



Pau García-Milà,
creador de eyeOS:
"España no es el
país de la queja,
es el de la
oportunidad"



El paciente,
callado e
inagotable volcán
de El Hierro
encandila a los
científicos



Ecumenismo
'verde': las
religiones se
suman a la
defensa del
medio ambiente

estratos

Empresa
Nacional
de Residuos
Radiactivos
N.º 101
Invierno 2012



**Villar de Cañas,
en Cuenca,
albergará el ATC**

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



www.iberdrolaingenieria.com
División de Generación Nuclear
Telf.: +34 91 383 31 80
Fax: +34 91 767 53 89



IBERDROLA
Ingeniería y Construcción

Una instalación necesaria



EL 20 DE ENERO, EL *Boletín Oficial del Estado* publicó una resolución de la Secretaría de Estado de Energía aprobando la designación del emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) para combustible gastado y residuos de alta actividad y su Centro Tecnológico Asociado.

Culmina así un proceso que, en su última fase, se inició en diciembre de 2004, cuando en la Ponencia del Congreso para analizar el Informe anual del Consejo de Seguridad Nuclear, se votó una proposición no de ley por la que se instaba al Gobierno a iniciar los trabajos destinados a construir un ATC. Dicha proposición, votada por unanimidad por todos los grupos parlamentarios, fue refrendada el año siguiente en la misma ponencia.

El 27 de abril de 2006, en el seno de la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados, se aprobó una proposición no de ley relativa a la creación de una Comisión Interministerial encargada de establecer los criterios que debería cumplir el emplazamiento del ATC.

Desde entonces, y hasta el 16 de septiembre de 2010, dicha Comisión, aconsejada por un Comité Asesor Técnico, compuesto por catedráticos y científicos especializados en temas técnicos, ambientales y jurídicos, celebró numerosas reuniones que culminaron con la elevación al Ministerio de Industria de un informe sobre los emplazamientos candidatos, en el que se concluía que, desde un punto de vista técnico, cuatro de ellos —Zarra (Valencia), Ascó (Tarragona), Yebra (Guadalajara) y Villar de Cañas (Cuenca)— presentaban características similares, como quedaba de manifiesto por las escasas diferencias de valoración entre ellos.

Basándose en dicha propuesta y teniendo en cuenta dicho informe, el Gobierno de España determinó que la ubicación sería la del municipio de Villar de Cañas.

Creo que es una muy buena noticia para nuestra empresa y para el conjunto de los españoles. En efecto, con la puesta en marcha del ATC, se garantiza la gestión unificada y centralizada de todos los residuos radiactivos generados en nuestro país, ya que desde 1992 se cuenta con la instalación centralizada de almacenamiento de los residuos de media y baja actividad de El Cabril (Córdoba).

La decisión de centralizar el almacenamiento del combustible gastado ha tenido en cuenta los criterios de seguridad, economía y estrategia. Se trata de una instalación industrial que asegura su total aislamiento durante sesenta años de operación. A lo largo de ese lapso temporal, continuarán las investigaciones sobre la gestión definitiva del combustible gastado para las que, en unión con la universidad y los centros de investigación españoles, se ha diseñado el Centro Tecnológico Asociado.

En el capítulo de agradecimientos, este presidente está en deuda, en primer lugar, con todos los trabajadores de Enresa y con sus anteriores presidentes, Juan Manuel Kindelán —recientemente fallecido— y Antonio Colino.

No puedo olvidar a la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados, impulsora, como muchas otras veces, de los cambios legislativos que han permitido situar a España a la cabeza de los países en materia de gestión de residuos radiactivos.

También quiero recordar los esfuerzos de los integrantes de la Comisión Interministerial y su Comité Asesor Técnico, del Gobierno de la nación y de la Asociación de Municipios en Áreas con Centrales Nucleares (AMAC).

Por último, debo mencionar asimismo a las corporaciones municipales que han creído en el proyecto y sin las cuales jamás se hubiera podido comenzar su desarrollo, y muy especialmente a Villar de Cañas, municipio seleccionado para albergar esta instalación.

A partir de este momento, comenzamos a trabajar para conseguir que las personas e instituciones que nos han ayudado y el conjunto de los ciudadanos de España tengan garantizada una gestión segura y eficaz de todo tipo de residuos radiactivos generados en el país. ■

José Alejandro Pina
Presidente de ENRESA

estratos

Nº 101 INVIERNO 2012

26

I+D para salir de la crisis

Jesús Vicenti



36

La nueva Directiva sobre gestión de residuos radiactivos

Nuria Prieto Serrano



50

Plegarias a un Dios 'verde'

Pablo Francescutti



30

Antártida: de la épica a la física

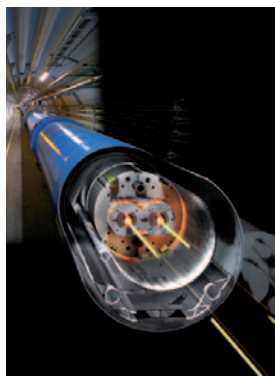
Arantza Prádanos



44

La rebelión de las partículas

Ignacio F. Bayo



54

Basura espacial

Manuel Toharia

4

Actualidad

58

Noticias de ciencia y tecnología

60

AT y C A tenedor y cuchara

62

Libros

64

Una imagen, cien palabras

Composición ATC
(José María Cerezo)



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

Redactores y colaboradores: Leticia Arenas, Julio Astudillo, Concha Barrigós, Ignacio F. Bayo, Ángel Díaz, Pablo Francescutti, Emilio García, Luis Guijarro, Emilio Jarillo, Cristina López-Queiro, Roberto Loya, Inmaculada G. Mardones, José María Montero, Manuel Muñoz, Arantza Prádanos, Nuria Prieto, Maruxa Ruiz del Árbol, Mónica Salomone, Belén Tobalina y Jesús Vicenti.

IO

Villar de Cañas albergará el ATC

El Gobierno eligió este municipio conquense para instalar el Almacén Temporal Centralizado (ATC) para residuos radiactivos de alta actividad procedentes de las centrales nucleares españolas. El Ejecutivo indicó que la localidad “reúne las características técnicas requeridas para este tipo de instalación” y valoró el “impacto socioeconómico positivo” en Villar de Cañas y su comarca.

Villar de Cañas will house the Centralised Temporary Storage facility (page 16)

Texto: Teresa Palacio



I8

El paciente, callado e inagotable volcán de El Hierro

Tras largos meses de gestación, la erupción submarina en la isla canaria de El Hierro encandila a los científicos. Pero no por su espectacularidad visual, sino porque la lava lleva más de cuatro meses manando en la oscuridad y el silencio de las profundidades, oculta a los ojos de todos. Los científicos no saben predecir cuándo cesará... ni hasta dónde llegará.

Texto: Mónica Salomone



22

“España no es el país de la queja, es el de la oportunidad”

¿Quién dijo que nuestro país no daba *chicos del garaje* capaces de revolucionar Internet? Pau García-Milà, creador de la *start-up* tecnológica eyeOS, desmiente el cliché. Su escritorio en la nube, el mayor proyecto de *software* libre creado en España, es líder mundial con más de un millón de descargas y usuarios por todo el planeta. Los 43 empleados de la empresa, con sede en Barcelona, apoyan los sueños de este emprendedor que asegura que “está todo por hacer”.

Texto: Concha Barrigós



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.

El desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera cumple dos años, a punto de comenzar el desmontaje del reactor

El pasado 11 de febrero se cumplieron dos años desde que Enresa asumiera la titularidad de la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara) para acometer su desmantelamiento. En la actualidad, Enresa ha comenzado los primeros desmontajes de componentes radiológicos de la central, tras recibir, el pasado 10 de noviembre, la autorización del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de los nuevos sistemas de ventilación de los edificios de contención y auxiliar. Estos primeros trabajos se centran en los sistemas de vapor principal, los de tratamiento de residuos gaseosos y los de instrumentación nuclear para el seguimiento de la potencia del reactor.

Para realizar el desmantelamiento de las partes activas, han sido necesarias varias acciones previas. Por un lado, se ha convertido el antiguo edificio de turbina en un edificio destinado a acondicionar los residuos procedentes del reactor. Otra acción necesaria para el inicio de estos trabajos ha sido la adaptación de los sistemas de ventilación, tanto del edificio del reactor como de



Extracción de *racks* de la piscina de la central nuclear José Cabrera.

su edificio anexo, que fueron aprobados por el CSN el mes pasado. También, para desarrollar una óptima gestión de materiales, se ha instalado y calibrado un medidor de bajo fondo o *box counter* que servirá para determinar con exactitud el contenido radiológico de los materiales procedentes de áreas activas.

En paralelo a estos primeros desmontajes radiológicos, se acometerá la segmentación y corte de los elementos internos del reactor, una acción que se hará bajo agua y para la que ya

se dispone en la central de las herramientas requeridas, que han sido probadas con éxito en Suecia.

Desde que se inició el desmantelamiento, en febrero de 2010, Enresa ya ha llevado a cabo diversos desmontajes y adaptaciones en zonas no radiológicas de la central; por ejemplo, el derribo de las torres de refrigeración, la adaptación del edificio de turbina como edificio auxiliar y la modificación de distintos sistemas eléctricos de la central para adaptarlos a sus nuevos usos.

Todas estas tareas han supuesto la gestión de 3.877 toneladas de materiales, de las que 3.692 son materiales convencionales que han sido enviados a gestores autorizados para su reciclaje. Se han gestionado también 185 toneladas de material desclasificable, es decir, procedente de zonas radiológicas, pero susceptible de ser tratado como convencional, una vez verificada la ausencia de contaminación radiológica.

En los distintos procesos de desmantelamiento de la central participan actualmente 296 trabajadores de 44 empresas diferentes. El 58% de los trabajadores procede de la provincia de Guadalajara.

Nuevo espacio informativo

Recientemente, Enresa ha culminado un espacio informativo destinado a dar a conocer, mediante diferentes soportes, los detalles del desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera. En este espacio, los visitantes podrán ver los trabajos que se están acometiendo o ya han finalizado en las distintas áreas de la central, mediante pantallas que recogen la señal de cámaras de alta definición (*pasa a la página 7*)

Presidente fundador de Enresa

Juan Manuel Kindelán se nos fue

por Manuel Toharia

El penúltimo día de 2011 nos llegó a todos la triste noticia: Kindelán había fallecido. Acababa de cumplir, el 11 de ese mismo mes de diciembre, 79 años...

No hacía falta decir mucho más: Kindelán es un apellido noble en España. Su tío Alfredo fue un militar indomable, quizá el único al que Franco respetaba, e incluso temía, que apoyó sin reservas durante toda su vida al entonces pretendiente al trono, Don Juan de Borbón. Un aviador intrépido del que se suele decir que fundó el Ejército del Aire. Juan Manuel, de joven, fue bastante más antifranquista que su tío; fundó en el entorno estudiantil, ya en 1956, la Agrupación Socialista Universitaria. Había seguido la senda profesional paterna, como ingeniero de Minas, pero en el último año de una carrera cursada brillantemente eligió exiliarse a París para evitar la prisión. Allí prosiguió su formación profesional sin abandonar el activismo político, y a su vuelta, en 1965, rodeado del halo de héroe estudiantil antifranquista, no tuvo problema alguno en instalarse, con su familia formada en el exilio —se había casado con Carlota Bustelo, hermana de su compañero de lucha política Francisco—, y trabajar en diferentes empresas españolas. En paralelo, siguió desarrollando actividades políticas para continuar removiendo las aguas estancadas del régimen totalitario, creando, junto con otros amigos, la revista *España Económica*. De hecho, Bustelo y él mismo acabaron formando parte del PSOE poco antes del fin de la dictadura.

Kindelán fue toda su vida una persona comprometida intelectual y formalmente con la mejora de la sociedad española, y al tiempo era uno de los más lúcidos analistas del mundo

tecnológico —y no solo el que estaba más próximo a su especialidad como ingeniero, sino en todos los órdenes de la I+D— que yo haya podido conocer. Tenía, además, una tenacidad sin límites, una tozudez nada cazurra a la hora de defender sus opiniones, siempre sustentadas en un raciocinio difícil de doblegar, y una generosidad final a la hora de reconocer, cuando se le había convencido de ello, que el interlocutor tenía razón y él no. En mi caso, lo digo por nuestras frecuentes discusiones en torno a los problemas atmosféricos y los cambios de clima. Él negaba la importancia del CO₂ atmosférico y aún más del vapor de agua como gases de efecto invernadero; y cuando, tras muchas discusiones —incluso me invitó a dar una conferencia al respecto en la Escuela de Minas, donde, aun siendo él el anfitrión, se dedicó en el coloquio a discutir muchos de los datos que habían quedado aportados durante la charla—, acabó reconociendo que algo sí deberían influir, aunque enseguida añadía

que bastante menos de lo que pensaban otros científicos, básicamente agrupados en torno al Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) —“un lobby de presión científico, pero cada

vez menos riguroso”, solía decir con cierto retintín, y yo no estaba lejos de darle la razón.

La carrera pública de Juan Manuel Kindelán es bien conocida: al poco de regresar de París, supo aprovechar los vientos levemente aperturistas del Instituto Nacional de Industria (INI) para



Juan Manuel Kindelán.

“Kindelán fue toda su vida una persona comprometida intelectual y formalmente con la mejora de la sociedad española”

crear allí una Dirección de Estudios, a la que convocó a numerosas personas de espíritu progresista, montando una especie de “laboratorio de ideas” para analizar los problemas del empresaria- ▶

► do y la industria del tardofranquismo, sopesando diferentes propuestas para conseguir transformar una realidad que exigía, a todas luces, un cambio político radical. Acabó siendo director general de Minas, al inicio de los años ochenta —su padre había ocupado un cargo similar veinte años antes—, y en 1985 fue el primer presidente de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa). El Gobierno socialista comprendió perfectamente que era inexcusable poner orden en la gestión de los residuos radiactivos, en un contexto de opinión pública hostil y muy mal informada acerca de los desechos radiactivos de las centrales nucleares y de los productores de la

‘Sentó las bases científicas y tecnológicas de una I+D en torno a los residuos que ha aportado conocimiento y excelencia a los trabajos de la empresa que fundó’

industria o del sector sanitario, independientemente de que se le diera o no continuidad al uso de la energía nuclear para obtener electricidad.

En esa etapa de casi diez años, Kindelán racionalizó y estructuró, junto a un equipo de expertos sumamente capacitados, el control, la recogida y el almacenamiento de los residuos de baja y media actividad, y sentó las bases científicas y tecnológicas de una I+D en torno a los residuos —de alta o de baja actividad— que ha venido aportando, desde entonces, conocimiento y excelencia a los trabajos de la empresa que fundó. Al tiempo, y consciente de que la batalla de la opinión pública nunca estaría ganada del todo, puso su máximo empeño en la difusión de las ideas divulgativas en torno a la ciencia, la tecnología y el medio ambiente, mediante el patrocinio de cursos de formación, la colaboración directa con las organizaciones de consumidores, de periodistas, de técnicos... Y, por supuesto, la edición de revistas

que se salieran de la senda trillada de las publicaciones de empresa para profundizar más en la divulgación inteligente de los aspectos más actuales de la ciencia y la tecnología. *ESTRATOS*, y también *Sierra Albarrana*, son un buen ejemplo de aquella idea que Juan Manuel Kindelán, con la inestimable ayuda de Felipe Mellizo, Julio Sierra y un nutrido plantel de colaboradores, incluido quien estas líneas firma, quiso entroncar con la actividad básica encomendada a Enresa.

En 1994, Kindelán pasó a presidir el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), y al terminar los siete años de su mandato, se dedicó en cuerpo y alma a promocionar trabajos de investigación

y divulgación a través de la Fundación para Estudios sobre la Energía, de la que era vicepresidente ejecutivo.

Kindelán, que nunca tuvo pelos en la lengua a la hora de criticar la realidad española, y no solo con Franco sino también más tarde, ya en democracia, siempre expresó su descontento con las incoherencias de una política económica que, en lugar de apostar por un progreso armónico entre lo socioeconómico y lo tecnocientífico, solía revestir un carácter proteccionista y miope que dificultó durante mucho tiempo nuestra apertura hacia los mercados exteriores. Para él era un error garrafal que España siguiera siendo un país receptor de ciencia y tecnología, en lugar de intentar ser cada vez más un país emisor de conocimiento básico y aplicado.

A lo largo de toda su vida, siempre puso de manifiesto dos grandes pasiones: el apoyo al progreso científico y tecnológico, como base del desarrollo español al margen de otras coyunturas más apetecibles, como, por ejemplo, el turismo y la economía de servicios, y, por supuesto, su apoyo a la democracia real, imposible sin una

adecuada formación de la población en todos los órdenes del conocimiento, y especialmente el tecnológico. Kindelán fue intolerante con la necesidad de sus interlocutores, por muy alto que fuera el cargo que desempeñaran, y ello le granjeó pocas simpatías en el mundo político, siempre barnizado de cierta forma de hipocresía —seguramente necesaria, como él mismo reconocía en privado— que él no era capaz de soportar.

La actual presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, amiga en lo personal y colaboradora fiel en lo profesional durante muchos años, escribió de él recientemente: “Su ética era ante todo la del servidor público y no podía aceptar a quienes ponen sus intereses personales por encima del interés general, en nombre del mercado o de la política entendida como juego de poder. Pese a ser un hombre político —y un apasionado socialdemócrata—, no podía ni quería justificar el regate corto a expensas de la verdad, del interés general a largo plazo o de la racionalidad”. Poco más se puede añadir.

Kindelán murió casi de forma simultánea a la aprobación del emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC), que él reclamaba desde sus tiempos de presidente de Enresa como la solución equivalente en residuos de alta actividad a lo que supuso El Cabril para los de baja y media actividad.

La racionalidad que tanto defendió acaba imponiéndose, aunque sea a costa de desgastes y plazos de tiempo que a todos pudieran parecernos innecesarios. Juan Manuel Kindelán puede descansar tranquilo; no todo lo que él deseaba se ha cumplido, desde luego, pero algunas cosas han mejorado. Y él fue, probablemente, determinante en algunas de ellas. ■

Juan Manuel Kindelán Gómez de Bonilla, fundador y primer presidente de Enresa, nació en Santa Cruz de Tenerife en 1932 y murió en Madrid el 30 de diciembre de 2011 a los 79 años.

Enresa informa sobre el ATC a representantes de municipios del entorno de Villar de Cañas

Más de setenta representantes de diferentes municipios situados en el entorno de la localidad conquense de Villar de Cañas acudieron, los pasados 26 de enero y 7 de febrero, a dos jornadas informativas celebradas en la sede de Enresa en Madrid sobre los pormenores técnicos del Almacén Temporal Centralizado (ATC) y su Centro Tecnológico Asociado. El alcalde de Villar de Cañas, la alcaldesa de



Asistentes a una de las jornadas informativas celebradas en la sede de Enresa.

Tarancón, el presidente de la Diputación de Cuenca y el alcalde de Fuentelespino, así como los regidores de Mottilla del Palancar, Belmonte, Villarejo de Fuentes, Alconchel de la Estrella, Alcázar del Rey y Almarocha, entre otros, además de concejales, representantes de asociaciones vecinales e instituciones empresariales, acudieron a estas reuniones que respondían a una petición realizada por los propios alcaldes, así como por otras entidades provinciales, con el fin de profundizar en los detalles de este proyecto.

Durante estas jornadas, Pablo Zuloaga, jefe del Departamento de Ingeniería de Residuos de Alta Actividad de Enresa, y Silvia Rueda, técnico del Departamento de Ingeniería de Suelos, realizaron una minuciosa exposición de las características, funcionamiento y medidas de seguridad del ATC. Entre otros asuntos, explicaron por

un turno de preguntas en el que los representantes del entorno del municipio conquense profundizaron en algunos de los temas tratados, especialmente los relacionados con la repercusión económica de la instalación, su vida útil y su seguridad, así como en otras cuestiones relativas a la gestión final de los residuos radiactivos, las tecnologías empleadas en otros países o las asignaciones que perciben las poblaciones que se encuentran en los entornos de las centrales nucleares.

Las jornadas concluyeron con una visita al Espacio Informativo que Enresa tiene en Madrid, donde los participantes pudieron conocer la experiencia de la empresa en el campo de la gestión de residuos radiactivos a través de otros de sus proyectos, como el Almacén Centralizado de El Cabril (Córdoba) o los desmantelamientos de instalaciones nucleares. ■

(viene de la página 4) reparadas por diversos puntos de la instalación. Algunas de las cámaras muestran las labores realizadas en zonas de difícil acceso o escasa visibilidad.

Un auditorio, un área dedicada a la experiencia de Enresa en desmantelamientos, una sala de control para visualizar el proceso que interese al visitante, pantallas táctiles para conocer al detalle

cuestiones tan destacadas como el desmontaje del reactor o la seguridad de los trabajadores, además de un videomatón para que el visitante deje su opinión, son algunos de los atractivos de este espacio que ya ha recibido numerosas visitas técnicas e institucionales. Las puertas de este espacio están abiertas al público en general, previa cita, desde el mes de enero. ■

Enresa investigará las opciones de tratamiento de residuos para el grafito irradiado, junto al Ciemat y la empresa FNAG

Enresa ha firmado un acuerdo de participación en un proyecto de investigación con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) y la empresa Furnaces Nuclear Applications Grenoble (FNAG). Su objetivo es

desarrollar tecnologías que permitan la gestión de grafito irradiado y su posterior almacenamiento en condiciones seguras.

El grafito irradiado procedente de centrales nucleares u otras instalaciones radiactivas tiene características distintas a las de otros residuos radiactivos, debido a sus propiedades mecánicas, físicas y químicas. Además, el grafito, tras su irradiación, con-

Alexander Bychkov, director adjunto del OIEA, se reúne en Madrid con directivos de Enresa



Alexander Bychkov y José Alejandro Pina.

Alexander Bychkov, director adjunto del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y jefe de su Departamento de Energía Nuclear, realizó una visita técnica el pasado mes de noviembre a la sede social de Enresa, en Madrid. Este encuentro formaba parte de la ronda de contactos que el alto representante del OIEA ha mantenido con los principales responsables de la industria nuclear europea, tras su nombramiento como *número dos* de este organismo de la ONU.

Alexander Bychkov, de nacionalidad rusa, ha desarrollado la mayor parte de su carrera profesional en la investigación nuclear, principalmente en el área de reproceso de combustible gastado. Hasta su nombramiento en el OIEA, y desde 2006, Bychkov fue director general del Instituto de Investigación de Reactores Nucleares (RIAR) de Dimitrovgrado.

Durante la reunión con los técnicos y responsables de Enresa, José Alejandro Pina, presidente de la compañía, informó a Bychkov de los distintos proyectos que esta realiza, así como de los principales objetivos establecidos para los próximos años. Asimismo, ambas personalidades acordaron la continuidad de las diversas tareas de colaboración existentes en la actualidad entre Enresa y el OIEA. ■

del grafito permite la filtración de las fases acuosas en la matriz del grafito, lo que está relacionado con la liberación de radionucleidos solubles, aspecto que se requiere minimizar.

Por eso, es preciso desarrollar tecnologías que permitan gestionar el grafito irradiado en España para su posterior almacenamiento en El Cabril (Córdoba). De ahí este proyecto de I+D, cuyos objetivos principales son, en primer lugar, la investigación sobre procesos de descontaminación térmica para el grafito irradiado, como una alternativa de gestión de residuos. Por otra parte, la investigación sobre nuevas formas de almacenamiento para el residuo, así como la impermeabilización del grafito irradiado mediante acondicionamiento con conglomerante inorgánico (Impermeable Graphit Matrix, IGM), tratamiento que reducirá la porosidad del material. Por último, el proyecto quiere analizar la viabilidad industrial, así como los beneficios económicos y de seguridad de la gestión del grafito irradiado. ■

EE.UU. pone en marcha su cuarto almacén de residuos de baja y media actividad

El pasado 10 de noviembre, se ponía en marcha una instalación de almacenamiento de residuos radiactivos en el condado de Andrews (Texas, EE.UU.), con el nombre de Texas Compact. Su proceso de concertación y licenciamiento ha durado casi die-

ciséis años, y con este EE.UU. dispone ya de cuatro centros operativos de almacenamiento de residuos de baja y media actividad, gestionados por empresas privadas.

Texas Compact, licenciada y operada por la compañía Waste Control Specialist, ocupa una superficie de casi seiscientas hectáreas y es la primera de su tipo que se pone en marcha en los últimos treinta años en EE.UU. Además de residuos radiactivos de baja y media actividad, la instalación acogerá residuos tóxicos y mixtos procedentes de los estados de Texas y Vermont, si bien otros diecisiete estados han manifestado ya su interés en utilizar sus servicios. ■

Un consorcio internacional, con participación de Enresa, diseñará el almacén de baja y media actividad de Bulgaria

La elaboración del diseño técnico y del estudio de seguridad preliminar de la futura instalación de almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad de Bulgaria, que se construirá en el emplazamiento de Radjana, ha sido adjudicado al consorcio constituido por Enresa, Westinghouse Electric España y la compañía alemana DBE Technology.

Esta instalación, financiada por el Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo (BERD) tras el acuerdo alcanzado con el Gobierno de Bulgaria, será gestionada por SERAW, la agencia responsable de la

tiene algunos isótopos de vida larga.

Después de haber pasado mucho tiempo tras la irradiación, el grafito es prácticamente material inerte y soporta la disolu-

ción en fase acuosa, por lo que básicamente cumple la mayoría de los requisitos generales para el almacenamiento como residuo radiactivo sólido. Sin embargo, la naturaleza porosa

El ATC protagoniza una jornada sobre la gestión pública de los residuos radiactivos celebrada en la Universidad Politécnica de Madrid

El Almacén Temporal Centralizado (ATC) que Enresa construirá en la localidad conquense de Villar de Cañas se convirtió, el pasado 9 de febrero, en uno de los principales temas de interés de la jornada *La gestión pública de los residuos radiactivos en España*, que tuvo lugar en el paraninfo de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Durante la inauguración del evento, el presidente de Enresa, José Alejandro Pina, destacó la solidez técnica del proyecto y agradeció al municipio de Villar de Cañas su confianza en esta instalación sobre la que la empresa pública tiene el cometido de informar para vencer las reticencias de algunos públicos. En la misma línea se expresó la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Carmen Martínez Ten,

quien destacó el “importante paso” que supone la construcción de esta instalación para unificar la gestión de los residuos radiactivos en el país.

La jornada, organizada por el Grupo Europeo de Municipios con Instalaciones Nucleares (GMF), también sirvió para analizar otros aspectos relevantes del sector, como la nueva directiva europea sobre residuos radiactivos, explicada por la jefa de Energía Nuclear, Gestión de Residuos Radiactivos y Unidad de Transporte de la Unión Europea, Ute Blohm-Hieber; o la gestión final de los residuos radiactivos de alta actividad, ejemplificada en el caso francés de la mano del director Industrial de Andra, Bruno Cahen.

La perspectiva social la aportaron el alcalde de Villar de Cañas, José María Saiz, quien relató las razones que llevaron a su municipio a apostar por un proyecto como el ATC, y el gerente de GMF, Marià Vilà, que destacó el trabajo conjunto que se realiza a nivel internacional entre los municipios que cuentan en su entorno con instalaciones de este tipo.

Una visión de distintos expertos sobre la política de residuos radiactivos en España puso fin a la jornada. Las diferentes visiones las aportaron el presidente de la Asociación Española de Comunicación Científica, Antonio Calvo; el catedrático de Tecnología Nuclear Emilio Mínguez; el director de la División Técnica de Enresa, Álvaro Rodríguez Beceiro, y la directora técnica de Seguridad Nuclear del CSN, Isabel Mellado. ■



La jornada se celebró en el paraninfo de la UPM.

gestión de residuos radiactivos en este país.

El proyecto de Radjana tiene como referencia principal la experiencia conjunta de Enresa y Westinghouse Electric España en el diseño y operación de la instalación de almacenamiento definitivo de residuos de baja y media actividad de El Cabril, en la provincia de Córdoba.

Esta instalación forma parte de las actividades emprendidas para la gestión segura de los residuos radiactivos procedentes del programa de desmantelamiento, ya en curso, de la

central nuclear de Kozloduy, a doscientos kilómetros al norte de Sofía y cinco kilómetros al este de la ciudad homónima, en los márgenes del río Danubio. ■

Suiza aprueba las candidaturas de Nagra para los futuros almacenamientos de alta y de baja y media actividad

En el marco del proceso que se lleva a cabo desde 2008 en Suiza para la selección de emplazamientos de las futuras instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos, el Gobierno helvético aprobó el pasado di-

ciembre la propuesta de candidaturas presentada por Nagra, consorcio responsable de la gestión de los residuos radiactivos en el citado país y constituido por el Ejecutivo y los productores de residuos.

En octubre de 2008, Nagra propuso seis zonas como candidatas para albergar las dos instalaciones de almacenamiento que se pretenden construir, la primera para residuos de baja y media actividad y la segunda para residuos de alta actividad. Con esta decisión del Gobierno suizo, se concluye la primera fase del proceso.

La segunda etapa tendrá lugar a lo largo de los próximos cuatro años, de manera que el consorcio Nagra propondrá, finalmente, varios emplazamientos potenciales para las instalaciones. A tal fin, se desarrollará un procedimiento basado en criterios socio-económicos, de seguridad e ingeniería en el que la participación social desempeñará un papel de gran relevancia. El objetivo final es la selección y aprobación de, al menos, dos emplazamientos para cada una de las instalaciones de almacenamiento. ■

El Consejo de Ministros seleccionó este municipio conquense en su reunión del 30 de diciembre de 2011

Villar de Cañas albergará el Almacén Temporal Centralizado

Finalmente será Villar de Cañas, en la provincia de Cuenca, la localidad donde se instalará el Almacén Temporal Centralizado (ATC) para residuos radiactivos de alta actividad procedentes de las centrales nucleares españolas. El Consejo de Ministros eligió la candidatura del municipio conquense dado que, según el Ejecutivo, “reúne las características técnicas requeridas para este tipo de instalación y el entorno tiene una tasa de paro elevada, por lo que el proyecto tendrá un impacto socioeconómico positivo”. Mediante esta decisión se pone fin a un largo proceso de elección de emplazamiento, que comenzó en 2004 con una resolución parlamentaria del Congreso de los Diputados en la que se instaba al Gobierno a construir un ATC en España. ■ POR Teresa Palacio, ENRESA.

TOMÁS GARCÍA DE LA TORRE



Un indicador de la A-3 señala el desvío a la localidad de Villar de Cañas (Cuenca).

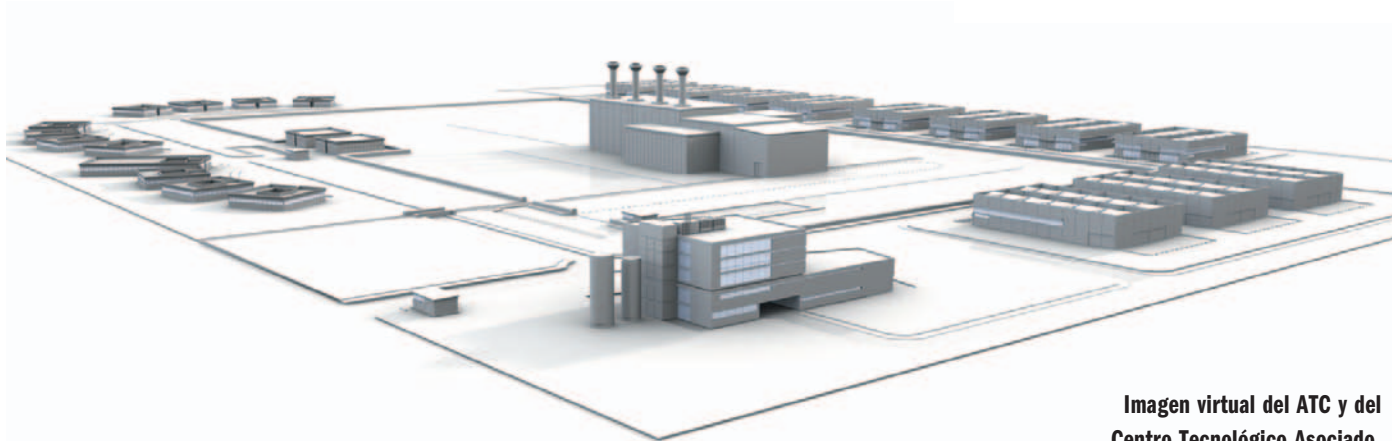


Imagen virtual del ATC y del Centro Tecnológico Asociado.

EL PASADO 30 DE DICIEMBRE, LA vicepresidenta del Gobierno, Soraya Sáenz de Santamaría, anunció en la rueda de prensa posterior al Consejo de Ministros la aprobación de una resolución en la que se seleccionaba Villar de Cañas, en Cuenca, para albergar el Almacén Temporal Centralizado (ATC). Con esta decisión, subrayó Sáenz de Santa María, se ponía fin a un proceso que “se venía demorando siete años”. “Por cada día, desde 2011, que no se construye el ATC —añadió—, a España le cuesta más de 60.000 euros diarios”.

La designación de Villar de Cañas se produjo, según la portavoz del Gobierno, “tras analizar en profundidad” el informe sobre las candidaturas que elaboró la Comisión Interministerial creada para seleccionar el emplazamiento del ATC.

Para el Ejecutivo, el ATC es una instalación “indispensable”, así como la solución “más segura y económica” al tratamiento de unos residuos que empezaron a generarse en 1968, con la puesta en marcha de la primera central nuclear española, la de José Cabrera (Almonacid de Zorita), y que se seguirán produciendo en los próximos años.

Según el informe elaborado por la Comisión Interministerial, los ocho emplazamientos analizados eran “aptos” para albergar la instalación del ATC. Para redactar el informe se tuvieron en cuenta diferentes parámetros, como los terrenos ofertados, el apoyo al proyecto, la situación geográfica o el impacto social y económico en la zona. La candidatura de Villar de Cañas reúne, según el Gobierno, todas las características técnicas exigidas para este tipo de emplazamiento. En concreto, la localidad obtuvo la calificación de “MB” (Muy Bueno) en apartados como extensión y geometría, topografía, geotec-



La vicepresidenta del Gobierno, Soraya Sáenz de Santamaría, anuncia la decisión sobre el emplazamiento del ATC, el pasado 30 de diciembre.

Tierra de cereal en la vega del Záncara

Villar de Cañas está situado al suroeste de la provincia de Cuenca, en un llano cercado de colinas y a unos ocho kilómetros de la autovía A-3 que une Madrid con Valencia. Tiene una extensión de 7.007 hectáreas, se encuentra a 851 metros sobre el nivel del mar y limita con los términos de Villares del Saz, Zafra de Záncara, Montalbo, Villarejo de Fuentes, Montalbanejo y Alconchel de la Estrella.

Se trata de una zona de clima continental, frío y seco, eminentemente agrícola, en la que predominan los cultivos de cereales y girasol, con algo de olivar y vid, y algunos cientos de cabezas de ganado lanar que surten a las empresas de producción de queso manchego de la zona. La fau-

na local silvestre es rica en la comarca, que tiene importantes cotos de caza menor. Aquí abundan la liebre, el conejo, la perdiz roja, la codorniz, la paloma torcaz, el ánade y el estornino. También pueden encontrarse familias de jaba-líes transitando por las zonas de monte, así como varias especies de aves rapaces. La flora está compuesta fundamentalmente por olivos, almendros, pinos, encinas y olmos autóctonos. El río Záncara, afluente del Guadiana, que nace en Abia de la Obispalía, atraviesa su término municipal proporcionando una fértil vega.

El entorno cuenta con un importante patrimonio medioambiental y cultural, con ancestrales fiestas calificadas de interés turístico regional, que evidencia el paso de distintas civilizaciones (íberos, romanos, árabes, visigodos



TOMÁS GARCÍA DE LA TORRE



José María Saiz, alcalde de Villar de Cañas.

nia, sismicidad, meteorología, hidrología, instalaciones de riesgo alrededor, zonas de interés estratégico o distancias a núcleos principales. El parámetro de contribución de los ayuntamientos también logró una alta calificación.

El ministro de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Soria, agradeció a la presidenta de Castilla-La Mancha, María Dolores de Cospedal, el “gesto” de dar el visto bueno a la instalación del ATC en su comunidad, algo que a su juicio “no era una decisión fácil”. Y respecto a la elección, Soria afirmó que “los

informes estaban hechos” y se trataba “solo” de llevar el tema al Consejo de Ministros. El titular de Industria recordó que España, siendo productora de energía nuclear, “no tiene ningún almacén de estas características” y subrayó el ahorro que supondrá dejar de pagar a Francia más de 60.000 euros diarios por los residuos de la antigua central nuclear Vandellós I (Tarragona).

Precisamente, María Dolores de Cospedal ha incidido en “el cumplimiento de todos los requisitos de seguridad” del ATC y en “la importante

creación de puestos de trabajo que va a conllevar para la provincia de Cuenca, una de las más deprimidas de nuestro país y con un mayor índice de población envejecida”.

Las reacciones

Tras la designación, se han sucedido las reacciones a la decisión adoptada por el Ejecutivo. La presidenta del Foro Nuclear, María Teresa Domínguez, destacó que la construcción y puesta en marcha del ATC es un elemento “clave” para la estrategia energética y su-

y Reinos cristianos) por estas tierras y que hace de ellas un atractivo destino. A menos de cuarenta kilómetros podemos encontrar, entre otros, el parque arqueológico de Segóbriga (Saelices), el castillo de Belmonte o el monasterio de Uclés, entre cuyos muros yacen los restos de personajes como Don Rodrigo y Jorge Manrique. También se puede visitar la reserva natural de la laguna de El Hito, que es una de las paradas de aves migratorias más importantes de la provincia.

En cuanto a la población, en Villar de Cañas hay censados 455 habitantes, de los cuales 245 son hombres y 210 mujeres; 155 de ellos mayores de 65 años y 50 menores de 16, por lo que en edad de trabajar quedan 250 —el 54,95% de la población—. La intensa mecanización del campo en el último cuarto del siglo pasado, ha ido provocando la progresiva despoblación de toda esta zona, como en el mundo rural en general.

Son cerca de 1.500 personas las que por razones de trabajo residen mayoritariamente en Madrid, Valencia o Cuenca y suelen acudir periódicamente a Villar de Cañas varias veces al año, especialmente por Semana Santa, verano, Navidad, las fiestas de San Isidro en el mes de mayo o las celebradas en honor a su patrona, la Virgen de la Cabeza, el 8 de septiembre.

Pero la realidad diaria es distinta a esa que llena estas poblaciones en periodos vacacionales. Son pueblos “lentos”

de casas vacías. Cuando la población disminuye, los servicios también lo hacen: es la ley de la oferta y la demanda. Pocos son ya los que conservan una gasolinera, o un supermercado, o una tienda de electrodomésticos. Incluso los más esenciales (médicos de familia, farmacias, colegios...) corren el riesgo de verse afectados, disminuyendo su presencia. La industria en la comarca es casi testimonial: conviven dos parques solares fotovoltaicos con pequeños talleres de herrería, carpintería metálica y mecánicos, algunas fábricas de queso manchego, una almazara para la producción de aceite de oliva, algo de comercio tradicional y varios establecimientos de hostelería, entre los que se encuentra un número creciente de casas rurales.

En este contexto, el alcalde de Villar de Cañas, José María Saiz, ha manifestado siempre una “fe absoluta” en que su localidad albergaría el Almacén Temporal Centralizado (ATC), y ha defendido en todo momento que su principal objetivo al solicitarlo era cambiar la tendencia regresiva en su pueblo y en toda la comarca. Esto permitiría obtener los recursos necesarios para generar empleo, aumentar la población, dotarla de nuevos servicios y mejorar la oferta comercial. Según sus palabras, para una zona así hay muy pocas alternativas, por lo que directamente asocia la palabra ATC con tecnología, progreso, empleo, bienestar, esperanza... y vida.

Tomás García de la Torre



La plaza Mayor es uno de los rincones más característicos de Villar de Cañas, localidad conquense en la que viven 455 vecinos.



El modelo en el que se inspira el futuro ATC de Villar de Cañas (Cuenca) es la instalación HABOG, construida en Borssele (Holanda).

brayó la “capacidad tecnológica” de la industria española para desarrollar este proyecto en su totalidad. Desde el Colegio de Geólogos creen que “servirá para favorecer la investigación con relación al tratamiento de los residuos de alta actividad”, además de “reducir riesgos y mejorar su gestión durante un plazo máximo de cien años”.

Por su parte, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha avanzado que será el organismo regulador quien licenciará el ATC y que ya en junio de 2006, a solicitud de Enresa, aprobó el diseño genérico de una instalación de estas características basada en el modelo que ya está construido en Borssele (Holanda): HABOG.

En la Asociación de Municipios en Áreas con Centrales nucleares (AMAC) se celebró la decisión de edificar un ATC en España, y se destacó la “magnífica oportunidad de desarrollo” que

supone para Villar de Cañas. Pese a la felicitación, la AMAC ha anunciado que impugnará la decisión, ya que, a su juicio, “es precipitada y poco madura”.

También aplaudieron la designación desde la Sociedad Nuclear Española, pues entienden que la medida “sitúa a España en la misma senda que los países europeos” y destacaron que la instalación está diseñada “con todas las condiciones de seguridad”.

En el mismo sentido se expresó el exministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, quien felicitó “sinceramente” a su sucesor en el cargo por lo que considera una “buena noticia” y una decisión “acertada y valiente”.

Y en la localidad conquense, la elección también tuvo una acogida mayoritariamente buena. Así lo manifestaba el alcalde, José María Saiz, al conocer la noticia. Saiz destacaba el “consenso”

como uno de los puntos a favor de su candidatura.

En el otro lado de la balanza están quienes se muestran en contra, como las organizaciones ecologistas Greenpeace o Ecologistas en Acción, que califican la decisión de “política” o “poco acertada”. Además, se han anunciado distintas acciones contra la instalación del ATC en Villar de Cañas desde partidos políticos y plataformas ciudadanas.

Transparente y voluntario

El proceso para buscar un lugar en el que construir el ATC en España ha estado regido, desde el primer momento, por los principios de transparencia y voluntariedad, tal y como establece el programa europeo COWAM, donde se define una metodología para la búsqueda de soluciones consensuadas en proyectos conflictivos. Las conclusiones de este proceso, que contó con la par-



La presidenta de Castilla-La Mancha, María Dolores de Cospedal, y el ministro de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Soria.

ticipación de diversos colectivos sociales, se presentaron en el Congreso de los Diputados en febrero de 2006. Fruto de dichas conclusiones, en junio de ese mismo año se aprobó la creación de una Comisión Interministerial para establecer los criterios que debía cumplir el emplazamiento del ATC y se abrió un plazo de solicitud de información sobre el proyecto.

El 29 de diciembre de 2009 se publicaba en el *Boletín Oficial del Estado* (BOE) la apertura del plazo de presentación de candidaturas a las corporaciones municipales que voluntaria-

mente quisieran albergar el ATC. A esta convocatoria se presentaron un total de catorce municipios, pero solo se admitieron ocho; otros cinco fueron excluidos por errores de forma o la presentación de las candidaturas fuera de plazo.

La Comisión Interministerial analizó las diferentes propuestas y, tras este trámite, se comunicaron las zonas no aptas para albergar el ATC y su centro tecnológico. Y a continuación se abrió un trámite de alegaciones e información pública del procedimiento para que todos los interesados pudiesen expo-

ner su posición ante cada una de las candidaturas existentes.

Finalmente, la Comisión Interministerial estudió los terrenos y elaboró el informe que fue objeto de análisis por el Consejo de Ministros, tras el que se seleccionó la candidatura de Villar de Cañas como emplazamiento del ATC. La resolución correspondiente fue publicada en el BOE del 20 de enero.

Un único almacén

Con la puesta en marcha del ATC se garantizará la gestión centralizada de todos los residuos de alta actividad que se generan en España, en total 7.000 toneladas, que corresponden al combustible gastado de las centrales nucleares españolas, los residuos del reprocesado del combustible de Vandellós I que permanecen en Francia y los residuos del desmantelamiento de instalaciones nucleares que, por sus características radiológicas, no puedan ser enviados al Almacén Centralizado de residuos de baja y media actividad de El Cabril (Córdoba).

En el diseño genérico del ATC proyectado por Enresa, el combustible gastado y los residuos vitrificados de alta actividad se almacenan mediante el sistema de bóvedas y de naves de hormigón. Los residuos permanecen acondicionados con las barreras de ingeniería oportunas, lo que garantiza la ausencia de impacto ambiental.

La construcción de esta instalación se realizará en tres fases. La primera, que durará aproximadamente cinco años, incluirá un primer módulo de almacenamiento, el centro tecnológico y la infraestructura para el asentamiento de empresas. La segunda y la tercera completarán el almacén con la construcción de dos nuevos módulos de almacenamiento.

En este proyecto se invertirán unos setecientos millones de euros. Para la construcción de las instalaciones se estima un promedio diario de unos trescientos trabajadores durante los cinco años de la primera etapa, con algún pico de hasta quinientos trabajadores. ■

The Cabinet has selected the municipality in the province of Cuenca “because the project will have a positive socio-economic impact on the region”.

Villar de Cañas will house the Centralised Temporary Storage facility

Villar de Cañas, in the province of Cuenca, has finally been selected to host the Centralised Temporary Storage (CTS) facility for the high level radioactive wastes from Spain’s nuclear power plants. The Cabinet selected the candidature presented by this municipality because, according to the Executive, “it fulfils all the technical requirements established for this type of facility

and the surrounding area has a high level of unemployment, as a result of which the project will have a positive socio-economic impact”. This decision brings to an end a lengthy site selection process that began in 2004 with a parliamentary resolution issued by the Spanish Congress urging the Government to build a CTS facility in the country. ■ BY Teresa Palacio, ENRESA.

On December 30th 2011, the vice-president of the Government, Soraya Sáenz de Santamaría, announced during the press conference held after the Meeting of the Cabinet that a resolution had been approved selecting Villar de Cañas, in the province of Cuenca, to host the Centralised Temporary Storage (CTS) facility. Sáenz de Santamaría stressed that this decision brought to an end a process that “had been put off for seven years”, and added that “from 2011 onwards, every day that passes without the CTS facility being built costs Spain more than 60,000 Euros”.

According to this Government spokesperson, Villar de Cañas was selected following an “in-depth analysis” of the report on the candidatures that had been prepared by the Interministerial Commission set up to select the site for the CTS facility.

For the Executive, the CTS facility is an “essential” installation and the “safest and most economic” solution for the treatment of wastes that started to be generated in 1968, with the start-up of the first Spanish nuclear power plant, and that will continue to be generated in the coming years.

According to the report drawn up by the Interministerial Commission, the eight sites assessed were “suitable” to house the CTS facility. In drawing up the report different parameters were taken into account, such as the land proposed, the support for the project, the geographical situation and the social and economic impact on the surrounding area. According to the Government, the candidature presented by Villar de Cañas fulfilled all the technical requirements established for this type of site. Specifically, the village achieved a score of VG (Very Good) in relation to issues such as extension and geometry, topography, geotechnical matters, seismicity, meteorology, hydrology, nearby installations posing a risk, areas of strategic interest and distances to major population centres. The parameter of town council contributions also scored highly.

The Minister of Industry, Energy and Tourism, José Manuel Soria, thanked the president of the autonomous region of Castilla-La Mancha, María Dolores de Cospedal, for her “gesture” in approving the installation of the CTS facility in her community, which he described as “not being an easy decision”. As regards the choice, Soria pointed out that “the reports had been completed” and that it remained “only” to put the issue to the Cabinet. The Minister underlined the fact that, despite its being a nuclear energy producing nation, Spain “had no storage facility of this type” and pointed to the saving that would be achieved by no longer having to pay France more than 60,000 Euros a day for storage of the wastes from the former Vandellós I nuclear power plant (Tarragona).

María Dolores de Cospedal has stressed that the Centralised Temporary Storage facility “meets all the safety requirements” and that “it will imply an important source of jobs for the province of Cuenca, one of the most depressed in the country and with one of the highest percentages of elderly people”.

Reactions

In the wake of the selection there have been numerous reactions to the decision taken by the Executive. The president of the Spanish Nuclear Forum (Foro Nuclear), María Teresa Domínguez, has said that the construction and start-up of the CTS facility is a “key” element in the country’s energy strategy and has underlined the “technological capacity” of Spanish industry to carry out this project in full. The Professional Association of Geologists believes that the facility “will serve to drive research into the treatment of high level wastes”, as well as “reducing risks and improving their management for a maximum period of one hundred years”.

For its part, the Nuclear Safety Council (Consejo de Seguridad Nuclear - CSN) has explained that it will be the regulatory body in charge of licensing the CTS facility and that in June 2006, in response to a request by Enresa, it approved the generic design of an installation of this type based on the model constructed at Borssele (Holland): the HABOG.

The Association of Municipalities in Areas housing Nuclear Power Plants (AMAC) celebrates the decision to build a CTS facility in Spain and underlines the “magnificent opportunity for development” that it means for Villar de Cañas. Despite these congratulations, the AMAC has announced that it will challenge the decision, which it considers to be “hasty and insufficiently thought out”.

The decision is also applauded by the Spanish Nuclear Society, which considers that the measure “puts Spain on the same path as the other European countries” and stresses that the facility has been designed in compliance with “all the safety conditions”.

The Ex-Minister of Industry, Tourism and Trade, Miguel Sebastián, has also voiced similar sentiments and has “sincerely” congratulated his successor in the post for what he considers to be “good news” and a “sound and courageous” decision.

In the village selected the decision has also been warmly received for the most part. This was underlined by the mayor, José María Saiz, on receiving the news. Saiz pointed to “consensus” as being one of the questions that had favoured his candidature.

On the other side of the fence are those who are against the decision, such as the environmentalist groups Greenpeace and Ecologistas en Acción, who describe it as being “politically motivated” or “unfortunate”. Furthermore, different political parties and citizens’ organisations have announced measures against the CTS facility in Villar de Cañas.

Transparent and voluntary

The process aimed at identifying a site for the construction of the CTS facility in Spain has been governed from the very outset by the principles of transparency and willingness to house it, as established in the European

Cereal-growing land on the plain of the Zánacara

Villar de Cañas is located in the south-west of the province of Cuenca, on a plain surrounded by hills and some eight kilometres from the A-3 highway linking Madrid and Valencia. It has a surface area of 7,007 hectares, is situated 851 metres above sea level and borders the municipalities of Villares del Saz, Zafra de Zánacara, Montalbo, Villarejo de Fuentes, Montalbano and Alconchel de la Estrella.

The area has a cold and dry continental climate and is eminently agricultural in nature, with cereal crops and sunflower predominating, some olive groves and vineyards and a few hundred head of sheep that provide milk for the local manchego cheese production companies. The local wildlife is abundant and there are important hunting grounds. Hare, rabbit, red-legged partridge, quail, wood pigeon, duck and starling abound. Families of wild boar may also be found in the hillier areas, along with several species of birds of prey. The flora is made up fundamentally of native olives, almonds, pines, evergreen oaks and elms. The river Zánacara, a tributary of the Guadiana, that has its source in Abia de la Obispalía, flows through the municipality and forms a fertile plain.

The surrounding area boasts an important environmental and cultural heritage, with ancestral festivities that have been declared as events of

regional tourist interest pointing to the passage of different civilisations (Iberians, Romans, Arabs, Visigoths and Christians) through these lands, making them an attractive place to be enjoyed. Less than 40 kilometres away are to be found, among other venues, the Segóbriga archaeological park (Saelices), the castle at Belmonte and the monastery of Uclés, within whose walls lay the remains of personalities such as Don Rodrigo and Jorge Manrique. Also noteworthy is the El Hito lagoon nature reserve, one of the most important stop-off points for migratory birds in the province.

As regards the population, there are 455 inhabitants registered in Villar de Cañas, 245 men and 210 women. Of these people, 155 are older than 65 and 50 are below 16 years of age, as a result of which there are 250 of working age, 54.95% of the population. The intensive mechanisation of the countryside that took place during the last quarter of last century has given rise to the progressive depopulation of the entire area, and of the rural world in general.

Almost 1,500 people live outside the village for work-related reasons, mainly in Madrid, Valencia and Cuenca, and return periodically to Villar de Cañas several times a year, especially at Easter, Christmas, during the summer months and for the festival of San Isidro in May and the celebrations held in honour of the patron of the village, the Virgen de la Cabeza, on September 8th.

But the daily reality is very different from the

situation of villages such as this during holiday periods. They are villages “full” of empty houses. When the population shrinks, so do the services; this is the law of supply and demand. There are now few villages that still cling on to a petrol station, a supermarket or a household appliances shop. Even the most essential services (general practitioners, chemist's, schools...) run the risk of being affected and seeing their presence reduced. Industry has only a token presence in the area: there are two solar energy parks with small forges and metalwork and mechanical workshops, a few makers of manchego cheese, a mill for the production of olive oil, a scattering of traditional trades and several tourism establishments, among them an increasing number of rural guest houses.

In this context, the mayor of Villar de Cañas, José María Saiz, has always claimed that he had “absolute faith” that his village would host the Centralised Temporary Storage (CTS) facility, and has at all times stated that the main objective on requesting the installation was to turn around the shrinking trend experienced by his village and by the entire area. This would make it possible to obtain the resources required to create jobs, increase the population, provide new services and improve the commercial offer. According to the mayor, for an area like this there are very few alternatives, as a result of which he associates the term CTS with technology, progress, employment, well-being, hope... and life. ■ *Tomás García de la Torre*

COWAM programme, which defines a methodology for the search for accepted solutions to conflictive projects. The conclusions of this process, which included the participation of different social groups, were presented before the Congress in February 2006. As a result, in June of that same year the creation of an Interministerial Commission was approved, with a view to establishing the criteria to be fulfilled by the CTS facility, and a period was opened for requests for information on the project.

On December 29th 2009, the opening of the period for the presentation of candidatures by those municipal corporations that voluntarily wished to house the facility was published in the Official State Gazette. A total fourteen municipalities opted to take part, but only eight were admitted, the other five being ruled out due to errors in their applications or to their candidatures being presented outside the period set aside for this purpose.

The Interministerial Commission analysed the different proposals and, following this, identified the zones that were unsuitable as sites for the CTS facility and its associated technology centre. Subsequently a period for allegations and public information relating to the procedure was initiated so that all the stakeholders could set out their position with respect to each of the candidatures.

Finally, the Interministerial Commission studied the different plots and drew up the final report, which was analysed by the Cabinet, the candidature submitted by Villar de Cañas eventually being selected as the site for the CTS facility.

A single storage facility

The start-up of the CTS facility will guarantee the centralised management of all the high level radioactive wastes generated in Spain, in total 7,000 tons, these corresponding to the spent fuel from the Spanish nuclear power plants, the wastes arising from the reprocessing in France of the fuel from Vandellós and those wastes from the dismantling of nuclear facilities that, in view of their radiological characteristics, cannot be sent to the Centralised Disposal Facility for low and intermediate level wastes at El Cabril (Córdoba).

In the generic design of the CTS facility set out by Enresa, the spent fuel and vitrified high level wastes are stored in a system of concrete vaults and sheds. The wastes are conditioned by means of appropriate engineered barriers, guaranteeing the absence of any environmental impact.

The construction of the facility will be carried out in three phases. The first, which will last some five years, will include a first storage module, the technology centre and the infrastructure required for companies to occupy the site. The second and third phases will complete the installation with the construction of two further storage modules.

Some 700 million Euros will be invested in this project. As regards the construction of the facilities, an average daily number of some three hundred workers is estimated during the five years of the first stage, with peaks of up to five hundred. ■

Tras largos meses de gestación, la erupción submarina en la isla canaria de El Hierro encandila a los científicos. Pero no por su espectacularidad visual, sino porque la lava lleva más de cuatro meses manando en la oscuridad y el silencio de las profundidades, oculta a los ojos de todos. ■ POR **Mónica Salomone**, PERIODISTA CIENTÍFICA.

El paciente, callado e inagotable volcán de El Hierro

Activo desde octubre de 2011, los expertos no saben predecir cuándo dejará de expulsar lava



La erupción del volcán y su mancha han alterado el día a día de los habitantes del pueblo costero de La Restinga.

EL MAR DE LAS CALMAS, EN LA ISLA de El Hierro, ya no hace honor a su nombre. En sus fondos se está produciendo la primera erupción en territorio español de las últimas cuatro décadas, y también una de las más largas de las que se tiene noticia en las Canarias. La lava empezó a manar en octubre del pasado año, y así sigue. No se teme ya una erupción explosiva y peligrosa, pero la vigilancia volcánica continúa. Nadie baja la guardia. El Hierro se ha convertido en foco absoluto de la vulcanología española, y los herreños,

en protagonistas de una *crisis volcánica* que ha puesto a prueba la capacidad de gestión de las autoridades. Las noticias son a la vez buenas y malas. La erupción es del todo inocua, y eso es, por supuesto, bueno —buenísimo—; pero es también del todo invisible. El volcán se ha abierto bajo el mar, en silencio, sin espectáculo de fuego y lava, y en vez de atraer turistas que reanimen la resentida economía de la isla, los espanta.

Los científicos, en cambio, no ocultan su satisfacción por haber seguido, por primera vez en España, una erupción

volcánica desde su gestación. “Es un hecho único en nuestro país”, dice Joan Martí, vulcanólogo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y uno de los miembros del comité científico del Pevolca. “Lo ocurrido —dice— demuestra el grado de preparación científico-técnica frente a este tipo de fenómenos, además de ser una ocasión inmejorable para investigar las causas y características del vulcanismo en Canarias”. Los expertos tienen gran cantidad de datos nuevos que digerir durante los próximos meses.

El Hierro es la isla más pequeña y geológicamente joven del archipiélago canario. Surgió del mar hace solo un millón de años —Fuerteventura, la más antigua, tiene veinticuatro millones de años, y Tenerife diecisiete—, aunque

Los expertos tienen constancia de que hace 6.000 años se produjo en El Hierro la erupción del volcán ahora llamado Tanganasoga, que fue muy explosiva —con la energía “de una pequeña bomba nuclear”, ha descrito el vulcanó-

erupción justo cuando se cumple el cuarenta aniversario del Teneguía. Porque el volcán herreño también se abrió un mes de octubre. Aunque para entonces todos —herreños, científicos y periodistas— llevaban meses esperándolo. La señal de



Piroclastos humeantes en la superficie del mar.



Arriba, un científico toma muestras de un fragmento de lava; a la derecha, el burbujeo provocado en el mar por la erupción del volcán.

llevaba “en construcción” desde mucho antes. Es también la única del archipiélago sin erupciones históricas, es decir, desde la conquista de Canarias en el siglo XV. Pero eso no quiere decir que la isla esté muerta geológicamente. En primer lugar, porque cinco siglos no son nada en geología. Y también porque la parte emergida de la isla es apenas el 10% de todo el “edificio”, y los estudios de los fondos marinos concluyen que ha debido de haber erupciones submarinas incluso en tiempos históricos.

logo del CSIC Juan Carlos Carracedo— por la entrada de agua de mar en la cámara magmática.

Un guiño histórico

En cuanto al archipiélago en su conjunto, la última erupción se produjo en octubre de 1971 en La Palma. El volcán Teneguía emitió una lava basáltica, poco explosiva, y las coladas fueron hacia el mar sin riesgo para la población —murió una persona, por inhalación de gases—. No deja de ser un guiño de la Tierra el hecho de que las Canarias vuelvan a vivir una

alarma, como es habitual en los volcanes, la dieron los sismógrafos. A mediados de julio de 2011, empezaron a detectarse terremotos de intensidad muy superior a lo habitual. De la decena de terremotos diarios que constituyen el ruido de fondo sísmico normal en la isla —y que la población no percibe—, el 16 de julio se pasó a varios cientos al día. A principios de octubre, los ocho sismógrafos instalados en El Hierro por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), responsable de la vigilancia volcánica en toda España, habían registrado más de 6.000 sismos.

Riqueza científica, no económica

Hasta ahora, el volcán submarino de El Hierro está siendo una joya para los vulcanólogos y, en general, para los científicos de física de la Tierra. No así para los casi 11.000 herreños, que en su mayoría viven del turismo. Primero fue el temor a la erupción, que se prolongó durante meses, lo que provocó una cancelación tras otra de reservas. Los más optimistas esperaban convertir la crisis en oportunidad, y contaban con que surgiría un nuevo tipo de *turismo volcánico*. Pero cuando por fin el volcán se abrió... lo hizo bajo el mar, y no hay nada que ver ni en la superficie ni bajo ella —está demasiado profundo para los buceadores—. Tampoco, por ahora, se puede volver a pescar en la zona. La economía herreña está congelada.

Los tres municipios de la isla —El Pinar, Valverde y La Frontera— se han declarado en estado de emergencia social, y los medios regionales empiezan a recoger historias de habitantes que, como en épocas pasadas, emigran a otras islas e incluso a Venezuela. El Gobierno canario ha aprobado ayudas fiscales y, de forma más inmediata, para el alquiler de viviendas; los vecinos las consideran insuficientes.

Con todo, se mantiene la esperanza de convertir esta isla, declarada Reserva de la Biosfera por la Unesco, en foco de un nuevo turismo más culto, con interés por la ciencia. En la feria de turismo Fitur, celebrada el pasado enero en Madrid, se exhibieron varias muestras de los piroclastos emitidos por el volcán submarino, conocidos ya popularmente como *restingolitas*. La consejera de Turismo del Cabildo de El Hierro, Verónica Montero, declaró en la feria su intención de “presumir de volcanes”: “Ofrecemos la oportunidad de poder acercarse a un fenómeno natural único con total garantía de seguridad”.

En la página www.elhierroendirecto.com se puede seguir en directo cualquier novedad del volcán. Pero hay que ser pacientes. La mayor parte del tiempo solo se ve el precioso azul del mar de Las Calmas.

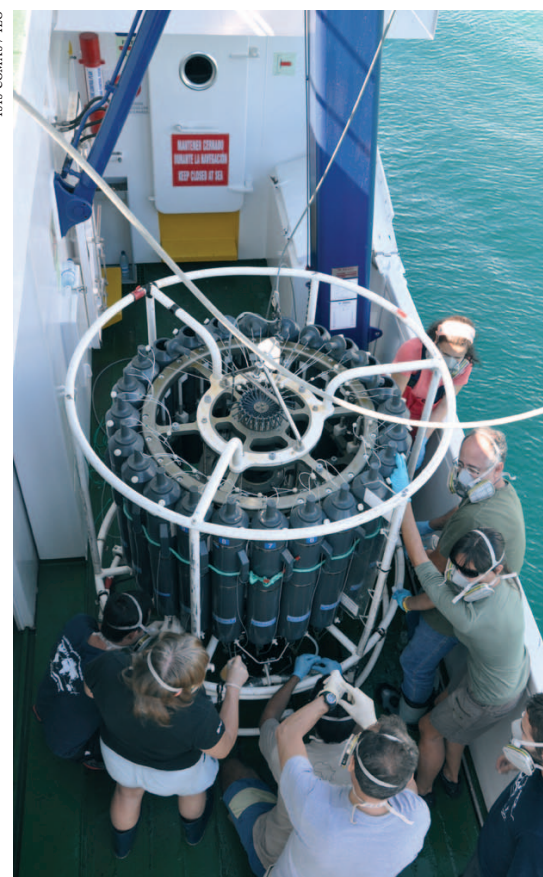
Localización de la erupción del volcán submarino de El Hierro



También se instalaron cuatro GPS, que midieron un abombamiento del terreno de unos cuatro centímetros en total; tres magnetómetros; dos gravímetros y varias estaciones de medición de gases. Pocas semanas antes de la erupción, los científicos habían determinado que bajo la isla, a unos 12 kilómetros de profundidad, había una bolsa de magma con un

volumen de 100 millones de metros cúbicos, y a unos 1.200 grados centígrados. Por entonces la población ya sentía algunos sismos y la incertidumbre se mezclaba con el temor. A medida que los compromisos turísticos se cancelaban, El Hierro se llenaba de periodistas.

Tras cuatro meses pendientes de la erupción, y después de que los vecinos



Investigadores del IEO preparan una roseta para explorar el fondo submarino.

del pueblo costero de La Restinga fueran evacuados dos veces, el 10 de octubre, a las 6.20 (hora peninsular), los sismógrafos del IGN comenzaron a dar una señal anómala. Una señal interpretable como de salida de lava. La erupción, finalmente confirmada al anochecer, se estaba produciendo bajo el mar, a cinco kilómetros al sur de la isla y a novecientos metros de profundidad.

Para muchos fue un alivio: ya era hora. Al menos la bestia empezaba a sacar la cabeza, y en un lugar sin aparente peligro. Pero las especulaciones no terminaron; solo cambiaron de tema: ¿llegaría el volcán a emitir tanta lava como para que emergiese una nueva isla? ¿Tal vez un islote? En las redes sociales se debatió incluso a qué país pertenecería, legalmente, el posible nuevo territorio.

La mancha creciente

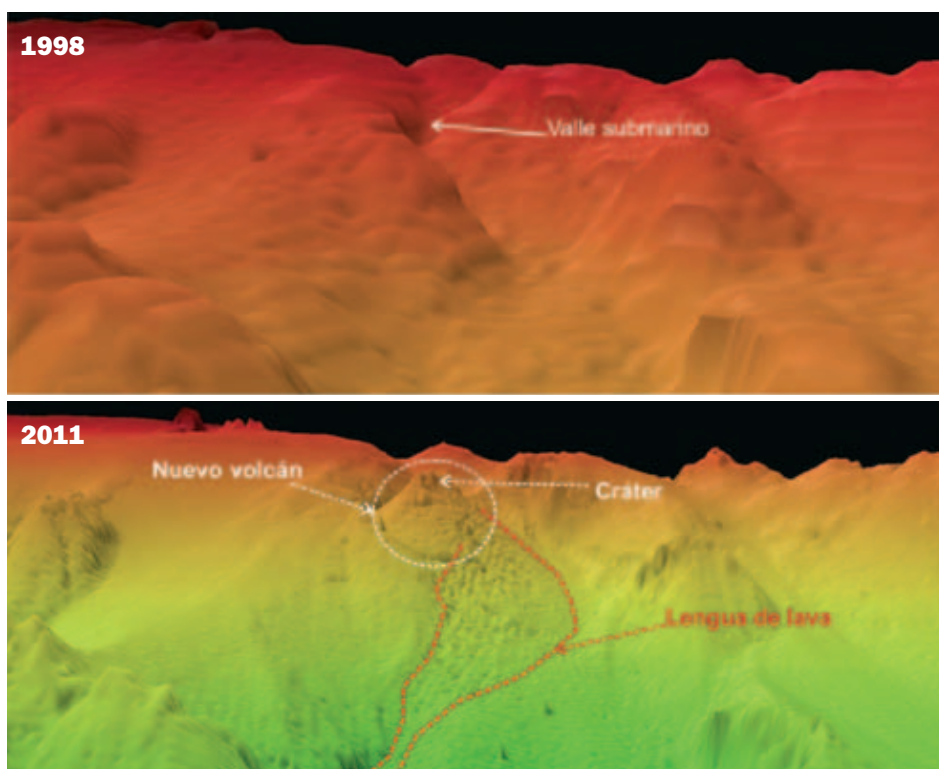
Pero no, no ha llegado a formarse nueva tierra emergida y, a pesar de que la erupción no ha terminado, los vulcanó-

logos no creen que vaya a ocurrir. Aunque sí ha habido algunos signos visibles. Uno de los primeros fue la mancha. Una gigantesca mancha color fango que fue creciendo junto a la isla, hasta superar incluso las dimensiones de esta. Y mientras en el espacio los satélites de observación de la Tierra fotografiaban su avance, el aire del pueblo de La Restinga se llenaba de olor a azufre. Los pescadores y los propietarios de los clubes de buceo empezaban a quejarse: imposible salir a pescar con la mancha, y ni hablar de salir a bucear en aguas turbias y burbujeantes.

La ebullición del agua ha sido, efectivamente, otro de los síntomas. El calor y los gases del volcán han atravesado la columna de agua de cientos de metros de profundidad hasta llegar a la superficie, donde los científicos han medido temperaturas de casi una decena de grados superiores a lo habitual. El 8 de noviembre se registró un “intenso burbujeo” que elevó “agua, gas y ceniza en suspensión a varios metros sobre la superficie”, según informó en un comunicado el Gobierno de Canarias.

El burbujeo no llegó solo, sino acompañado de humeantes fragmentos de lava solidificados flotando —piroclastos—. Los científicos, a bordo de helicópteros, observaron además “la presencia de balones o globos de lava de gran tamaño (algunos de ellos de más de dos metros)”, se explicaba en las notas oficiales. Estos globos “ascendían a la superficie del mar y flotaban gracias al gas volcánico atrapado en su interior, llegando a registrarse temperaturas reflejadas del orden de los 85,5 °C”.

El buque oceanográfico *Ramón Margalef*, del Instituto Español de Oceanografía (IEO), inspeccionó los fondos en las proximidades del volcán —con un mini-robot sumergible— y llegó a obtener imágenes submarinas a pocos metros de la columna de lava del volcán. Pero quienes esperaban espectacularidad se vieron defraudados. Solo un turbio flujo de partículas en distintos tonos de gris delataba el chorro de lava manando de las entrañas de la tierra a miles de grados de temperatura.



El fondo marino antes y después del surgimiento del volcán. La batimetría realizada los días 10 y 11 de enero de 2011 por el buque oceanográfico *Ramón Margalef*, perteneciente al Instituto Español de Oceanografía, estableció en 130 metros la profundidad a la que se encontraba la cima del volcán submarino. El diámetro de la base en ese momento era de unos 800 metros y su altura de 200. El volumen total de material emitido desde el inicio de la erupción se calcula en unos 145 millones de metros cúbicos, incluyendo el cono eruptivo y las coladas asociadas.

Experiencia científica sin precedentes

Los científicos, no obstante, no han ocultado su emoción. “El valor científico de los datos instrumentales que se están recogiendo es incalculable, así como la experiencia en la gestión de una emergencia volcánica”, asegura por correo electrónico Carmen López, responsable de la coordinación en el IGN. “Este conocimiento servirá para la mejora del propio sistema de vigilancia, tanto en sus aspectos técnicos como en la metodología de pronóstico en la valoración de un futuro proceso eruptivo”.

¿Qué pasará ahora? Los registros sísmicos de las estaciones de la red de vigilancia volcánica del IGN revelan que la erupción sigue en marcha, aunque más tranquila: “La sismicidad ha disminuido notablemente desde que se inició la erupción, de manera más notable desde primeros de diciembre de 2011, manteniendo unos valores bajos de actividad”, explica López. Eso significa que “esta dura ya más que cualquier erupción cono-

cida ocurrida en época histórica en Canarias, exceptuando la de Timanfaya [Lanzarote], activa durante varios años entre 1730 y 1736”.

Así, no hay ejemplos pasados suficientes para predecir qué ocurrirá en este caso. “No sabemos con certeza cuánto puede durar esta fase *estable*”, dice López. “Lo que sí sabemos es que la erupción está en una fase de menor actividad que en meses pasados”. Los análisis de la lava que flota en el mar indican que el magma se está volviendo cada vez más viscoso, con lo que, si no se produce una mezcla con un magma nuevo, “no podrá mantener la presión necesaria para su salida, y finalizará la erupción. Pero este momento aún no ha llegado, y la emisión de material es constante”.

Cada volcán tiene su carácter, y el de El Hierro está siendo tranquilo, seguro y, por ahora, inagotable. Si los herreños pudieran elegir, solo pedirían más espectacularidad. Pero la naturaleza no es a la carta, y de vez en cuando recuerda que es ella la que manda. ■

La historia de Pau García-Milà (Olesa de Montserrat, Barcelona, 1987) es la de una pendiente: la que separaba su casa de la de su amigo Marc Cercós, con el que ideaba la start-up tecnológica que “cambiaría el mundo”. Hartos de subir y bajar la cuesta cada vez que se olvidaban de algún archivo, en lugar de comprarse una bicicleta, crearon eyeOS. Corría 2005 y durante dos años nadie más que ellos usó el sistema operativo del futuro, es decir, la computación en la nube. En 2007, Google y varias universidades norteamericanas presentaron su propia apuesta. Pero en eyeOS, en vez de rendirse, supieron aprovechar el momento y su diseño, el mayor de *software* libre creado en España: más de un millón de descargas, comunidades en todo el planeta, utilizado ya en 65 países y líder mundial. Los 43 empleados de la empresa, que tiene su sede en Barcelona, se entregan con pasión a los sueños de este emprendedor que asegura que “está todo por hacer”, justo como ha titulado el libro en el que resume las claves de su precoz éxito.

■ POR **Concha Barrigós**, PERIODISTA.

Pau García-Milà, creador de la ‘start-up’ tecnológica eyeOS

“España no es el país de la queja, es el de la oportunidad”

—Cuando concibió eyeOS usted tenía diecisiete años y pasaba más tiempo ideando proyectos que en las clases de Ingeniería Informática, carrera que acabó dejando a los seis meses. ¿Si no hubiera hecho pellas, jamás se le habría ocurrido?

—Más que hacer pellas, es que no me gustaba lo que aprendía en la facultad; eyeOS fue la respuesta al deseo de crear cosas.

—¿Qué es eyeOS, ese invento que ha revolucionado la computación?

—Nació con el objetivo de ser una plataforma para guardar todos los archivos en un único lugar, un escritorio en la nube de Internet, y acceder a través de cualquier dispositivo que tuviera conexión a la Red. Pero no la pensamos para producir sino para consumir.

—La computación en la nube, ¿sería como un ‘guardamuebles’, en el que se alma-

cena todo lo que se quiere conservar pero para lo que no se tiene sitio en casa, es decir, en el disco duro del ordenador?

—Así es, pero además se presentan, organizan y gestionan los datos, archivos y aplicaciones del usuario. Por ejemplo, en la versión profesional se *virtualiza* el entorno de trabajo en la empresa, a la vez que se mantienen todos los datos bajo control en la nube privada de eyeOS. Se facilita al usuario el acceso al espacio de trabajo desde cualquier dispositivo, mientras que todos los datos y archivos se sincronizan y las copias de seguridad se llevan a cabo en un solo lugar de la empresa. De este modo, se ahorra considerablemente en servidores y licencias de *software*. Hasta ahora —presume—, la empresa ha registrado un millón de descargas del escritorio web por parte de clientes de 186 nacionalidades distintas.

—¿Qué significa el nombre de eyeOS y cómo surgió?

—Eye Operating System, lo de *eye* (ojo, en español) es porque se trata de un producto muy visual. Y nació como la idea de un grupo de cinco amigos del Baix Llobregat, con una inversión de entre el cero y la nada. Luego, poco a poco, el banco nos dejó dinero y empezamos a vender productos. Lo que más me gusta es lo que hemos conseguido siendo 43 personas. Aunque para mi madre sea la empresa más grande del mundo, somos muy pequeños comparados con nuestros competidores.

—¿Y qué es lo que les hace diferentes de Microsoft, Apple o Google?

—Nuestro modelo ha sido copiado por ellos, pero sin nuestro éxito. La razón fundamental es que nuestro *guardamue-*



Pau García-Milà, durante su intervención en el foro Aragón Empresa 2011.

Bananity, la red social para compartir emociones

Pau García-Milà es también, junto con Sergio Galiano (Coin+D), ideólogo de Bananity, una comunidad virtual cuyos participantes escogen o proponen aquello que aman (*loves*) u odian (*hates*), sin grises intermedios, y así se va definiendo un perfil que puede coincidir en ese entorno con una o muchas almas gemelas.

El “mundo banana” nació cuando García-Milà y Galiano, hartos de discutir con sus amigos sobre un juego de zombis, pensaron que se podría crear una plataforma libre que permitiera conocer a gente afín.

Bananity presenta una interfaz de uso sencillo, donde el usuario va definiendo sus gustos y en la que puede incorporar nuevas *bananities* o ideas sobre las que posicionarse. No se trata de una red social más para comentar las fotos con los conocidos o la familia, ni para estar al día de la agenda vital de los demás, sino que aquí cada concepto define al internauta, con la posibilidad añadida de contar con una *wishlist* para incorporar las sugerencias de las personas afines.

La comunidad está disponible en castellano, catalán e inglés y cuenta con una aplicación para iPhone, a la que se unirá otra versión para Android. Presentada la última semana de noviembre pasado, durante varios días esta comunidad estuvo colapsada por la increíble afluencia de usuarios y, de hecho, a principios de año aún continuaba

en lo que se conoce como “fase beta”, es decir, en la que los esfuerzos están dedicados a eliminar errores.

Muchos *bananities* son empresas, servicios o productos que encuentran en esta red datos muy interesantes sobre los usuarios. No se pueden variar los gustos o disgustos pero es posible conocer, por ejemplo, que a quienes les gusta mucho algo también les encanta otra cosa asociada.

Y si por sus *loves* los conoceréis, los de García-Milà son, entre otros muchos, el olor que queda en las manos después de pelar una manzana, el reloj con calculadora, la canción *Un beso y una flor*, tener hijos joven, liarla parda, dormir de lado y cantar en el coche.

Por odiar, este joven emprendedor odia madrugar, tomar el sol, los huevos fritos, fumar, IOS (Apple), el aburrimiento y la intolerancia.

Bananity es la mejor iniciativa *online* española y latinoamericana de 2011, según los usuarios del portal Genbeta. Ha llegado al millón de *loves* y *hates*, aunque el número de los primeros (675.642) duplica el de los segundos (324.358). Mourinho, *Sálvame* y Justin Bieber son los más odiados; los más populares, viajar a Nueva York y hacer un trío. Twitter, Google, Buenafuente —que apadrina el proyecto—, Leo Messi y la pizza están en el *top ten* de lo más amado. Y entre lo más odiado se encuentran la SGAE, Belén Esteban y los 72 minutos del límite de Megavideo. ■

bles permite al usuario pulular por cualquiera de las salas en las que tiene sus archivos y coger lo que le interese. A ellos [Microsoft, Apple, Google...], en cambio, tienes que pedirles qué quieres y ellos te lo “sacan hasta la puerta”. Las grandes multinacionales dicen “dame la información y te doy mi servicio”. Nosotros, no; le damos al cliente la plataforma y él usa el producto entero. Esa es la diferencia y el motivo de nuestro éxito; es lo que nos permite seguir creciendo y compitiendo a pesar de ser una pequeña empresa española.

—*Cuando constituyeron la empresa no tenían ni idea de gestión, por eso hicieron un ‘casting’ en busca de la persona adecuada para sacarla adelante. ¿Sigue pensando que la decisión más importante cuando se tiene una idea es escoger bien al jefe que ayudará a desarrollarla?*

—Absolutamente. Vimos a muchas personas que podían ocupar el cargo, pero

con Pol Watine —creador de varias empresas francesas— fue amor a primera vista. Le invitamos a entrar en la empresa como socio y aceptó. Él es el presidente, yo soy el director general y Michel Kisfaludi, ex director general de Deutsche Bank en España, es el consejero delegado.

—*¿Sus empleados están muy implicados en el desarrollo de la empresa?*

—Somos 43 personas de siete nacionalidades —rusa, griega, china, española francesa, filipina y peruana— en nuestra sede y con una amplia comunidad en todo el mundo. Utilizamos mucho el teletrabajo, aunque también son muchas las personas que van físicamente a la oficina y el ambiente es de total implicación.

—*¿Han recibido muchas ofertas de compra, tanto amistosas como hostiles?*

—Ha habido tanteos, pero no ofertas formales; no estamos cerrados a nada. Todo depende: si llega el momento en el

que no vender significara frenar la empresa, me lo plantearía

—*IBM eligió eyeOS como su plataforma Open Cloud preferida en 2010; Gartner nombró a eyeOS Cool Vendor en gestión de operaciones en el año 2011; el pasado mes de octubre apareció su primera licencia comercial, el eyeOS Professional Edition; usted acaba de obtener el premio TR35, al mejor innovador de España menor de 35 años... ¿Eso se traduce también en ganancias?*

—El negocio está en los servicios que ofrecemos: soporte, mantenimiento, programación y consultoría, especialmente a las empresas grandes. Aunque los usuarios finales de eyeOS sean los autónomos y las pymes, el cliente es la gran empresa que les da servicio, es decir, Orange Labs, IBM o Telefónica. Estas compañías ofrecen el producto a sus abonados o lo usan como una herramienta interna de intranet. Respecto a las cifras de negocio, con una inversión



El creador de eyeOS es un triunfador, pero reconoce que lo frecuente es fracasar.

de dos millones de euros, en 2011 facturamos un millón porque trabajamos mucho en I+D. El objetivo era crear la versión para empresas y ahora saldrá la destinada al entorno profesional. Prevemos cerrar 2012 con una facturación de tres millones y alcanzar los siete en 2013. Y este mes hemos abierto la segunda ampliación de capital con el objetivo de crecer internacionalmente.

—¿Qué estudios tiene alguien tan brillante?

—Hice ESADE, un Executive Master, para saber de negocios [risas].

—¿Era lo que tenía que hacer?

—Sí, pero quiero continuar. El próximo curso seguiré estudiando, pero no para lograr un título. Estudiaré lo que me pueda llenar. Ante las decisiones que ya has tomado y que quizá te gustaría cambiar, como esta de los estudios, solo tienes dos caminos: arrepentirte o pensar en positivo.

—Pero no se ha limitado a poner en marcha la empresa. Luego vino un programa de radio (Com Radio y Rac1), un libro (*Está todo por hacer. Cuando el mundo se derrumbe, hazte emprendedor*, que ya va por la octava edición) y una red social, Bananinity.

—De jovencito [sic] quería estudiar Periodismo y estar en la radio; es lo que me llenaba. Ahora, tengo la oportunidad de trabajar en este medio. Llevo ya dos temporadas y no he tenido que renunciar a otros proyectos. En cuanto al libro, lo escribí el año pasado y va bastante bien, la verdad. Ya son ocho ediciones (cuatro en castellano, tres en catalán y una para

Estados Unidos) y tengo mucho *feedback* a través de Twitter. El comentario que más se repite es que les ha sido útil y que transmite ganas de hacer cosas. Y en Bananinity, yo he puesto la cara, pero es un trabajo de un gran equipo. Realmente mi proyecto es eyeOS. Aunque sigo muy de cerca Bananinity, solo he puesto mi granito de arena. Cuando comenzó a funcionar, el primer día, la Red se colapsó, por eso al día siguiente solo se podía acceder por invitación, como respuesta

“A veces, las pegas administrativas y burocráticas que ponen para emprender algo son infinitas”

a que mucha gente quería entrar. El objetivo es ver por dónde va. Yo la uso de forma cachonda, para pasármelo bien.

—¿De dónde saca el tiempo para hacer tantas cosas?

—Duelmo seis horas e intento aprovechar el tiempo al máximo.

—Para un emprendedor, ¿es mejor triunfar o fracasar?

—En el tiempo que llevo en la radio, escuchando a otros emprendedores, he

constatado que sabe mejor triunfar, pero es más frecuente lo segundo. Prepararse para el fracaso equivale a tener ganas de seguir adelante y el triunfo hay que saber gestionarlo. En esta materia, en la de los emprendedores, está todo por hacer, queda muchísimo.

—¿Quién nos sacará de la crisis?

—Seguro que será la gente.

—¿Qué le parece el movimiento de los indignados?

—Cualquier manera de quejarse y moverse es válida, también el movimiento de los indignados. Lo que no puedes hacer nunca es quedarte esperando a que te arreglen las cosas.

—¿España es el país de la queja?

—No, es el de la oportunidad, aunque muchas veces uno tiene la sensación de no poder sacar las cosas adelante porque las pegas administrativas y burocráticas que ponen para emprender algo son infinitas.

—¿Es usted muy catalán, en el sentido más nacionalista?

—En política nunca me meto. Los emprendedores entrevistamos a gente de todos los partidos.

—Montó la empresa a escondidas de sus padres —una profesora y un delinante—. ¿Están contentos ahora?

—Claro, siempre lo han estado. El apoyo es constante.

—¿Cuáles son sus gustos y sus disgustos?

—Me gusta el fútbol y, en especial, el Barça. Me fui conduciendo hasta el Reino Unido para ver la final de Champions [entre el Barça y el Manchester]. Es verdad que también me gusta mucho conducir [de nuevo, risas]. Hago deporte dos días a la semana. Me gusta la montaña, cualquier comida sin queso y nada el alcohol. Me gusta más escribir que leer, pero leo muchos periódicos y estoy muy al día sobre cine. Lo que menos me gusta, tener que coger aviones a primera hora y volver en ellos por la noche.

—¿Se merece cómo le está tratando el mundo?

—No, seguro que no. Todo lo que pasa es muy grande y cuando hay una deuda muy grande hay que devolverla al mundo.

—¿Su objetivo para 2012?

—Seguir explorando y ver hasta dónde podemos llegar. ■



La innovación es prioritaria en las estrategias de crecimiento de las empresas europeas, incluidas las españolas

I+D PARA SALIR DE LA CRISIS

Los más agoreros vaticinan la vuelta a los peores tiempos y la destrucción continuada de empleo masivo en sectores industriales y tecnológicos. Pero otros, entre los que se encuentran destacados próceres de las instituciones internacionales, ven en esta nueva Gran Depresión planetaria la oportunidad de oro para la I+D. Descartados el ladrillo y otros sectores de bajo valor añadido como fuente de inversión rápida y segura, ha llegado, tal vez, el momento de armar financieramente a la ciencia y la tecnología, tanto desde los fondos públicos como privados. Innovar puede convertirse en la mejor forma de salir de la crisis. ■

POR **Jesús Vicenti**, PERIODISTA Y ASESOR TECNOLÓGICO.

EN FECHAS MUY RECIENTES, LA MULTINACIONAL de la consultoría Alma Consulting presentó su *Séptimo barómetro de financiación de la innovación en Europa*, en el que, entre otros muchos datos, afirma que el 57% de las empre-

sas españolas encuestadas considera la I+D un instrumento clave para desarrollarse y mantenerse competitivas en el mercado. Y en cualquier caso, como el principal pilar en su estrategia de crecimiento para los años venideros.

Las cifras no son muy diferentes entre las 2.041 compañías consultadas en los otros ocho países objeto de estudio (Reino Unido, Francia, Alemania, Bélgica, Portugal, Hungría, Polonia y República Checa), al margen de su pertenencia

‘Horizonte 2020’, herramienta clave de la Unión Europea contra la recesión

Horizonte 2020 es un componente clave en la implementación de la estrategia Europa 2020, según la Comisión Europea (CE), para alcanzar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, y una revolución cualitativa y cuantitativa de la financiación actual de la investigación de la Unión Europea (UE). La inversión inteligente en la I+D+i, dice literalmente *Horizonte 2020*, “constituye un estímulo directo a la economía y asegura nuestra base de conocimiento excelente para que nuestras empresas sean más competitivas en un mundo globalizado”.

De acuerdo con la información colgada en su web oficial, *Horizonte 2020* permitirá modernizar y simplificar el apoyo a la investigación y la innovación en torno a tres grandes objetivos: la excelencia científica, las industrias competitivas y una mejor sociedad. Asimismo, centra-

rá la inversión en los principales problemas comunes de todos los europeos, como el cambio climático, la competitividad de la energía renovable, la seguridad de la alimentación o los desafíos de una población cada vez más envejecida.

Para pagar la cuenta, la CE ha propuesto a los Estados miembros que se aflojen los bolsillos hasta dotar con 80.000 millones de euros la financiación de las acciones y proyectos acogidos a *Horizonte 2020*, que tomará el relevo del viejo Programa Marco de I+D y es unos 25.000 millones de euros más costoso. ■



Presentación de la *Estrategia Europea Horizonte 2020* por miembros de la CE.

o no a la Unión Monetaria o de su condición de líderes o, por el contrario, de emergentes. En materia de innovación, todos ellos —unos en mayor medida que otros— dependen también de las ayudas recibidas, que actúan como verdadera palanca de lanzamiento, pues representaron en el año 2010 las dos terceras partes de la financiación externa de sus proyectos de I+D. La falta de liquidez en las entidades bancarias, que ahoga la financiación externa privada, habrá recrudecido, sin duda, el problema en el año 2011, aunque, para constatarlo con números, habrá que esperar a la nueva edición del barómetro en enero de 2013.

Pese a la crisis, el 74% de las empresas encuestadas afirma tener confianza en el futuro, y el 77% de las pymes incluso se declara optimista y prevé aumentar sus presupuestos y las contrataciones de I+D. De ahí que la innovación sea la prioridad entre sus estrategias de crecimiento, con un contundente 56% de coincidencias entre las empresas consultadas. En el caso particular de España, el porcentaje aún se eleva ligeramente sobre la media hasta el 57%, mientras que el 73% manifiesta un gran optimismo en el futuro en lo que a la innovación se refiere y el 53% reinvierte una parte importante de sus beneficios en I+D.

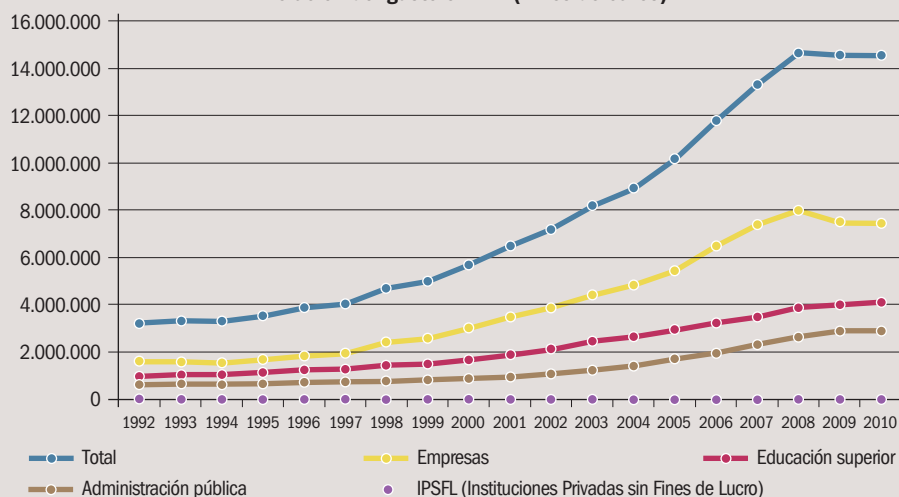
80.000 millones contra la nueva Gran Depresión

Europa se halla inmersa en una profunda crisis como no se recuerda posiblemente desde los tiempos de la Gran Depresión, pero las instituciones de la Unión Europea (UE) saben que no queda otra que apostar por la innovación para salir del hoyo y también para cumplir su objetivo de convertirse en economía líder mundial basada en la sociedad del conocimiento. Así lo confirman en su *Estrategia Europea Horizonte 2020*, presentada el pasado mes de diciembre y en la que sientan las bases de este compromiso con la innovación, pese a que las restricciones obligadas de cada Estado miembro para equilibrar las maltrechas economías puede retrasar considerablemente el flujo financiero público hacia la I+D. Y no hay que olvidar que, según los datos del Barómetro, el 66% de la financiación externa de los proyectos más innovadores dependen del era-

rio público. Así que la pregunta que cabe hacerse es si los Gobiernos europeos tendrán medios para mantener estos instrumentos de ayuda, pese a los recortes presupuestarios y las medidas generalizadas de ajuste. La *Estrategia Horizonte 2020*, por si acaso, parece blindarse contra los recortes y prevé obtener recursos entre sus socios por valor de 80.000 millones de euros durante los siete ejercicios de duración de la iniciativa (2014-2020).

¿Y en España qué? Pues, sin duda, el toro es bien difícil de lidiar. Por una parte, una crisis que no parece tocar fondo y que ha frenado tanto las inversiones públicas como las privadas, hasta el punto de que este año podría haber algunos cientos de millones de euros menos para la I+D en los Presupuestos Generales del Estado. Lo malo es que incluso así podría sobrar dinero, puesto que, por cada euro de inversión pública en proyectos innovadores, la empresa ha de poner casi otro euro de su bolsillo. Dicho de for-

Evolución del gasto en I+D (miles de euros)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. *Estadística 2010 sobre actividades de I+D en España.*

Barómetro Europeo de Financiación de la Innovación 2011

Cifras básicas de las empresas españolas

- Recursos externos utilizados en la empresa española para financiar la innovación en los últimos tres años:
 - 69% de los casos: subvenciones y préstamos;
 - 53%: deducciones fiscales.

(Máximo nueve países estudiados: Bélgica, 85% subvenciones y préstamos, y Bélgica, 85% deducciones fiscales).

(Mínimo nueve países: República Checa, 27% subvenciones y préstamos, y Polonia, 9% deducciones fiscales).

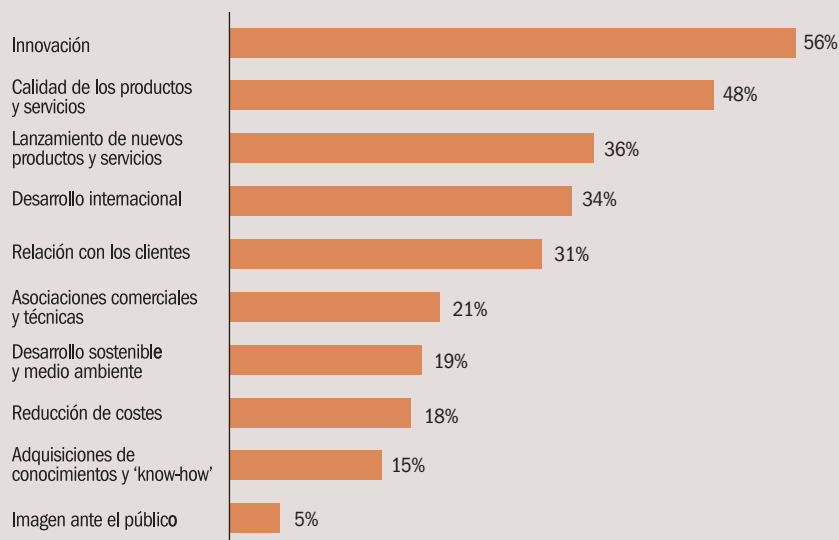
- Porcentaje de empresas españolas que piensan contratar personal de I+D en los próximos doce meses:
 - 34%.

(Máximo nueve países estudiados: Alemania, 72%).

(Mínimo nueve países: Polonia, 32%).

Fuente: Alma Consulting.

Prioridades de crecimiento de las empresas europeas



Fuente: Alma Consulting.

ma más precisa: solo se gastarán los pre-
visibles 7.000 millones de la función de
I+D de los presupuestos del Estado si el
sector privado se gasta otros 7.000. En
caso contrario, parte del gasto público
quedaría sin ejecutar. En este sentido, las
pautas de la UE son bien claras: no se
trata de poner el saco del dinero en
medio de la calle para que la empresa se
lo vaya llevando, sino de contribuir con
fondos públicos a una parte de la inver-
sión privada, tratando de estimular la mis-
ma, pero nunca sustituyéndola. De hecho,
en sus recomendaciones para el futuro
insiste en que la proporción perfecta
sería dos partes de inversión privada y
una de pública. A esta proporción se
acercan los líderes tecnológicos, pero se
quedan muy lejos los países más depri-
midos de Europa. España está en un
fifty, fifty.

Este extremo se aprecia muy bien
en la información que elabora anual-
mente el Instituto Nacional de Estadís-
tica (INE) sobre actividades de I+D.
Los datos del ejercicio 2010, dados a
conocer en noviembre de 2011, confir-
man que las Administraciones públicas
se gastaron ese año en España 7.380
millones de euros en I+D y las empre-
sas, 6.370 millones, totalizando entre
ambas cerca de 14.000 millones de
euros, equivalentes al 1,39% del PIB.
Según esta misma fuente, 222.000 per-
sonas desempeñan actividades de I+D
(12 por 1.000 de la población ocupada):
129.300 de ellas en el sector público y
92.700 en el sector privado.

Plan Nacional de I+D+i 2012-2015 y otros deberes

El recién estrenado Gobierno también
tendrá que elaborar un nuevo Plan Nacio-
nal cuatrienal de I+D+i, que el anterior
Ejecutivo no llegó a redactar pese a que
caducaba ya en 2011, y que mantiene
temporalmente prorrogado hasta la apro-
bación de la nueva edición 2012-2015.
Junto a esta magna obra, tendrá que asu-
mir la nueva *Estrategia Horizonte 2020*
de la UE y adaptarse a ella; desarrollar
la nueva Ley de la Ciencia, aprobada en
mayo de 2011 tras veinticinco años de
vigencia de la anterior, y además enfren-

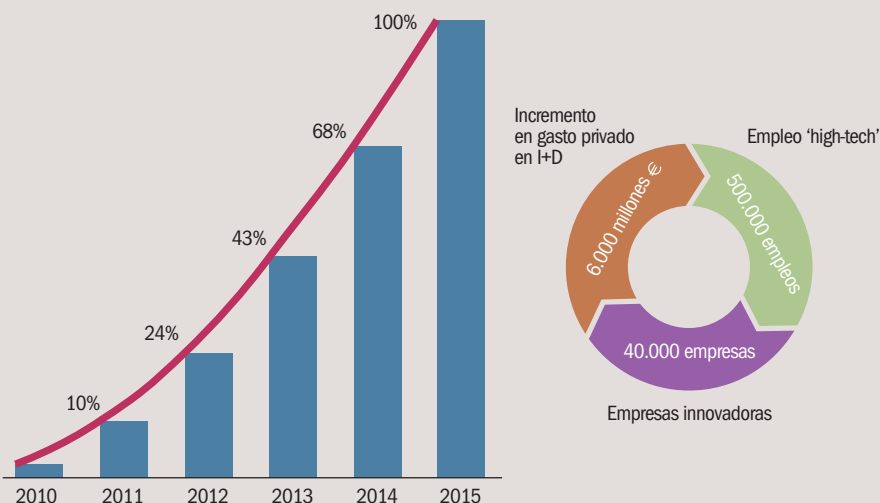
tarse a una reordenación de la estructura ministerial para la aplicación de todas estas políticas.

El Ministerio de Ciencia e Innovación ha desaparecido para integrarse en el Ministerio de Economía y Competitividad, al albur de la recién creada Secretaría de Estado de I+D+i. Algunas competencias, aunque bien pocas, quedarán en la cartera de Industria, y está por ver si se pone en marcha la tan prometida Agencia Estatal de Financiación de la Investigación, prevista en la Ley de la Ciencia, pero aún no desarrollada. Todo un reto por delante para los nuevos gestores de la I+D, y no digamos para los empresarios que habrán de mantener sus compañías a flote e incrementar sus inversiones en proyectos innovadores en aras de la competitividad.

Aunque al cierre de esta edición aún no se habían dado a conocer las pautas gubernamentales para la legislatura en materia de investigación, ciencia y tecnología, entre las medidas propuestas por el Partido Popular en su programa figura la puesta en marcha de una Estrategia Nacional de Competitividad que promueva la unidad de mercado, la independencia y la profesionalidad de los organismos reguladores, la internacionalización de la economía y el fomento de la I+D+i.

El pasado mes de octubre, la Comisión Europea (CE) publicó su cuadro anual de indicadores sobre inversión en I+D de las empresas europeas, referidas al año completo de 2010. Pese a que en algunos países como España este indicador permaneció estancado (de 1,38% sobre el PIB en 2009 a 1,39% en 2010), la inversión global en la UE se incrementó en un 6,1%. Como en 2009 este mismo indicador había retrocedido tres puntos, la conclusión aparente va en línea con la idea central de este artículo: se está utilizando la inversión en innovación como la mejor manera de salir, y reforzados, de la crisis. Entre las empresas españolas que aparecen reflejadas como inversoras al alza en cuestión de I+D, cabe citar a Banco Santander (incremento del 56%), Telefónica (16%) y Amadeus (33%).

Objetivo: duplicar la actividad innovadora de la economía española



Fuente: Ministerio de Ciencia e Innovación 2011.

Objetivos de la 'Estrategia Estatal de Innovación 2010-2015'

La llamada *Estrategia Estatal de Innovación 2010-2015*, aprobada por el Gobierno anterior, y que deberá confirmar, modificar o revocar el nuevo Ejecutivo, no se plantea un futuro con otros discursos que no sean innovación y más innovación. Amarrados a ella se conseguirá no solo crear empleo y de calidad, sino, sobre todo, ser líderes, y no meros usuarios, de la sociedad del conocimiento. Los objetivos planteados son, tal vez, en exceso ambiciosos: 40.000 nuevas empresas innovadoras, 500.000 nuevos empleos en sectores de alta tecnología y 6.000 millones de euros más de gasto privado en I+D en 2015 respecto al año 2009, duplicando con ello en un lustro la actividad innovadora en la economía española. ■

Pero si abrimos el enfoque un poco más, y tomando datos de la propia UE sobre la inversión en I+D+i durante los últimos quince años (*Informe sobre la Competitividad de la Innovación*), se aprecia que, mientras que su inversión en este ámbito creció un 50% acumulado, Estados Unidos lo hizo en un 60%, los tigres asiáticos (Japón, Corea del Sur, Singapur y Taiwan) en un 75%, las emergentes Brasil, Rusia e India en un 145% y la estelar e imparable China en un 855%.

En definitiva, "habrá que correr mucho para no moverse del sitio, y para ganar posiciones habrá que correr todavía mucho más", como se dice en la inolvidable novela de Lewis Carroll *Alicia en*

el País de las Maravillas, todo un canto en este pasaje a las exigencias modernas de competitividad. Y todo ello en un momento en que los Gobiernos europeos, con veintiséis millones de parados a sus espaldas, cuestionan la aplicación de fuertes medidas de ajuste y de contención rápida del déficit, o bien de reformas más suaves y estimuladoras de la actividad económica. En medio de este debate, la gran apuesta de inversión de *Horizonte 2020* y de las estrategias de innovación de cada uno de los Estados miembros se perfila como la mejor manera de salir de la crisis con empleo cualificado, liderazgo internacional y economías más avanzadas e independientes. ■

La conquista del Polo Sur hace cien años lo aún todo: una efeméride redonda, la épica del triunfo y la muerte, y una historia de vencedores y vencidos como tantas otras, si no fuera porque Antártida solo hay una. Un siglo después, el infierno helado que encumbró a Amundsen y enterró a Scott sigue siendo igual de hostil, pero se ha convertido en un campo de investigación único. Los héroes de la exploración polar se enfrentaron al blanco Sur a pulso; hoy la tecnología hace posible que una nutrida comunidad científica trabaje allí y acumule evidencias del cambio climático, indague sobre el pasado y el futuro de la Tierra, o busque respuestas a enigmas del universo, como la “materia oscura”. ■ **POR Arantza Prádanos, PERIODISTA AMBIENTAL.**

Cien años después de la carrera por el Polo Sur, la Antártida no es ya un sueño de descubridores sino el mayor laboratorio del mundo

De la épica a la física

ROALD AMUNDSEN, HOMBRE DE negocios y aventurero noruego, plantó la enseña de su país en el corazón de la Antártida el 14 de diciembre de 1911. Fue el final de un *sprint* en el que solo había premio para el ganador. El segundo, el equipo británico del capitán Robert Falcon Scott, alcanzó los 90° de latitud Sur 34 días después, el 17 de enero de 1912. En una foto inolvidable se les ve mirando hipnotizados la bandera victoriosa en medio de la nada. Es uno de los mejores retratos de la desolación que ha quedado para la historia, rubricado además por un epílogo fatal: Scott y sus cuatro compañeros murieron en el camino de regreso.

En un siglo se ha escrito de todo sobre este duelo de titanes, países y estilos antagónicos, pero el episodio mantiene intacto su fulgor como ejemplo máximo del ansia del ser humano por ir más allá de sus límites. Un rosario de actos en Noruega, en el Reino Unido, en medio

mundo, conmemora este año la conquista del último Sur.

Cada uno a su manera. Los británicos, expertos en acuñar héroes propios y villanos ajenos, llevan décadas sacando brillo a la figura trágica de Scott. En el centenario han preferido omitir detalles sobre sus garrafales errores en la preparación logística del asalto al Polo Sur, y recordar en cambio el carácter precursor de la misión científica paralela. Junto a los cinco cadáveres se hallaron dieciséis kilos de fósiles y muestras geológicas, rollos de película y registros meteorológicos. Cuando luchas por tu vida en el medio más hostil del planeta, en el que la rapidez es crucial, el exceso de equipaje puede resultar, y de hecho resultó, mortal.

El otro duelista no se entretuvo. Apenas un par de fotografías en el trayecto para documentar la marcha junto a su equipo, y el momento cumbre de la bandera. Amundsen, tan consumado explorador polar como pésimo propagandista

de sí mismo, nunca negó su único objetivo: ganar la carrera. “¿Por la ciencia y los descubrimientos geográficos? Oh, no; eso vendrá después, para unos pocos especialistas. Es algo que cualquiera puede comprender: la victoria de la mente y la voluntad humanas, su fortaleza frente al dominio y el poder de la Naturaleza”, era su respuesta al porqué de su obsesión por los hielos.

Precursor de la ciencia polar

Visto así, tal vez podría hablarse de una cierta venganza póstuma del británico. En sus dos expediciones antárticas —la primera una década antes, en 1901-1902— documentó con rigor cuantos fenómenos físicos, atmosféricos o episodios de fauna y flora encontró en el camino. Aún hoy, muestras recogidas por su equipo sirven a los científicos para comparar la evolución del CO₂ en determinados ámbitos, o el incremento progresivo de contaminantes en organismos vivos.



De izquierda a derecha y de arriba abajo, Roald Amundsen, inclinado, toma muestras en la Antártida, junto a la bandera de Noruega que plantó, victorioso, el 14 de diciembre de 1911; el descubridor del Polo Sur, en 1913; Robert Falcon Scott, quien llegó en segundo lugar al infierno de hielo; el malogrado explorador británico escribe su diario en 1910, refugiado en su cabaña; Scott con los miembros de la expedición Terra Nova, y Amundsen contemplando, ensimismado, el horizonte antártico.



STEVE NICKLAS

SPRI

LIBRARY OF CONGRESS



Base del Consejo Superior de
Investigaciones Científicas
(CSIC) en la Antártida.

Bodas de plata de España con la Antártida

España cumple en la actual campaña antártica sus veinticinco años de presencia en el continente helado. Cinco lustros desde las primeras incursiones de investigadores pioneros, como Miguel Ramos, Antoni Ballester, Josefina Castellví y otros “locos”, que se colaban de prestado en proyectos de otros países, antes de sentar sus reales en 1988, con la apertura de la base Juan Carlos I en Isla Livingston, en las Shetland del Sur. El primer asentamiento estable de España en el borde más austral del planeta proporcionaba, además, el billete de entrada al selecto club antártico de miembros consultivos del Tratado. Luego llegarían la base Gabriel de Castilla, en Isla Decepción, y los buques *Hespérides* y *Las Palmas* para completar el despliegue.

En este tiempo, España ha contribuido a la ciencia en la Antártida de forma modesta y solvente. Este año con un presupuesto ajustado de siete millones de euros, la participación de veinte instituciones —varias universidades y el

El *Hespérides*,
buque del CSIC
en el Polo Sur.



CSIC, entre otras— y dieciséis proyectos de investigación en campos como la vulcanología, sismología, oceanografía, cambio climático o el impacto de la actividad humana en los ecosistemas antárticos. ■

También recuperó algunos de los primeros vestigios fosilizados del pasado tropical de la Antártida, cien millones de años atrás, cuando dinosaurios como canguros campaban entre bosques frondosos. Y otros aún anteriores: restos de

Glossopteris indica, un árbol extinto que prosperó hace 250 millones de años en Australia, África y Sudamérica. Su hallazgo ayudó a corroborar el protagonismo de la Antártida en el supercontinente Gondwana. Scott, mal organiza-

dor, mal competidor, se ganó no obstante un puesto de honor entre los precursores de la investigación polar.

La Antártida de 2012 hace mucho que dejó de ser escenario de desafíos patrióticos. Al final la ciencia se ha

Bases científicas en la Antártida

Bases abiertas todo el año

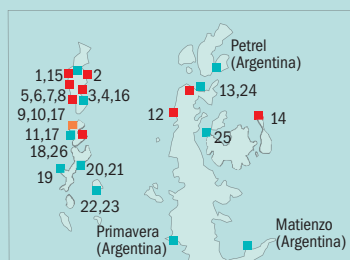
1. Comandante Ferraz (Brasil)
2. Arctowski (Polonia)
3. Jubany (Argentina)
4. King Sejong (Corea)
5. Artigas (Uruguay)
6. Bellingshausen (Rusia)
7. Eduardo Frei (Chile)
8. Julio Escudero (Chile)
9. Estación marítima Antártica (Chile)
10. Great Wall (China)
11. Arturo Prat (Chile)
12. Bernardo O'Higgins (Chile)
13. Esperanza (Argentina)
14. Marambio (Argentina)

Bases de temporada

15. Macchu Picchu (Perú)
16. Dallman (Alemania)
17. Julio Ripamonti (Chile)
18. Maldonado (Ecuador)
19. Guillermo Mann (Chile)
20. Juan Carlos I (España)
21. Ohridski (Bulgaria)
22. Decepción (Argentina)
23. Gabriel de Castilla (España)
24. T/N Ruperto Elchiribehety (Uruguay)
25. Gregor Mendel (República Checa)

Base cerrada

26. Luis Risopatron (Chile)



Fuente: Australian Antarctic Data Centre.

impuesto. El Tratado Antártico (1959) consagra a la paz, la cooperación y la investigación toda la región del globo por debajo de los 60° de latitud Sur y ha puesto sordina tanto a las reclamaciones territoriales como a la explotación de sus recursos naturales, al menos hasta 2048. El sexto continente es hoy “el mayor laboratorio del mundo”, acostumbra a decir Jerónimo López, geólogo de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y presidente del comité español del SCAR, el organismo internacional que coordina la investigación antártica.

La tierra deshabitada acoge ahora a una población multinacional fluctuante. En la etapa de máxima actividad, durante el verano austral, unos 5.000 investigadores y técnicos se afanan in situ en la recogida de datos atmosféricos, geológicos y oceánicos, y realizan experimentos en los campos más variados: de la zoología a la astrofísica, de la tectónica de placas a la gravimetría. Y los afortunados que ponen el pie allí, en alguna de las 65 bases de los 28 países miembros consultivos del Tratado Antártico, o en los bu-

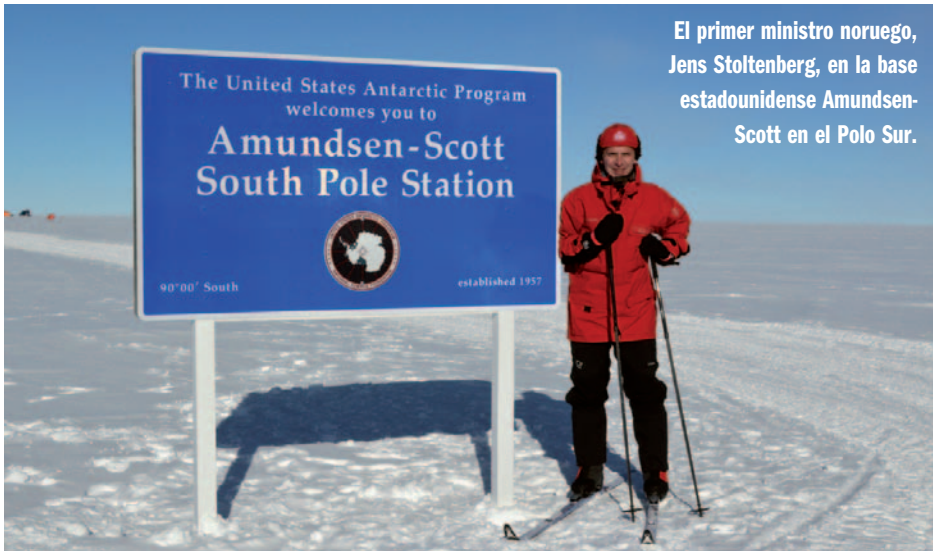
ques oceanográficos que navegan entre los hielos, representan un porcentaje muy pequeño del total de implicados en la ciencia antártica. Como en un iceberg, la parte no visible es mucho mayor, y son miles los que trabajan en la retaguardia para sacar adelante los proyectos o analizar los registros obtenidos sobre el terreno. Para todos ellos, el Año Polar Internacional 2007-2008 marcó un hito que aún perdura. Buena parte de los 170 proyectos científicos auspiciados por más de 60 países tuvieron los hielos australes —también el Ártico— como escenario privilegiado e insustituible.

La Antártida lleva 34 millones de años cubierta de hielo: unos 2,5 kilómetros de espesor medio, y 4,7 kilómetros el punto máximo. Perforaciones en el hielo milenario han permitido rescatar burbujas de aire fósil de hace 800.000 años y certificar la progresiva acumulación de CO₂ y el calentamiento planetario, también en el Sur más remoto.

En la península Antártica —la lengua más septentrional, frente al continente americano— las temperaturas medias

han aumentado 2,8 °C en los últimos cincuenta años, muy por encima del promedio mundial. Es uno de los síntomas más evidentes del cambio climático y no se trata de un hecho aislado. Gran parte de la plataforma de Wilkins colapsó a los ojos del mundo en 2009, cuando se cuarteó una superficie dos veces el tamaño del País Vasco. Otras grandes lenguas de hielo continental que rodeaban la península desde hace siglos, como la plataforma Larsen, habían sucumbido antes, fruto de esa misma anomalía térmica. Fue el colofón triste del Año Polar Internacional y confirmó los peores pronósticos. “Fuimos demasiado conservadores cuando, a principios de los noventa, predijimos su final en un plazo de treinta años; ha sucedido mucho más rápido”, manifestó David Vaughan, del Servicio Británico de Investigación Antártica.

No hay una pauta climática uniforme en todo el continente (13,7 millones de kilómetros cuadrados), pero los científicos ya han desechado la supuesta *paradoja antártica* con la que muchos escépticos cuestionaron el calentamien-



El primer ministro noruego, Jens Stoltenberg, en la base estadounidense Amundsen-Scott en el Polo Sur.



Una bióloga en la colonia de pingüinos de Adelia, en Isla Humble.

to global. Algunas regiones del interior se han enfriado, pero son la excepción y no la norma. Una relectura de mediciones satelitales confirmó que la Antártida, como el resto del planeta, también tiene fiebre.

El agujero de ozono sobre la Antártida —en realidad, un adelgazamiento del escudo protector de la Tierra frente a la radiación solar— es un viejo conocido de la comunidad científica desde su descubrimiento en los años setenta. Tras décadas de seguimiento y más de veinte años después de la prohibición de los clorofluorocarbonos (CFC) por el Protocolo de Montreal, solo muy recientemente se han detectado las primeras evi-

dencias de una mejoría. Un equipo de la Universidad de Macquarie (Sidney, Australia) mostró que el nivel promedio de ozono primaveral de la Antártida ya se había recuperado en un 15% desde finales de la década de los noventa. Con todo, las fluctuaciones climáticas depa- rarán constantes altibajos e incluso para 2085 el ozono seguirá estando por debajo de los niveles de los años ochenta del pasado siglo, por lo menos una vez cada diez años. El problema “dista mucho de estar resuelto”, a juicio de expertos como Margarita Yela, investigadora del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial y gestora del Programa Nacional de Investigación Polar.

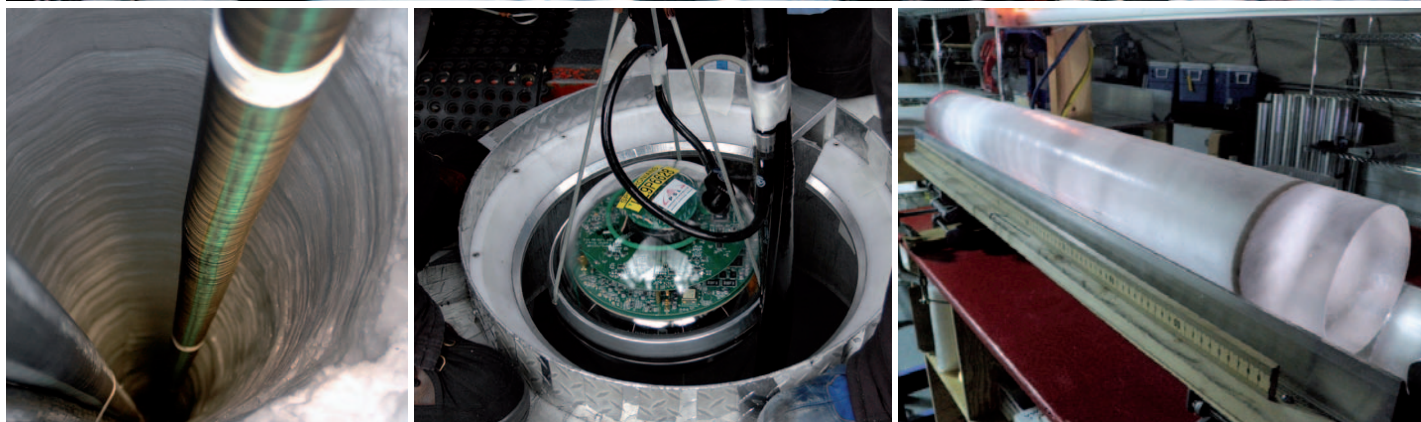
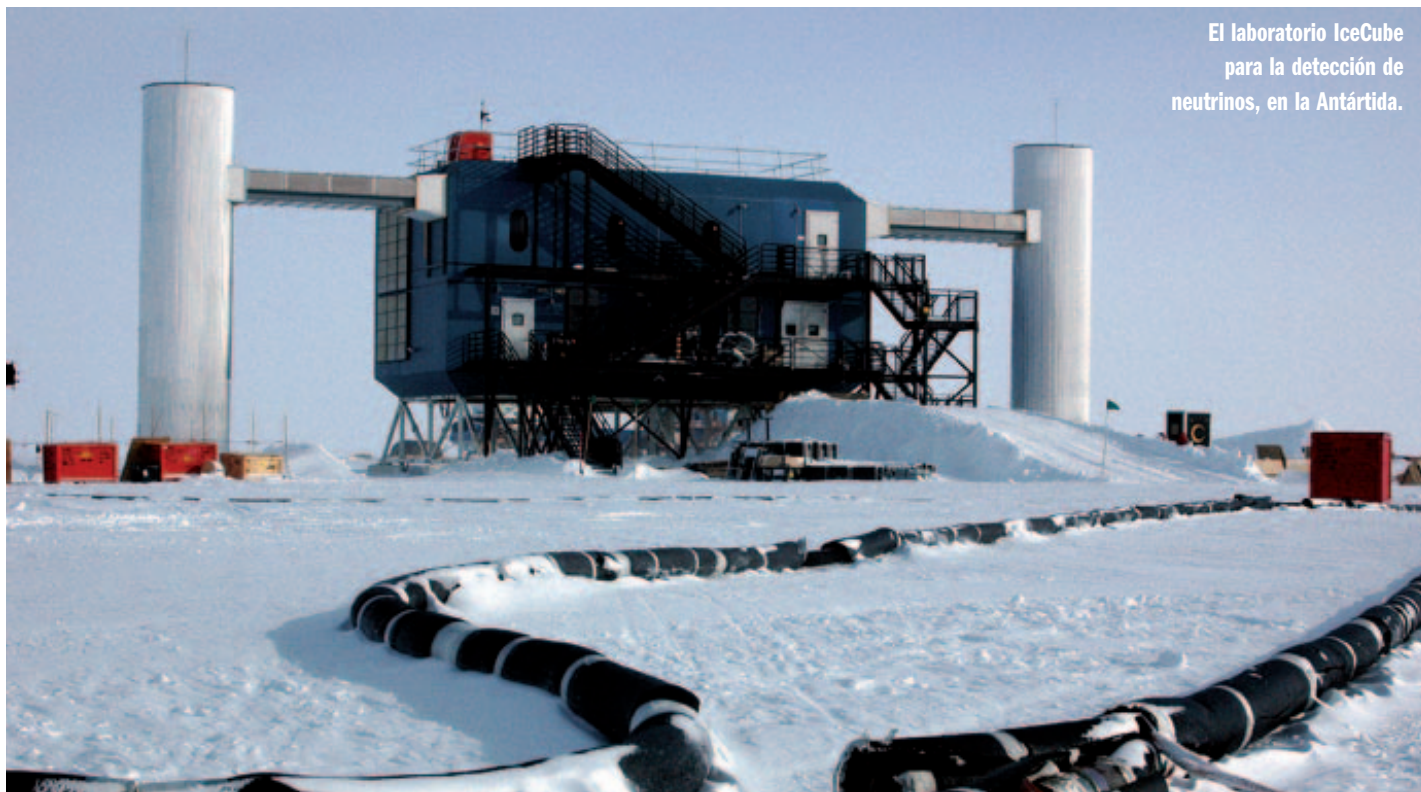


Una investigadora analiza mapas de la región de Montes Transantárticos.

Bajo el hielo

Con todo, algunos de los enigmas que más cautivan a la investigación antártica no están en la atmósfera, sino enterrados bajo trillones de toneladas de hielo. La actual campaña veraniega ya ha proporcionado el gran titular científico y periodístico esperado desde hace años. La primera semana de febrero, los responsables del programa antártico ruso anunciaron la conclusión de la perforación de 3,7 kilómetros de manto helado en la base Vostok —donde en julio de 1983 se batieron todos los récords de frío conocidos ($-89,2^{\circ}\text{C}$)— y la llegada, por fin, a la superficie del mayor de los lagos subglaciales del continente. Una masa de 250 kilómetros de largo por 50 de ancho, con el agua “más antigua y pura del planeta”, destacó Valery Lukin, responsable de la Expedición Antártica Rusa. Agua virgen, sellada y aislada del mundo en su cárcel de hielo desde hace 15 o 20 millones de años, aunque se cree que el lago Vostok pudo haberse formado 35 millones de años antes. La pregunta que

El laboratorio IceCube
para la detección de
neutrinos, en la Antártida.



A la izquierda, pozo en el que se alojan los detectores de neutrinos; en el centro, uno de los 5.160 detectores del proyecto IceCube; arriba, testigo de hielo.

subyace bajo todo ese hielo es si habrá algún tipo de vida orgánica —hecho improbable— o microorganismos del lecho rocoso capaces de resistir el frío, la oscuridad y una presión inconcebibles.

El proyecto ha avanzado a trompicones en las dos últimas décadas, lastrado por la falta de fondos y, sobre todo, por el recelo de los gestores del Tratado Antártico. Perforar y limpiar son verbos antagónicos. Aun así, las sucesivas mejoras introducidas —por ejemplo, cambiar el queroseno por freón como anti-congelante para mantener abierto el agujero de perforación— han ido venciendo los recelos del comité de autorizaciones, aunque no los de la comunidad cientí-

fica internacional. Para el próximo verano antártico, a partir de diciembre, los rusos prevén incluso enviar un robot sumergible para tomar muestras directas de agua y sedimentos del fondo. Dos proyectos más —británico uno, estadounidense el otro— se aprestan a perforar sendos lagos subterráneos de menor tamaño, el lago Ellsworth, sepultado bajo tres kilómetros de hielo, y el Whillans, que forman parte de la mayor red lacustre bajo la superficie antártica. El mundo aguarda expectante.

Otro tanto ocurre con la *caza del neutrino*. A finales de 2010 culminó en la base estadounidense Amundsen-Scott, en el mismo Polo Sur, la instalación del último

de los 5.160 detectores del proyecto IceCube, el mayor telescopio de neutrinos cósmicos del mundo bajo 2,5 kilómetros de hielo. Física de astropartículas en el corazón de la Antártida para observar lo hasta ahora imposible: esas partículas subatómicas que viajan casi a la velocidad de la luz, sin apenas masa y carga neutra, que atraviesan cuerpos, objetos, superficies —incluso a nosotros mismos— por millones a cada segundo. IceCube es la apuesta más ambiciosa para intentar detectarlos al colisionar dentro de átomos de hielo. Aún no se ha conseguido, pero ahí está el reto. Un siglo después, los sucesos de los Amundsen y Scott no compiten por la gloria; persiguen neutrinos. ■

La gestión del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos cuenta desde julio del año pasado con su propia norma comunitaria, la Directiva 2011/70/Euratom.

Con ella se quiere garantizar que todos los Estados miembros desarrollan dicha tarea con la máxima responsabilidad y seguridad. A continuación, se realiza un análisis en profundidad de la norma a través de algunos de sus artículos, se examina su transposición en la Unión Europea y en España, y se hace una comparativa con el derecho internacional existente en la materia. ■ POR **Nuria Prieto Serrano**, ENRESA.

El Consejo Europeo establece un marco comunitario que toma como referencia la normativa internacional del OIEA

La nueva Directiva sobre gestión de residuos radiactivos

EL 19 DE JULIO DE 2011 FUE ADOPTADA la Directiva 2011/70/Euratom del Consejo Europeo, por la que se establece un marco comunitario para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos [1] (en adelante, Directiva de residuos radiactivos). Esta Directiva vierte al derecho comunitario la normativa internacional desarrollada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en materia de gestión de residuos radiactivos y combustible gastado, añadiendo algunos elementos que no están presentes en el marco internacional. De este modo, dicha normativa adquiere la obligatoriedad y el carácter ejecutable que deriva de su naturaleza jurídica comunitaria y posibilita, por ejemplo, que la Comisión Europea ejerza su derecho de incoar un procedimiento por infracción del derecho comunitario, o incluso la intervención del Tribunal de Justicia de la Unión Europea (UE) [2]. Pero más allá de la mera *comunitarización* del derecho internacional, la Directiva añade elementos adicionales: un control del régimen de exportación de los residuos radiactivos, la obligación para los Estados miembros de plasmar su estrategia de gestión en

planes periódicos o el refuerzo de los mecanismos de participación pública en la gestión de residuos radiactivos.

1. El derecho internacional sobre los residuos radiactivos y su adopción en la Directiva comunitaria

La normativa del OIEA pivota en torno a la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de residuos radiactivos (en adelante, Convención conjunta) [3], y a las normas internacionales de seguridad desarrolladas por el OIEA en colaboración con otras organizaciones patrocinadoras —la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Marítima Internacional (OMI), la Agencia de la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (AEN/OCDE), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La Convención conjunta es un convenio internacional que se firmó en Viena en 1997. A día de hoy, forman parte de ella sesenta Estados, incluida la Comunidad Euratom [4]. Los países firmantes se obligan al cumplimiento de un doble set de obligaciones [5]: por un lado, procuran los medios a su alcance para mejorar la gestión de sus residuos radiactivos; y por otro, emiten informes nacionales y se someten a revisiones *inter pares* periódicas. La primera es una “obligación de medios”, lo que equivale a decir que la Convención tiene carácter incentivo, como reconoce su propio preámbulo [6]. Se trata, en definitiva, de que los Estados demuestren que realizan continuos progresos, adoptan buenas prácticas reconocidas internacionalmente y aprovechan la experiencia de los demás en el proceso de revisión *inter pares*. Si un país realiza prácticas dudosas o controvertidas en su gestión de residuos, esta Convención carece de mecanismos para urgirle a tomar determinadas medidas, más allá de la presión que puedan ejercer otros miembros o la comunidad internacional en el ámbito de la revisión de los informes nacionales. Tampoco se pre-



La Directiva posibilita que la Comisión Europea incoe un procedimiento por infracción del derecho comunitario, así como la intervención del Tribunal de Justicia de la UE.

vé ningún tipo de sanción para los Estados que la incumplan.

Dejando de lado la Convención conjunta, las normas internacionales de seguridad desarrolladas por el OIEA con la colaboración de otros organismos comprenden tres categorías jerárquicas: las nociones fundamentales de seguridad, los requisitos de seguridad y las guías de seguridad. Estas normas no son directamente vinculantes para los miembros del OIEA, sino que el organismo recomienda que los Estados, las autoridades nacionales y otras organizaciones internacionales las utilicen en relación con sus propias actividades.

En 2006, el OIEA actualizó el conjunto de sus normas de seguridad y las compiló en una nueva publicación de nociones fundamentales de seguridad [7], que establece el principal objetivo de seguridad y diez principios fundamentales asociados a él, de aplicación a lo largo de toda la duración de las instalaciones y actividades que entrañen exposición a las radiaciones ionizantes, incluyendo la gestión de residuos radiactivos. Estos son los principios. En cuanto a los requisitos, aparecen desarrollados en una serie de documentos, buena

parte de los cuales incumben a la gestión de los residuos radiactivos y el combustible gastado [8].

En la evaluación de impacto de la propuesta de la Directiva de residuos radiactivos [9] se indica que esta pretende reforzar los principios y requisitos del OIEA y los contenidos de la Convención conjunta, dándoles carácter vinculante y ejecutable, así como ir más allá de su contenido en algunos aspectos. No significa que los principios y requisitos desarrollados por el OIEA y otros organismos internacionales, o los artículos de la Convención conjunta, hayan sido reproducidos textualmente en la Directiva; pero al leer la Convención se puede detectar cierta correspondencia. Lo mismo ocurre respecto a los principios y requisitos mencionados, aquellos relevantes para la gestión de residuos radiactivos dentro de la compilación de 2006 son identificables en el texto de la Directiva.

Las Normas básicas internacionales de seguridad (*Basic safety standards* o BSS), elaboradas en 1996 y actualmente en proceso de revisión, pertenecen a la categoría de requisitos de seguridad y han sido adoptadas por la normativa

Euratom de protección radiológica, particularmente la Directiva 96/29 sobre normas básicas de seguridad (en adelante, Directiva BSS) [10].

2. Contenido de la Directiva

Volviendo a la Directiva de residuos radiactivos, esta presenta una estructura que se basa en la Directiva de seguridad nuclear [11] y en la Convención conjunta, en la que se inspira.

■ 2.1 Parte primera: objetivos, definiciones y ámbito de aplicación

El objetivo de la Directiva es establecer un marco comunitario en el que los Estados miembros establezcan medidas nacionales adecuadas para lograr un alto nivel de seguridad en la gestión del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos, garantizando la información y la participación pública.

En su ámbito de aplicación, la Directiva excluye:

— Los residuos radiactivos derivados de la utilización militar de la energía nuclear. Según ha establecido el Tribunal de Justicia de la UE en su jurisprudencia [12], Euratom no tiene competencias para regular la seguridad nuclear

de este tipo de material al amparo del capítulo 3 del Tratado Euratom.

— Los residuos procedentes de la minería del uranio. Estos residuos ya son regulados por la Directiva sobre industrias extractivas [13] y en sus aspectos radiológicos están cubiertos por la Directiva BSS. Hay que hacer notar que este tipo de residuos presentan características especiales, como son sus grandes volúmenes y ocupación de extensas superficies de terreno, por lo que no pueden confinarse de la misma manera que los residuos radiactivos. Recientemente, la Comisión Europea ha publicado una comunicación sobre la situación de este tipo de residuos en la UE [14].

— Las descargas autorizadas. En la gestión de residuos radiactivos, pueden realizarse de una forma controlada descargas al medio ambiente de determinadas cantidades de materiales residuales. Las normas básicas de protección radiológica emanadas del OIEA [15] y la Directiva BSS precisan los conceptos de exclusión, exención y dispensa, asimismo ponen límites a las posibles descargas al medio ambiente, razón por la cual estos aspectos no aparecen regulados en la Directiva de residuos radiactivos.

Las fuentes selladas son básicamente fuentes que contienen material radiactivo permanentemente confinado, muy empleadas en la industria, la medicina y la investigación. De su necesario registro y control se ocupa la Directiva sobre control de fuentes selladas y fuentes huérfanas [16] y en cualquier caso la Directiva BSS. Cuando dichas fuentes ya no son utilizadas ni se tiene intención de hacerlo en el futuro —fuentes selladas en desuso—, por lo común son recicladas, almacenadas o devueltas a su fabricante. Aunque la Convención conjunta dedica un artículo a las fuentes selladas en desuso (art. 28), la Directiva de residuos radiactivos no se ocupa específicamente de ellas, remitiéndose a la definición genérica de “residuo radiactivo”. Sí se especifica que pueden ser devueltas a su suministrador sin que esto contravenga las normas de control de exportaciones.

Las definiciones recogidas en el art. 3 de esta Directiva son compatibles con el

régimen comunitario y, muy en particular, con las de la Directiva de seguridad nuclear y la Directiva de traslados [17], de modo que no se producen inconsistencias. Por otra parte, para evitar incoherencias del régimen comunitario y el internacional, las definiciones de la Directiva han sido contrastadas con las establecidas por la normativa del OIEA.

El art. 4 de la Directiva establece los principios generales en la gestión de residuos radiactivos y combustible gastado, e introduce importantes restricciones a su exportación. Dichos principios generales están inspirados en los siguientes enunciados del OIEA:

— Responsabilidad última del estado en la gestión de residuos y combustible gastado, así como en sus traslados.

— Minimización en la producción de residuos radiactivos mediante el tratamiento técnico adecuado, incluyendo su posible reciclaje. Este principio no debe interpretarse como una indicación para que los Estados reprocesen su combustible gastado: la Directiva respeta la libertad de los Estados de elegir su política por lo que respecta al ciclo de combustible (considerando 20).

— Toma en consideración las interdependencias en la gestión de residuos, ya que es un proceso que consta de distintas

etapas: manipulación, tratamiento previo, tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento temporal y almacenamiento definitivo. Las etapas están interrelacionadas de forma tal que las decisiones que se tomen en una de ellas afectan a las subsiguientes, y de ahí la necesaria consideración de interdependencias.

— Necesidad de una gestión segura incluso a largo plazo, con sistemas de seguridad pasiva. Quiere esto decir que las opciones de almacenamiento definitivo deben estar diseñadas para confinar los residuos radiactivos mediante sistemas de seguridad que ya no requieran la intervención activa del hombre, basadas en las características geológicas del emplazamiento y las características técnicas de la instalación.

— Enfoque gradual, que en términos generales significa que el rigor de las medidas de control debe ser proporcional al nivel de riesgo de la práctica o de la instalación [18]. En otros apartados de la Directiva se hace referencia a este enfoque gradual o regla de proporcionalidad, por ejemplo, en los considerandos 34 y 35 o en el art. 7.3.

— “El que contamina, paga”, como principio general. En un apartado posterior de este artículo comentaremos con mayor grado de detalle este postulado.



El objetivo de la Directiva es que los Estados de la UE garanticen la seguridad de los residuos. En la imagen, piscina de almacenamiento de una central.

— Aplicación de un proceso decisorio basado en pruebas empíricas y documentado en todas las etapas de gestión (este principio de nuevo se refleja en el considerando 34 y el art. 7.3).

■ 2.2 Referencia al régimen de control de exportaciones

El sistema de control de exportaciones establece como principio general que los Estados se harán cargo de sus residuos sin exportarlos a terceros países para su almacenamiento definitivo, si bien la exportación a miembros de la UE está permitida, considerándose también la posibilidad de que se desarrollen centros de almacenamiento compartidos entre varios países. Existe una importante excepción: la posibilidad de exportar residuos a terceros Estados, que veremos a continuación. En un principio, la propuesta inicial de la Comisión se limitaba a este principio general, sin excepción [19], pero la oposición de los Estados miembros en el Consejo ha impedido que se establezca de manera general una prohibición de exportaciones, con el resultado de que la Directiva hoy recoge un sistema de control de exportaciones.

La Directiva de traslados del año 2006 [17] prohíbe en su art. 16 la realización de una serie de exportaciones de residuos radiactivos, como es a los destinos más allá de los 60° de latitud Sur, a los países parte del Acuerdo ACP-CE de Cotonú y a los que, a juicio de las autoridades competentes del Estado miembro de origen, no se hallan en condiciones de gestionar los residuos o el combustible gastado de manera segura. La apreciación de esta tercera categoría puede ser bastante subjetiva, y por ello la Directiva añade: “Al formarse un juicio a este respecto, los Estados miembros tendrán debidamente en cuenta toda la información pertinente procedente de otros Estados miembros”, amén de unos criterios que establecerá la Comisión destinados a facilitar la evaluación por parte de los países. Esta disposición fue desarrollada en el año 2008 por una Recomendación de la Comisión [20] que proporciona criterios orientativos para la evaluación, como son la participación del Estado

receptor en la Convención conjunta y otros convenios del OIEA (incluidos los de protección física y salvaguardias), la existencia de un régimen internacional de responsabilidad civil por accidente, etcétera.

Este era, hasta ahora, el régimen establecido en la Directiva de traslados. Con la nueva Directiva de residuos radiactivos, los Estados miembros pueden exportar residuos radiactivos para su almacenamiento definitivo a terceros países siempre y cuando esto se acuerde en un Tratado internacional que respete los criterios establecidos por la citada Recomendación, y que su destino sea una instalación de almacenamiento definitivo.

Dado que hoy en día no existe en el mundo una instalación licenciada para el almacenamiento definitivo de residuos de alta actividad, puede considerarse que, al menos a este respecto, existe una prohibición de facto de realizar este tipo de envíos. Con todo, el país exportador debe notificar a la Comisión una serie de aspectos:

— En primer lugar, el país de destino debe haber celebrado un acuerdo con Euratom que cubra la gestión de residuos radiactivos y combustible gastado, o bien ser parte de la Convención conjunta.

— El país de destino debe disponer de programas de gestión y almacenamiento definitivo cuyos objetivos sean equivalentes a los de la Directiva.

— La instalación a la que se lleven los residuos debe hallarse licenciada en el país de destino antes del traslado.

Estas disposiciones no afectan a algunos casos:

— La prohibición se refiere al almacenamiento definitivo, por lo que no afecta a envíos de combustible gastado para su reprocesado o de residuos radiactivos para su procesado (véase el art. 2.4 de la Directiva).

— Tampoco afecta a la repatriación de fuentes selladas en desuso —art. 2.3 (a)—. Como se ha indicado, una práctica habitual es la devolución de estas fuentes a su suministrador.

— No afecta a los traslados de combustible gastado de reactores de investigación —art. 2.3 (b)—. Esta disposición se refiere en particular a los acuerdos

producidos bajo la Iniciativa de Reducción de Amenaza Mundial (*Global Threat Reduction Initiative* o GTRI), tal como señala el considerando 15. En interés de la no proliferación de armamento nuclear, la iniciativa GTRI es un acuerdo político desarrollado por EE.UU. y Rusia, y auspiciado por el OIEA, para trasladar combustible gastado de reactores de investigación, que contiene uranio altamente enriquecido, a los países que inicialmente lo suministraron, Rusia y EE.UU. Algunos Estados de la UE participan en este programa, habiendo suscrito tratados internacionales con Rusia para la devolución de combustible gastado. Durante las negociaciones de la propuesta de Directiva en el Consejo, algunos de estos Estados expresaron su preocupación por mantenerlos en vigor y la necesidad de que fueran respetados como acuerdos anteriores a la adopción de la Directiva (*grandfather clause*). En consecuencia, la Directiva adoptada establece con meridiana claridad a día de hoy su excepcionalidad respecto al régimen de control de exportaciones.

— Un caso especial es el de los traslados de residuos de la central nuclear de Krško, situada en el sudeste de Eslovenia, cerca de la frontera con Croacia —art. 2.3 (c)—. La instalación es propiedad de las empresas estatales de energía eléctrica de ambos países y es operada por una empresa pública. Los residuos radiactivos que provienen del funcionamiento de la central, así como su combustible gastado, se almacenan en su mismo emplazamiento. Un tratado internacional entre Eslovenia y Croacia regula la inversión, la explotación y el desmantelamiento de Krško, comprometiendo a los dos Estados a cofinanciar el desmantelamiento y gestión de residuos radiactivos de la central, y las organizaciones de gestión de residuos radiactivos de los dos países presentaron en 2004 un programa al respecto [21]. Dado que el 1 de julio de 2013 se espera la adhesión de Croacia a la UE, esta excepción perderá sentido para entonces.

■ 2.3 Parte segunda: obligaciones

La Directiva de residuos radiactivos establece que los Estados han de con-

tar con un marco nacional normativo y organizativo bien articulado, donde se establezcan claramente las responsabilidades en la gestión de residuos radiactivos y combustible gastado, y que se revisará y mejorará teniendo en cuenta la experiencia adquirida. Los elementos del marco nacional deben ser los siguientes:

- La elaboración de programas nacionales que enuncien una política de gestión de residuos y prevean su aplicación.

- Normativa de seguridad nuclear.

- Un sistema de concesión de licencias para las instalaciones y para las actividades de gestión de residuos radiactivos.

- Un sistema de control que incluya las fases posteriores al cierre de las instalaciones de almacenamiento definitivo.

- Medidas para asegurar el cumplimiento.

- Requisitos nacionales de información y participación pública.

- Un régimen de financiación de estas actividades.

Este artículo está inspirado por el art. 19 de la Convención conjunta, con la diferencia de que aquel no exige que formen parte del marco nacional ni los requisitos para información y participación públicas, ni un esquema de financiación. De mayor trascendencia es el hecho de que la Convención tampoco exige que se enuncien programas nacionales de implementación, pieza clave en el régimen comunitario.

La gestión segura de los residuos radiactivos no solo precisa de un marco normativo y organizativo sólido, sino también de un plan político que plantee estrategias concretas de actuación. La obligación de enunciar periódicamente programas nacionales constituye un paso esencial para que los gobiernos afronten su responsabilidad en la gestión de residuos radiactivos, una responsabilidad que no debería delegarse a generaciones futuras.

Los programas nacionales pueden consistir en uno o varios documentos, deberán ser revisados periódicamente y recogerán los siguientes aspectos:

- Objetivos generales de la política de gestión de residuos radiactivos y combustible gastado.

- Etapas significativas y calendarios de cumplimiento.

- Inventario de residuos, incluyendo estimaciones futuras.

- Conceptos o planes y soluciones técnicas de gestión, desde que el residuo se genera, hasta que se almacena definitivamente.

- Planes de gestión para los residuos radiactivos, una vez se han almacenado definitivamente (vigilancia institucional de los emplazamientos y preservación del conocimiento respecto a los residuos almacenados).

- Actividades de investigación, desarrollo y demostración necesarias.

- Indicación de los responsables en la gestión y principales indicadores de resultados.

- Evaluación de los costes de la gestión.

- Indicación del régimen de financiación vigente.

- Descripción de la política de transparencia seguida (información y participación públicas).

- Declaración de los acuerdos internacionales para la gestión de residuos y combustible gastado, si existen.

La obligación de publicar regularmente estos programas cumple una triple función. En primera instancia, sirve como disuasión a los gobiernos tentados a adoptar políticas de “esperar y ver”. Además, contribuye a asegurar la transparencia en la gestión de estos residuos, posibilitando que la ciudadanía sepa con qué residuos radiactivos cuenta, cuáles son las posibles soluciones de gestión, qué destino está previsto para ellos y cuáles son las vías de financiación. Por último, posibilita que la Comisión Europea esté informada de los planes de cada Estado miembro, con el derecho de solicitar aclaraciones sobre ellos. Si bien la influencia de la Comisión sobre los programas nacionales es limitada, sí puede tener en cuenta los contenidos y los avances demostrados en ellos a la hora de prestar asistencia técnica o financiera a los países (art. 13).

Otra obligación establecida por la Directiva es la de contar con una autoridad reguladora competente e indepen-

diente del gestor de los residuos radiactivos. Esta obligación, recogida en el art. 6 de la Directiva, debe entenderse de manera proporcional a las capacidades de cada Estado miembro y el volumen y actividad de residuos radiactivos que generen. *El Séptimo Informe de Situación sobre los residuos radiactivos en la UE* [22] describe una realidad muy variada de los distintos Estados miembros. Algunos cuentan con recursos limitados respecto a su autoridad reguladora y su organización gestora de residuos radiactivos, en otros no existe un organismo dedicado específicamente a la gestión de residuos radiactivos, un centro de investigación o un organismo con funciones más amplias es el que aborda esta tarea. Este hecho no contraviene el dictado de la Directiva, en tanto se asegure la independencia de dicho gestor con su autoridad reguladora. Para terminar, y aunque esto pueda resultar sobreentendido, el considerando 26 aclara que la utilización de fuentes radiactivas por parte de la autoridad reguladora no pone en entredicho su independencia.

Los titulares de una licencia serán los responsables primordiales de la gestión segura de los residuos radiactivos o el combustible gastado a su cargo, sin que puedan delegar dicha responsabilidad. Esto implica el ejercicio continuado de tareas de vigilancia y mejora de sus actividades e instalaciones. La Directiva concreta cuál será el alcance de la demostración de seguridad exigible a los titulares. Se trata, en definitiva, de la elaboración de un *safety case* en el caso de las instalaciones de gestión final de residuos radiactivos [23], entendiéndose que la demostración de seguridad debe guardar proporción con la complejidad de las operaciones y la magnitud de los riesgos asociados a ellas (véase el considerando 34 de la Directiva). La garantía de calidad y la gestión de calidad también están contempladas entre los sistemas integrados de gestión que deben aplicar los titulares y verificar sus reguladores. Los titulares tendrán que mantener los recursos humanos y financieros adecuados para cumplir con estas obligaciones (art. 7).



Una de las cuestiones que más preocupa a la ciudadanía europea respecto a la energía nuclear es el destino de los residuos. En la imagen, planta nuclear de Hulle, en Bélgica.

La obligación de invertir en la educación y formación del personal relacionado con la gestión de residuos radiactivos se extiende no solo a los titulares de licencias, sino también a la autoridad reguladora y a todos aquellos que intervienen en dicha gestión. Esto incluye necesariamente la participación en planes de investigación y desarrollo (art. 8).

Asimismo, la disponibilidad de recursos económicos es imprescindible para garantizar la gestión segura de los residuos radiactivos y el combustible gastado. El sistema financiero establecido debe tener en cuenta la responsabilidad del productor de los residuos o el combustible gastado, procurando dar cumplimiento al principio de “quien contamina, paga” (art. 9).

Las disposiciones contenidas en el art. 10 sobre transparencia tienen un especial interés, si se comparan con los artículos equivalentes en la Directiva de Seguridad Nuclear o la Convención conjunta, y ello porque no solo exigen la adecuada información del público sobre la gestión, sino también su participación efectiva en el proceso de toma de decisiones. Este añadido sobre participación pública tiene especial importancia en el ámbito de la gestión de residuos radiactivos. Los eurobarómetros publicados por la Comi-

sión Europea [24] demuestran que una de las cuestiones que más preocupan a la ciudadanía en el ámbito de la energía nuclear es el destino de sus residuos; y no solo las decisiones básicas sobre su gestión, sino en particular la selección de emplazamientos, que deberían realizarse garantizando el pleno apoyo de las poblaciones implicadas [25].

■ 2.4 Control de la transposición

Los Estados miembros deberán incorporar al derecho nacional las disposiciones de la Directiva antes de agosto de 2013. Y la notificación de los programas nacionales a la Comisión Europea, que encarga de hacer seguimiento de los mismos, deberá realizarse a más tardar en agosto de 2015.

Además, los países de la UE deberán presentar informes periódicos sobre la aplicación de la Directiva, la primera vez será en agosto de 2015 y a partir de entonces cada tres años, coincidiendo con los ciclos de revisión de la Convención conjunta. Dado que las administraciones nacionales ya están realizando un esfuerzo para elaborar informes trianuales en el ámbito de dicha Convención, y para no duplicar su trabajo, estos podrán aprovecharse si, además de describir el cumplimiento de la Convención, añaden la

necesaria información acerca de las obligaciones adicionales que establece la Directiva. Cuando la Comisión Europea haya recibido estos informes, deberá presentar a su vez un informe al Parlamento Europeo y al Consejo sobre los progresos realizados en los Estados miembros y sobre inventarios de residuos presentes y futuros.

Por otra parte, como mínimo cada diez años, los Estados miembros deben realizar autoevaluaciones de sus marcos nacionales, sus autoridades reguladoras competentes y sus programas nacionales, y deben invitar a una revisión internacional *inter pares* acerca de estos aspectos, cuyos resultados serán dados a conocer públicamente.

3. Anclaje de la Directiva de residuos radiactivos en un sistema global de seguridad nuclear en la UE y sus relaciones con la Directiva de seguridad nuclear

La Directiva de seguridad nuclear y la Directiva de residuos radiactivos forman un conjunto coherente y componen el cuadro de la regulación de seguridad nuclear en Europa.

La Directiva de seguridad nuclear se refiere a la seguridad de las instalaciones nucleares, entendiendo por tales:

a) toda instalación de enriquecimiento, instalación de fabricación de combustible nuclear, central eléctrica nuclear, instalación de reprocesamiento, instalación de reactor de investigación, instalación de almacenamiento de combustible gastado, y

b) las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos que se encuentren en el mismo recinto y estén directamente relacionadas con las instalaciones enumeradas en la letra a).

Quedan fuera de esta definición las instalaciones de gestión y almacenamiento de residuos radiactivos que se encuentren en emplazamientos autónomos; es decir, que casi ninguna de las instalaciones de almacenamiento definitivo de residuos radiactivos, sea en profundidad o en superficie, están cubiertas por la Directiva de seguridad nuclear. Esta omisión producía una importante laguna y justi-



La legislación sobre residuos radiactivos abarca todo el proceso de gestión hasta su fase final.

ficaba la necesidad de emitir la Directiva de residuos radiactivos que completara el alcance del régimen. Por este motivo, uno de los objetivos de Euratom con esta Directiva era que dichas actividades e instalaciones gozaran, al menos, del mismo nivel de protección que el resto de las instalaciones nucleares. Con ello se ha conseguido que la UE constituya el mayor espacio geográfico con una normativa armonizada en el campo de la seguridad nuclear, cubriendo a todo tipo de instalaciones, sin lagunas en su alcance.

4. La transposición de la Directiva de residuos radiactivos en la UE y en España

Cuando en junio de 2009 se adoptó la Directiva de seguridad nuclear, se trataba sobre todo de una comunitarización del derecho internacional vigente —en este caso, la Convención de seguridad nuclear del OIEA [26], con limitadas aportaciones a su contenido—. En el caso de la Directiva de residuos radiactivos, como queda explicado, las obligaciones que impone van más allá de lo ya establecido por el derecho internacional. Esta Directiva afecta en menor o mayor medida a todos los Estados miembros, ya que todos generan residuos radiactivos, bien con la producción de electricidad o en el transcurso de actividades industriales, médicas o de otro tipo. Algunos Estados cuentan

con infraestructuras muy limitadas en la gestión de residuos radiactivos, careciendo de órganos competentes [22]. Tampoco todos los Estados miembros desarrollan periódicamente programas nacionales que enuncien sus políticas de gestión. Por todas estas razones, se espera que la transposición de la Directiva de residuos radiactivos tenga un mayor impacto del que tuvo la Directiva de seguridad nuclear.

La Directiva de residuos radiactivos abarca toda la cadena de gestión de residuos radiactivos hasta llegar a su fase final. El almacenamiento temporal es un eslabón necesario dentro de esta cadena, en la que almacenamiento temporal y definitivo no son conceptos excluyentes, sino consecutivos. Dan cumplimiento a la Directiva los Estados miembros que practican el almacenamiento temporal de acuerdo con las condiciones estipuladas de seguridad nuclear, transparencia, etcétera, si contemplan el almacenamiento definitivo en sus programas nacionales.

Las soluciones de almacenamiento definitivo para residuos de baja y media actividad y vida corta son típicamente los depósitos en superficie o a poca profundidad, en tanto que para los residuos de larga actividad o de baja y media actividad y vida larga, la solución idónea, según consenso de la comunidad científica, es albergarlos en formaciones geológicas estables [27]. El almacenamiento defini-

tivo de residuos de baja y media actividad se encuentra en una fase avanzada, y hacia 2020 se espera que casi todos los Estados miembros con programas de generación eléctrica nuclear —y algunos “no nucleares”— implementen soluciones de almacenamiento definitivo. Por lo que respecta a los residuos de vida larga y a los de alta actividad y combustible gastado, el desarrollo de este tipo de almacenamientos no ha madurado de la misma forma y solo tres países en el mundo —Francia, Suecia y Finlandia— esperan iniciar su operación antes de 2030 (véase el citado *Séptimo Informe de Situación*).

España cuenta con un marco normativo y organizativo que, en general, da cabida a los requisitos de la Directiva; tiene un sistema de financiación de la gestión de residuos radiactivos que ha probado su suficiencia y seguridad, y elabora periódicamente planes generales de estos residuos [28]. No obstante, la plena transposición de la Directiva puede requerir la introducción de algunas modificaciones legales. El ejemplo más evidente serán los cambios en el régimen de exportación de residuos, ya que el RD de traslados vigente [29] transpone una Directiva, la de traslados, cuyos requisitos de control de exportaciones se han visto ampliados por esta.

Respecto a la cuestión del almacenamiento definitivo en España, hay que señalar que la instalación de El Cabril (Córdoba) viene operando desde 1992 para el almacenamiento definitivo de los residuos de baja y media actividad generados en este país —una modificación posterior le dotó de un lugar específico de almacenamiento de residuos de muy baja actividad—. El Sexto Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) vigente anuncia que una solución de almacenamiento definitivo para los residuos de alta actividad podría existir hacia 2050 [30], si bien a día de hoy no se contempla ningún proyecto de selección de emplazamiento para él. Lo que sí se ha designado recientemente es un emplazamiento para el almacenamiento temporal de combustible gastado procedente de las centrales nucleares españolas —el llamado Almacén Temporal Centralizado

o ATC [31]—, diseñado a imagen del existente en Países Bajos. Estará ubicado en Villar de Cañas (Cuenca).

Para concluir este examen, nuestra valoración de la Directiva de residuos

radiactivos es positiva. La Directiva va a brindar el impulso que se necesita en algunos Estados para acometer políticas de gestión a largo plazo de los residuos radiactivos; va a facilitar que algunos países desa-

rollen estructuras adecuadas conforme al marco nacional exigido; y va a mejorar la transparencia en la gestión de residuos radiactivos y el diálogo entre los gestores y los reguladores en la UE. ■

■ Referencias

- [1] DO L 199 de 2.8.2011, p. 48.
- [2] Arts. 258 a 260 Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE).
- [3] www-ns.iaea.org/conventions/waste-joint-convention.asp
- [4] La Comunidad Euratom accedió en octubre de 2005. Todos los países miembros de Euratom forman parte de la Convención Conjunta, excepto Malta.
- [5] Tonhauser, Wolfram; Jankowitsch-Prevor, Odette: "The Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management", NLB Nr. 60 (1997), OECD-NEA.
- [6] Considerando ix): "Afirmando la importancia de la cooperación internacional para mejorar la seguridad en la gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos por medio de mecanismos bilaterales y multilaterales, y por medio de esta Convención que posee carácter de incentivo". El significado del "carácter incentivo" de la Convención es analizado por De Wright, Tammy: "The 'incentive' concept as developed in the Nuclear Safety Conventions and its possible extension to other sectors", NLB 80 (2007), OECD-NEA.
- [7] Principios Fundamentales de Seguridad, serie No. SF-1, 2006, OIEA-Viena.
- [8] Para un listado completo, véase www-ns.iaea.org/standards/documents/general.asp
- [9] Commission Staff Working Document - Accompanying document to the revised proposal for a Council Directive (Euratom) on the Management of Spent Fuel and Radioactive Waste, COM(2010) 618 - Impact Assessment, SEC(2010) 1290. Véanse en particular los puntos 4.2. y 4.3. (Policy options).
- [10] Directiva 96/29/Euratom del Consejo sobre normas básicas de seguridad relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes; DO L 159 de 29.6.1996, p.1.
- [11] Directiva 2009/71/Euratom del Consejo, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares; DO L 172 de 2.7.2009, p. 18.
- [12] Comisión contra Reino Unido, asuntos acumulados C-61/03 y C-65/04.
- [13] Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE; DO L 102 de 11.4.2006, p. 15.
- [14] Commission Staff Working Paper, "Situation concerning Uranium mine and mill tailings in the EU", SEC(2011) 340 final.
- [15] OIEA: BSS (1996), 2.17 a 2.19; y otras publicaciones como: RS-G-1.7 "Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa" (2004); WS-G-2.3 "Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente" (2000); o WS-G-3.1 "Proceso de rehabilitación de zonas afectadas por actividades y accidentes pasados" (2009).
- [16] Directiva 2003/122/Euratom del Consejo, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas, DO L 346 de 31/12/2003 p. 57.
- [17] Directiva 2006/117/Euratom del Consejo, relativa a la vigilancia y al control de los traslados de residuos radiactivos y combustible nuclear gastado - DO L 337 de 5.12.2006, p. 21.
- [18] *Glosario de seguridad tecnológica del OIEA*, edición de 2007.
- [19] Propuesta inicial COM (2010) 618, publicada en la web de la Comisión Europea (véase el art. 4.3): http://ec.europa.eu/energy/nuclear/waste_management/waste_management_en.htm
- [20] Recomendación 2008/956/Euratom de la Comisión, relativa a los criterios aplicables a la exportación a terceros países de residuos radiactivos y combustible gastado, DO L338 de 17.12.2008.
- [21] La información sobre los contenidos del Tratado internacional y este programa pueden encontrarse en los informes nacionales de Croacia y Eslovenia, en la Tercera Reunión de Revisión de la Convención Conjunta, disponibles en la web del OIEA: www-ns.iaea.org/conventions/results-meetings.asp?s=6&l=40.
- [22] Commission Staff Working Paper, "Seventh Situation Report on Radioactive Waste and Spent Fuel Management in the EU", SEC (2011) 1.007 final. Véase en particular la tabla L2 (*Bodies with responsibilities in the management of radioactive waste and spent fuel, Member States without nuclear power programmes*).
- [23] El *safety case*, o justificación de la seguridad tecnológica (*Glosario del OIEA*, 2007), es la "Colección de argumentos y pruebas que demuestran la seguridad tecnológica de una instalación o actividad". Consta de una detallada evaluación de cada uno de los aspectos de la práctica (*safety assessment*), más otra serie de consideraciones, por ejemplo, sobre el impacto social de la instalación o actividad. Sobre la aplicación del *safety case* al almacenamiento definitivo, véase el *draft* de la *Guía de Seguridad del OIEA* "The Safety Case and Safety Assessment for Radioactive Waste Disposal", DS 355, o el referido *draft* DS354.
- [24] Eurobarómetro especial nº 271 "Europeans and nuclear safety" EC, febrero de 2007; Eurobarómetro especial nº 324 "Europeans and nuclear safety", EC, marzo de 2010; Eurobarómetro especial nº 297 "Attitudes towards radioactive waste", EC, junio de 2008.
- [25] A nivel europeo se producen iniciativas para reforzar la información y la participación públicas en el ámbito nuclear. Véase en especial el trabajo del Foro Europeo de Energía Nuclear (ENEF), en el que participa activamente la Comisión Europea, y en particular su grupo de trabajo Transparencia: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/forum/transparency/transparency_en.htm
- [26] Convención de Seguridad Nuclear, hecha en Viena el 5 de julio de 2004. www-ns.iaea.org/conventions/nuclear-safety.asp?s=6&l=41
- [27] OIEA, referido al *draft* DS354 "Disposal of Radioactive Waste" - Draft Specific Safety Requirements.
- [28] Información sobre el Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) en la web de Enresa: www.enresa.es
- [29] Real Decreto 243/2009, de 27 de febrero, por el que se regula la vigilancia y control de traslados de residuos radiactivos y combustible nuclear gastado entre Estados miembros o procedentes o con destino al exterior de la Comunidad. BOE n. 80 de 2 de abril de 2009, p. 31.231.
- [30] Sexto PGRR, p. 42: "A efectos de planificación y cálculos económicos, se ha supuesto que hacia el año 2050 podría ponerse en marcha una instalación de almacenamiento definitivo, donde se ubicarían dicho combustible gastado, los RAA (residuos de alta actividad) y aquellos otros residuos de media actividad que no pueden ir a las instalaciones de El Cbril".
- [31] www.emplazamientoatc.es

La rebelión de las partículas

*El neutrino y el bosón de Higgs
conmocionan a los físicos de altas energías*

El LHC, el mayor colisionador de hadrones
del mundo, ha detectado el bosón de Higgs.

Dos partículas traen de cabeza a los físicos de altas energías. Una de ellas se resiste tenazmente a ser detectada tras dos decenios de intensa búsqueda. Es el bosón de Higgs, bautizado por el Nobel Leon Lederman como “la partícula de Dios” y primer objetivo del costoso y gigantesco acelerador LHC, cuyos expertos comunicaron en diciembre que creen tenerlo ya acorralado. La otra es una vieja conocida, el neutrino, que no deja de sorprender a los expertos con sus peculiaridades. La última es que, de acuerdo con un reciente experimento, podría ser capaz de viajar más rápido que la luz; un fenómeno que, de confirmarse, derrumbaría la teoría general de la relatividad de Einstein y buena parte de la física del siglo XX. ■ **POR Ignacio F. Bayo, periodista, DIVULGA.**

 **U** APELLIDO APARECE CON Cierta regularidad en las portadas de los periódicos desde hace décadas y lo ha hecho también con profusión a finales de 2011. Difícilmente el físico británico Peter Ware Higgs habría sospechado en 1964 la fama de la que goza, que sobrepasa con creces a la de muchos de sus colegas que han recibido el Premio Nobel. Su mérito es haber dado su apellido a una partícula elemental, el bosón de Higgs, que propuso aquel año. Casi medio siglo después, su conjetura sigue siendo una mera entelequia, una predicción teórica pendiente de confirmar.

Si existe la partícula de Peter, quedará completo el llamado Modelo Estándar, la teoría que explica la naturaleza de la materia y de las fuerzas que actúan sobre ella. Es el último hueco que queda en dicho modelo y, por eso, los físicos se afanan en encontrar el dichoso bosón desde hace décadas. Ahora parece ser que lo tienen definitivamente acorralado y se espera poder anunciar la confirmación de su existencia este mismo año.

A principios del pasado mes de diciembre, se suscitó una enorme expectación ante la filtración de que había novedades acerca de la captura del Higgs. Presionada por los rumores, la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) anunció que el 13 de diciembre se celebraría un seminario en

el que los miembros de los experimentos ATLAS y CMS presentarían los resultados obtenidos hasta entonces en la búsqueda del bosón.

Ambos detectores pertenecen al mayor acelerador del mundo, el LHC, situado en un túnel subterráneo de veintisiete kilómetros de circunferencia, cerca de Ginebra. De acuerdo con lo que dijo en dicho seminario Fabiola Gianotti, portavoz del detector ATLAS, “hemos delimitado el rango de masa en la que debe estar Higgs entre los 116 y los 130 GeV [gigaelectronvoltios; el electronvoltio es la unidad de medida de energía cinética de una partícula]”. Por su parte, Guido Tonelli, del detector CMS, situó esa banda, según sus propios experimentos, entre 115 y 127 gigaelectronvoltios.

Una noticia precipitada

El anuncio, pese a todo, tiene aún escasa consistencia para lanzar las campañas al vuelo. Ambos representantes resaltaron la endeblez de los datos disponibles: “Un modesto exceso de eventos, que pueden deberse a fluctuaciones de fondo”, dijo Tonelli; y “no podemos concluir nada en estos momentos”, según Gianotti. Pero ambos señalaron, tal vez con más esperanza que fundamento, que el puzle quizás esté resuelto antes de que termine 2012.

Desde su inauguración, los físicos intentan capturar al bosón de Higgs en

el LHC, donde colisionan protones y antiprotones y se convierten en energía pura que, a su vez, genera nuevas partículas que se desintegran y aparecen otras, formando impresionantes cascadas. Los datos son recogidos por sistemas expertos que los archivan y seleccionan de acuerdo con ciertos parámetros predeterminados para analizar los más interesantes.

La mayor parte de los físicos coinciden en la precaución, y probablemente también en la esperanza. A pesar de la confianza que muestran en su existencia, también subsisten dudas. “El descubrimiento del bosón de Higgs sería algo espectacular e increíble, ya que es una creación teórica que se hizo para explicar la unificación electrodébil”, dice Cayetano López, catedrático de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y director del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat).

A medida que se acumulan datos, se empiezan a vislumbrar rastros semejantes a los buscados, compatibles con las previsiones teóricas de la partícula. Pero este tipo de búsquedas no da lugar a un “eureka”, porque el descubrimiento se considera como tal cuando los indicios se acumulan y el número de eventos detectados adquiere significación estadística. Para ello se usa una medida de la desviación estándar que se expresa con

la letra griega sigma. Según López, “el efecto detectado es aún débil, dos o tres sigmas, y se considera que un descubrimiento debe tener una desviación de cinco sigmas. Pero tiene a su favor que ha aparecido en varios canales o cascadas de desintegración diferentes”.

Ruptura de la simetría electrodébil

En los años sesenta, los físicos Sheldon Glashow, Abdus Salam y Steven Weinberg propusieron una teoría que permitiría unificar dos de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, la nuclear débil y la electromagnética, como manifestaciones de una misma fuerza. Por ello recibieron el Premio Nobel de Física en 1979. El problema es que mientras las partículas asociadas a la fuerza electromagnética —los fotones— carecen de masa, las asociadas a la fuerza débil —las W^+ , W^- y Z^0 (descubiertas en 1983 en el CERN)— sí la poseen. Es lo que se denomina *ruptura de la simetría electrodébil*; para explicarla, varios físicos, entre ellos Peter Higgs, sugirieron la existencia de un campo y su correspondiente partícula, que conferiría masa a esas partículas, y también, de paso, a todas las que la poseen, incluidos los electrones, protones y neutrones que forman nuestro cuerpo y todos los objetos que vemos a nuestro alrededor.

Lo que nació como una explicación ad hoc para parchear un detalle incómodo de una teoría, ahora está a punto de convertirse en una realidad. El propio Glashow, que estuvo en la inauguración científica del Instituto de Física Teórica (CSIC-UAM) de Madrid, señalaba: “Hay una prometedora evidencia de que podrían encontrarlo en 2012, lo cual es bastante excitante. No puedo asegurar que se vaya a encontrar, pero existe una gran posibilidad”.

Además de acumular datos, “habrá que estudiar cuidadosamente que se trata efectivamente del bosón de Higgs, porque tiene unas propiedades muy específicas que habrá que comprobar para descartar que se trate de otra cosa”, dice Glashow. Y recuerda que se ha tardado tanto tiempo en llegar a este punto porque el LEP, el acelerador del CERN que estaba instalado en el mis-

El Modelo Estándar

La física de la segunda mitad del siglo XX permitió elaborar un sistema en el que se incluyen las partículas elementales que forman la materia y las partículas intermediarias de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza. Es el llamado Modelo Estándar. De acuerdo con esta teoría, suficientemente contrastada, el mundo actual está materialmente formado por dos *quarks*, llamados *up* y *down*, y dos leptones, llamados electrón y neutrino electrónico. Pero la cosa se complica, como suele ocurrir, porque a energías más elevadas, como las que se dieron momentos después del Big Bang, había otra familia de partículas equivalentes, y a mayor energía aún, otra más. El cuadro, por tanto, contiene seis *quarks* y seis leptones. Además, cada partícula tiene su antipartícula, de modo que la cifra total se eleva a veinticuatro.

Por su parte, las fuerzas —la electromagnética, la nuclear débil y la nuclear fuerte— cuentan también con sus partículas intermediarias, que son, respectivamente: el fotón, los bosones W^+ , W^- y Z^0 , y los gluones (que son ocho). La fuerza gravitatoria suele quedar fuera del modelo, aunque también tendría su partícula, el gravitón, aún no descubierta. ■

Partículas fundamentales del Modelo Estándar

Leptones			Quarks	
Familias	Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
1ª	electrón	e	up	u
	neutrino e	ν_e	down	d
2ª	muon	μ	charm	c
	neutrino	ν_μ	strange	s
3ª	tau	τ	top	t
	neutrino	ν_τ	bottom	b

Interacción	Bosón	Símbolo
Electromagnética	fotón	γ
Débil	bosones intermedios	W^+ , W^- , Z^0
Fuerte	gluones (8 tipos)	g
Gravitatoria	gravitón	G

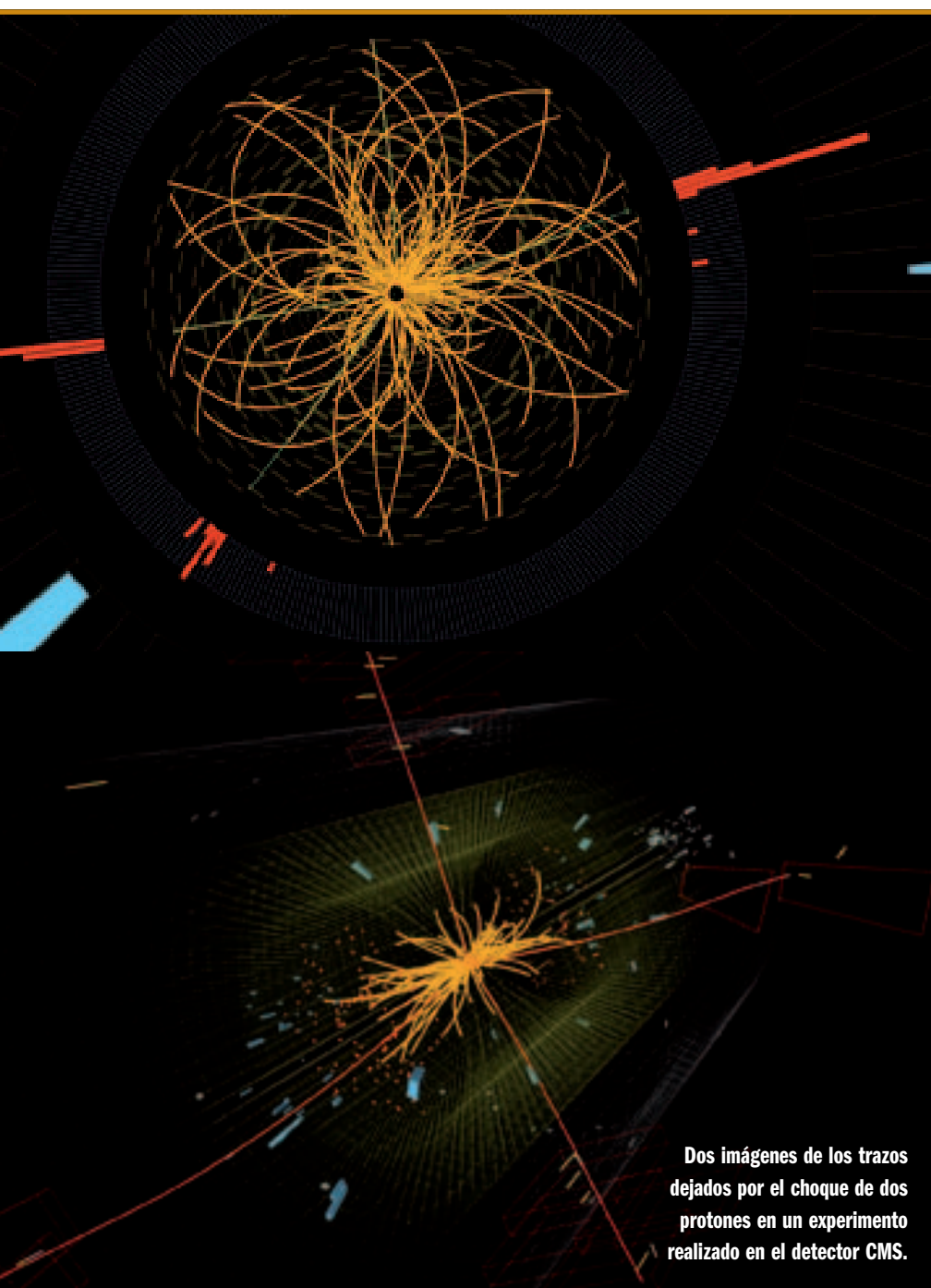
mo túnel que ahora ocupa el LHC y que estuvo operativo de 1989 a 2000, se quedó justo a las puertas del rango de energía necesario para detectar el Higgs. El LHC, cuya construcción y puesta en marcha ha sido mucho más lenta y costosa de lo previsto inicialmente, puede ahora llevar a cabo la tarea que el LEP dejó pendiente.

También existe la posibilidad de que, finalmente, no se encuentre el Higgs. “No sería nada preocupante —dice Cayetano López—, porque no afectaría al

Modelo Estándar, simplemente seguiría estando incompleto”. Y Sheldon Glashow incluso asegura que “muchacha gente opina que sería mucho mejor que no se encontrara, que sería un descubrimiento bastante interesante, porque habría que buscar otra forma de explicar la ruptura de la simetría electrodébil”.

Neutrinos acelerados

Mientras alimentan la excitación y la esperanza por el bosón de Higgs, los físicos experimentan al unísono una



Dos imágenes de los trazos dejados por el choque de dos protones en un experimento realizado en el detector CMS.

postura radicalmente diferente frente al otro experimento que ha conseguido ocupar portadas de periódicos de todo el mundo: los neutrinos que superan la velocidad de la luz en el vacío. Dario Autiero, portavoz del experimento Opera, dio a conocer los datos el 23 de septiembre en una conferencia celebrada también en el CERN.

El citado experimento consiste en la detección de neutrinos procedentes del CERN, en Ginebra, desde el detector instalado bajo el macizo montañoso del

Gran Sasso, cerca de Roma. La distancia entre ambos puntos, separados por unos 730 kilómetros, se ha medido con extrema precisión, y se han utilizado relojes atómicos para determinar con un margen de error despreciable el tiempo que emplean los neutrinos en recorrer el trayecto. Los resultados, fruto de numerosas mediciones en las que una y otra vez se han confirmado los sorprendentes datos, indican que los neutrinos han viajado a una velocidad de 299.799 kilómetros por segundo, ligeramente por

encima de los 299.792 de la luz. Según Dario Autiero, la diferencia es de apenas una parte por cada 40.000; es decir, que los neutrinos ganarían a los fotones de luz por veinte metros de ventaja entre ambos puntos.

Habría motivos para estar preocupados en este caso, porque el inmenso y sólido edificio construido por la física a lo largo del siglo XX, especialmente el que se sustenta en la teoría general de la relatividad de Albert Einstein, se vendría abajo. La obra del físico descansa sobre el presupuesto de que el único valor absoluto es la velocidad de la luz, límite insuperable por ninguna otra partícula u onda. Romper este presupuesto resulta tan inconcebible que, en lugar de preocupación, la noticia ha despertado incredulidad y escepticismo.

“Si fuera un resultado real, pondría en cuestión unos fundamentos que han sido rigurosamente comprobados muchas veces. No sabemos la razón de las mediciones de Opera, pero algún error debe de haber”, dice Cayetano López. Y Sheldon Glashow no solo duda, sino que afirma que un trabajo que él mismo ha realizado con Andrew Cohen muestra que el experimento es erróneo. Los propios autores del trabajo han declarado que “no queremos hacer ninguna interpretación de los datos que pongan en cuestión las leyes de la física”.

El primer dato que contradice el experimento lo proporciona la supernova 1987A, una de las mejor estudiadas de la historia. La gigantesca explosión tuvo lugar hace 168.000 años y, durante ese tiempo, la luz y los neutrinos provocados por el cataclismo estuvieron viajando desde la galaxia Gran Nube de Magallanes hasta la Tierra y llegaron exactamente a la vez. Sin embargo, aquellos neutrinos eran de baja energía y los utilizados en el experimento Opera son de alta energía y todos los físicos están de acuerdo en que podrían tener velocidades diferentes.

El equipo de Opera tiene solvencia y no ha lanzado las campanas al vuelo en cuanto ha obtenido un resultado insospechado. Es la conclusión a la que se ha llegado tras tres años de trabajo y 15.000 neutrinos medidos, con un mar-

gen de error que ellos sitúan en tan solo 10 milmillonésimas de segundo. Los propios investigadores desconfiaban de los resultados y repitieron una y otra vez el experimento, empezando cada vez nuevamente desde cero; intentando entender dónde podía estar el error, recalibrando los GPS, los sensores y en general todos los instrumentos de medida, calculando de nuevo y con la máxima precisión las distancias, solicitando la supervisión de expertos independientes, estudiando las variables que pudieran alterar el resultado, incluyendo la geología del terreno... Todo en balde, porque el sorprendente resultado ha mostrado una gran tenacidad y, hasta ahora, no ha habido argumentos lo bastante sólidos como para desmontarlo.

Apenas interaccionan con la materia

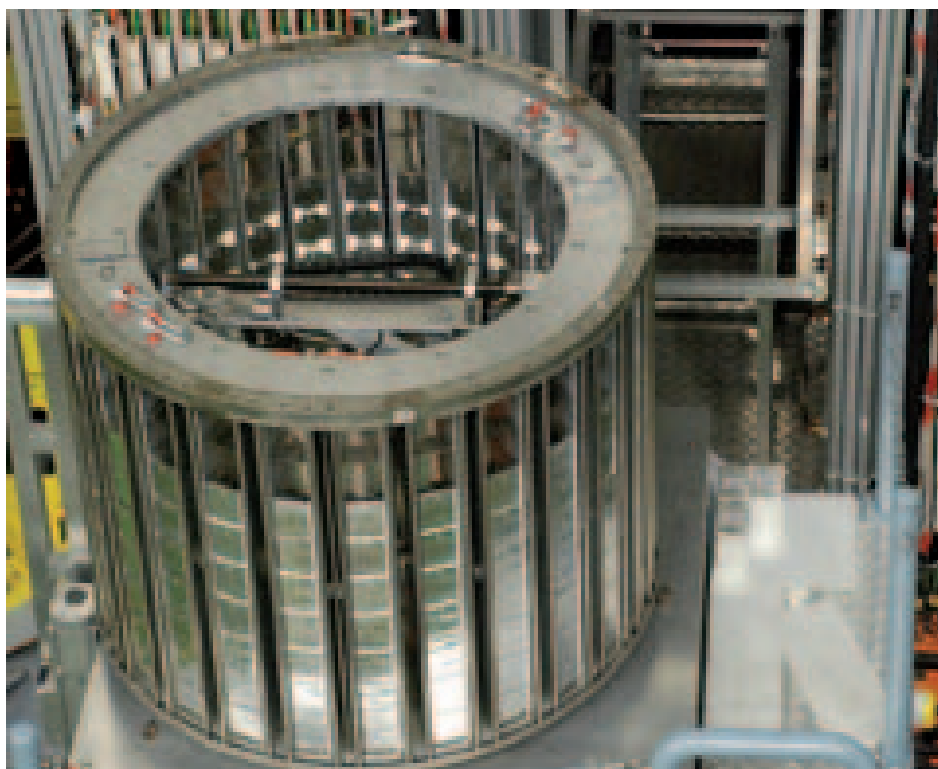
No es la primera vez que los neutrinos son protagonistas de la actualidad científica, porque se trata de partículas muy peculiares. Para empezar, el neutrino electrónico es una de las cuatro partículas que forman nuestro universo cotidiano, junto al electrón y los *quarks up* y *down*. Además, se trata de auténticos fantasmas, ya que apenas son capaces de interaccionar con la materia, por lo que millones de ellos atraviesan nuestro cuerpo cada segundo e incluso cruzan el planeta entero como si todo fuera transparente.

Su existencia la propuso Wolfgang Pauli en 1930 para explicar la aparente pérdida de energía de ciertos procesos nucleares, pero no se probó hasta veintiséis años después, dada la dificultad de detectarlos. En 1987 se descubrió que había otros dos tipos de neutrinos —el muónico y el tauónico— y que podían convertirse unos en otros espontáneamente. Durante muchos años se pensó que carecían de masa, luego que quizás tuviesen una pequeña cantidad y que así se podría explicar una parte de la llamada “materia oscura” del universo. Hoy sabemos que tienen masa, pero ínfima. Un equipo de investigadores españoles del Instituto de Física Corpuscular (CSIC-Universidad de Valencia) acaba, precisa-

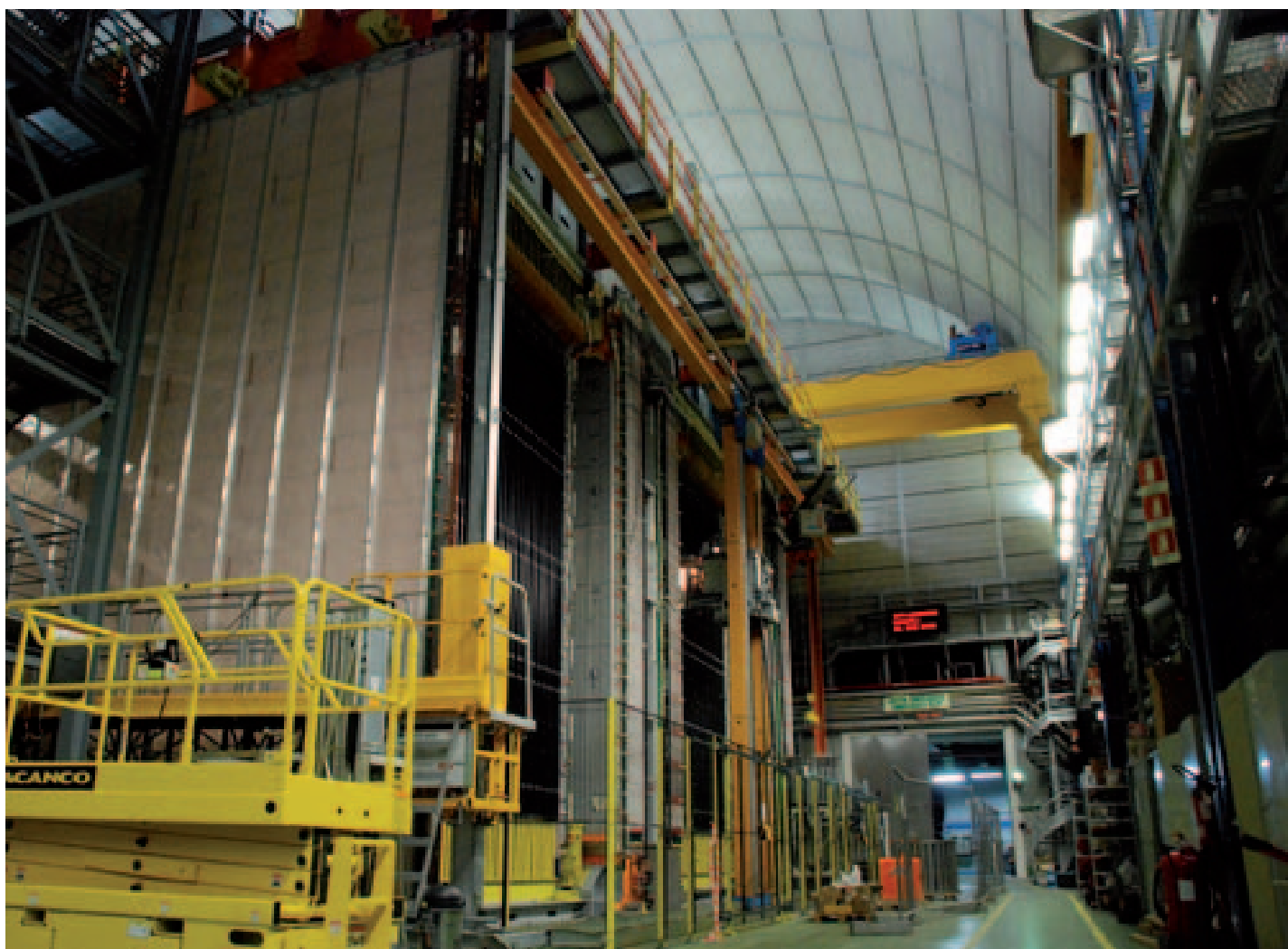
Más popular cuanto más enrevesado

Una portada de *The New York Times* del 10 de noviembre de 1919 convirtió a Albert Einstein en una figura popular en todo el mundo y en la representación viva de la genialidad, aunque su trabajo apenas era entendido por un puñado de colegas. La física ha gozado de un extraño atractivo público por cuestiones aparentemente lejanas a la vida cotidiana y de una gran complejidad. Incluso cabe decir que cuanto más enrevesadas, más popularidad han conseguido. No es extraño que una partícula fantasmal como el neutrino atraiga la atención de todo el mundo, máxime cuando se anuncia que puede derribar la Teoría de la Relatividad que aupó a Einstein al pedestal; teoría que para la mayor parte de las personas, no importa cuál sea su nivel cultural ni su tema de interés, es el icono que resume la ciencia entera.

En el caso del bosón de Higgs, su carácter de última pieza del puzzle que constituye la explicación final de toda la física, de la materia y de las fuerzas que la gobiernan —para cuya localización se ha construido una máquina tan gigantesca y costosa como el LHC— basta para otorgarle el estatus de noticia de portada. También juega a favor el uso de nombres impactantes, un recurso al que los físicos y matemáticos han acudido en numerosas ocasiones para hacer populares términos difícilmente inteligibles por los profanos, y ahí están para probarlo conceptos como agujero negro, Big Bang, teoría del caos, efecto mariposa, dilema del prisionero, teoría de catástrofes, multiuniversos... En este caso, la ocurrencia de Leon Lederman de llamar al bosón de Higgs “la partícula de Dios” ha contribuido, sin duda, a su popularidad; lo curioso es que los científicos más ligados a la predicción y a la búsqueda de la partícula, entre ellos Sheldon Glashow, reniegan del término, que consideran inadecuado y distorsionador. Y sin embargo, puede que en la concesión de fondos destinados a estas investigaciones haya pesado tal popularidad. ■



El experimento Opera ha determinado la velocidad de los neutrinos.



La velocidad de los neutrinos procedentes del CERN, en Ginebra, fue calculada por el detector Opera (arriba), instalado bajo el macizo del Gran Sasso, en Italia.

mente, de calcular que su masa no excede de 0,26 eV, dos millones de veces inferior a la del electrón, tras analizar los datos de 900.000 galaxias a partir de informaciones del Sloan Digital Sky Survey.

Ahora, la pregunta que se hacen los físicos no es si el resultado de los neutrinos superveloces es real o no, sino dónde está el error. Según Glashow, “el error puede radicar en los relojes atómicos que han utilizado, o en la medición de la distancia...; pero los que mejor pueden identificar el problema son los propios experimentadores. Es gente muy cuidadosa y saben lo que están haciendo, así que tienen que encontrar el error”. Por su parte, Cayetano López dice: “Ahora mismo hay mucha gente trabajando en desmenuzar el experimento y tratar de encontrar la fuente del error. Probablemente es un problema de sincronización”.

En cualquier caso, ya se han puesto en marcha experimentos en Estados Unidos y Japón, donde disponen de fuentes de neutrinos de alta energía procedentes de sus propios aceleradores de partículas y complejas instalaciones de detección de neutrinos. La solución podría estar sobre la mesa también antes de que acabe 2012, que se perfila como un año apasionante para la física teórica.

Pero la ciencia no se acaba con la detección del bosón de Higgs ni la resolución del problema de los neutrinos. Si ambas metas se alcanzan este año, hay muchos retos pendientes de resolver. “Es difícil creer que este sea el punto final —dice Glashow—; lo es probablemente del LHC en su presente configuración, pero está previsto remodelarlo para que duplique su energía y entonces, hacia 2016, aparecerán nuevos descu-

brimientos”. Y sin necesidad de ir al futuro LHC aumentado, las sorpresas aparecen casi de forma continua. En el mismo diciembre de 2011, investigadores británicos, analizando datos del detector ATLAS, descubrieron una nueva partícula, no elemental, formada por un *quark b* y su *antiquark*, a la que han denominado $\chi_{b(3P)}$.

Por su parte, Cayetano López enumera algunos de los problemas pendientes de resolución: las partículas supersimétricas —una previsión teórica que llevaría a un Modelo Estándar más amplio y complejo—, que podrían encontrarse en el LHC, y, en el ámbito cosmológico, las ondas gravitatorias —previstas por Einstein y aún pendientes de detectar porque son muy débiles— y la naturaleza de la “materia oscura”. Sin contar con nuevas sorpresas, los físicos tienen trabajo para rato. ■

¿Saben qué se predica ahora en iglesias, mezquitas y sinagogas? Que el hombre, el antiguo señor de la Creación, es tan solo su administrador; que la Tierra es un lugar de culto, puro y limpio; y que el Talmud sirve de guía en la lucha contra ruidos y humos. Además, cazar especies en peligro se ha convertido en pecado; muchos templos ya se iluminan con lámparas de bajo consumo y los predicadores evangélicos norteamericanos proclaman que Jesús se decantaría, sin duda, por los coches híbridos. A través de tan novedosas consideraciones y originales procedimientos, las diversas confesiones religiosas, a las que se adhiere el 85% de los habitantes del planeta, quieren sintonizar con la sensibilidad ambientalista que hoy impregna todas las instituciones. De este modo, una teología *verde* empieza a despuntar.

■ POR Pablo Francescutti, PERIODISTA.

*Católicos, evangélicos y ortodoxos, además de judíos,
musulmanes y budistas, se suman al ecologismo*

PLEGARIAS A UN DIOS 'VERDE'

PARA LAS RELIGIONES, EL MEDIO ambiente nunca fue prioritario, pues en las cosmovisiones derivadas de las mismas el hombre era el centro de la Creación, y esta el mero fondo contra el que se destacaba su silueta. Por eso, sus clérigos vieron con recelo la irrupción del ecologismo, que se les antojaba un invento de *hippies* e izquierdistas. Ejemplo de esa actitud era el evangelismo estadounidense, alineado con los *negacionistas* del cambio climático. El difunto reverendo Jerry Falwell afirmaba que el calentamiento global era un “intento satánico” de distraer de la lucha contra el aborto y el matrimonio gay, y acusaba a los ecologistas de idolatría, por rendir culto a la Creación divina y no a Dios. Pero la situación está cambiando, y a pasos agigantados.

Los primeros escarceos entre las grandes confesiones y la cuestión ambiental datan de hace unas pocas décadas. En esta materia, la Iglesia anglicana lleva la delantera: en los años setenta elaboró un pri-

mer informe, *Man and His Living Environment* (“El hombre y su entorno”); en 1986, el Sínodo General —su máxima autoridad— emitió el documento *Our Responsibility for the Living Environment* (“Nuestra responsabilidad respecto al entorno”); y en 1992, el mismo organismo instó al Gobierno de Su Graciosa Majestad a afrontar los problemas de la superpoblación y la extinción de especies, así como a adoptar medidas para reducir la contaminación. Años después, la Iglesia de Inglaterra se pronunció contra los organismos transgénicos y la cría intensiva de animales. Y en 1998, la Red Evangélica sobre el Ambiente declaró que la superpoblación y la contaminación eran pecados respecto a los cuales debía manifestarse contrición.

Pecados ambientales

Por su parte, la Iglesia ortodoxa ha adoptado una postura similar. Su máximo dignatario, el Patriarca Ecuménico Bartolo-

mé de Constantinopla, no deja de recordar a sus fieles el deber de proteger el entorno, hasta el punto de haberse ganado con su empeño el apodo de *Patriarca Verde*. Desde los años ochenta, viene expresando en todos los foros su preocupación por el deterioro ambiental, especialmente en Occidente. En sus discursos mezcla el ecosistema con el Creador, los recursos energéticos con los mandamientos divinos, y rinde homenaje al Noé bíblico, considerado un defensor de la biodiversidad. En 1989, dictó su primera encíclica sobre el medio ambiente e instituyó el 1 de septiembre como Día de Oración por el Entorno. En 1997, la Iglesia ortodoxa declaró pecado los crímenes contra la naturaleza, en particular la destrucción de su biodiversidad.

A pesar de que ya existía un “ecologismo” católico gracias a la figura de san Francisco de Asís, defensor *avant la lettre* de los derechos de los animales en pleno siglo XI, la Iglesia se sumó con cier-



más diversos estamentos, incluido todo el arco político. Resuelto a predicar con el ejemplo, el Vaticano ha instalado paneles solares en el tejado del Auditorio Pablo VI, con el objetivo de convertirse en

A la izquierda, paneles solares del Aula Pablo VI, en el Vaticano; junto a estas líneas, el patriarca Bartolomé de Constantinopla.

el primer Estado sin emisiones de carbono. Además, la organización católica Caritas se ha sumado a la lucha contra el cambio climático, por entender que las alteraciones negativas del clima afectan de modo directo a los más pobres y vulnerables.



Benedicto XVI pide respetar la Creación, como san Francisco de Asís; abajo a la derecha, la escena bíblica del arca de Noé.



La Tierra, lugar de culto

¿Y qué decir del Islam, la religión que más rápido crece hoy en número de fieles? Pues que tampoco se queda atrás: los seguidores de Mahoma también han echado mano de los textos sagrados. La Tierra, señalan los intérpretes, del Corán fue creada como un lugar de culto, puro y limpio. “El Corán exhorta a las personas a ser ‘administradores de la Tierra’ y a tratar a todas las cosas de la naturaleza como sagradas”, explica Ibrahim Abdul-Matin, un ecologista musulmán americano y asesor en sostenibilidad del alcalde de Nueva York, Michael Bloomberg.

to retraso a la tendencia ambientalista promovida por otras confesiones en la presente centuria. Ciertamente, ya en los años noventa Juan Pablo II calificó la crisis ecológica de “cuestión moral”, pero no fue hasta la llegada de Benedicto XVI a la Cátedra de San Pedro, en abril de 2005, cuando aquella cobró importancia en la predicación y doctrina de la Iglesia católica. En 2006, el pontífice responsabilizó al deterioro ambiental de agravar los sufrimientos de los pobres y pidió “respeto a la Creación”, a la vez que defendía “un desarrollo sostenible”. Asimismo, consagró el primero de septiembre a la protección de la Creación, y no se descarta que el Papa escriba una encíclica sobre el medio ambiente. El cardenal Renato Raffaele Martino, cabeza del Pontificio Consejo Justicia y Paz, explicó el giro doctri-

nal: “Leed la Creación. El dominio del hombre sobre la Creación no debe ser despótico ni absurdo. El hombre debe cultivar y velar por la Creación divina”. En resumidas cuentas, si quieren ser buenos cristianos, los mil millones de fieles católicos deberán volverse *verdes*.

Tan notable cambio se imputa en parte al hecho de que el actual Papa nació y se formó en Alemania, un país cuya preocupación por el entorno comparten los

Basándose en los versículos dictados al profeta, el Gran Muftí de Egipto —máximo intérprete de la ley coránica entre los sunitas— anunció en 2009 que Medina, una de las ciudades sagradas del Islam, se volverá *verde* en un plazo de siete años. Invocando un “deber religioso” y un “imperativo moral”, el muftí Sheikh Ali Gomaa especificó que en dicha urbe saudí se impartirá educación sobre el cambio climático, se mejo-



El Gran Mutfi de Egipto y el Dalai Lama representan, respectivamente, la adhesión musulmana y budista al ecologismo; arriba, pintura sobre la Creación.

rá el transporte público, se suministrará más agua corriente para que los peregrinos no usen botellas de plástico y se utilizarán energías renovables en las mezquitas. A pesar de todo, el templo musulmán pionero es la Mezquita de la Zona Cero, en Nueva York, al convertirse en el primero en ser distinguido con un certificado LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), el mayor marchamo de sostenibilidad para un edificio, instaurado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos.

Otra religión monoteísta, el judaísmo, especialmente su ala conservacionista, también ha tenido que lidiar con el antropocentrismo de las tradiciones bíblica y rabínica. En el relato de la Creación según la Torá —el libro de la ley de los judíos—, Dios dice que el mundo creado es “bueno” y concluye señalando que el ser humano es “muy bueno”. En el *Libro del Génesis*, Yavé instruye a la Humanidad para que domine la naturaleza. A contrapelo de ese legado, en 2001 se fundó la Alianza Sionista Verde, orientada a reforzar las conexiones entre los valores judíos y la ética ambiental. Sus promotores han armado un cuerpo doctrinal escogiendo pasajes religiosos apropiados, tales como el ritual cabalístico para el Año Nuevo de los Árboles (festividad del calendario hebreo consagrada a honrar la naturaleza), añadiendo las conclusiones del debate talmúdico sobre los daños causados por el ruido y el humo.

Por supuesto, el budismo no podía

sino apuntarse a la corriente ambientalista. Así, el Dalai Lama afirmó en una conferencia que su fe y la ecología van de la mano. “Este *planeta azul* es nuestro único hogar”, dijo en el Día de la Tierra de 2008, y asimiló su cuidado al que se profesa al hogar. Ciertamente, “en tiempos de Buda el cuidado por el entorno no era una cuestión importante”, admite el budista británico Lokabandhu. “La civilización existía en frágiles bolsas diseminadas por vastas extensiones de jungla —dice—. Hoy, la situación se ha invertido y la jungla subsiste en frágiles bolsas diseminadas por vastas extensiones de civilización”.

El giro evangélico

Quizás el vuelco más sorprendente se haya producido en el seno de una confesión tan caracterizada por el rechazo militante de la causa ecologista como el evangelismo norteamericano. Para sus seguidores, la defensa del entorno carecía de importancia; aún peor: era una distracción frente a problemas considerados prioritarios. No faltaban predicadores, como Tim LaHaye, que minimizaban el deterioro del ecosistema con el argumento de que, en cualquier caso, la Tierra será destruida con la Segunda Venida de Cristo. Sin embargo, en la comunidad evangélica se ha abierto paso un ala sensible a las aflicciones del planeta. Para no usar el término *ecologismo*, demasiado politizado en su opinión, los evangélicos *verdes* han acuñado el concepto de *Creation Care* (“cuidado de la

Creación”). El ser humano, sostienen, no tiene derecho a destruir la obra divina. A favor de ese postulado, Richard Cizik, vicepresidente de la National Association of Evangelicals, con treinta millones de seguidores, invoca el versículo 2:15 del *Génesis*: “El Señor Dios tomó al hombre y lo puso en el jardín de Edén, para que lo cultivara y lo cuidara”. “Dios nos dio el aire, el agua y los recursos naturales para que los protejamos”, afirma Cizik, que no obstante se sigue negando a colaborar con ecologistas, a quienes rechaza por su confianza en las soluciones estatales y su apoyo a la píldora y el aborto, además de abominar del panteísmo de los grupos que creen en la Creación pero no en el Creador. Doctores tiene la Iglesia evangélica...

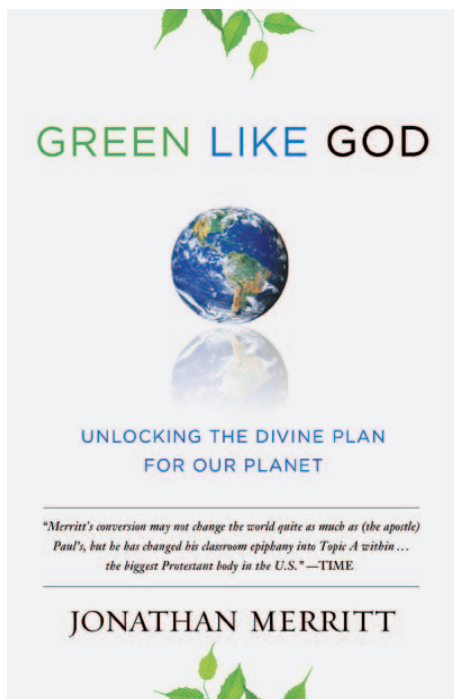
Como no podía ser menos, semejante conversión ha acabado por repercutir en la política ambiental. No en vano los evangélicos constituyen un componente clave del bloque social que en su día garantizó la hegemonía de los republicanos y sus políticas, reñidas con el cuidado del medio ambiente: en las elecciones de 2004, tres de cada cuatro evangélicos de raza blanca votaron a George W. Bush; ahora, dicho bloque se ha dividido en lo relativo a la crisis ambiental. Según una encuesta realizada en 2008 por el Pew Research Center —un *think tank* con sede en Washington, D.C.—, el 31% de los evangélicos blancos no creía que hubiera una evidencia sólida de que la Tierra se esté calentando, y el 34% de los compo-

nentes de dicha confesión negaba que los humanos estuvieran contribuyendo a calentar el planeta. Este porcentaje se reducía entre los protestantes de raza negra: solo el 15% negaba el calentamiento global; por el contrario, dos tercios de los encuestados deseaban una acción inmediata contra dicho fenómeno.

Sin duda, el mejor reflejo de la nueva sensibilidad es la campaña lanzada por 86 líderes evangélicos llamando a los cristianos a impulsar una legislación federal que reduzca las emisiones de CO₂ como forma de mitigar el calentamiento global. La Iniciativa Evangélica por el Clima (ECI, por sus siglas en inglés) pretende formar un *lobby* en el Congreso, celebrar reuniones de concienciación en templos y colegios, y costear anuncios en radio y televisión ligando la sequía, el hambre y los huracanes al calentamiento global. “El mismo amor por Dios y por el prójimo que nos lleva a predicar la salvación a través de Jesucristo, a proteger a los no nacidos, a preservar la familia y la santidad del matrimonio, nos obliga a reconocer que el cambio climático inducido por el ser humano es, para los cristianos, un asunto serio que requiere una acción inmediata”, proclama un documento de la citada campaña.

Pero no todo es cuestión de iniciativas colectivas y de formación de *lobbies*; en un plano más cotidiano, la feligresía evangélica ha acometido diversas actuaciones respetuosas con el medio ambiente. Por ejemplo, el reverendo Jim Ball puso en marcha una campaña de promoción del automóvil híbrido con el slogan “¿Qué conduciría Jesús?”. Y, todo sea por el bien del entorno, algunas congregaciones han reemplazado las lámparas de sus templos con fluorescentes de bajo consumo e imprimen sus hojas parroquiales en papel reciclado.

Evidentemente, el giro ambiental acontecido en las diversas religiones ha propiciado el surgimiento de un ecumenismo *verde*. Prueba de ello es la creación, en 1990, de un departamento para estudiar el cambio climático por parte del Consejo Mundial de Iglesias (la principal organización ecuménica cristiana). Tres años después, se fundó en Estados



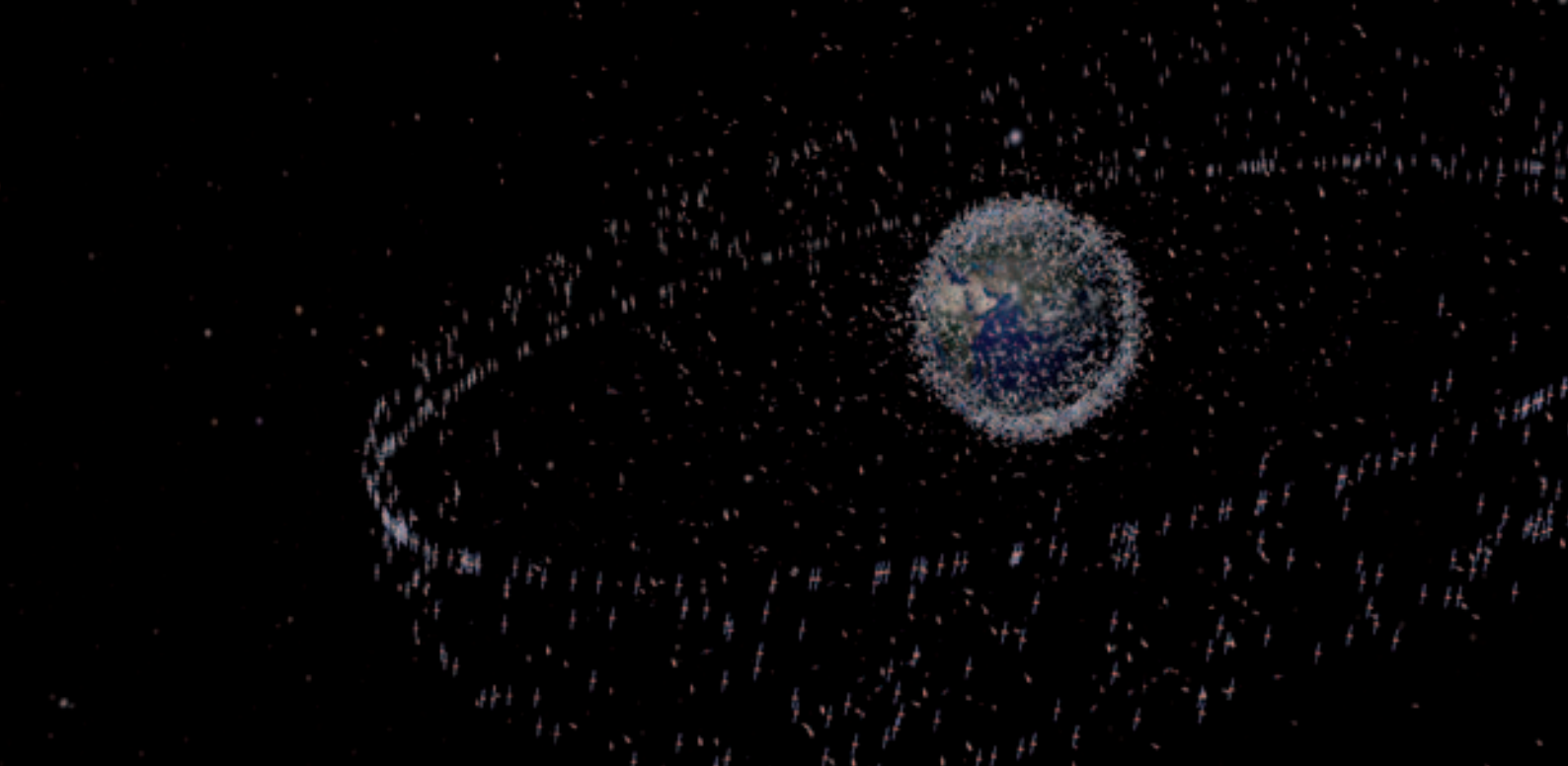
‘¿Qué conduciría Jesús?’, eslogan de los evangélicos de EE.UU. a favor de los coches híbridos, y la portada del ensayo *Verde como Dios*, de Jonathan Merritt.

Unidos el National Religious Partnership for the Environment con el fin de “promover la misión de cuidar la Creación divina a través de todas las áreas de la religión organizada”. Al proyecto se han sumado la U.S. Catholic Conference, el National Council of Churches of Christ, la Coalition on the Environment and Jewish Life y la Evangelical

Environmental Network. A raíz de este acuerdo, más de 135.000 congregaciones de las distintas confesiones han recibido materiales sobre cuestiones ambientales, incluyendo sermones para la prédica de los sacerdotes, lecciones destinadas a la enseñanza impartida por los maestros de escuelas dominicales y consejos conservacionistas a fin de que sean atendidos por los gestores de los templos de culto.

Como vivimos en tiempos de frenética globalización, el espíritu ecuménico ha trascendido los confines de la Cristiandad. El pasado mes de abril, el Consejo de Instituciones Religiosas de Tierra Santa, integrado por clérigos cristianos, judíos y musulmanes, hizo pública la Declaración de Tierra Santa sobre el Cambio Climático. En el contexto de una región azotada por la sequía más desoladora, los incendios forestales y el desecamiento de ríos, los signatarios apelaron a las enseñanzas de las religiones abrahámicas para llamar a combatir el cambio climático. “Si la Tierra se contamina, se contamina para musulmanes, cristianos y judíos a la vez”, señaló el obispo William Shomali, miembro del Patriarcado Latino de Jerusalén.

Evidentemente, que las confesiones seguidas por el 85% de la población mundial se sumen al ambientalismo puede tener un impacto de gran calado, en la medida en que miles de millones de fieles abracen las pautas de vida sostenibles prescritas por sus guías espirituales. Consciente de su importancia, el secretario general de Naciones Unidas, Ban Ki-moon, ha advertido que las religiones son una fuente de esperanza para el futuro ecológico de la humanidad y deben ser tenidas en cuenta en los esfuerzos encaminados a salvaguardar el medio ambiente. Al margen del grado de cumplimiento de tales expectativas, es innegable que, por lo pronto, este ajuste doctrinal constituye un fenómeno notable que, por un lado, confirma el triunfo ideológico del ecologismo y, por otro, evidencia la capacidad de religiones milenarias para asimilar demandas de la sociedad contemporánea. Ciertamente, el debate teológico se está poniendo interesante. ■



Formada por miles de restos de cohetes y satélites, constituye la huella ecológica de la conquista del espacio y un peligro para la Tierra y para futuras misiones

BASURA ESPACIAL

La conquista del espacio, que se inició en 1957 con el lanzamiento del *Sputnik-1* soviético, nos ha ido llevando por derroteros cada vez más asombrosos, desde la conquista de las diversas órbitas terrestres hasta las cinco visitas tripuladas a la Luna entre 1969 y 1972, e incluso el envío de naves sin astronautas a los confines del Sistema Solar, y aun más allá. Este medio siglo largo de actividad espacial ha supuesto ingentes avances para la ciencia, también para la vida cotidiana de los seres humanos. Por desgracia, no está exento de contrapartidas negativas; por ejemplo, los residuos que van quedando en el espacio, y de los que solo nos acordamos cuando los periódicos nos alarman con la caída incontrolada de algún gran ingenio. Es como si, de repente, fuéramos conscientes de un problema ya antiguo: la basura espacial.

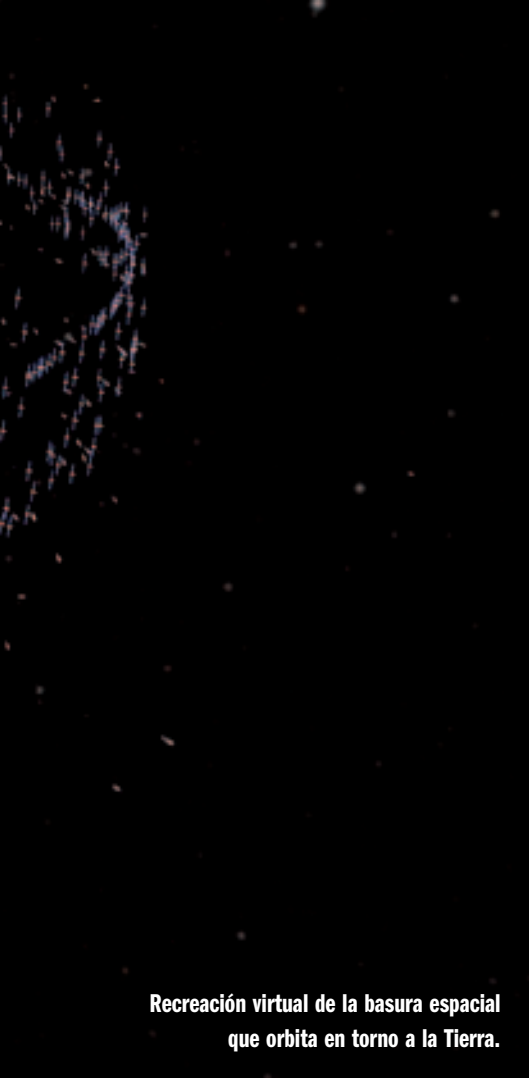
■ POR Manuel Toharia.

TAMBIÉN EN EL DESARROLLO DE LA aventura espacial se pone de manifiesto la civilización del desperdicio que parece caracterizar al progreso humano. Las órbitas de los satélites artificiales están llenas a rebosar de ingenios espaciales en uso y, lo que es peor, de aparatos

ya inservibles y de restos de explosiones, accidentes o destrucciones varias: desde piezas de cohetes hasta tornillos, pasando por placas de pintura desgajadas de unos u otros artefactos. ¿Se quedan ahí para siempre? Desde luego, no. Todos ellos acabarán cayendo si se encuentran

en órbitas de baja cota, inferiores a unos cuantos centenares de kilómetros.

Este problema no atañe —al menos, no de la misma forma— a las órbitas de cota alta (más de 1.000 kilómetros de altitud), como la geoestacionaria, situada a una distancia del orden de 36.000 kiló-



Recreación virtual de la basura espacial que orbita en torno a la Tierra.

metros, casi seis veces el radio de la Tierra. La basura espacial que allí pudiera existir podría caer sobre el planeta, pero al cabo de muchísimo tiempo; el riesgo que entraña tiene, en cambio, mucho que ver con los nuevos satélites que por allí se siguen instalando, así como con el paso de futuras naves interplanetarias, habitadas o no, que al atravesar la zona correrían un grave riesgo de colisión.

Pero de eso no hablan los periódicos cuando nos informan, con alarma quizá excesiva, de la caída incontrolada de algún satélite de gran tamaño, algo que ocurrió a finales de 2011 en un par de ocasiones. La verdad es que imaginarse un satélite de varias toneladas de peso cayendo a la Tierra no es algo agradable, incluso resulta ciertamente alarmante. No obstante, es obvio que estos aparatos no caen en vertical, como lo haría un tiesto desde una ventana... Los satélites que caen van perdiendo altura poco a poco hasta que acaban entrando en las zonas bajas de la atmósfera;

allí, la creciente densidad del aire produce un rozamiento cada vez más importante, de tal modo que el satélite acaba ardiendo e incluso rompiéndose en mil pedazos. Muchos de esos restos se volatilizan, por el calor, y solo los fragmentos más grandes acaban cayendo a tierra, aunque muy reducidos en cuanto al peso y el volumen.

¿Qué riesgo existe de que uno de esos restos de satélite impacte contra un ser humano? Es realmente minúsculo; equivalente a la probabilidad de que nos toque el premio Gordo de la lotería varias veces seguidas... Conviene recordar que nuestro planeta está formado básicamente por agua en el 70% de su superficie. El 30% restante, por tierras emergidas, una enorme proporción carece de habitantes humanos: desiertos, montañas, zonas polares... Y en las zonas habitadas, excepto las concentraciones urbanas, la dispersión de los humanos es tal que la probabilidad es muy reducida.

Un riesgo económico y ecológico

A pesar de los periódicos, ahí no está el mayor riesgo. Hasta el momento, ninguno de los satélites en desuso y caídos ya fuera de control, ni tampoco los sectores iniciales de los cohetes que se desprenden cuando se ponen en marcha las fases sucesivas de los cohetes de lanzamiento —estos caen enseguida, pero siempre en el mar, excepto los lanzamientos rusos, que suelen caer en las estepas siberianas prácticamente desérticas— han causado deterioro alguno a los bienes humanos ni, desde luego, daños a persona alguna.

El riesgo es de índole económica, y también ecológica. La económica se comprende fácilmente: basta imaginar el choque entre dos satélites y las pérdidas que ello supondría. Y eso no es tan improbable como pudiera parecer: por ejemplo, el 10 de febrero de 2009 chocaron frontalmente, a nada menos que ochocientos kilómetros de altitud, dos satélites fuera de uso. Claro que, al final, los riesgos globales —de choque o destruc-

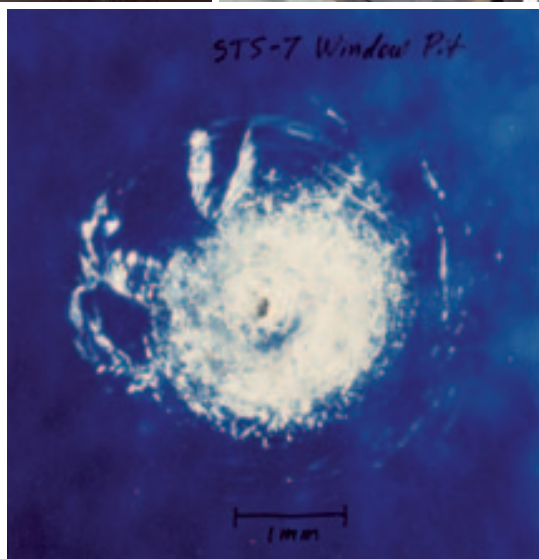
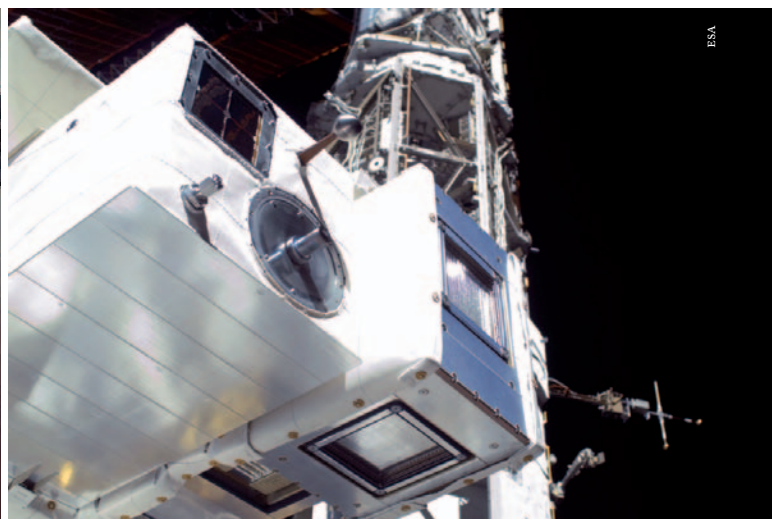
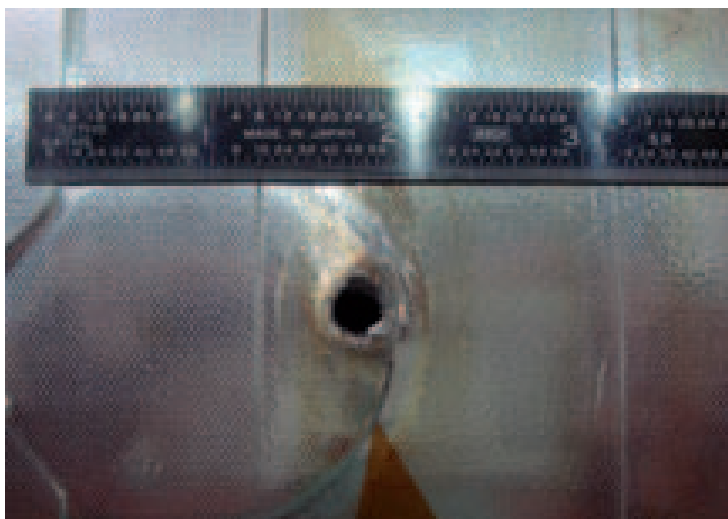
ción parcial o total— dependen del tamaño y el número de esos fragmentos descontrolados que quedan en órbita.

El tamaño de esa basura espacial importa, y mucho. Hoy se tienen censados con aceptable aproximación los fragmentos más grandes, los mayores de diez centímetros. El choque con uno de ellos destruiría completamente un satélite, habitado o no. Incluida la propia ISS, la Estación Espacial Internacional, que orbita a unos cuatrocientos kilómetros de altitud. En estos momentos, se sabe que existen en órbita terrestre, a diferentes altitudes, entre 300 y 1.000 kilómetros, unos 16.000 objetos de este tipo. Parecen muchos, claro; pero hay que relativizar ese número considerando el volumen del sector esférico que ocupan. Un cálculo aproximado arroja una densidad media del orden de uno por cada 2.500 kilómetros cúbicos. Esa densidad aumenta en las órbitas más bajas, del orden de un objeto peligroso por cada mil kilómetros cúbicos...

Parece poca cosa pero es suficiente, en todo caso, como para que hayan chocado ya varios satélites o piezas de satélites. De hecho, el número de “casi-colisiones” por semana ha ido aumentando de año en año: en 2005 era del orden de 6.000 (se considera que existe una “casi-colisión” cuando dos desechos pasan a una distancia menor de cinco kilómetros) y en 2011 ya era de 16.000: ¡casi el triple! Esto requiere una mayor vigilancia por parte de los centros de control de cara a maniobrar los satélites, y no digamos la ISS, que está tripulada, cuando se prevea algún riesgo de colisión.

Piezas pequeñas y peligrosas

¿Y las piezas de menor tamaño? Lo cierto es que todas ellas revisten peligrosidad. Por ejemplo, la siguiente categoría de desechos espaciales, de tamaño situado entre uno y diez centímetros, es capaz de atravesar de parte a parte un satélite artificial que esté funcionando, inhabilitándolo definitivamente. Y si atraviesa una zona habitada de la ISS o



De izquierda a derecha y de arriba abajo, agujero en el *Endeavour*; sensores (en azul) de la Estación Espacial Internacional (ISS), que detectan choques de meteoritos; restos del *Columbia* e impacto en una ventanilla del *Challenger*.

de una nave tripulada, los daños podrían poner en peligro la vida de sus ocupantes. De hecho, el 28 de junio de 2011 los tripulantes de la ISS tuvieron que meterse precipitadamente en sus escafandras ante la amenaza de choque con un fragmento de satélite que se acercaba peligrosamente, mientras maniobraban la enorme nave para alejarla del peligro. Sustos como este son cada vez más frecuentes; en aquel caso, el choque con la ISS podría haberles matado a todos, aun dentro de sus escafandras...

Hay también objetos de tamaño pequeño, entre una décima de milímetro y un centímetro. Probablemente no perforarían el blindaje de un satélite o una nave tripulada, pero sí una escafandra de las que usan los astronautas y quizá también destruirían las antenas o los paneles solares.

Finalmente, los objetos inferiores a una décima de milímetro no son ya tan peligrosos, pero suelen erosionar paneles solares y antenas, reduciendo su rendimiento e incluso llegando a inhabilitarlos parcial o totalmente.

Así las cosas, ¿es grave el problema? Obviamente, parece que sí. El espacio es muy grande, pero las órbitas en torno a la Tierra, sobre todo las de cota más baja, están saturadas de toda esa basura espacial potencialmente dañina, tal y como señala la Academia de Ciencias de Estados Unidos en su informe especial, publicado a finales del año 2011, según el cual el problema habría franqueado ya un umbral límite, lo que requiere la aplicación de soluciones imaginativas. ¿Cuáles? Pues, al menos en teoría, las mismas que ponemos en mar-

cha aquí en la Tierra cuando nos agobian nuestros residuos: recogerlos, agruparlos y tratarlos o eliminarlos. Los científicos son muy imaginativos, y ya existen proyectos de enormes redes espaciales arrastradas por un satélite, en cuyas mallas quedarían atrapados los residuos de tamaño pequeño y mediano. Los muy grandes, obviamente, deberían ser abordados de otra manera; por ejemplo, mediante auténticos lazos de *cow-boy* adaptados a la ingravidez y manejados desde la bodega de algún tipo de trans-

bordador espacial. Una especie de camión-basura del espacio... También podría concebirse un imán potente, un láser destructor, un generador de microondas o ultrasonidos capaz de destruir desechos, y soluciones aún más imaginativas y futuristas.

Pero, claro, todo esto resulta muy caro. ¿Quién debería costear semejante "limpieza"? ¿La NASA, los rusos, los europeos? ¿También los chinos y los japoneses? ¿Y por qué no todos los países que ponen objetos en órbita, incluido España, que lanzamos en el pasado algún microsátélite propio con cohetes de fabricación nacional (desde la base del INTA de Arenosillo, en Huelva) y poseemos satélites españoles que viajaron en cohetes de la Agencia Espacial Europea?

'El que contamina, paga'

Por otra parte, la legislación internacional prohíbe a una nave de un país que se acerque a otra (o sus restos) de distinta nacionalidad, y aún más que la manipule o la destruya. Es obvio que esa legislación debe ser revisada cuanto antes. Hemos tardado mucho tiempo en aplicar principios obvios de tipo ambiental en la Tierra —por ejemplo, “el que contamina, paga”— como para que no podamos ahora hacer lo mismo en el espacio.

Un último comentario para los satélites geoestacionarios. El riesgo de choque entre ellos es prácticamente nulo, una vez puestos en órbita; sencillamente porque se quedan “quietos”. Es decir, no se desplazan con respecto al suelo, puesto que orbitan a la misma velocidad con la que gira el planeta sobre su eje. Pero, claro, ese riesgo sí existe durante el proceso de lanzamiento y posterior colocación en su lugar definitivo. Y, además, una vez que acaba su vida útil ya no sirven para nada, pero ocupan un sitio que comienza a ser escaso en dicha órbita. Conviene recordar que se trata de una órbita ecuatorial, o sea, que ocupa muy poco espacio sobre la vertical de las latitudes más bajas de la Tierra (unos pocos kilómetros al norte y al sur del Ecuador), y

además la distancia a la superficie del planeta es la misma para todos ellos. O sea, que a pesar de que la órbita geoestacionaria sea muy larga (unos 200.000 kilómetros), es en cambio muy estrecha (apenas unos cuantos kilómetros a ambos lados y en vertical). Quiere esto decir que todos los satélites geoestacionarios han de estar en una superficie de apenas un millón de kilómetros cuadrados. Parece mucho, pero equivale a poco más de dos veces la superficie del territorio español. Y los satélites no pueden estar muy cerca unos de otros, por obvias razones de seguridad y de posibles interferencias para sus telecomunicaciones con tierra.

Por fortuna, conscientes de este problema, hace ya años que la mayor parte de los fabricantes de este tipo de satélites les dotan de una “patada” final, que consiste en un pequeño motor de combustible sólido (generalmente pólvora) que, una vez concluido el ciclo de vida del aparato, se pone en marcha alejándolo de la órbita geoestacionaria y lanzándolo al espacio, incluso lejos de la gravedad terrestre. Sí, contaminamos el espacio; pero, en este caso, estamos hablando de volúmenes y distancias tan enormes que lo cierto es que eso no puede ser considerado como un problema. Al menos, no por ahora...



Arriba, astronautas en el exterior de la Estación Espacial Internacional (ISS), siempre atentos a posibles impactos; sobre estas líneas, a la izquierda, parte inferior del *Discovery*, cuyas piezas dañadas en misiones anteriores han sido sustituidas por otras nuevas (oscuras), y a la derecha, imagen de la ISS.

Nutrición

Las deficiencias de la dieta vegetariana

Diversos estudios aparecidos en las revistas científicas en estos últimos años —el más reciente se refería, a finales de 2011, al déficit de hierro en esas dietas— han alertado a las autoridades europeas, quienes han elaborado una serie de conclusiones que encierran un enorme interés ante el auge de esta forma de comer supuestamente más “natural”. En esencia, quizá la conclusión esencial sea la de que las dietas *vegan* —o sea, solo vegetales, sin huevos, leche ni pescado— acaban produciendo carencias, que pueden ser graves, de vitaminas B₁₂ y D, así como de oligoelementos tan esenciales como el hierro, el calcio y el zinc. Otra carencia grave es la de los cada vez más esenciales, según los últimos descubrimientos, ácidos grasos omega 3, EPA (ácido eicosapentaenoico) y, especialmente, el importan-

te DHA (ácido docosahexaenoico). En regímenes *veganos* estrictos, se hace necesaria la ingestión de estos elementos mediante comprimidos complementarios, pero si las razones por las que se adopta esa dieta —que no es la natural del ser humano, que es omnívora— son estrictamente morales, ha de saberse que esos ácidos grasos y la vitamina D se obtienen directamente de organismos animales, que es donde se encuentran. La recomendación europea, sin embargo, alaba las dietas de carácter marcadamente vegetariano —mucho fruta, verdura y frutos secos—, aunque ingiriendo proteínas animales —las de mejor calidad y asimilación— procedentes esencialmente del pescado (muy por encima de la carne) y, muy moderadamente, de los huevos y la leche. ■

STOCKXCHING



Las dietas *vegan* producen carencias de vitaminas y oligoelementos.

Meteorología

¿Ola de frío en febrero de 2012?



ISTOCKPHOTO

Un invierno de frío casi siberiano.

Muchos recordarán la duradera e intensa ola de frío que se registró en España, y en buena parte de Eurasia, a finales de enero y hasta mediados de febrero. Se batieron algunos récords de frío, y sobre todo de duración del mismo. Incluso los estanques que bordean la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia permanecieron insólitamente helados durante casi dos semanas... ¿Se puede decir con propiedad que se trata de una ola de frío cuando esta aparece en lo más crudo del invierno? Porque es sabido que las temperaturas más bajas se dan históricamente, en España y en el resto de Europa, en la segunda quincena de enero y primeros días de febrero... ¿Entonces? Quizá lo correcto fuera decir “ola de calor” en diciembre y buena parte de enero, porque, en efecto, las temperaturas, aun siendo frías —como es lógico, por las fechas—, estuvieron por encima de los promedios. En el fondo, es todo un problema semántico

Estadísticas

Récords de consumo energético, morbilidad estacional y cambio climático

y, quizá, de sensacionalismo periodístico: “Invasión de aire siberiano glacial”, “España se congela”, “Nunca hizo tanto frío en febrero” y otros titulares así provocan escalofríos en quien los lee o escucha, pero no siempre representan correctamente la verdad del asunto. Lo curioso del caso es que, en medio de ese episodio frío —de hecho, hizo aún más frío después—, el máximo cargo de la Organización Meteorológica Mundial se creyó obligado a manifestar en rueda de prensa que ni era una cosa extraordinaria ni se había batido récord alguno. Se equivocó doblemente: sí era extraordinaria por su duración (y aún lo fue más cuando se prolongó casi otras dos semanas) y sí se batieron récords, tanto en España como en el resto de Europa: de días más fríos, de máxima diurna más baja y otras efemérides que solo muestran la variabilidad del tiempo en la estación invernal. En conjunto, pues, el invierno 2011-2012 parecía que iba a convertirse en uno de los más cálidos del último siglo; ahora, al promediar los fríos de febrero —todo el mes resultó mucho más frío de lo normal— con los meses mucho menos fríos de diciembre y enero, nos enfrentamos a un invierno levemente por encima de la media en temperaturas. Y por debajo de la media en lluvias. Otros años menos “cambiantes”, por el contrario, la lluvia fue abundante; el año 2010, sin ir más lejos. Gracias a lo cual los embalses siguen aceptablemente llenos. ■

El país vecino, célebre en el mundo entero por su independencia energética gracias a la nuclearización de su producción eléctrica (más de dos tercios), batió el pasado 9 de febrero su récord de consumo: la potencia exigida a la red francesa aquel gélido día fue superior a los 100.000 megavatios (MW) a última hora de la jornada, que es la de máximo consumo. En España, los días más fríos de ese episodio invernal estuvimos bordeando los 44.000 MW, menos de la mitad. Con la particularidad de que aquel 9 de febrero los franceses, a pesar de esa independencia energética de la que hacen gala, tuvieron que importar de países próximos —España incluida— casi 7.500 MW, más del 7% de su demanda.

Al margen de las consecuencias energéticas de estos fríos prolongados —ma-

yor consumo equivale a mayor gasto y superiores emisiones contaminantes, además del incremento de emisiones de gases invernadero no contaminantes, pero que pueden afectar al proceso de calentamiento global (suena paradójico cuando se habla de estos fríos extremos)—, existen consecuencias mucho más graves que suelen pasar desapercibidas. El profesor Antón Uriarte, escéptico racionalista en cuanto al cambio climático y defensor del carbón y los hidrocarburos como fuentes energéticas baratas y con larga vida por delante, se ha molestado en recopilar en un gráfico bien ilustrativo, partiendo de los datos del Registro Civil, el número de defunciones, mes a mes, a lo largo de lo que llevamos de siglo. De este modo, uno observa con estupor que el “terrible” mes de agosto de 2003, que to-

do el mundo recordará como tórrido y mortífero, y que auguraba el calentamiento achicharrante que a partir de entonces iba a ser nuestro permanente compañero, solo registró 35.000 decesos en España, unos 4.000 más que la media de ese mes. En cambio, nadie sabe que en el mes de enero de 2005, dos años después, murieron en España 48.000 personas, unas 8.000 más que la media de ese mes. De ese “terriblemente gélido”, por seguir la pauta, mes de enero de 2005 nunca tuvimos noticia en los periódicos. Pero fue muchísimo más mortífero, como lo son en general los meses invernales: en el trimestre más frío del año (diciembre, enero y febrero, que es el invierno en climatología), mueren en España, en promedio, 110.000 personas. En el trimestre más cálido (junio, julio y agosto, el verano climatológico) apenas fallecen en nuestro país 90.000 personas, un 20% menos. ¿De verdad es tan temible el calentamiento global?... Como simple curiosidad, podemos añadir que en otoño mueren más o menos las mismas personas que en verano, y que en primavera, en cambio, mueren casi 100.000. El periodo frío del año (de diciembre a mayo, ambos incluidos) es mucho más mortífero que el cálido (de junio a noviembre). ■

ISTOCKPHOTO



Las bajas temperaturas tienen consecuencias ambientales y sanitarias.



ATY a tenedor y cuchara

Un ATC manchego

LA DESIGNACIÓN DEL pueblo manchego de Villar de Cañas, en la provincia de Cuenca, como futura sede de la instalación del Almacén Temporal Centralizado (ATC) ha traído a la memoria de este viejo Sollaestre una cocina infravalorada en los gustos gastronómicos de muchos críticos paniaguados de guías especializadas en el buen yantar.

Conviene recordar que en el ya lejano siglo XVI, el afamado don Quijote de la Mancha, caballero andante y manchego universal, a través de su brillante amanuense don Miguel de Cervantes, nos transmitió el menú que se consumía entonces: “Una olla de algo más vaca que carnero, salpicón las más noches, duelos y quebrantos los sábados, lantejas los viernes, algún palomino de añadidura los domingos...”. Como ahora dirían los petimetres al uso, un menú fuerte, re-

cio e hipercalórico; pero qué sabrán estos del hambre que se padecía en aquellos lejanos tiempos. Lo cierto y verdadero es que existe una cocina manchega, y se trata de una cocina en la que priman tanto los productos de la tierra como los provenientes de la caza.

Es verdad, volviendo a Cervantes, que la abundancia manchega es notoria: “Los pastores, arrieros, peregrinos, tenían a su disposición tasajos de cabra, queso ovejuno, sazónadas frutas, aceitunas secas, huesos menudos de jamón, que si no se dejaban mascar, no defendían el ser chupados, y la general e indispensable bota bien provista, elemento de contemplación del firmamento”. A este respecto, y citando de nuevo *El Quijote*, dice Sancho: “Bebo cuando tengo gana, cuando no la tengo y cuando me lo dan, por no parecer melindroso o mal criado”. Se refiere, por supuesto, al “despegador de paladar”, que no es otro que el afamado vino manchego.

El vino de Valdepeñas —tintos y blancos— se hizo famoso en todo el mundo cuando los viñedos franceses fueron devorados por la filoxera. Esos vinos se embotellaron en bodegas galas de gran renombre con rimbombantes etiquetas

salidas de las cavas de Burdeos, Borgoña y el Médoc.

Como se ve, nos encontramos en un territorio que, por mérito propio, puede competir en el terreno gastronómico con cualquier otra región.

Dos simplezas

¿Quién no conoce el pisto manchego? Cuántas veces nos sirvió en tascas ilustradas para revolver con un huevo frito y componer un manjar exquisito. Ahora, la sencilla preparación —tomates maduros y pimientos verdes— ha de contar con un aderezo especial que no es otro que el aceite de oliva virgen, producido en los Montes de Toledo o en Los Llanos de Ciudad Real. Pero ármense de paciencia, porque el secreto está en hacerlo a fuego superlento.

Otra simpleza son las migas de pastor, que tienen muchas variantes aunque a este Sollaestre siempre le ha gustado la más simple: esto es, migas (picadas la noche anterior para que pierdan parte de la humedad y absorban mejor el aceite), ajos, pimientos rojos y verdes y unos torreznillos. A partir de esta base, hay quien le azuza chorizo, sardinas de cuba fritas, uvas, etcétera.

Un par de santuarios

Aunque tiempo tendremos de recorrer —cual hambrientos Sancho Panzas— el vasto territorio de la manchega meseta (con música



Manuel de la Osa, propietario de Las Rejas, en Las Pedroñeras (Cuenca).



EL BOHÍO

Los estómagos maltratados de los dos manchegos más universales se verían satisfechos en El Bohío de Pepe Rodríguez.

de Serrat), no puede este aprendiz de pinche dejar de comentar dos santuarios gastronómicos que se esconden entre los diseminados pueblos que se asientan en tan vasta extensión.

El primero, muy cercano a Madrid, es *El Bohío*, en Illescas (avenida de Castilla-La Mancha, 81). Aquí oficia Pepe Rodríguez Rey, que ha convertido un mesón manchego en un templo de la cocina de vanguardia. Además, cuenta con la inestimable ayuda de su hermano Diego, al frente de la sala. Déjense aconsejar por él para componer el menú. Ya aviso de antemano que entre cuatro personas se consumen un *binladen* como mínimo.

Pero ¡ay, señores!, qué menú. Por ejemplo, pueden empezar con un guiso de puerros, patatas y bacalao, cuya combinación de materias primas consigue una textura inigualable. Segui-

rán con el comentado pisto manchego, que aquí se presenta bajo pimienta roja gelificado, pero que sigue siendo el pisto de toda la vida. Por eso de que estamos en tierra de caza, no pueden dejar de probar el plato estrella: gazpachos de conejo, cuyo caldo, en el que se han cocido las tortas cenceñas, conserva el más puro sabor del Campo de Calatrava. En cuanto a los postres, aunque ya saben mis seguidores que rehúyo los dulces, no puedo dejar de recomendarles las diversas preparaciones en las que intervienen los chocolates.

Capítulo aparte merece la bodega de esta casa. Con más de ochocientas referencias, pueden encontrar ustedes cualquier caldo que les apetezca, y si no se deciden, déjense aconsejar por José Carlos, que no les fallará. ¡Qué lejos quedan ya los años en que este magnífico sumiller aprendió de las en-

señanzas del gran Paco Patón! No desestimen sugerencia alguna relativa a vinos manchegos. Por ejemplo, en su última visita, el Sollastre conoció y probó un maravilloso tinto elaborado con *cabernet franc* por la bodega Los Aljibes, en Chinchilla de Montearagón (Albacete), con el retrogusto mineral del terreno donde se cría esta variedad de uva.

El segundo templo ya está en la provincia de Cuenca. Me refiero al restaurante *Las Rejas*, en Las Pedroñeras, capital del ajo. Allí está el gran Manuel de la Osa, que contra viento y marea mantiene su bien ganada estrella Michelin, basada en la honestidad del tratamiento de los productos regionales, con un toque de aventura sin sobresaltos.

Lo mejor es pedir un menú degustación que, dependiendo del mercado y de la inspiración de Manuel, puede cambiar de un

día para otro. Yo, sin duda, pediría que figurase la sopa de ajo morado de Las Pedroñeras, gracias a la cual se disfruta de toda la esencia del bulbo de esta planta de la familia de las liliáceas. Después, acepten lo que venga, que lo mismo les servirán una perdiz escabechada que unos galianos manchegos con sus tropezones carnívoros. No se olviden de tomar —como antecedente o consecuente de los anteriores platos— unos encurtidos manchegos, escabeche de perdiz y azafrán. Todos los platos les ofrecerán una sinfonía de colores y sabores que no les defraudarán.

En cuanto a la bodega, además de las denominaciones de origen nacionales e internacionales, tiene especial interés degustar alguno de los caldos elaborados en esta tierra. Además —pásmense—, a un precio más que ajustado, lo que es muy de agradecer en estos tiempos de crisis. Si pueden permitírselo, prueben alguna botella del Dominio de Valdepusa. Y este Sollastre, que lleva años reivindicando la uva bobal, no puede dejar de recomendarles que prueben el Signo de Finca Sandoval, elaborado con esta variedad y cuyo precio es de veintiséis euros.

Si se acercan a Cuenca en AVE —una hora desde Madrid—, pueden visitar el otro comedor de Manuel de la Osa. El restaurante *Ars Natura* (Río Gritos, 5), donde es fácil emocionarse con las vistas de la ciudad mientras se degustan los platos.

Seguiremos informando. ■

SOPRIBITIVO

por
Manuel Toharia



Divulgación realizada por científicos

Más ejemplares de '¿Qué sabemos de?'

Es muy meritoria la labor del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en estos tiempos, no precisamente boyantes desde el punto de vista económico, respecto a la divulgación científica realizada por los propios investigadores —quienes, además, lo hacen sorprendentemente bien— a través de esta excelente colección de libros que, un poco al estilo de la mítica colección francesa “*Que sais-je?*”, pasa revista a los más notorios temas del mundo de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente. Consignamos ahora las cuatro últimas entregas, cuyos números van del 25 al 28: *El síndrome de Down*, de Salvador Martínez; *La química verde*, de José Manuel López Nieto; *Princesas, abejas y mate-*

máticas, de David Martín de Diego, y *Los avances de la química*, de Bernardo Herradón. Todos son de fácil lectura, amenos en sus descripciones y absolutamente entusiastas en sus necesariamente breves incursiones en el mundo de ciencias distintas, pero siempre apasionantes por sí mismas y por las consecuencias que entrañan o pueden entrañar para la humanidad en pleno. ■

Curiosidades meteorológicas José Miguel Viñas Alianza Editorial Madrid, 2012

Uno de nuestros mejores divulgadores científicos, especializado en el campo de la atmósfera, la temperie y el clima, recopila un centenar de breves compendios acerca de cuestiones de todo tipo, curiosidades sorprendentes y hasta explicaciones racionales de hechos en

principio incomprensibles enormemente entretenidas. Y con la enorme ventaja de poderse leer a saltos, incluso releendo aquello que se consultó días atrás y que entonces quizá no nos atrapó como sí lo hace en una segunda lectura. Un libro, pues, de infinitos repasos, a cual mejor, placenteros e incluso divertidos, y siempre educativos en el sentido más noble de la palabra. Desde por qué vuelan los aviones hasta cómo funcionan los famosos “frailes del tiempo”, pasando por *El Niño* y *La Niña*, los tornados, el color del mar y del cielo, las heladas *negras* y la nieve *rosa*... Viñas consigue rizar el rizo al conjugar lo popular, incluso aquello que a menudo se basa en la pura ignorancia, con la explicación siempre curiosa y extremadamente asequible, al estilo de sus intervenciones en Radio Nacional, de tal modo que el lector, como el oyente, siempre queda satisfecho por haber comprendido algo

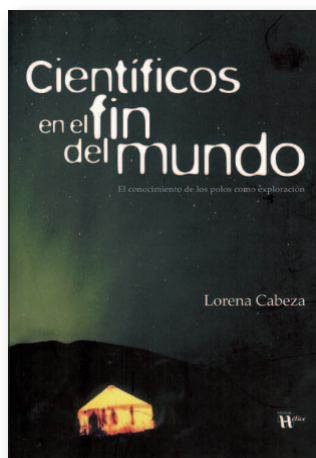


nuevo y, al tiempo, deseoso de adquirir novedosos conocimientos. Todo un reto para un divulgador, superado de forma superlativa en estas páginas. ■



Amundsen-Scott: duelo en la Antártida (la carrera al Polo Sur)

Javier Cacho
Prólogo de Manuel Toharia,
y mapas de Antonio Pou
Fórcola Ediciones
Madrid, 2011



Científicos en el fin del mundo. El conocimiento de los polos como exploración

Lorena Cabeza
Editorial Hélice
Madrid, 2011

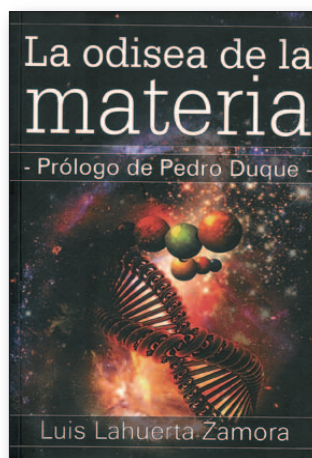
Quizá los dos libros más notables editados en España, y escrito por españoles, en torno al centenario del descubrimiento del Polo Sur y los avances de la ciencia gracias a esa exploración de nuestras regiones polares. El físico Javier Cacho, experto del INTA en ozono y viajero infatigable —ha realizado nu-

merosas campañas en la Antártida, donde llegó a dirigir la base española—, ha escrito una novela mitad epopeya, mitad biografía, en la que narra, con dramatismo —y una admiración nada disimulada hacia los dos héroes—, el tremendo combate entre Amundsen, el ganador, y Scott, el perdedor, por llegar el uno antes que el otro —era cuestión de semanas— al ansiado Polo Sur. Esta obra, que se lee como si fuera una novela, es una descripción rigurosamente histórica, a la que contribuyen los mapas del profesor Antonio Pou, que ilustran como nunca antes se había hecho las peculiaridades de los recorridos de ambos equipos. Por su parte, Lorena Cabeza, divulgadora que fue de la Unidad de Cultura Científica de la Universidad Complutense, y ahora uno de los pilares de Divulga, importante empresa española dedicada a estos afanes de poner la ciencia al alcance de todos, narra en su libro, aparecido también a finales del año 2011, la trayectoria y los descubrimientos de muy numerosos científicos y exploradores de las zonas más gélidas del planeta. Su libro pone de manifiesto el enorme interés de esos trabajos a caballo entre la investigación y la aventura, no solo para las investigaciones científicas y tecnológicas que pudieran llevar a cabo, sino para el conocimiento de los sistemas físicos del planeta que quizá resulten más determinantes para nuestra forma de vida actual, en el campo de la oceanografía, la meteorología y la climatología. ■

La odisea de la materia

Luis Lahuerta Zamora
Prólogo de Pedro Duque
Editorial Equipo Sirius
Madrid, 2011

La materia que apareció en los inicios del Universo ha ido experimentando desde entonces, hace más de 13.700 millones de años, transformaciones asombrosas, desde los protones y electrones iniciales —hidrógeno— a las galaxias, estrellas, planetas, e incluso la vida y la evolución hasta lle-



gar a la inteligencia, un proceso, por lo que sabemos hasta ahora, exclusivo de la Tierra. Como un pequeño homenaje de su autor, profesor universitario de Química Analítica en el CEU-Cardenal Herrera, al Año Internacional de la Química 2011, este libro aborda la historia de la materia y sus cambios, un largo periplo en el que se entremezclan la astronomía —otra de las pasiones de de Lahuerta—, la química y la física. Nunca como hoy, gracias a las múltiples aplicaciones industriales de la química a todo tipo de actividades, pudiéramos decir con mayor propiedad que, en realidad, todo es química. ■

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 la lista de suscriptores y no se comunicarán a ningún tercero.



Cascada del Estrecho, en el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca).

Nevada en Ordesa

NACIÓ EN 1918 CON APENAS 2.100 HECTÁREAS. EN 1982, el parque nacional de Ordesa y Monte Perdido, en la provincia de Huesca, creció hasta las actuales 15.600 hectáreas que comprende el mayor macizo montañoso de naturaleza caliza en Europa Occidental. De las laderas meridionales de su cumbre más alta y emblemática —el Monte Perdido, de 3.355 metros— bajan las escorrentías

que alimentan el modesto río Arazas. Poco conocido, es el principal artífice de la incomparable morfología del valle de Ordesa. Sus aguas inquietas y la fácilmente horadable roca caliza por la que discurren crean continuos y encantadores saltos, como en la cascada del Estrecho, cuya belleza se desborda bajo las ensoñadoras nevadas de los inviernos blancos. ■



gravity

Sometimes the best ideas
are just that simple.



Westinghouse

A Toshiba Group Company

You can be sure...
if it's Westinghouse

When we designed the **AP1000** nuclear reactor, we asked ourselves which would be more reliable, multiple arrays of electro-mechanical systems or gravity. To us, the answer is obvious, which is why the **AP1000** nuclear power plant makes use of the stable forces of nature to keep the nuclear reactor safe after any unforeseen event. No need for electrical power. No need for cooling water (that is already inside the robust containment building). No need for an operator to touch a single button for a full 72 hours.

Check us out at www.westinghousenuclear.com

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC



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.