almacenar bastante energía y tener una gran ligereza, algo fundamental en el vehículo eléctrico, donde el peso de las baterías es uno de los retos a superar. Según Calle, “los dispositivos de grafeno posibilitarán acopiar diez veces más energía que los actuales y con un peso mucho menor. Las baterías actuales son o muy caras, o muy pesadas o muy lentas de cargar, y el grafeno mejora sustancialmente todas estas características”. Ligereza, rapidez de recarga y mayor disponibilidad de energía; en pocos años el grafeno puede convertir el coche eléctrico en un producto de uso masivo. ■



GRAPHENE

Lámina de grafeno sobre una placa producida en los laboratorios de la empresa Graphenea.

capas perfectas de grafeno; luego se disuelve el metal y queda la lámina de grafeno”. Con este sistema se puede hacer crecer el cristal hasta tamaños semejantes al de una pantalla de televisión.

Su estudio avanza en paralelo en los tres pasos de la I+D+i. Todavía queda mucha investigación básica que realizar, porque, como dice Guinea, “aún no conocemos muy bien la razón de sus propiedades. Yo soy físico teórico y hago modelos para explicarlo. Modelos necesarios para orientar los experimentos y que funcionan muy bien, porque el grafeno es muy agradable, tiene esas propiedades exóticas y es aparentemente muy sencillo. Por ejemplo, predijimos que estirándolo se podrían cambiar sus propiedades electrónicas y así se ha comprobado”, recuerda.



GRAPHENE A

Laboratorio de Graphenea en el Centro de Investigación Corporativa nanoGUNE (San Sebastián).

En la fase del desarrollo trabaja Fernando Calle: “Nosotros estamos orientados a las aplicaciones y empezamos hace tres años, cuando vimos que podía empezar a utilizarse en algunos dispositivos”. Su grupo se plantea resultados en diferentes etapas, de acuerdo con la dificultad de cada objetivo. “A largo plazo queremos desarrollar transistores de grafeno; a medio plazo tratamos de aplicarlo a sustratos flexibles, por ejemplo para pantallas táctiles, emisores de luz, células solares y sensores. Y a corto plazo el reto es fabricar sistemas de almacenamiento de energía”, asegura.

¿Quién lo fabrica?

La fase de innovación la afrontan las empresas que ya están fabricando el gra-

feno y las que lo están incorporando a sus productos. España se ha colocado en buena posición en este campo y ya hay tres empresas que lo comercializan: Avanzare, Graphenea y el Grupo Antolín. La primera es la mayor productora de grafeno de Europa, con un 10% de la producción mundial, según su director, Julio Gómez Cordón: “Fuimos pioneros en España y prácticamente en Europa, ya que estuvimos en la feria Nanotech de Japón de 2009 y éramos la única empresa que presentaba el grafeno”. Avanzare es una empresa especializada en fabricación de nanomateriales y por eso fue algo natural interesarse por el grafeno en cuanto apareció. “Lo primero que hicimos fue investigar el modo de industrializar el proceso, por-



CSIC

Francisco Guinea es especialista en grafeno.



AVANZARE

Julio Gómez, director de Avanzare.

que era complicado fabricarlo tal como se hacía en el laboratorio; luego empezamos a desarrollar aplicaciones y ahora tenemos clientes en sectores muy diversos”, explica Gómez Cordón. Según cuenta, la mayor demanda procede de Asia, de empresas como Samsung, que es uno de sus clientes.

El grafeno que producen en Avanzare es en polvo y, en palabras de su director, “son también láminas monocapa, pero en lugar de tener tamaños de varios



Amaia Zurutuza, directora científica, y Jesús de la Fuente, fundador de Graphenea.

centímetros miden 50x50 micras. No sirve para muchas aplicaciones, pero es ideal para otras que ya empiezan a consumirlo masivamente, como plásticos, cauchos, pinturas, adhesivos, ánodos de baterías...". La forma de aprovechar el grafeno en estos sectores es mezclando el polvillo de grafeno al producto final.

En Graphenea el planteamiento es diferente, ya que producen láminas monocapa extensas, destinadas fundamentalmente a la investigación con este material. Es grafeno de mayor calidad pero su destino no es industrial, sino más bien de laboratorio. "Nuestras láminas son para aplicaciones de alto valor añadido, como electrónica, baterías, lámparas de led, pantallas táctiles y células

solares. Todavía no representa usos comerciales, sino que están en fase de investigación", dice Jesús de la Fuente, fundador de la empresa. Sus clientes son famosas empresas tecnológicas, como Phillips y Nokia.

En estos campos no se espera que el grafeno alcance la madurez industrial antes de cinco o diez años, y probablemente se demore incluso más. "En la electrónica de alta frecuencia, como las telecomunicaciones y los escáneres médicos, puede tardar menos. Pero en electrónica digital, como los microprocesadores, donde la producción actual está basada en el silicio, tardará entre veinte y treinta años, porque mejora las prestaciones, pero no tanto como para tirar

las enormes inversiones de los fabricantes actuales", afirma De la Fuente.

Graphenea genera hoy en día 50.000 cm² al año en láminas de hasta 4 pulgadas de longitud (unos 10 centímetros). Esta cifra es suficiente para atender la demanda que recibe la empresa, pero está preparada para aumentar su producción conforme aumenten los pedidos y para ello ultima un nuevo reactor que les permitirá crear piezas de hasta 30 pulgadas. Su precio oscila entre 10 y 50 euros por cm², según el tipo de grafeno, y el peso de cada lámina es de apenas 80 nanogramos.

La variedad de tipos de láminas depende del sustrato en el que se fijen, de acuerdo con las características de cada aplicación. "Nosotros fabricamos de manera personalizada, a la medida de las necesidades de cada cliente. Por ejemplo, si es para pantallas táctiles de móvil irá sobre un sustrato de vidrio, cuarzo o polímero transparente; si es para electrónica, sobre silicio o zafiro. Cada aplicación tiene su propio sustrato".

En Avanzare también fabrican a petición de cada cliente. "Tenemos unas quince variedades", relata Julio Gómez Córdón. Además, producen grafeno dopado o formando bocadillos con otros materiales, por ejemplo con capas sucesivas y alternantes de grafeno e hidróxido de magnesio. Las cantidades en este caso se miden por kilos y toneladas y están destinadas a procesos productivos. "En 2010 la producción mundial fue de 15 toneladas; ahora debe estar entre 25 y 50. Nosotros hemos producido este año algo más de 2 y estamos aumentando un 60% la capacidad de producción, porque la demanda está creciendo exponencialmente". Los precios varían entre 35 y 200 euros por kilo, según el tipo de grafeno, y es previsible que siga bajando en el futuro a medida que el mercado madure.

Teniendo en cuenta que solo suma ocho años de vida, el camino recorrido por este revolucionario material resulta tan sorprendente como sus cualidades. Empieza a encontrarse presente a nuestro alrededor y aún no ha hecho más que empezar. En su sencilla trama hexagonal está escrito el futuro. ■

Los científicos buscan las claves del cambio climático en las corrientes marinas, el sistema vascular de las grandes masas de agua del planeta

El pulso del océano

Algunas son viejas conocidas de las ciencias del mar, con nombres y apellidos: del Golfo, Humboldt, Circumpolar Antártica, de Kuroshio, de las Agujas... Otras son identificadas con términos técnicos y muchas están aún por descubrir, al igual que su papel en el complejo sistema oceánico global. Las corrientes marinas y submarinas canalizan el transporte e intercambio de aguas frías y calientes, su tránsito de la superficie a las profundidades. La ciencia tiene en ellas uno de sus objetos preferentes de estudio porque muchas claves sobre la historia climática de la Tierra, su presente y su futuro, están en el agua salobre del océano. ■

POR **Arantza Prádanos**, PERIODISTA.

VISIONARIO SIEMPRE, LEONARDO da Vinci observó en las corrientes un bullir semejante al del torrente sanguíneo. En realidad, no fue el primero en buscar símiles accesibles. A lo largo de la historia, desde Aristóteles a nuestros días, se las ha definido con todo tipo de analogías más o menos afortunadas —arterias, autopistas, ríos oceánicos, etcétera— en un intento de fijar en la mente fenómenos físicos extraordinariamente complejos y de encajar piezas en ese gran rompecabezas global —otra comparación— que es el océano.

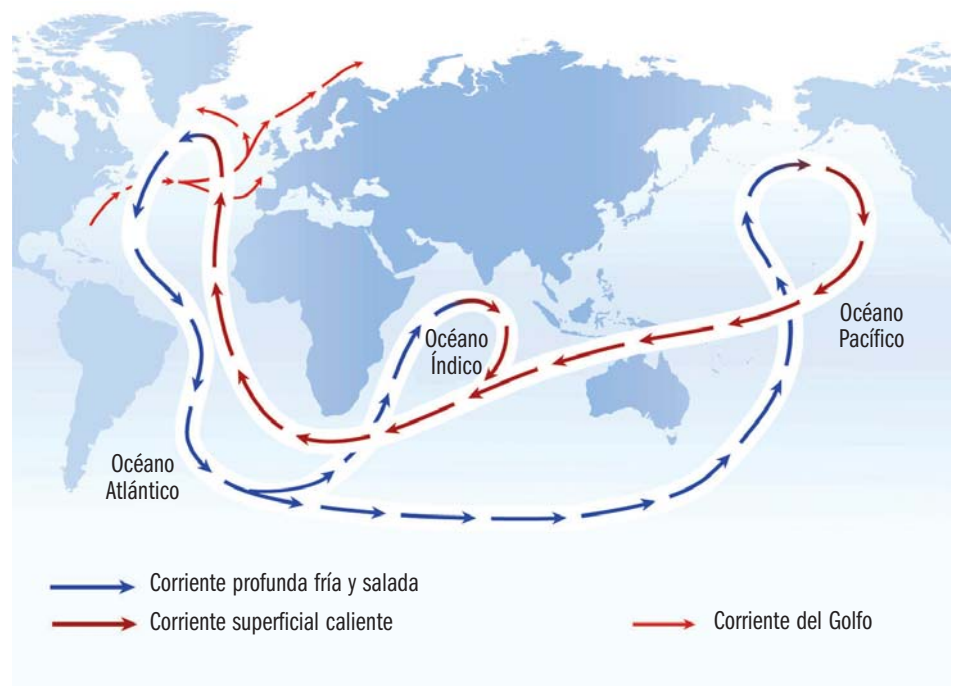
“No se han dado a conocer todavía los secretos de las corrientes de los mares, ni aún con las más eruditas investigaciones”, escribía Herman Melville en *Moby Dick*. Corría 1851 y los buenos tiempos para la oceanografía estaban por llegar. Hoy se sabe bastante más, pero en ciencia “bastante” solo es una puerta que conduce a otros umbrales más difíciles de franquear.

En síntesis, una corriente es un flujo de aguas definido, constante en el tiempo y que traza una ruta más o menos estable por una determinada región mari-

na. Son, volviendo a las analogías, las carreteras de circulación del océano. Según su naturaleza —superficiales, profundas, costeras...—, prevalecen en ellas distintas fuerzas físicas, atmosféricas, geográficas o astronómicas: la rotación

terrestre, el relieve del fondo submarino, la orografía del litoral, los patrones de los vientos, la radiación solar, la densidad, la temperatura, la salinidad...

Si una consulta “corriente marina” en Wikipedia —valga como aproximación,



La gran cinta transportadora oceánica es el principal regulador del clima de la Tierra.

Satélites, 'gliders' y un millón de dólares

Las corrientes marinas se han observado y estudiado por métodos empíricos rudimentarios desde el alba de los tiempos. Casi cualquier objeto flotante ha servido para calcular sus rasgos más perceptibles -velocidad y dirección- y hasta los famosos patos de goma perdidos por un carguero chino en 1992 han contribuido a esta tarea. Pero hoy la oceanografía física — el estudio de las propiedades del océano y de los fenómenos que concurren: corrientes, mareas, mezcla, surgencias...— gasta medios sofisticadísimos, deudores de desarrollos militares y tecnología espacial.

“Nosotros decimos que fue el lanzamiento de los satélites, y en concreto el Topex/Poseidon (EE.UU./Francia), en 1992, lo que supuso una revolución, un salto cualitativo enorme”, afirma Ananda Pascual, experta en oceanografía por satélite del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-Universidad de Baleares). “Desde que se puso en órbita y aún hoy —la misión acabó en 2006—, estamos descubriendo, gracias a sus datos, estructuras y dinámicas en las corrientes marinas que no se conocían. Son veinte años de datos que todavía reprocesamos y volvemos a analizar”, añade.

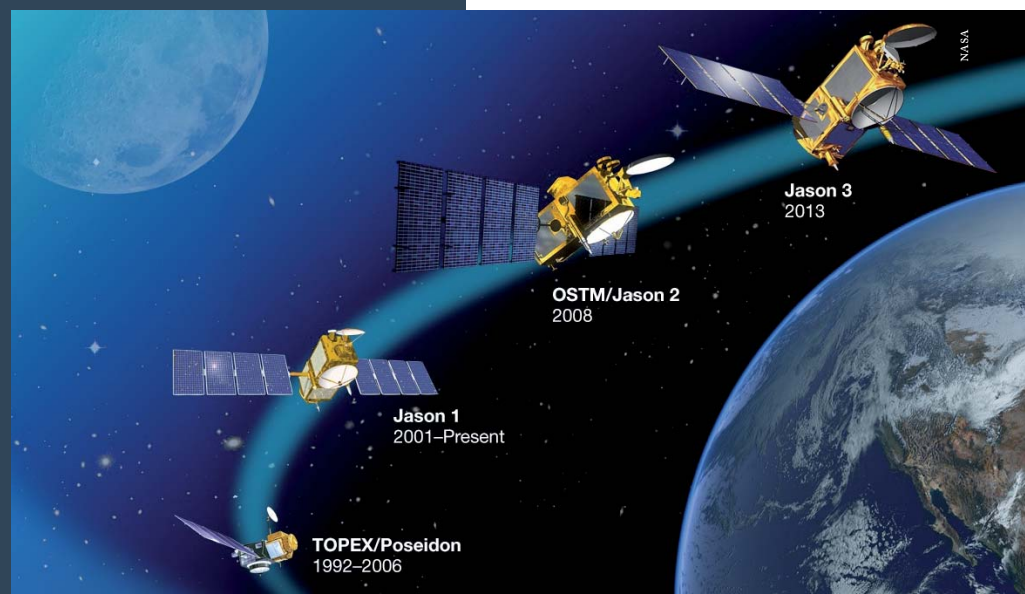
Pero la observación remota tiene limitaciones. Para profundizar hay que mojar-se. Boyas, sondas, sensores, CTD, robots submarinos y ahora, gliders, planeadores autónomos submarinos inteligentes. Una suerte de dirigibles con alas que se sumergen en zigzag a profundidades de hasta 1.000 metros.

“Barre toda la columna de agua y va viendo todas las variables físicas y otras de interés biológico, como los niveles de oxígeno, clorofila, turbidez... Luego sale a la superficie y puede enviar los datos por satélite y seguir la misión, o volver, según las instrucciones que le demos. Sin motor, se sumerge y emerge solo cambiando su flotabilidad”. El equipo de la doctora Pascual en el IMEDEA y expertos franceses han diseñado un sistema pionero para ver los océanos en 3D mediante el uso complementario de *gliders* y satélites. Las aplicaciones son múltiples estudio del cambio climático, navegación, gestión de pesquerías y sostenibilidad de los recursos marinos.

La otra forma básica de aproximarse a la física oceánica y al clima está en los modelos matemáticos simulados por ordenador. Y en las matemáticas está la respuesta a la naturaleza turbulenta del océano y la atmósfera, ambos fluidos. La turbulencia es el bosón de Higgs de la oceanografía física y uno de los enigmas matemáticos del milenio. Hay un millón de dólares del Clay Mathematics Institute de Massachusetts para recompensar la teoría matemática que desentrañe los secretos escondidos desde el siglo XIX en las ecuaciones de Navier-Stokes. A sir Horace Lamb, matemático ilustre, se le atribuye esta sentencia en 1932: “Soy un hombre muy mayor y cuando muera y vaya al cielo habrá dos cosas que espero aclarar: la electrodinámica cuántica y el movimiento turbulento de los fluidos. Y sobre la primera de estas cuestiones me siento bastante optimista”.

no como artículo de fe—, junto con la descripción de sus peculiaridades aparece medio centenar de grandes flujos de agua repartidos por todos los océanos. Por así decir, las reinas de los mares.

“Honestamente, no tengo en la cabeza cuántas corrientes hay con nombres y apellidos. La circulación oceánica es una amalgama de estructuras —corrientes intensas (*jets*), remolinos de diferentes tamaños, filamentos, etcétera— moduladas, a su vez, por oscilaciones mareales particularmente fuertes cerca de las costas y plataformas continentales”, señala Emilio García Ladona, investigador del departamento de Oceanografía Física y vicedirector técnico del Instituto de Ciencias del Mar (CSIC) de Barcelona. “Los nombres de las corrientes —añade— responden, en gran medida, a criterios geográficos y muchas veces pueden variar a lo largo de su recorrido. La Corriente del Golfo, por ejemplo, se denomina corriente de Lazo (*Loop current*) a su paso por el golfo de México, mientras que cuando entra en el Golfo se la conoce como corriente de Yucatán, cuando en el fondo son, más o menos, una parte de la estructura del flujo hacia el Atlántico norte en la costa este de Norteamérica”. Pero también puede pasar que “una corriente se subdivida a partir de un determinado momento, como la de Kuroshio, muy bien definida a su paso



Diferentes generaciones de satélites oceanográficos.



El buque oceanográfico 'Sarmiento de Gamboa' parte hacia una de sus misiones científicas.

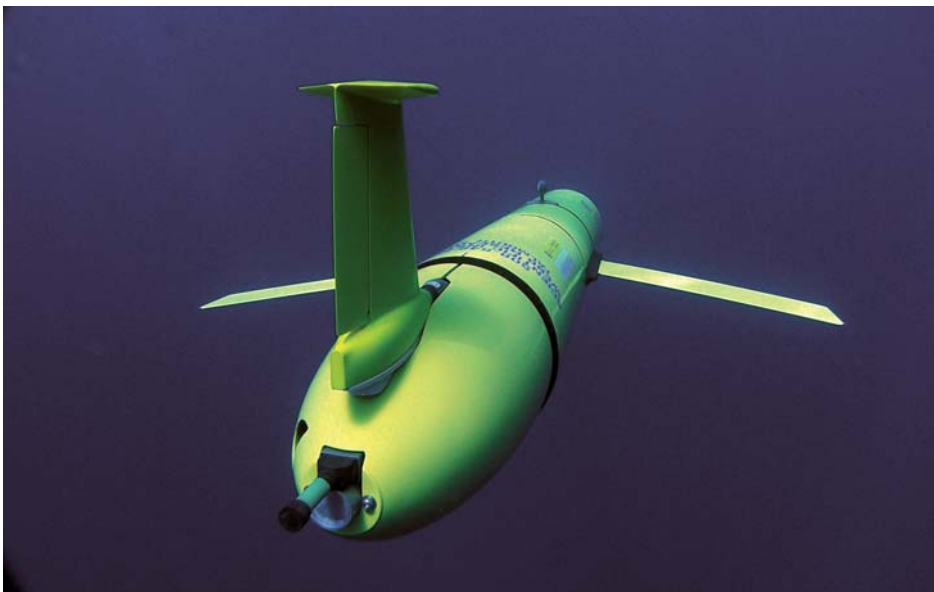
a lo largo de Japón y muy diversificada cuando atraviesa el océano Pacífico”, explica García Ladona.

Si bien es algo secundario, las dudas sobre la mera nomenclatura ya dan una idea de la complejidad que entraña el estudio de las corrientes. Aun así, a finales del siglo XIX los oceanógrafos ya disponían de un mapa bastante fiel de los principales flujos superficiales, mapa que luego se completó y explicó en el

siglo XX gracias a la incorporación de satélites y otras tecnologías de gran precisión en aguas someras. La visión del satélite no traspasa más allá de unos pocos centímetros la epidermis marina, y por eso las corrientes intermedias y profundas exigen mediciones sobre el terreno, con boyas o sondas en puntos fijos o con campañas de buques oceanográficos. “Son procedimientos costosos y limitados en el espacio y en el

tiempo, por lo que falta mucho por explorar y conocer de estos sistemas de corrientes”, dice García Ladona.

Las sorpresas que de tanto en tanto saltan a los medios suelen venir, pues, de más abajo. El pasado verano, un equipo internacional confirmó que una recién llegada al catálogo de las corrientes profundas, el Chorro norislandés (*North Icelandic Jet*, NIJ) —fluye hacia el sur a lo largo del talud continental de la isla—, desempeñaba un papel insospechado en la Circulación Meridional de Retorno, como se denomina al entramado de flujos marinos del Atlántico, que lleva el agua caliente superficial de las regiones ecuatoriales al Atlántico septentrional. En esas latitudes altas, el agua se enfría, gana densidad y se hunde, volviendo por el fondo hacia el Ecuador. Es un bucle que, con rasgos propios, se reproduce en el hemisferio sur y enlaza con los demás océanos por medio de la Gran cinta transportadora oceánica (*Great Ocean Conveyor Belt*), el sistema circulatorio integral del océano, regulador principal del clima de la Tierra. Una gota de agua tardaría 1.000 años en completar el circuito.



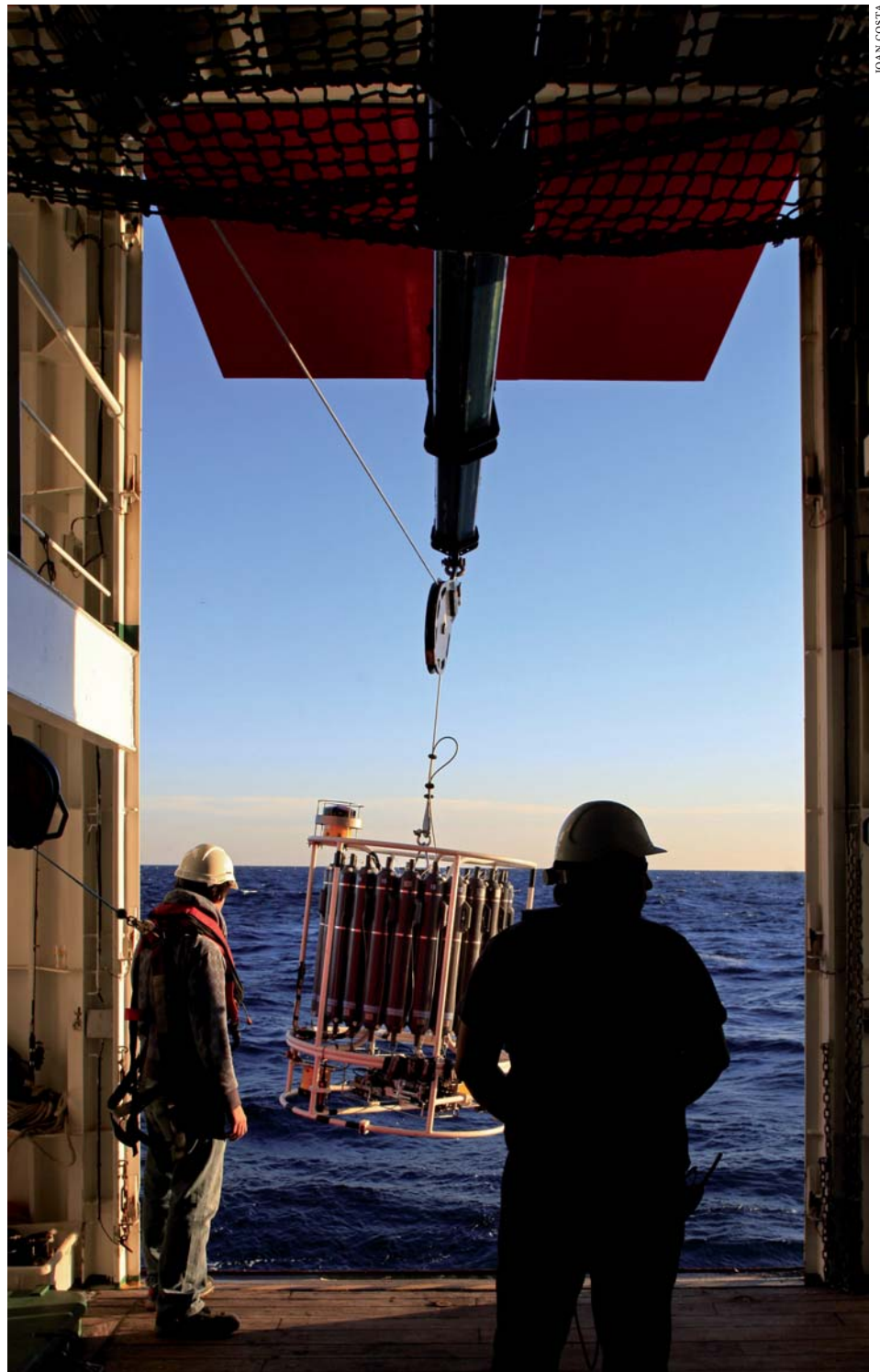
EDUARDO INFANTES, IMEDEA (CSIC-UIB)

Imagen submarina de un 'glider' del IMEDEA (CSIC-UIB) operando en el Mediterráneo.

Implicaciones en el clima

En esta coreografía oceánico-atmosférica opera el Desbordamiento del estrecho de Dinamarca (DSOW, por sus siglas en inglés), que empuja las aguas frías profundas del norte de vuelta a las regiones ecuatoriales. En un artículo publicado en agosto de 2011 en la revista *Nature Geoscience*, los investigadores confirmaron que el Chorro norislandés —y no la corriente de Groenlandia este, como se creía— inyectaba el caudal principal de aguas frías y densas en ese mecanismo de retorno. Las implicaciones están por ver, pero obligan a la comunidad científica a rehacer cálculos. “Si gran parte del flujo de agua viene de Islandia, tenemos que reconsiderar la velocidad a la que ocurre la conversión caliente-frío y la manera en que este proceso puede verse alterado en condiciones de calentamiento climático”, apuntaban los autores en alusión al temor de que la cinta transportadora se ralentice por el aumento de las temperaturas, el deshielo continental y el aporte de agua dulce que pueda alterar la química y la hidrodinámica oceánicas.

Ahí radica el interés primordial que han disparado en todo el mundo las investigaciones sobre las corrientes marinas, sus repercusiones a gran escala en el clima terrestre. Las autopistas del océano actúan como sistemas naturales de calefacción y/o refrigeración. Transportan ingentes cantidades de calor —el océano almacena más calor en sus tres metros superficiales que toda la atmósfera— a regiones frías y, a la vez, capturan dióxido de carbono atmosférico, lo que sujeta la escalada de la temperatura terrestre. Por ese motivo “no podemos realizar predicciones sobre el futuro del clima si no entendemos bien los procesos oceánicos o no sabemos predecirlos con detalle. La evolución de la atmósfera depende del océano y viceversa. No pueden disociarse —afirma García Ladona— y eso hace muy difícil predecir la evolución del clima. Es lo más parecido a intentar responder qué fue antes, el huevo o la gallina”.



JOAN COSTA

Lanzamiento de instrumentos de medición desde el buque oceanográfico 'Sarmiento de Gamboa'.

La Corriente del Golfo

Nada es sencillo ni unidireccional en el océano; todo interacciona con todo. Desde que a mediados del siglo pasado Henry Stommel dedujera por puro cálculo matemático las características físicas de la Corriente del Golfo (de México), el interés que despierta entre los estudiosos este gran flujo no ha dejado

de aumentar. Su aporte de agua caliente del trópico hasta la región subpolar del Atlántico norte dentro de un sistema de grandes giros permite cultivar rosas en Noruega o que Lisboa tenga sus inviernos suaves, pero no Nueva York, en su misma latitud. Sin embargo, hoy se sabe que hay otros sistemas de corrientes, incluso en el hemisferio sur,



Amanda Pascual (izquierda) junto al equipo responsable de un artículo sobre la reconstrucción 3D de corrientes a partir de datos de satélites y 'gliders'.

que también pueden influir en el clima europeo.

La Corriente de Agulhas (Agujas) transporta aguas cálidas muy salinas del Índico tropical al extremo meridional de África. Los trabajos de un consorcio investigador de científicos marinos de Estados Unidos, Alemania, Holanda, Reino Unido y España —con participación de expertos de la Universidad Autónoma de Barcelona— han puesto de relieve que parte de esas aguas escapan abruptamente hacia el Atlántico sur formando giros y remolinos. Sospechan que ese aporte puede compensar la pérdida de salinidad en el Atlántico norte por el deshielo del manto groenlandés y, de este modo, apuntalar la Corriente del Golfo y estabilizar el clima en Europa. Hacen falta modelos de simulación por ordenador de mayor detalle y estudios a largo plazo de cambios en la temperatura y la salinidad, pero los indicios están ahí.

El Atlántico está siempre en el epicentro de las investigaciones climáti-

cas porque su red de corrientes y las interacciones con la atmósfera están más concentrados y son más perceptibles que en el inmenso Pacífico. Y también porque en el pasado sufrió alteraciones que bien pudieran reproducirse en un escenario de cambio climático por la acción humana. “Hombre, lo que no va a suceder es algo repentino y catastrófico de un día para otro, como en la película *El día de mañana*, pero es evidente que si hubiese un cambio en los grandes sistemas de corrientes, si se modificase el cinturón termohalino (el transportador global), sí tendría un gran impacto sobre el clima a escala de décadas”, conviene Ananda Pascual, experta en oceanografía por satélite del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA), dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de la Universidad de Baleares.

Al final del último periodo glacial, hace unos 10.000 años, el patrón de corrientes profundas del Atlántico se

invirtió. El clima en el norte era más frío, la convección profunda —transferencia del calor entre zonas de distinta temperatura— se debilitó, cambió la salinidad y el balance de densidad entre las aguas del Atlántico norte y sur. Resultado: la Circulación Meridional de Retorno que discurría de sur a norte pasó a fluir de norte a sur, como sigue en la actualidad. Rainer Zahn y Pere Masqué, de la Universidad Autónoma de Barcelona —junto a colegas de las universidades de Sevilla, Oxford y Cardiff—, publicaron en 2010 en la revista *Nature* un trabajo que evidencia la sensibilidad del medio oceánico y, también, que nada es descartable.

Las señales alarmantes están ahí —más calor en las aguas superficiales, aumento del nivel del mar, acidificación de los océanos por la acumulación de CO₂ en la atmósfera— pero faltan certezas, porque el océano es lento en sus respuestas. La capacidad de almacenamiento y la inercia del mar ralentizan todos los procesos. “Los sistemas de corrientes presentan una variabilidad con periodos mucho más largos que los de la atmósfera y no disponemos de series históricas tan largas para discutirlos con propiedad”, puntualiza García Ladona.

Se debate sobre una alteración de la circulación de la cinta transportadora como una de las consecuencias del calentamiento global, pero “el descubrimiento de la corriente de Islandia cuestiona justamente esta desaceleración. Algo parecido pasa con el deshielo del Ártico, que es un fenómeno recurrente en el tiempo debido a alteraciones de las corrientes relativamente cálidas circundantes. La clave —apostilla García Ladona— está en discernir de forma inequívoca la variabilidad natural de la actividad antropogénica, y en muchos casos no tenemos datos oceánicos suficientemente antiguos para poder comparar”.

El quid está en seguir escrutando el océano y sus corrientes. Ahí se encuentran las llaves para desentrañar los misterios del clima, sus alteraciones y las consecuencias para la vida en la Tierra. Están, como dice la canción, en el fondo del mar. ■

*Detectada a más de 13.000 millones de años luz
por los telescopios espaciales Hubble y Spitzer*

MACS0647-JD, la galaxia más lejana jamás vista por el hombre

Combinando la potencia de los telescopios espaciales de la NASA Hubble y Spitzer y el zum de las lentes gravitatorias —fenómeno de la propia naturaleza del espacio—, los astrónomos han logrado un nuevo récord en la observación a distancia al detectar la que es, hasta ahora, la galaxia más lejana jamás vista por el hombre: a 13.280 millones de años luz o, lo que es lo mismo, a solo 420 millones de años luz del momento en que se produjo el *Big Bang*. ■ POR **Concha Barrigós**, PERIODISTA.

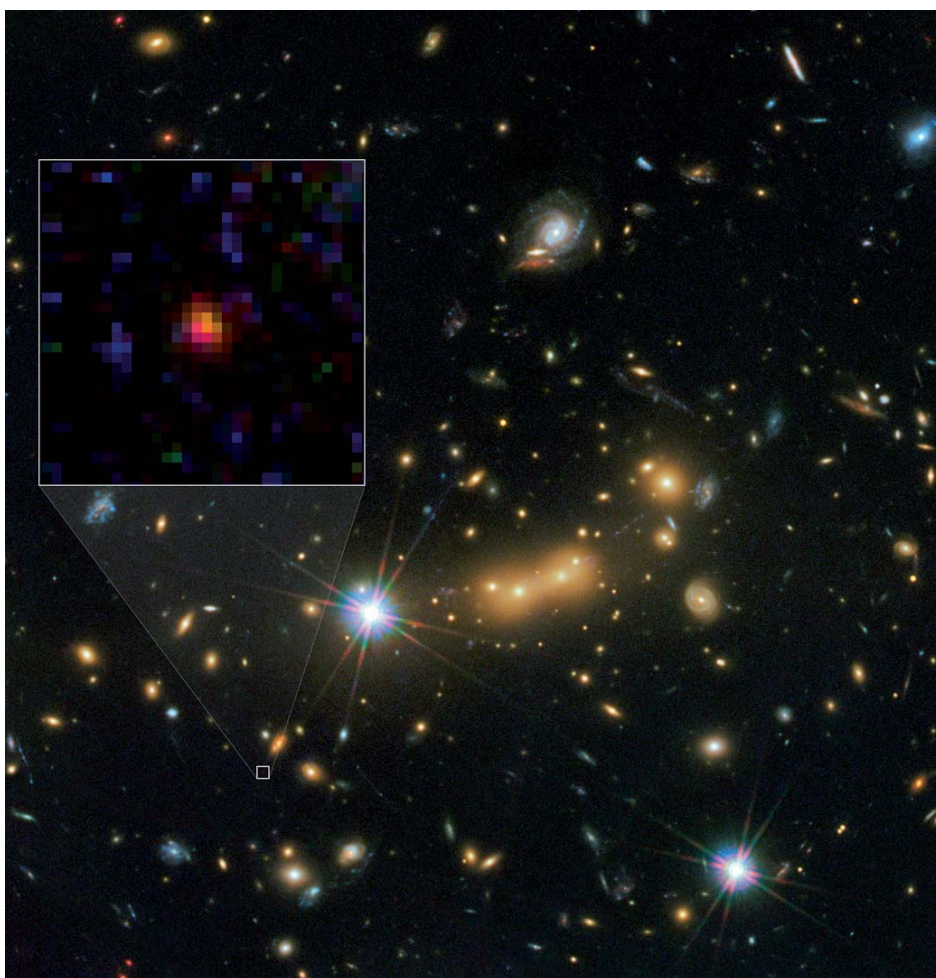
El hallazgo es una diminuta gota, solo una menuda fracción en comparación con la inmensidad de nuestra Vía Láctea, pero permite vislumbrar lo que era el tiempo cuando el Universo tenía *solo* un 3% de la edad con la que cuenta ahora, es decir, 13.700 millones de años.

La luz de la nueva galaxia, bautizada como MACS0647-JD, ha viajado, pues, 13.280 millones de años luz hasta alcanzar la Tierra, una cifra que tiene aún mareados a sus descubridores, que publican el insólito hallazgo en el número de diciembre de la revista *The Astrophysical Journal*.

Es el último descubrimiento de un amplio programa de investigación de detección de las galaxias más lejanas, que utiliza el fenómeno natural de las lentes gravitatorias. Este método aprovecha la desviación que sufren los rayos de luz durante su viaje por el espacio al pasar cerca de objetos masivos, como las galaxias o los quásares, que la declinan con su gravedad. Y lo que es más



El telescopio Hubble orbita en el exterior de nuestra atmósfera desde 1990.



En la imagen proporcionada por la NASA, la galaxia descubierta aparece como una diminuta “gota roja” pixelada.

importante, los amplifican como si fueran una lupa gigante.

El denominado CLASH (The Cluster Lensing And Supernova Survey with Hubble) es el equipo que examina esas lentes y su efecto en los grupos de estrellas del Hubble. Lo que el CLASH hace es utilizar esa especie de lupas como telescopios cósmicos para, así, encontrar concentraciones de galaxias masivas y la luz de las que se esconden tras ellas.

La luz de la MACS0647-JD se encontró en su largo caminar, cuando ya llevaba tras de sí un viaje de unos 8.000 millones de años luz, con el cúmulo masivo de galaxias MACSJ0647+7015, lo que le hizo tomar múltiples bifurcaciones.

Gracias a la lente gravitacional, a la ampliación, distorsión y reflejo de la luz de la viajera más antigua detectada en el espacio, el grupo de investigación del CLASH, que dirige Marc Postman, del Space Telescope Science Institute de Baltimore (EE.UU.), pudo observar tres

magníficas imágenes de ella rebotadas por el telescopio Hubble.

La gravedad del cúmulo impulsó la luz de la remota galaxia, que en las imágenes aparece hasta ocho, siete y dos veces más brillante de lo que es en realidad. Es decir, fue la propia dinámica y naturaleza del Universo la que permitió a los astrónomos detectarla con una seguridad y eficiencia que jamás podrían haber disfrutado por muy sofisticado que hubiera sido el instrumento de observación.

Ayuda venida del cielo

“Ese grupo de galaxias ha hecho por sí mismo lo que nunca podría haber captado un telescopio fabricado por el hombre. Sin esa ampliación natural, habría que haber hecho un esfuerzo hercúleo para observarla y no estamos en absoluto seguros de que aun así lo hubiéramos conseguido”, afirma Postman.

El objeto es tan pequeño que debe haber estado en las fases embrionarias

que forman una galaxia. Las primeras se formaron en un momento que los investigadores sitúan entre 100 y 500 millones de años luz tras el *Big Bang*, cuando la materia empezó lentamente a fusionarse, dando lugar a los átomos, estos a las moléculas y luego a las nubes de gas que nutrieron estrellas y galaxias.

Los análisis de las imágenes muestran que la galaxia —una amalgama de estrellas, nubes de gas, planetas, polvo cósmico y materia oscura unida gravitatoriamente— tiene menos de 600 años luz de ancho, mientras que galaxias más cercanas miden de media, aproximadamente, 2.000 años luz de amplitud.

En comparación con la neófito, la Gran Nube de Magallanes, una formación galáctica de enanas suma 14.000 años luz de ancho, mientras que la propia Vía Láctea tiene 150.000 años luz.

La cantidad de estrellas que forman una galaxia es incontable, desde las enanas —con 10^7 estrellas—, hasta las gigantes —con 10^{12} —, y en ellas existen subestructuras como las nebulosas, los cúmulos estelares y los sistemas estelares múltiples.

“El objeto podría ser uno de los muchos bloques que construyen una galaxia”, explica desde el Space Telescope Science Institute Dan Coe, autor principal del estudio y miembro del CLASH.

“Durante cerca de 13.000 millones de años ha debido tener docenas, cientos e incluso miles de encuentros y fusiones con otras galaxias y fragmentos de galaxias”. La masa total estimada de las estrellas en esta galaxia infantil podría estar entre los 100.000 y el millón de millones, o lo que es lo mismo, entre el 0,1% y el 1% de la masa de la Vía Láctea.

La galaxia ha sido observada con 17 filtros —desde el rango de los ultravioletas cercanos a los infrarrojos cercanos—. Se han empleado los instrumentos Hubble’s Wide Field Camera 3 (WFC3) y la Advanced Camera for Surveys (ACS).

Coe descubrió la galaxia en febrero de 2012 mientras expurgaba una colección de miles de lentes gravitacionales encontradas en las observaciones del Hubble

Un malentendido marciano

La publicación del hallazgo de la galaxia MACS0647-JD se solapó en el tiempo con un bulo informativo sobre Marte que puso a la información espacial en el primer plano de la actualidad. El pasado 21 de noviembre, el director científico de la misión Curiosity, John Grotzinger, encendía todas las alarmas de la expectación con una entrevista en la National Public Radio (NPL) norteamericana. Grotzinger anunció que uno de los instrumentos del vehículo llegado a Marte hacía cuatro meses había recogido datos que iban a cambiar “los libros de Historia”.

Como es obvio, todo el mundo pensó que eso solo podía significar que el pequeño robot había encontrado algún resto de material orgánico, en otras palabras, pruebas de vida en un planeta distinto a la Tierra, la noticia más esperada por la comunidad científica.

Twitter y Facebook ardieron. La posibilidad era tan golosa que todos los medios de comunicación empezaron a hacerse eco de las palabras de Grotzinger. Unos llevaban a otros y los otros más lejos aún. Así, el día 3 de diciembre, cientos de periodistas de todo el mundo estaban pendientes de lo que el investigador principal de esa misión de la NASA iba a anunciar durante la inauguración de la conferencia anual de



John Grotzinger, director científico de la misión Curiosity.

la Unión Geofísica Americana, celebrada en San Francisco.

“No tenemos una detección concluyente de material orgánico marciano, pero seguimos buscando en los diversos entornos del cráter Gale”, explicaba en esa reunión Paul Mahaffy, del Centro Espacial Goddard de la NASA y responsable de recopilar y estudiar las mediciones realizadas por SAM (Análisis de Muestras en Marte, en sus siglas en inglés), una de las herramientas que incorpora el vehículo

en 17 grupos de la misión CLASH. MACS0647-JD, a diferencia de todas las demás, solo aparecía en los dos filtros más rojos.

“Eso nos indicó inmediatamente que MACS0647-JD era o bien un objeto muy rojo que solo brilla en la longitud de onda roja; o bien que estaba muy lejos y su luz se había ido desplazando hacia el rojo, o bien una combinación de ambas posibilidades”, argumenta Coe.

El equipo del CLASH ha trabajado en un gran número de imágenes de ocho galaxias, cuya posición ha permitido elaborar un mapa de la masa del cúmulo, compuesto principalmente de materia oscura, el ingrediente invisible que forma la mayor parte de la masa del Universo. Ese mapa es, en opinión de Coe, “un gran rompecabezas en el que hay que ir colocando la masa para saber cómo se ha desviado la luz de cada galaxia”.

El investigador jefe y sus colaboradores han analizado sistemáticamente durante meses toda clase de posibles explicaciones que permitieran identificar la naturaleza del objeto, incluyendo

que pudiera ser una o varias estrellas rojas, una enana marrón e, incluso, una galaxia roja a distancias intermedias de la Tierra. Sin embargo, tuvieron que concluir que solo una gran distancia galáctica era la explicación correcta.

“Las tres imágenes obtenidas de la galaxia a través de esas lentes cuadran bastante bien; además están en las posiciones que se pueden imaginar para una galaxia a esa remota distancia, teniendo en cuenta todas las predicciones que proporcionan los mejores modelos para ese grupo”, explica Coe sobre el descubrimiento.

Las imágenes de la galaxia en longitudes de onda obtenidas con el telescopio espacial Spitzer jugaron un papel clave en el análisis. Si la naturaleza del objeto lo situaba en el rango intrínsecamente rojo tenía que aparecer brillante en las imágenes del Spitzer. Pero, en lugar de ocurrir eso, apenas la detectó.

El color importa

El corrimiento hacia el rojo es consecuencia de la expansión del espacio en

el tiempo cósmico. Los astrónomos estudian el Universo más distante a través de la longitud de onda del cercano infrarrojo. Las longitudes de onda de la luz cercana al ultravioleta de la galaxia fueron extendiéndose hacia la parte cercana al infrarrojo del espectro, tal como la luz viaja a través del Universo en expansión. Coe establece que MACS0647-JD tiene un desplazamiento hacia el rojo de nivel 11, el mayor observado en la historia de la astronomía. En los primeros tiempos del Universo, las galaxias estaban en llamas, ardiendo, con estrellas azules jóvenes, pero aparecen extremadamente rojas cuando se mira su luz a través del Hubble.

El equipo de investigadores se servirá del Spitzer para obtener observaciones de la galaxia en mayor profundidad y obtener más datos que permitan calcular la edad del objeto y su contenido en polvo. Las galaxias formadas en los primeros tiempos del Universo debían estar relativamente libres de los elementos pesados que, posteriormente, enriquecerían generaciones de supernovas.

de exploración, más conocido como Mars Exploration Rover. “Creo que mis palabras no se entendieron. Fue un malentendido”, se disculpaba Grotzinger cuando la comunidad científica, y la periodística, presente en la reunión, le pedía explicaciones sobre sus sugerentes afirmaciones anteriores.

“Hay que tener mucho cuidado con lo que se dice y medir mucho las palabras, ser cauteloso, porque se crean expectativas que luego, obviamente, no se cumplen porque la Ciencia no es una carrera, sino un paso a paso”, reconocía compungido ante el revuelo.

Es más, Grotzinger pidió paciencia a todos porque, a pesar de que podrían encontrarse trazas orgánicas degradadas, “quizá” por la acción de la radiación solar y ultravioleta, “había que descartar previamente que se trataba de restos procedentes de la Tierra”, llevados hasta allí por la propia misión del Curiosity.

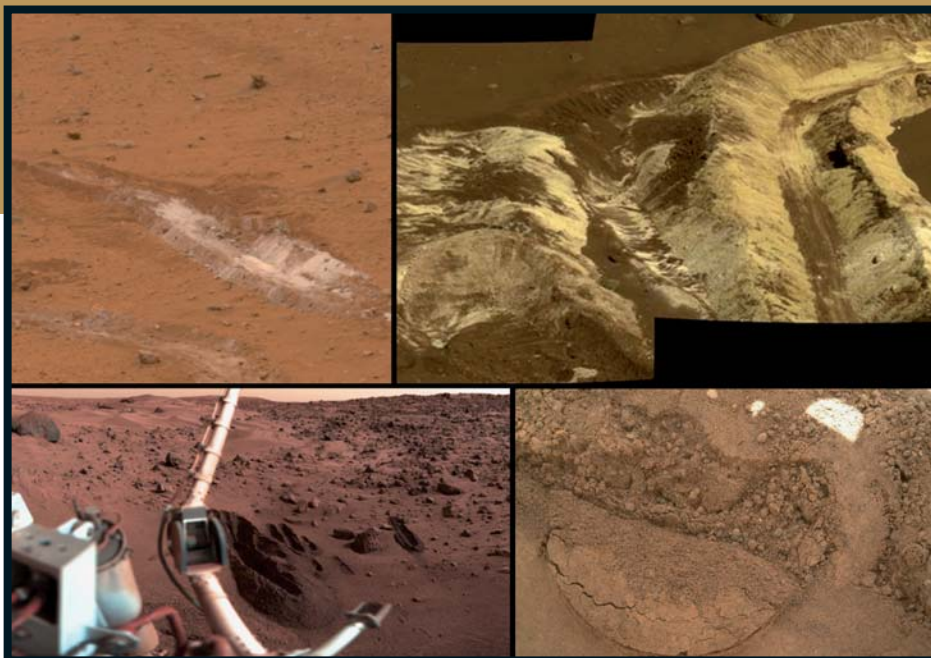
La muestra de suelo objeto de análisis, una amalgama de agua, azufre, un compuesto del cloro (perclorato) y meta-

no de clorato —el elemento orgánico del carbono que al parecer fue el que desató todas las expectativas—, provenía de una zona arenosa, Rocknest. Se trataría de un antiguo glaciar relativamente plano del cráter Gale, que está a kilómetros de distancia del destino principal del Rover, situado en la ladera de la montaña Monte Sharp, el lugar en el que los científicos tienen puestas sus mayores expectativas.

Pero lo que ese día se anunció no era baladí: por primera vez desde que fue lanzada la misión, que durará dos años, el vehículo había utilizado todos los instrumentos de los que dispone para analizar el suelo del planeta rojo.

Nos encontramos ante la primera vez que se puede medir “la respiración” de los componentes del suelo, gracias a los tres sofisticadísimos instrumentos que incorpora el SAM, con el que además se han identificado varios gases, vapor de agua y oxígeno en exiguas concentraciones, aunque mayores que las que han podido detectarse en lo que eran antiguos océanos terrestres.

El Curiosity es la primera de las misiones que se han enviado a Marte que tiene la capacidad de triturar y analizar rocas, gracias a SAM y otros minilaboratorios ultracomplejos de los que dispone el vehículo. ■



Fotografías del suelo marciano tomadas por el Mars Exploration Rover.

Esta insignificante galaxia, en cambio, se encuentra demasiado lejos para ser captada con los telescopios actuales y confirmar su distancia en función de la espectroscopia, disciplina que permite extender la luz de un objeto en miles de colores. Con todo, Coe está seguro de que la galaxia supone “el nuevo récord” en distancia basándose en su color único. Midiendo el brillo del objeto en distintas longitudes de onda se puede determinar la distancia. Y, en ese apartado, la cercana al infrarrojo es la más crítica

para la detección en el Universo primigenio.

“Las tres imágenes de galaxias con lentes gravitacionales coinciden bastante y están a la distancia que cabría esperar cuando se hacen modelos para esos grupos”, subraya Coe.

Ésta es la segunda galaxia más lejana descubierta por el CLASH, un censo multionda de 25 grupos de galaxias y que ya ha completado el estudio de veinte de ellas. Pero hay más: a principios de 2012 este equipo de investigación anunció el

descubrimiento de otra galaxia, en este caso 70 millones de años más joven.

“Estamos explorando los límites de la visión del Hubble. Para ver la estructura más fina se necesita un gran telescopio espacial”, afirma Marc Postman. Ese instrumento podría ser el James Webb, que se lanzará en 2018 para estudiar las frecuencias infrarrojas. Su resolución será tres veces más precisa que la del Hubble. El telescopio recogerá también la luz suficiente para obtener un espectro de MACS0647-JD que facilite datos precisos sobre su distancia, su masa, su edad y la cantidad de elementos pesados que contiene, los que forjaron la primera generación de estrellas.

El CLASH utilizará el Hubble para rebuscar entre galaxias los indicios de formaciones primigenias. Si las galaxias infantiles fueran abundantes podrían haber proporcionado la energía suficiente para quemar la niebla de hidrógeno que cubrió el Universo, un proceso que se llama reionización y que fue la que, finalmente, hizo que en el Universo “se hiciera la luz”. ■

Ábside de la ermita de Santa Eulalia,
en Palencia.

*Una exhaustiva
plataforma en la Red
acerca al navegante a uno
de los movimientos
artísticos más
característicos de nuestra
historia*

el románico peninsular, al alcance de un clic

Gracias a la plataforma *Románico Digital*, promovida por la Fundación Santa María la Real, el conocimiento y la divulgación del patrimonio arquitectónico y cultural del románico existente en la península Ibérica está hoy al alcance de cualquiera que tenga acceso a Internet. El portal es fruto de varios decenios de intenso trabajo de un equipo de investigación interdisciplinar, dirigido por el Centro de Documentación del Arte Románico de la Fundación, y que ahora se pone a disposición de todos. ■ POR **Juan Tena**, PERIODISTA.



MARGELINO ALONSO

A la izquierda, detalle de la plataforma 'Románico Digital'. A la derecha, José María Pérez 'Peridis', impulsor de la iniciativa.

LA PLATAFORMA ROMÁNICO DIGITAL (www.romanicodigital.com) es un paso más en los postulados científicos y culturales de su promotora, la Fundación Santa María la Real. Esta entidad creada en 1994, con sede en Aguilar de Campoo (Palencia) y presidida por el arquitecto y dibujante José María Pérez Peridis, tiene como finalidad el fomento, la investigación, el estudio y la conservación del arte románico y de la cultura medieval mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, así como impulsar y divulgar estos conocimientos. Todo ello, señalan en la Fundación, "como medio para asegurar la conservación y mantenimiento de este patrimonio". La web ofrece contenidos digitalizados, seleccionados y archivados por la Fundación en el Centro de Documentación del Arte Románico (CeDAR), cuyo responsable es el investigador Jaime Nuño.

Peridis, que además de presidir la Fundación es el gran impulsor de este portal digital, asegura que "el patrimonio histórico de España es una de las principales fuentes de riqueza y empleo para el país, sin necesidad de capital, porque este se encuentra ahí: los monumentos son el mejor legado de nuestros antepasados". Lo único que hay que hacer, subraya, es sacarle mayor provecho, "especialmente para un país como el nuestro, donde es fundamental el turismo y en el que, precisamente, nuestra asignatura pendiente es potenciar el turismo interior de cali-

dad". En los próximos tres años, este proyecto prevé convertirse en el mayor portal del mundo dedicado al románico.

Dos bases de datos

La plataforma *Románico Digital* cuenta con dos bases de datos que funcionan paralelamente. Una principal, con 41 campos, operativa bajo las directrices del sistema de metadatos universalizado Dublin Core (sistema de quince definiciones semánticas descriptivas que pretenden transmitir un significado de ellas); y una base secundaria, asociada a la primera y estructurada en 21 campos, que contiene todos los artículos e informaciones recogidos en la *Enciclopedia del Románico de la Península Ibérica*, compuesta por 38 tomos de gran formato y editada por la Fundación. Además, la plataforma dispone de un tesoro con más de 3.200 términos relacionados con el románico, que sirven para asignar palabras clave y, con ello, acotar las búsquedas por temas y guiar al usuario en sus rastreos.

Combinando sus dos bases de datos con el tesoro, pueden realizarse hasta cinco tipos de búsqueda diferentes: general, avanzada, por índices, por descriptores y búsqueda especial para suscriptores, que permite acceder a todos los artículos de la *Enciclopedia del Románico en la Península Ibérica* y buscar por palabras concretas. Esta suscripción está sujeta al abono de una cuota anual de 25 euros.

De un modo general, las personas interesadas, ya sea por motivos profesionales o particulares, podrán acceder a través de esta plataforma a documentación sobre la historia o las características arquitectónicas de los distintos testimonios románicos, así como a mapas de localización con las coordenadas exactas y a galerías de imágenes. También podrán consultar una parte de los textos elaborados por historiadores y especialistas en el románico, muy útil como bibliografía para trabajos de investigación.

Un patrimonio de 9.000 monumentos

Todo esto hará posible, según el responsable del CeDAR, Jaime Nuño, localizar rápida y detalladamente cualquiera de los más de 9.000 monumentos que conforman el patrimonio románico de la Península. Y con el fin de impulsar el turismo cultural, el portal incluye, además, rutas turísticas con mapas —que pueden descargarse— para dispositivos de geolocalización de los principales lugares de interés artístico del románico, enclavados en su mayoría en las comunidades de Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Cataluña, Galicia, La Rioja, Madrid, Navarra y el País Vasco.

En este momento, *Románico Digital* ya cuenta con algo más de 60.000 fotografías digitalizadas, documentación histórica, planos arquitectónicos y mapas de 4.000 edificios y testimonios románi-

Conocimiento e identidad

Hoy la plataforma *Románico Digital*, igual que en su día ocurrió con la *Enciclopedia del Románico en la Península Ibérica*, no solo supone un exhaustivo y ambicioso trabajo científico sobre este estilo arquitectónico, sino que es un proyecto socio-cultural que trasciende a lo que pueda parecer inicialmente una exclusiva labor investigadora.

Aunque parezca paradójico, el hecho de que en España se conserve un rico y valioso legado románico se debe, en una medida no desdeñable, a la incapacidad de muchos núcleos sociales para restaurar sus edificios emblemáticos posteriores al siglo XII. Así pues, en opinión de arqueólogos e historiadores del arte medieval, “el románico es hijo de la pobreza”. De ahí que la mayor concentración de este tipo de construcciones se encuentre en tierras periféricas, “generalmente montañosas y, todavía hoy, con muy poco desarrollo social y económico”. Esta realidad, aseguran en la Fundación Santa María la Real, es lo que les ha movido a rescatar tan gran activo.

Las pequeñas iglesias románicas que hoy pueblan amplias zonas de la mitad norte peninsular fueron, consecuentemente, testigos de la formación de una sociedad que hemos heredado los habitantes peninsulares de hoy. Así, leyendo en su entorno, entre sus muros, en la documentación que testimonia su existencia y evolución histórica, puede seguirse el rastro de nuestra propia identidad social.

Cabe señalar también que el románico coincide no solo con la formación de muchos de los pueblos y localidades actuales, sino con el nacimiento de la vida independiente de las lenguas romances y con el periodo más profundo de una fe religiosa que sigue presente en la cultura occidental. Igualmente, a través de sus artes plásticas, puede entreverse un mundo que ha llegado apenas sin variaciones hasta nuestros días. Ahora, sin embargo, “todo eso está sufriendo un irreparable proceso de extinción”, señalan en la Fundación.

Espacio común

En los tiempos que vivimos, de universalización, la época románica (mediados del siglo XI hasta mediados del XIII) refleja ya en tiempos tan remotos la formación de una identidad europea, evidenciada en la fuerte expansión de formas artísticas comunes por territorios que se sienten parte de una misma cultura: la cristiandad. Y fue así, como bien atestiguan los vestigios y pese a los numerosos e inevitables enfrentamientos entre distintos estados —desde las tierras del Báltico hasta las del Mediterráneo y desde los *finisterres* atlánticos hasta las llanuras orientales—. Los habitantes de estos vastos territorios “fueron conscientes de que compartían un espacio común y una misma tradición”, componentes esenciales que hoy podríamos reconocer en los esfuerzos por una Europa unida. ■



Jaime Nuño, responsable del Centro de Documentación del Arte Románico (CeDAR).



cos repartidos por Asturias, Cantabria, Castilla y León, La Rioja, Madrid y Navarra. Esta información se incrementa progresivamente a medida que los expertos del Centro de Estudios del Románico van incorporando nuevos materiales. A finales de 2012, estaba previsto que se hubiesen agregado los datos correspondientes a Aragón, Castilla-La Mancha y el País Vasco.

La web dispone de una comunidad virtual del románico que ofrece a sus miembros la posibilidad de incluir sus propios comentarios y fotografías, que se incorporan directamente a la correspondiente ficha de cada monumento o testimonio. Por otro lado, y gracias a la colaboración con el Ministerio de Fomento, se ha incorporado una herramienta informática denominada “Enciclopedia *online*”, a través de la cual pueden verse y consultarse todos los volúmenes de la *Enciclopedia del Románico*, a excepción de los relativos a Galicia, Huesca, Cataluña y el País Vasco.

Otra de las muchas opciones que brinda el portal es consultar toda la información relativa a la Fundación Santa María la Real, sus publicaciones, cursos de formación o proyectos de restauración y conservación del patrimonio, así como adquirir las imágenes del portal en alta resolución o, a través de la tienda *online*, comprar distintas publi-



PEDRO LUIS HUERTA

En el sentido de las agujas del reloj, capitel en la iglesia de Santa María de Retortillo (Cantabria); fresco de la ermita de San Miguel de Gormaz (Soria), y arquería en el monasterio de San Juan de Duero (Soria).

caciones y productos especializados en románico y cultura digital.

330.000 fotografías en 2015

No obstante, Jaime Nuño explica que esta magna obra no estará concluida hasta 2015, cuando se incorporen los contenidos de otros 5.000 edificios y testimonios románicos, pendientes aún de catalogar en Huesca, Cataluña y Galicia. El portal contará entonces con algo más de 330.000 fotografías digitalizadas en alta resolución de los aproximadamente 9.000 monumentos románicos que hay en la península Ibérica. De hecho, Nuño y su equipo desarrollan ahora el proyecto *Románico Norte* en 54 templos de las provincias de Palencia y Burgos.

Asimismo, en este momento se encuentra pendiente la posible inclusión de Andorra. "Aunque no son muchos los testimonio andorranos, sí es intención de la Fundación incluirlos", asegura Nuño, que explica que todo está a expensas de la posible financiación.

Por otra parte, es imprescindible subrayar que España ocupa un lugar preferente, junto con Francia e Italia, en cuanto a cantidad y calidad de testimo-



FSMLR

nios románicos. Además, el románico español es uno de los más variados y ricos de Europa. Si bien resulta muy difícil establecer qué país está a la cabeza en número de monumentos de este movimiento, al menos España es el único que dispone de una publicación como la mencionada *Enciclopedia del Románico en la Península Ibérica*, dedicada única y exclusivamente a este arte, alrededor de cuyas iglesias y edificios se ha vertebrado la vida de pueblos y ciudades durante casi un milenio.

Al tratarse de una plataforma de acceso a través de Internet, *Románico Digital* facilita que cualquier ciudadano del mundo interesado en viajar a España o Portugal para conocer una parte esencial de la cultura occidental, como es el románico y toda su riqueza simbólica, pueda ahora, esté donde esté,

consultar todo lo concerniente a los numerosos monumentos, su localización, entorno, cómo llegar hasta ellos y las rutas que es posible recorrer.

En definitiva, *Románico Digital* trata de poner la ciencia, en sus áreas de historia, arquitectura, antropología y artes plásticas y figurativas, entre otras, al servicio de la cabal comprensión del arte constructivo de edificios románicos desde una perspectiva integral. Todo ello con el fin de descubrir su significado como producto social tal y como hoy lo podemos contemplar.

Este proyecto de la Fundación Santa María la Real, en el que han participado más de 600 personas entre investigadores, expertos y técnicos de muy variadas especialidades, ha sido posible gracias a la colaboración del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. ■

En España funcionan más de doscientas de estas organizaciones que permiten a los ciudadanos intercambiar servicios sin utilizar dinero

Bancos de tiempo



Talones de los Bancos de Tiempo de San Javier (Murcia) y de la Asociación de Vecinos Bon Pastor (Barcelona).

En el huracán de una crisis que va más allá de lo económico y que con frecuencia solo invita al desánimo, algunos ciudadanos siguen dando ejemplo de compromiso, regalando, nunca mejor dicho, motivos para la esperanza. Los bancos de tiempo, un sistema económico alternativo que devuelve el protagonismo a las personas, se multiplican por todo el territorio nacional y suman ya más de doscientos. Su funcionamiento es tan efectivo como poco sofisticado: un grupo de usuarios ofrece o demanda productos o servicios sin que intervengan monedas convencionales. ■ POR José María Montero, PERIODISTA.

HACE YA MÁS DE QUINCE AÑOS que Julio Gisbert, un informático que trabaja como empleado de banca, se interesó por los sistemas económicos alternativos como contrapeso a las estructuras económicas convencionales, esas que únicamente funcionan con dinero y en donde solo cabe distinguir entre

personas empleadas (*útiles*) y desempleadas (*inútiles*).

Gisbert se ha vinculado a numerosas iniciativas que han servido para poner en marcha herramientas económicas que nada tienen que ver con las convencionales, y también coordina una página web que se ha convertido en todo un referente dentro de este movimiento

(www.vivirsinempleo.org). En definitiva, y como él mismo explica, se sintió atraído por una filosofía que “busca dotar a todas las personas de las mismas oportunidades y opciones para su desarrollo integral”. Pero es que, más allá de una filosofía atractiva, Gisbert y otras muchas personas como él han sido capaces de llevar a la práctica esta peculiar manera de entender la economía.

La historia de este movimiento, que hoy sigue nadando a contracorriente, nace con el trueque, aunque no se trata del simple intercambio de productos que existe desde la Prehistoria, sino de algo más complejo y polivalente, apoyado en redes y organizado gracias a los modernos sistemas informáticos. Este trueque contemporáneo surge en Canadá, en los años setenta del pasado siglo, y a partir de ahí se extiende por todo el mundo adoptando diferentes modelos.

“Este tipo de iniciativas”, detalla Gisbert, “nacen promovidas por situaciones donde las economías nacionales, y una situación laboral precaria, no pueden generar nuevos recursos en la comunidad”. De esta manera, se crea un mercado local paralelo al tradicional y un sistema bancario alternativo. Las aptitudes, habilidades y conocimientos de las personas son el verdadero motor del nuevo sistema porque son el valor que se pone en común para el intercambio.

El valor de una hora

Los bancos de tiempo (BdT) son una de esas herramientas que nacen de este movimiento que reivindica el trueque, y quizá sean los escenarios en los que mejor se puede explicar el funcionamiento y la uti-



Julio Gisbert, introductor de los bancos de tiempo en España, y María Novo, catedrática de la UNED y presidenta de la asociación Slow People.



alidad de este sistema de intercambio.

Surgieron en Estados Unidos en la década de los ochenta con la experiencia de los Time Dollar, en los que la unidad de valor era el

tiempo o “dólar-tiempo”. A Europa llegaron a través de Italia, donde en 1992 nació la primera de estas redes, apoyada por el sindicato de pensionistas de Parma, y hoy suman ya más de 300. En España, que también se incorporó a esta corriente en los años noventa, existen en la actualidad más de 200 BdT y según Gisbert, su introductor, “el número crece a razón de cinco nuevos bancos cada mes”. La comunidad autónoma que lidera este movimiento es Galicia (67 BdT), quizá porque es en la única donde se ha legislado a propósito de estos servicios y se ha promovido su creación en todos los *concellos* de la región. También destacan por su número Cataluña (30 BdT), Andalucía (27), Madrid (21) y Euskadi (10). Los únicos territorios donde aún no existen este tipo de bancos son Ceuta y Melilla.

Una buena manera de acercarse a lo que son y a lo que significan los BdT es leer a María Novo, catedrática de Educación Ambiental de la UNED y presidenta de la asociación Slow People. En su libro *Despacio, despacio...* (Ediciones Obelisco, 2010), Novo celebra la existencia de estos bancos que funcionan como tales sin serlo.

En realidad, es un sistema económico alternativo por el cual un grupo de usuarios puede ofrecer o demandar productos o servicios sin que intervenga la moneda convencional. Añade Novo que se trata, por tanto, de “un sistema de intercambio que va más allá del simple trueque entre dos personas, tú me arreglas el jardín y yo te enseño a cocinar, por ejemplo, porque lo que se recibe a cambio del servicio que se presta es una moneda no convencional”. En vez de euros, esa moneda no convencional es el tiempo, medido en horas.



SANDRA DE MIGUEL

El secreto de los BdT reside en que vuelven a colocar a las personas (y no al mercado o al dinero) en el centro de las relaciones humanas y sociales. “Reconocemos a quien nos presta un servicio, hablamos con él o ella, incluso descubrimos, generalmente, que tenemos puntos de vista compartidos”, explica la presidenta de Slow People. También nos gusta ir a ayudar a alguien “como lo haríamos con un amigo, sin la presión económica de por medio, con tiempo

para tomar una cerveza, o dos, y disfrutar del trabajo bien hecho”.

En definitiva, resume Novo, la regla de oro de un banco del tiempo es “conjuguar la actividad útil con el placer y la solidaridad, es decir, hacer por entusiasmo y con buen humor lo que, de otro modo, alguien haría simplemente como un deber remunerado”.

En el BdT no se devuelve el servicio a quien nos lo ha prestado, sino que se acumulan o detraen horas en cada sal-

Intercambio de habilidades

La mayoría de los bancos de tiempo (BdT), señala María Novo, catedrática de Educación Ambiental de la UNED, presidenta de la asociación Slow People y autora del libro *Despacio, despacio...*, “han echado a andar de la mano de las mujeres, muy habituadas ya a intercambiar entre sí servicios como turnarse para llevar y recoger a los niños del colegio —‘yo te los llevo y después tú recoges a los míos’—. Además, en países como España, y en especial en Andalucía, nuestra cultura, muy abierta a la convivencia y al trato espontáneo, se presta especialmente a este tipo de iniciativas y el catálogo de posibles prestaciones a intercambiar suele ser muy amplio”.

La experiencia de los bancos que funcionan en España y en otros países nos dice que los servicios más solicitados son el cuidado de niños, los trabajos de consultoría, los viajes compartidos en automóvil, el acompañamiento de personas mayores, los cursos de

cocina, las clases de idiomas, las lecciones de piano y otros instrumentos musicales y las clases de informática. También son muy demandados los trabajos de fontanería, electricidad e instalaciones; las consultas de salud; las traducciones; el diseño técnico; la ayuda para los trabajos escolares y las labores de jardinería. Pero lo cierto es que el catálogo de servicios que se pueden ofrecer y demandar es casi infinito.

Se han creado incluso las conocidas como “redes de intercambio de conocimientos”, que suponen una curiosa variante de los BdT. En este caso, explica Julio Gisbert, que coordina la página web www.vivirsinempleo.org —un referente dentro de este movimiento—, “la red pone en contacto a personas que quieren aprender o adquirir formación con personas que quieren enseñar o comunicar conocimientos, informaciones o destrezas”.

Las normas son parecidas a las de un BdT. También se apoyan en el principio de reciprocidad (el que enseña puede aprender, y viceversa), pero la principal diferencia es que

no se produce pago o cobro por cada hora de intercambio. “Algunas redes —destaca Gisbert— organizan, incluso, reuniones denominadas ‘y onosequeenseñar’, cuyo nombre ya dice todo respecto a sus objetivos”. ■



Los bancos de tiempo refuerzan la solidaridad comunitaria.

do personal, horas que podrán ser utilizadas, en el futuro, para solicitar o dar servicios a un tercer socio. Las prestaciones tampoco tienen que coincidir en el tiempo y, por eso, uno de los lemas que todo socio tiene presente es el que recuerda que “se da cuando se puede y se recibe cuando se necesita”.

¿Cómo funciona un BdT?

Un BdT debe ser iniciado y mantenido por un colectivo, ya sea una asociación, una parroquia, un ayuntamiento... De esta manera, los organizadores funcio-

nan como si fueran el banquero, es decir, abren las cuentas (comprobando la identidad de la persona para garantizar la claridad y seguridad del sistema, ya que este se basa en la confianza mutua), verifican que todo funciona correctamente, supervisan las transacciones, sirven de mediadores en conflictos entre usuarios, etcétera.

Aunque Internet permite trabajar *online* en un territorio sin límites, lo más operativo es que el BdT opere sobre un espacio definido —un barrio, un municipio o una comarca— en el que los

usuarios puedan moverse con cierta facilidad. También puede operar sobre un determinado colectivo, con independencia de dónde vivan sus integrantes.

Cuando una persona se inscribe, indica cuáles son sus habilidades, aquello que puede hacer por otros, y recibe un listado de ofertas de los demás socios. La unidad de intercambio es la hora, sea cual fuere el trabajo o servicio que se realice (vale lo mismo la hora de un fontanero que la de un médico). Cada socio tiene una cuenta abierta en horas, con un debe y un haber, y esta se va moviendo continuamente según las demandas que haga o los servicios que preste.

Los usuarios, después de darse de alta, reciben un pequeño préstamo para poder iniciar su cuenta, adelanto que pueden devolver al banco de diferentes formas, ya sea en servicios comunes, bienes útiles para el BdT o trabajos comunitarios.

El usuario puede ofrecer productos y servicios a cambio de horas, y una

Manual completo y gratuito para poner en marcha un banco de tiempo:
www.slideshare.net/jullogq/guia-bancos-de-tiempo-vivir-sin-empleo ■

ASOCIACIÓN SALUD Y FAMILIA



ASOCIACIÓN SALUD Y FAMILIA



La lectura a personas con discapacidad visual y las clases de informática son dos de las actividades más demandadas en el Banco del Tiempo del Barrio de Gracia (Barcelona).

SCOUT BARRIO VICTORIA, AMPA PEDRO GÓMEZ BOSQUE Y CRUZ ROJA



Los mercadillos solidarios o el trueque son otras alternativas al comercio tradicional.

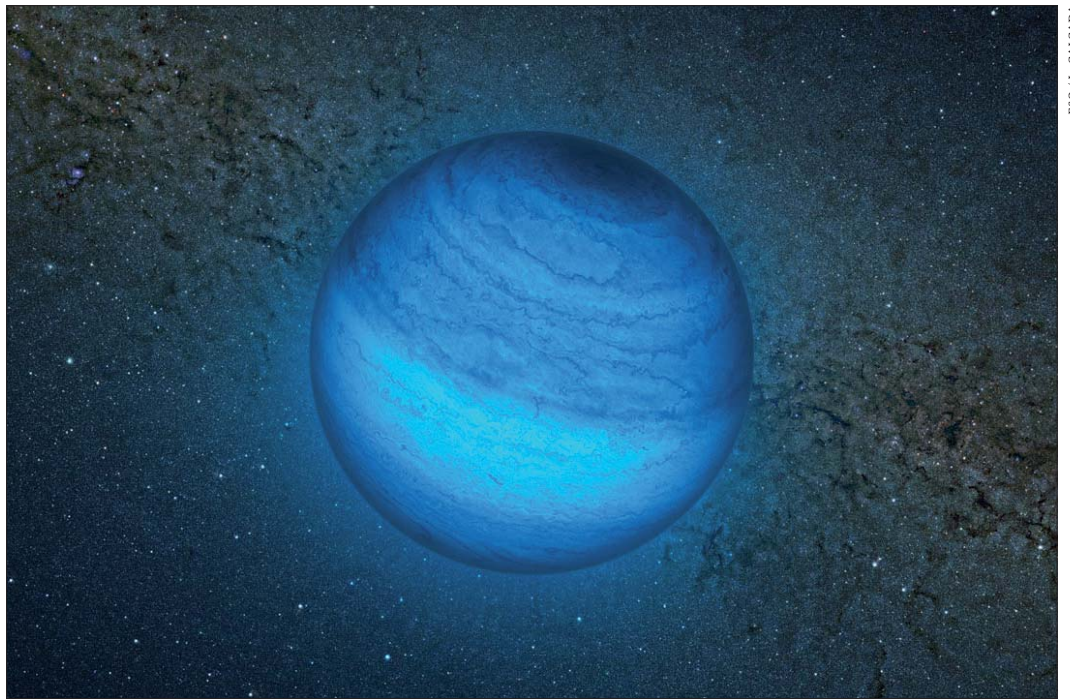
vez se haya recibido el servicio se realiza el pago a través de un sistema *online* o mediante un cheque físico. Por su parte, el usuario que ha ofrecido el servicio puede usar las horas o crédito recibido para adquirir otro producto o servicio que preste cualquier usuario del sistema.

Para ganar en operatividad y evitar distorsiones, los Bancos de Tiempo suelen establecer un límite en los endeudamientos (no se podrá superar una deuda fijada en un número determinado de horas), aunque también disponen de fórmulas alternativas para reducir esa deuda: si un socio acumula muchas horas de deuda y sus servicios no son solicitados por otros socios, se puede negociar, por ejemplo, una reducción de la deuda a cambio de la prestación de servicios al propio banco o de alguna tarea que beneficie a todo el colectivo. También se suele fijar un límite en la oferta de servicios por socio, evitando así que algunas personas ofrezcan servicios por encima de sus posibilidades reales.

Aplicando el concepto de créditos por servicios, explica Gisbert, los BdT “ayudan a resolver problemas básicos de la supervivencia a personas de la tercera edad o, simplemente, a personas de bajos ingresos o desempleados que, por esta vía, pueden convertir su tiempo en dinero o en créditos para servicios futuros”.

“Un banco de tiempo —concluye Novo— es una experiencia de *empoderamiento* de la ciudadanía, una sencilla herramienta que devuelve el protagonismo a los ciudadanos, que nos aleja de la cultura del subsidio y la inercia asistencial. Una manera muy poco sofisticada de crear tejido social, de favorecer la integración y el sentimiento de pertenencia a una comunidad”. En fin, todas esas cosas que la clase política anda siempre defendiendo pero que son tan difíciles de llevar a la práctica. Tan complicados que, al final, son los ciudadanos comprometidos los únicos que, de verdad, pueden ejecutarlas. Por el puro placer de ayudar. Por la simple satisfacción de reforzar los lazos personales y comunitarios que esta sociedad, tan repleta de *ruidos*, ha ido debilitando. ■

Descubierto el primer planeta errante



ESO / L. CALÇADA

Impresión artística de una visión infrarroja del planeta errante.

LA VARIEDAD DE CUERPOS que habitan el universo es mayor de lo esperado y, en ocasiones, sorprendente. Aunque se sospechaba de su existencia, por primera vez se ha descubierto lo que parece ser un planeta solitario y errante, vagando por el espacio interestelar a unos 100 millones de años luz de la Tierra. No parece estar atado a la gravedad de ninguna estrella, aunque probablemente se formara en el disco protoplanetario de alguna de ellas. En algún momento debió de ser arrancado de su órbita y comenzó a vagar de forma independiente.

Los astrónomos del Instituto de Planetología y Astrofísica de Grenoble (Francia) lo han localizado gracias a los datos obtenidos de forma complementaria

por el telescopio VLT del Observatorio Europeo del Sur (ESO, en sus siglas en inglés), situado en el cerro Paranal (Chile), y el telescopio Canadá-Francia-Hawái, situado en la cumbre del Mauna Kea, en el archipiélago estadounidense, a 4.200 metros de altitud.

Hasta ahora se habían descubierto otros cuerpos errantes, pero en su mayor parte se trataba de enanas marrones, semejantes a las estrellas pero carentes de la masa suficiente como para provocar los procesos de fusión nuclear que les dan brillo. Esta es la primera vez que se localiza un planeta sin ataduras familiares, y los científicos ya le han dado nombre oficial: CFBDSIR2149. Gracias a su relativa cercanía y la ausencia de la luz estelar que oculte

este cuerpo a los observadores, se ha podido estudiar su atmósfera y determinar con un alto grado de certeza que se trata de un planeta. Aunque no orbita ninguna estrella, tampoco viaja solo, ya que forma parte de una gigantesca corriente de estrellas jóvenes conocida como AB Doradus Moving Group. Los astrónomos sospechan que en ese flujo puede haber muchos más ejemplares planetarios.

Según los autores, el estudio de este hallazgo permitirá conocer mejor los procesos de formación de sistemas planetarios y de evolución temprana, entre otras cosas porque los ya conocidos suelen ser difíciles de estudiar debido a que su imagen se ve deslumbrada por la estrella a la que orbitan. ■

Biodiversidad

Un millón de especies pueblan los mares

A PENAS SE HAN DESCRITO 1,8 millones de especies, una ínfima parte del total de seres vivos que habitan la Tierra. Ni siquiera sabemos cuánto desconocemos, ya que las estimaciones suelen oscilar en los 10 y los 100 millones. Además, la mayor parte de ellas son microorganismos unicelulares, sobre todo bacterias. Ahora, un trabajo conjunto en el que han colaborado 270 taxónomos de 32 países diferentes, entre ellos representantes de España, ha estimado que el número total de especies marinas eucariotas (es decir, sin incluir bacterias ni arqueas) debe encontrarse entre 704.000 y 972.000, lo que multiplicaría entre tres y cuatro las 230.000 que ya hay descritas en la actualidad.

El estudio, que ha merecido la portada de la revista *Current Biology*, ha utilizado, por un lado, modelos estadísticos a partir de las proyecciones del número de especies descubiertas en cada zona muestreada durante las últimas décadas, y por otro, las estimaciones de cada investigador, basadas en su experiencia en cada ám-

bito concreto de la biología marina. Según Enrique Macpherson, del Centro de Estudios Avanzados del CSIC en Blanes (Barcelona), “el principal mérito del trabajo ha sido reunir a los principales taxónomos del mundo para poner en común su información”, algo que hasta ahora no se había hecho nunca. Xavier Turón, investigador del mismo centro, resalta que “los cálculos de los dos métodos utilizados arrojan cifras del mismo orden de magnitud, confirmando que conocemos aproximadamente una tercera parte de las especies”.

El análisis también ha puesto de manifiesto la existencia de unos 170.000 casos de sinonimia, esto es, la existencia de diferentes nombres para las mismas especies. De las 230.000 que están ya catalogadas, unas 200.000 son animales, 19.500 pertenecen al reino Chromista, 7.600 son plantas, 1.050 hongos y 550 protistas. Según Macpherson, posiblemente se tarde un siglo en describir todas las especies marinas que aún permanecen en el anonimato. ■



El mundo marino sigue siendo un gran desconocido.

Geología

Se está rompiendo una placa tectónica

L OS GEÓLOGOS ASISTEN asombrados a un fenómeno inédito hasta ahora: la ruptura de la placa tectónica indoaustraliana. El proceso, como suele ocurrir en las ciencias de la Tierra, es lento, pero salpicado de eventos repentinos y muy destructivos, como los grandes terremotos que se han producido en los últimos años en el océano Índico: los que se produjeron el 11 de abril de 2012, uno de magnitud 8,7 y otro de 8,2; y el de magnitud 9 que dio lugar al tsunami que, en 2004, produjo unas 230.000 víctimas mortales en Tailandia.

Según han publicado en la revista *Nature* científicos de las universidades de Utah y de California en Santa Cruz (EE.UU.), el terremoto de 8,7 fue en realidad la suma de cuatro temblores simultáneos, provocados por la apertura de cuatro fallas al suroeste de Sumatra, tres de ellas paralelas y otra transversal a la primera. El de 8,2, ocurrido dos horas después, abrió una quinta falla. Todo ello es consecuencia del proceso de ruptura de la placa indoaustraliana, a lo largo de un contorno aún poco claro, en el océano Índico al oeste de Sumatra y el suroeste de la India.

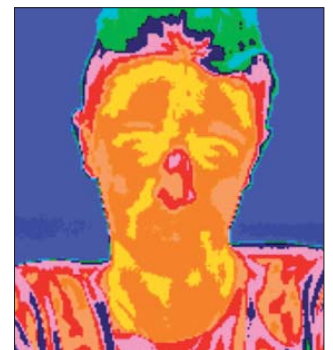
Según Keith Koper, profesor de Geofísica en la Universidad de Utah, “esto es parte de un proceso de-

sordenado de ruptura de la placa, que empezó hace 50 millones de años y llevará aún muchos millones de años más hasta que se formen unos contornos definidos. Serán necesarios miles de terremotos más semejantes a estos para que se produzca”. Por su parte, los sismólogos de la Universidad de California Han Yue y Thorne Lay consideran que el terremoto de 8,7 ha sido probablemente el mayor conocido intraplaca, es decir, generado en el interior de una placa y no en la zona de contacto de dos o más placas. ■

Psicología

Las mentiras se descubren por la nariz

L A NARIZ PROPORCIONA indicios de que una persona miente, pero no porque se le alargue, como le ocurría a Pinocho, el célebre protagonista del cuento, sino porque aumenta su temperatura, algo detectable con una cámara termográfica, según informa la agencia SINC. Los autores del trabajo, Emilio Gómez



La temperatura de la nariz delata nuestras mentiras.

Milán y Elvira Salazar López, del departamento de Psicología Experimental de la Universidad de Granada, han bautizado el fenómeno como el *efecto Pinocho* y han aplicado también el sistema de medición de las temperaturas a muchos otros aspectos del comportamiento y de la actividad mental y física.

Entre esos otros aspectos se encuentra el deseo y la excitación sexual, que producen un aumento de la temperatura en las zonas genitales y pectorales. La ansiedad genera una subida general de la temperatura facial, mientras que un esfuerzo mental intenso provoca una disminución de la temperatura de la nariz. El ejercicio físico también produce efectos térmicos detectables, a veces de forma insospechada. Así, “cuando una persona baila flamenco descende la temperatura de los glúteos y aumenta la de los antebrazos. Cada tipo de danza tiene su propia huella”, dice Salazar.

Los fenómenos emocionales, físicos y mentales producen variaciones de temperatura en torno a un grado y están localizadas en zonas predeterminadas, por lo que la termografía puede convertirse en un mecanismo de diagnóstico o estudio de ciertas patologías. En los individuos afectados por la esclerosis múltiple, por ejemplo, su organismo no regula bien la temperatura y, a la hora de iniciar una dieta de adelgazamiento, puede servir para determinar el patrón corporal de grasa del individuo. ■

Física

20 millones de euros para hacer viable la superconductividad



Anillo superconductor desarrollado por el Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

ALGÚN DÍA, LAS LÍNEAS de alta tensión no tendrán pérdidas de energía y la electricidad podrá almacenarse a voluntad hasta que se necesite gracias a la superconductividad. Para avanzar hacia ese futuro, la Unión Europea ha lanzado el proyecto Eurotapes, dotado con 20 millones de euros, para convertir este fenómeno físico, que tiene muchas otras aplicaciones, en una realidad. El proyecto lo lidera y coordina un grupo de investigación español, el que dirige Xavier Obradors en el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (CSIC). Según explica Obradors, “se trata de conseguir que las cintas, los cables, los generadores y otros componentes superconductores sean suficientemente competitivos y económicos para que su uso se extienda”.

Tras el descubrimiento en 1987 de los materiales superconductores de alta

temperatura (relativamente alta, ya que la mayor parte de ellos pierden esa propiedad a temperaturas muy inferiores a los 100°C bajo cero), sigue habiendo dificultades técnicas y económicas para aprovechar sus prometedoras aplicaciones, pese al esfuerzo en investigación que se realiza en todo el mundo. El grupo de Obradors, que ya desarrolló una cinta superconductora de altas prestaciones gracias a un proyecto europeo, ahora trata de conseguir materiales con mejor rendimiento y a menor coste para todo tipo de aparatos en energía, biomedicina, transporte y otras aplicaciones, como los aceleradores de partículas. Como ejemplo de sus cualidades potenciales, Obradors asegura que “si se sustituyen los generadores eléctricos convencionales por otros superconductores, un molino eólico produciría la energía que generan ahora dos o tres”. ■

Toma de decisiones

Una fórmula matemática para el comportamiento social

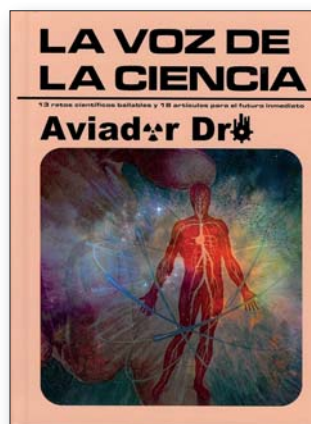
Tomamos decisiones de acuerdo con multitud de factores personales, tanto racionales como emocionales, a partir de los datos que nuestros sentidos nos aportan del entorno, pero también nos vemos inevitablemente influidos por las decisiones que, en situaciones semejantes, toman los demás, aunque a veces se demuestre finalmente que la opción elegida era errónea. Un grupo de investigación del Instituto de Neurociencia Ramón y Cajal, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Madrid, ha desarrollado una fórmula matemática que permite establecer la probabilidad de elegir una opción frente a otra en función de las respuestas de otros miembros de un colectivo. La investigación se publicó en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) a finales del pasado mes de octubre. Aunque el trabajo se ha realizado mediante experimentos llevados a cabo con modelos animales (peces cebra y datos recogidos de estudios previos con hormigas argentinas y peces espinosos), el responsable del grupo, Gonzalo García de Polavieja, afirma que “esta teoría podrá servir para entender el comportamiento humano y los fallos presentes en las decisiones colectivas”. ■

S
O
B
R
E
L

**¿Qué es el universo?
¿Qué es el hombre?**
Eduardo Battaner
Alianza Editorial
Madrid, 2011

El astrofísico y divulgador Eduardo Battaner, del Instituto de Astrofísica de Andalucía y del Instituto Max Planck (Alemania), plantea en este libro dos de las preguntas cruciales que se lleva haciendo la humanidad desde que dejamos de ser monos listos para convertirnos en humanos sabios. A la primera pregunta se puede responder hoy no ya desde la filosofía, como ocurría antes del Renacimiento, sino desde las ciencias cosmológicas, que cada vez nos informan más y mejor acerca de nuestro posicionamiento en el macroconjunto del cosmos. A la segunda se suele responder desde el ámbito biológico, pero entraña asimismo un interrogante específicamente cosmológico: la vida no es más que una transformación de la materia, diferente a las que existen en los lugares donde no existe esa vida, pero igualmente entroncada con las leyes cósmicas y físicas —las cuatro fuerzas del Universo, las cuatro partículas funda-

mentales—. La rápida evolución de esa vida biológica frente a la lenta evolución de la vida geológico-cósmica ha dado lugar en nuestro planeta a unos seres vivos extraños, los humanos, capaces de plantearse a la vez esas dos preguntas fundamentales. ■



La voz de la Ciencia
Aviador Dro y diversos
autores
Disco-libro editado
en toda España

Estamos, sin ningún género de dudas, ante un producto divulgativo tan atípico como interesante: la edición conjunta de un disco de música rock y de un libro con artículos divulgativos de autores conocidos. Ya lo dice el subtítulo de la obra: *13 retos científicos bailables y 18 artículos para el futuro inmediato*. La música ha sido compuesta e interpretada por un veterano conjunto que en sus años mozos fue famoso por sus inquietudes futuristas, Aviador Dro, a la cabeza del cual sigue estando Servando Carballar y que ahora vuelve al primer plano de la actualidad con una propuesta musical renovada y absolutamente progresista, incluidas las letras de

sus canciones, inspiradas en la ciencia más actual. En cuanto a los artículos, se centran en temas como el entrelazamiento cuántico, el bosón de Higgs, los multiversos, la materia y la energía oscuras, la singularidad, la cibernética o las neurociencias. Han sido escritos por diversos científicos eminentes, entre los que cabe citar a Ignacio Cirac —del Instituto Max Planck y Premio Príncipe de Asturias— o Pedro Serena —investigador del CSIC—, o por divulgadores, entre los que están Jorge Alcalde, director de la revista *QUO*, o Emilio Rey, director de DigitalMeteo. *La voz de la Ciencia* ha recibido el apoyo del CSIC y de diversos museos de ciencia (Valladolid, La Coruña, Valencia, Pamplona...), además de la ayuda personal de científicos del CERN —como Álvaro de Rújula—, del CSIC, de la Fundación Excelencia y de diferentes universidades españolas. La asesoría estratégica a Aviador Dro en este proyecto la han ejercido tres personas: el ya citado Pedro Serena; Ramón Núñez, director del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, y Manuel Toharia, director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia, que también es responsable de algunos textos. ■

Cómo percibimos el mundo
Ignacio Morgado
Editorial Ariel
Barcelona, 2012

Aunque nos parezca increíble, los colores no existen, ni tampoco los sonidos

ni los sabores. Más allá de nuestra mente, la realidad es muy distinta a como la imaginamos. Nuestro cerebro, sin embargo, ha evolucionado a lo largo de la historia para recrear una imagen



del mundo que resulte, si no veraz, sí al menos útil. Ignacio Morgado, catedrático de Psicobiología de la Universidad Autónoma de Barcelona e investigador del Instituto de Neurociencias, describe en su última obra divulgativa cómo nuestro cerebro recibe la información proveniente del exterior, cómo la procesa y cómo construye esa idea a la que solemos llamar pomposamente “realidad”.

Morgado pone a disposición del público, en un formato divulgativo, una mirada científica actualizada a cuestiones tan escrutadas como quiénes somos, qué es lo que nos hace conscientes, es decir, qué correspondencia existe entre nuestras percepciones y la realidad y hasta qué punto es nuestro cerebro capaz de entenderse y conocerse a sí mismo. Para ello, repasa varios estudios científicos que ahondan en la de-

finición de autoconsciencia, es decir, el sentido de nosotros mismos, y aborda varias teorías que intentan explicar en qué consiste esta, dónde reside y cuáles son los mecanismos que la hacen posible. A continuación, explica cómo la mente recibe y procesa la información proveniente de nuestros sentidos, tanto los que nos conectan con el mundo exterior como los que nos permiten conocer el estado de nuestro propio cuerpo.

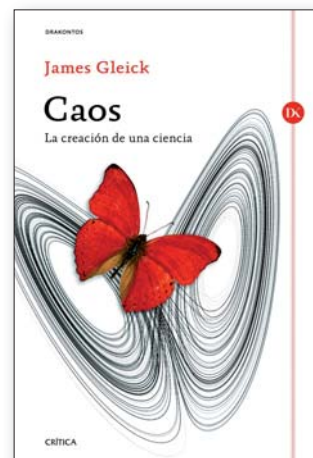
El texto se sumerge, además, en la historia evolutiva de nuestro cerebro, que nos permite entenderlo no como una máquina perfecta, sino como el fruto imperfecto de la superposición de tres cerebros: el reptiliano, que gobierna nuestros instintos; el mamífero, que rige nuestras emociones, y el de los primates, que aporta nuestra faceta más racional. Una obra, en suma, que aporta el conocimiento científico disponible sobre el funcionamiento de nuestro cerebro para arrojar luz en torno a preguntas, quizá sin respuesta, acerca de qué es lo que nos hace ser quienes somos. ■

Caos
James Gleick
Editorial Crítica
Barcelona, 2012

En 1961, Edward Lorenz, intentando modelizar el tiempo meteorológico, descubrió que pequeñísimas variaciones en algunos parámetros, debidas a que su computador solo aceptaba seis decimales, generaban pautas de comportamiento atmosférico que en pocos

días daban lugar a situaciones antagónicas. Lo que bautizaría, con agudo sentido publicitario, como *efecto mariposa*, fue uno de los momentos cruciales para el nacimiento de una nueva disciplina, el caos, que intenta estudiar fenómenos irregulares, difíciles de sistematizar o aparentemente gobernados por el azar, y que aparecen en todos los ámbitos de la ciencia.

Numerosos fenómenos físicos, las reacciones químicas, los procesos geológicos, la fisiología de los seres vivos, el devenir de pla-



netas, estrellas y galaxias, las relaciones ecológicas, el funcionamiento del cerebro, las propiedades emergentes de los sistemas, el comportamiento social, las fluctuaciones financieras... Analizando la realidad con suficiente detalle da la impresión de que detrás de cada manifestación, natural o cultural, subyace una cierta indeterminación, un comportamiento aleatorio. La ciencia del caos, que tuvo un enorme desarrollo durante los años ochenta del pasado siglo, intenta explicar de manera coherente estas manifestaciones gobernadas

por el desorden, y lo hace utilizando las matemáticas de la complejidad, un campo donde se han producido grandes avances en las últimas décadas.

Al calor de la eclosión de esta nueva disciplina apareció, en 1987 (1988 en España), este libro, que rápidamente se convirtió en la más entretenida y amena forma de acercarse a este mundo del caos, lleno de irregularidades y fenómenos sorprendentes. Escrito por el periodista y escritor científico James Gleick, este clásico de la literatura de divulgación ha sido ahora recuperado por la colección Drakontos de la Editorial Crítica y sigue sorprendiendo por su claridad y su capacidad de seducción. A pesar de haber transcurrido un cuarto de siglo desde que fue escrito, su contenido no ha perdido actualidad y, aunque obviamente no recoge trabajos posteriores, sigue siendo un perfecto mirador para atisbar el mundo caótico que somos y en el que vivimos. ■

La fórmula preferida del profesor
Yoko Ogawa
Editorial Funambulista
Madrid, 2012

Existe cierta idea de que las matemáticas no son una disciplina fácil de divulgar, y aún lo son menos conceptos como los de la elegancia, la belleza que encierran los números primos o la abstracción de una fórmula matemática. Esta ciencia, madre de todas las demás, tiene su propio lenguaje, y a menudo pareciera que introducirlo en un texto divulgativo

podría “asustar” y espantar al lector. Sin embargo, Yoko Ogawa consigue insertar los guarismos y la lógica de las matemáticas en una narración literaria y, con todo ello, transmitir la belleza de las



matemáticas y su inextricable unión con eso que llamamos realidad —no en vano hay quien dice que todo, en última instancia, no es sino matemáticas, y que esta disciplina se limita a descubrir las reglas que sustentan lo que se manifiesta en el plano físico—.

La obra, que se ha convertido en un auténtico fenómeno social en Japón con millones de ejemplares vendidos, y que ha sido llevada ya al cine y al cómic, narra la historia del encuentro de dos soledades enlazadas por dos puentes: el amor por un niño y la pasión por las matemáticas. En España ha conseguido también un notable éxito, hasta el punto de haber llegado ya a su decimotercera edición.

La novela cuenta la historia de un profesor que, tras un accidente, sufre una extraña enfermedad que hace que su memoria dure solo ochenta minutos. A su casa acuden varias asistentas que no soportan a aquel

hombre hurtaño que vuelve a nacer cada poco rato y que solo vive para las matemáticas. La última, sin embargo, acepta su comportamiento y se adapta a él. El matemático, además, adora a los niños, y pronto surge una relación marcada por el cariño que el matemático profesa al hijo de la asistente y por su pasión por la transmisión del conocimiento.

Ogawa logra trazar una historia sencilla y cautivadora que transmite el corazón de las matemáticas, aquello por lo que se le encienden los ojos a un investigador en esta disciplina y que, quizá, nunca nos contaron de niños y lo hace sin prescindir de las cifras ni los juegos matemáticos, engarzándolos en la historia y haciéndolos formar parte de ella. En resumen, se trata de una obra de fácil lectura y al mismo tiempo magnética, capaz de transmitir la esencia de las matemáticas a cualquier persona, sea o no amante de esta ciencia. ■

Stephen Hawking, su vida y su obra

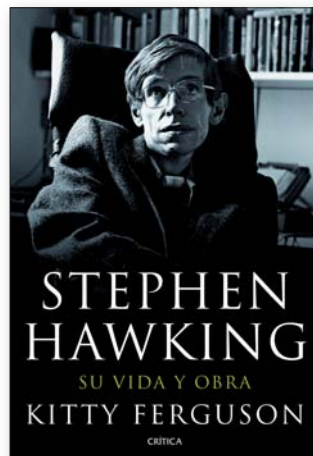
Kitty Ferguson

Crítica

Barcelona, 2012.

En Hawking, vida y obra se confabulan para explicar la atracción que ejerce su figura. La primera está marcada por la esclerosis lateral amiotrófica, que se le manifestó a los 25 años y que le ha ido dejando progresivamente sin movilidad y sin voz. Gracias a la electrónica consigue comunicarse y escribir usando un lector de su iris. Pese a es-

te enclaustramiento casi total, su vida no ha dejado de ser profusamente activa en todos los aspectos: viajes, congresos, bodas, divorcios... De su obra habla la titularidad de la cátedra Lucasiana de la Universidad de Cambridge, la misma que en su día ocupó Isaac Newton. Hawking ha realizado aportaciones científicas importantes en el campo de la relatividad, las singularidades y los agujeros negros, convertidos en agujeros grises de acuerdo con la radiación que lleva su nombre.



La conjunción de ambos factores ha sido el eje de la biografía que Kitty Ferguson ha escrito del genio británico con motivo de su septuagésimo aniversario, mezclando con habilidad la historia personal y las ideas que ha vertido al terreno del conocimiento. Con un lenguaje claro y una gran capacidad para explicar de forma amena los aspectos más complejos de las teorías del investigador, Ferguson convierte una historia que es ya de por sí tremendamente atractiva en un relato apasionante que se lee de un tirón. ■

SUSCRIPCIÓNestratos

Nombre y apellidos

Domicilio

CP

Población

e-mail

Provincia

De acuerdo con lo dispuesto en la vigente normativa, le informamos de que los datos que usted pueda facilitarnos a través del presente boletín de actualización quedarán incluidos en un fichero del que es responsable ENRESA, donde puede dirigirse para ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, oposición o cancelación de la información obrante en el mismo, bien a través de la dirección de correo electrónico registro@enresa.es o por escrito a la calle Emilio Vargas, 7. 28043 Madrid. Los datos personales que se solicitan al suscriptor son los estrictamente imprescindibles para poder recibir la revista. Estos datos se tratarán únicamente para gestionar la lista de suscriptores y no se comunicarán a ningún tercero.



Llanos de La Besurta, en el valle de Benasque (Pirineo de Huesca).

Avalanchas de nieve

UN ZORRO DEAMBULA EN BUSCA DE COMIDA POR LOS LLANOS de La Besurta, en el valle pirenaico de Benasque. Su pequeña silueta se hace insignificante ante el poderoso rastro que dos aludes superficiales han dejado en el paisaje unas horas antes. Entre las circunstancias que propician estas avalanchas se encuentran las grandes inclinaciones del terreno, los cambios de temperatura ambiental, la acumula-

ción excesiva de nieve, su escasa fijación sobre la capa inmediatamente inferior o la existencia de un agente —generalmente agua— que facilite el deslizamiento entre las diferentes capas del manto nival. En los últimos años, veinticinco personas perdieron la vida, solo en España, por aludes. La belleza de estos fenómenos naturales se convierte en drama cuando el hombre se interpone en su camino. ■



Passion for improvement

Ensa is a 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.

Plant:

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

Phone: +34 942 200 101

Fax: +34 942 200 148

commercial@ensa.es

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

Phone: +34 915 553 617

Fax: +34 915 563 149

www.ensa.es



EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

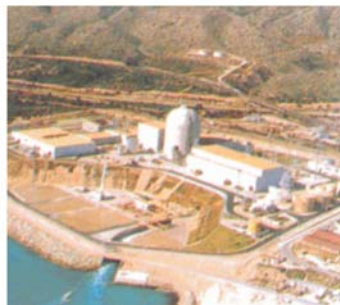
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

- ▶ 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.