

estratos

Una publicación de Enresa N.º 106 Verano 2013

Ingeniería de alta precisión
El desmantelamiento de la central
José Cabrera, al 50%

AUTOPSIA A LA HISTORIA
El magnicidio de Prim,
en dos actos

METEOROLOGÍA
Los diez géneros
de nubes





IBERDROLA
Ingeniería y Construcción

Presentes en más de 30
países

Referencia tecnológica del
Grupo IBERDROLA

Inversión continuada en I+D+i

Excelencia en la Gestión (nivel
+400 de EFQM)

Innovamos para construir un mundo mejor

Presentación

| 2 Un nuevo paso adelante |

Actualidad Estratos

| 3 El trimestre en una imagen | 4 Enresa
| 6 Comunicación Enresa | 9 ATC | Vandellós I
| 10 Internacional | Agenda |

Sierra Albarrana

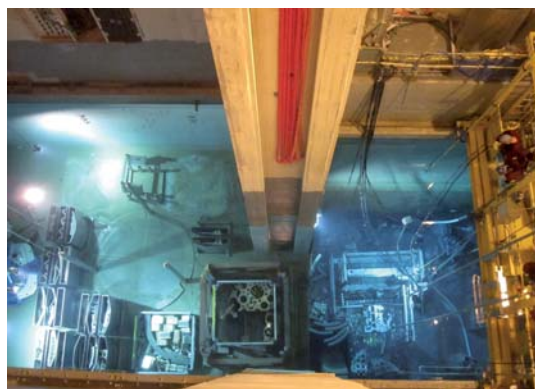
El Cabril y su entorno

| 11 Presentación | 12 La primera estructura para residuos de muy baja actividad cumple cinco años | 13 Enresa retira un cabezal de cobaltoterapia en Mallorca | 14 El corcho, una cosecha cada diez años | 16 Visitas |



Enresa por dentro

| 18 Ingeniería de alta precisión, por Álvaro Rojo y Nieves Martín |



| 23 El reloj del suelo, por Trinidad de Torres, José Eugenio Ortiz y Yolanda Sánchez-Palencia |

| 28 Isótopos para mejorar la nutrición infantil, por Christine Slater y Eleanor Cody |



Entrevista

| 32 María Teresa Miras, presidenta de la Comisión de Expertos para la Reforma del Sistema Universitario Español: “No quiero profesores herrumbrosos en la universidad”, por Manuel Ansedo |

Reportajes

| 36 El mercado inmobiliario se pone ‘verde’, por Jesús Vicenti |

| 40 Autopsia a la historia, por Arantza Prádanos |

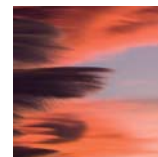
| 46 El reto de almacenar energía, por Belén Tobalina |

| 52 SOS: las abejas están en peligro, por Eva González Herrero |

| 56 Un paseo por las nubes, por Roberto Bueno |

Periscopio

| 60 Estratos 360°. Ciencia, tecnología y medio ambiente | 64 Una imagen, cien palabras |



Un nuevo paso adelante

EL FINAL DE LOS TRABAJOS de segmentación de los internos del reactor de la central nuclear José Cabrera constituye uno de los principales hitos del proyecto de desmantelamiento de esta instalación; también implica la superación de un nuevo reto para el colectivo técnico de Enresa, toda vez que es la primera vez que en España se aborda una iniciativa de tal magnitud. En este número de *Estratos*, nuestros lectores encontrarán una detallada información de cómo se ha llevado adelante este proceso que requirió una meticulosa planificación y que fue ejecutado con precisión quirúrgica. Ahora, Enresa se prepara para una nueva tarea: la segmentación de la vasija del reactor, una labor que está previsto que arranque a finales de año.

Por lo que respecta al proyecto del ATC de Villar de Cañas, mientras avanzan los procesos administrativos necesarios para el inicio de las obras, Enresa trabaja en paralelo estableciendo convenios con las administraciones local, provincial y autonómica. En esta línea, se han firmado acuerdos para mejorar las carreteras y los viales de acceso a los terrenos de la futura instala-

ción, y para crear una cátedra en la Universidad de Castilla-La Mancha dedicada a la investigación y divulgación de proyectos medioambientales.

Surgido a finales de 1991 para apoyar a Enresa en el análisis de seguridad del almacenamiento subterráneo de residuos radiactivos, el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular es hoy una pieza clave en numerosos programas de investigación de organismos públicos



La segmentación de los internos de la central José Cabrera se ha ejecutado con meticulosa planificación y precisión quirúrgica.

y de universidades nacionales y extranjeras. A través de sus protagonistas conocemos las principales líneas en las que trabajan actualmente y la experiencia de veinte años de colaboración con la I+D impulsada desde Enresa.

La incorporación de avances tecnológicos y equipos multidisciplinarios en el estudio de enigmas históricos han provocado que, en muchos casos, se tenga que corregir la historia ofi-

cial. Analizamos cómo se han utilizado las nuevas tecnologías en algunos de ellos, por ejemplo en la investigación sobre el asesinato del general Prim.

La aplicación de técnicas nucleares en el ámbito sanitario forma parte de los programas de cooperación del OIEA en Iberoamérica para combatir la malnutrición infantil y corregir los malos hábitos alimenticios. De la mano de los técnicos de este organismo nos acercamos a este proyecto regional del que se benefician 17 países.

Preparamos atención también a la situación del sector apícola en España y en la Unión Europea, amenazado por enfermedades como la *varroasis* y los insecticidas neonicotinoides. Nuestro país, con 2,5 millones de colmenas, es líder destacado en la producción de miel.

Finalmente, queremos destacar dos importantes citas académicas que protagoniza Enresa este verano: en julio, el curso sobre residuos radiactivos en la sede santanderina de la UIMP, al que acudirán técnicos y expertos nacionales e internacionales para analizar la gestión que se realiza en España; y en septiembre, una nueva edición del SIP-MA, que celebrará en Córdoba su decimosexta edición con el tema de la comunicación de la ciencia y su influencia en la protección del medio ambiente. ◀

REVISTA ESTRATOS

Presidente: Francisco Gil-Ortega.

Director: Carlos Dávila.

Redactores jefe: Jorge Fernández y Teresa Palacio.

Redactores y colaboradores: Manuel Ansedo, Julio Astudillo, Francisco J. Aute, Concha Barrigós, Roberto Bueno, Pedro Carboneras, Eleanor Cody, Trinidad de Torres, Ignacio F. Bayo, Pablo Francescutti, Emilio García, Eva González

Herrero, Cristina López-Quero, Mariano Molina, José María Montero, José Eugenio Ortiz, Arantza Prádanos, Yolanda Sánchez-Palencia, Christine Slater, Belén Tobalina y Jesús Vicenti.

Foto de portada: Central nuclear José Cabrera (Jorge Fernández).

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. General Oraa, 80. 28006 Madrid. Tel.: 91 562 04 97.

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.



El trimestre en una imagen



Los silos de almacenamiento de grafito de Vandellós I, un banco de pruebas para nuevas tecnologías

Estos antiguos silos de la central nuclear Vandellós I son, junto con el cajón del reactor, las dos únicas estructuras originales de la planta que permanecen en pie tras el desmantelamiento a nivel 2 realizado entre 1998 y 2003. Utilizados originalmente para almacenar las camisas de grafito del combustible, hoy sirven como banco de pruebas para la puesta a punto de tecnologías de caracterización, tratamiento y desclasificación de grandes superficies, dentro de las actividades de investigación que realiza Enresa. Estos lugares son también una muestra de la capacidad de la empresa para realizar descontaminaciones y recuperar espacios que pasan a ser visitables por los numerosos colectivos que acuden a la central.

ENRESA

La Junta General de Accionistas de Enresa aprueba el informe anual de gestión de la empresa

LA JUNTA GENERAL de Accionistas de Enresa se reunió el 24 de junio en la sede social de Madrid para conocer y aprobar el Informe de Gestión y Cuentas de la empresa. Al acto asistieron representantes de los dos

Sociedad Española de Participaciones Industriales (SEPI), Victoria Lacorzana.

Durante el acto, el presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega, expresó su agradecimiento a todos los empleados que trabajan en

han puesto en marcha proyectos tan importantes como el Almacén Temporal Centralizado, en el que se están dando los pasos necesarios para que pueda entrar en funcionamiento a finales de 2017. El presidente

de Enresa hizo un repaso al resto de grandes iniciativas societarias –como el Almacén Centralizado de El Cabril o el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera–, que en 2012 completaron otro año de “normalidad”, consiguiendo los objetivos propuestos y logrando ser referentes en el ámbito internacional.

Por su parte, Cayetano López resaltó “la importancia y complejidad” de la misión de Enresa, a la que considera “una pieza fundamental” en la Administración pública, por lo que mostró su disposición a “apreciar y apoyar” la labor de la empresa.

La aprobación del informe anual cierra un año en el que Enresa obtuvo más de 420 millones de euros de ingresos de explotación y en el que el Fondo para la Financiación de Actividades del Plan General de Residuos Radiactivos superó los 3.500 millones de euros. ■



accionistas de la compañía: el director general del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), Cayetano López, y la directora de coordinación de Asuntos Mercantiles de la

el objetivo común de sacar adelante las actividades encomendadas a la compañía y de hacer que se conozcan en el exterior. Gil-Ortega calificó de “gratificante” el año que lleva al frente de Enresa, en el que, como destacó, se

El presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega, durante su intervención. A la derecha, el director general del Ciemat, Cayetano López, y la representante de SEPI, Victoria Lacorzana; a la izquierda, Jesús Moreno, secretario general de Enresa. / JORGE FERNÁNDEZ

Enresa y la empresa canadiense AECL firman un acuerdo de colaboración técnica

LA COMPAÑÍA Atomic Energy of Canada Limited (AECL) y Enresa firmaron el pasado mes de abril un acuerdo de colaboración de cinco años vinculado al ámbito de la gestión de residuos radiactivos, el desmantelamiento de instalaciones nucleares y la restauración medioambiental. Mediante este documento, ambas empresas se comprometen al intercambio de científicos, ingenieros y otros especialistas, así co-

mo a compartir los resultados de la información técnica y científica que se derive de la I+D conjunta.

De esta forma, fortalecen sus actividades y favorecen la creación de sinergias que contribuirán al proceso de mejora continua de las dos organizaciones. Este convenio no es la primera relación entre las dos compañías, pues Enresa ya había asesorado previamente a la firma americana

en el campo de la gestión de residuos de muy baja actividad.

AECL es la principal organización de tecnología nuclear de Canadá y desde su fundación, hace más de 60 años, se ha erigido en uno de los líderes mundiales de la I+D en tecnología nuclear, gracias sobre todo a su experiencia en las ramas de la física, la metalurgia, la química, la biología y la ingeniería. ■

La central de Ascó traslada al nuevo ATI los dos primeros contenedores con combustible gastado

LA CENTRAL NUCLEAR de Ascó ha completado la primera campaña de carga y traslado de dos contenedores al Almacén Temporal Individualizado (ATI) de la instalación. Cada uno de los contenedores guarda 32 elementos combustibles irradiados. Este ATI, cuyo diseño y construcción se ha realizado mediante un acuerdo técnico-económico entre Enresa y ANAV, la empresa propietaria de la central, dispone de un espacio útil de unos 20.000 metros cuadrados y está formado por dos losas sísmicas de hormigón armado, con unas dimensiones de 40,23 por 19,97 metros y 61 centímetros de espesor. La capacidad total del ATI asciende a 32 contenedores.

El sistema de almacenaje elegido por Enresa es el Hi-Storm 100, un modelo avalado por la Comisión Reguladora de la Energía Nuclear de Estados Unidos (NRC,



ATI de la central nuclear de Ascó. / ANAV

en sus siglas en inglés) y licenciado en España por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) para su utilización en los ATI de las centrales José Cabrera y Ascó.

contenedor de transferencia (Hi-Trac), que se utiliza para la carga y traslado de la MPC desde la piscina hasta el módulo de almacenamiento, y el propio módulo de almacenamiento (Hi-Storm), que es la parte externa y actúa de barrera estructural y radiológica.

El ATI dispone de un foso de transferencia diseñado para resistir sismos, con unas dimensiones de 5 por 5 metros. Su función es servir de medio para la transferencia de la MPC desde el módulo de almacenamiento a un contenedor de transporte, operación que se llevará a cabo cuando entre en funcionamiento el Almacén Temporal Centralizado (ATC) de Villar de Cañas (Cuenca).

El Hi-Storm 100 está compuesto por tres partes: una cápsula metálica (MPC) en la que se alojan los 32 elementos de combustible; el

El Grupo de Evaluación de Suministradores de las centrales nucleares españolas se reúne en Enresa

EL GRUPO de Evaluación de Suministradores (GES) de las centrales nucleares españolas celebró su reunión bimestral en la sede social de Enresa, en Madrid, el pasado mes de mayo. El GES, en el que participan la Asociación Nuclear Ascó Vandellós (ANAV), la Central Nuclear de Almaraz y Trillo (CNAT), la Central Nuclear Santa María de Garroña, la Central Nuclear de Cofrentes y Enresa, tiene como objetivo evaluar la capacidad de los proveedores para proporcionar elementos y servicios con los requisitos especificados.

El GES se encarga de valorar la idoneidad de

unos 200 suministradores compartidos, un análisis que finaliza con la emisión



Momento de la reunión del GES en la sede de Enresa. / JORGE FERNÁNDEZ

de los correspondientes informes, que los acreditan para prestar servicios o ele-

mentos relacionados con la seguridad a las instalaciones nucleares españolas. Estas reuniones periódicas facilitan el intercambio de co-

nocimientos y experiencias, incluyendo tanto las buenas prácticas de los suministradores como las trabas a la hora de aprovechar las sinergias del grupo.

El GES constituye un referente del sector nuclear español. Entre sus principales funciones, establece directrices para garantizar el control de la calidad de los elementos a reponer en las instalaciones nucleares; difunde los cambios en la normativa nuclear entre el colectivo de suministradores, y marca políticas comunes entre las centrales mediante la elaboración de especificaciones de compra comunes.

COMUNICACIÓN ENRESA

Enresa remodela su página web para facilitar el acceso a la información sobre sus proyectos técnicos

ENRESA ACABA DE ESTRENAR una nueva página web para dar a conocer sus principales proyectos, entre otros el Almacén Temporal Centralizado, el Almacén Centralizado de El Cabril y los procesos de desmantelamiento que actualmente tiene en curso. A través de www.enresa.es se podrá acceder, con un solo clic, a toda la información, que estará acompañada por multitud de vídeos y fotografías.

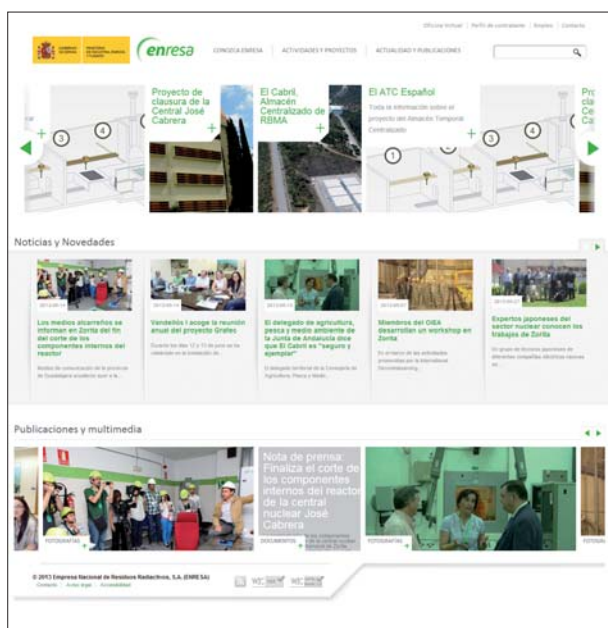


Imagen de la renovada web de Enresa. / ENRESA

Al margen de estos proyectos, se mantienen a disposición del público los datos sobre todas las actividades de la empresa, con nuevos apartados dedicados a la gestión ambiental, la cooperación internacional o la Fundación Enresa. Las cuestiones de actualidad, a su vez, seguirán desempeñando un papel protagonista en el nuevo portal, ya que Enresa comunicará todas las noticias que surjan en el día a día a través del *weblog*.

La página apuesta por un diseño limpio y ordenado, a la vez que se simplifica la estructura de navegación, manteniendo las funcionalidades alcanzadas en la versión anterior. Asimismo, se fomentará la participación de los internautas a través de un apartado dedicado a preguntas y se pondrá a disposición de los usuarios una gran biblioteca con imágenes, piezas audiovisuales y abundante documentación.

La ciencia, invitada al Seminario de Córdoba

LOS DÍAS 26 y 27 de septiembre se celebrará en Córdoba la XVI edición del Seminario Internacional de Ciencia, Periodismo y Medio Ambiente (SIPMA), un evento organizado por Enresa que tendrá como protagonista a la ciencia, presente en todas las actividades.

dondas, en las que se abordará el papel de los investigadores en la divulgación y el impacto de las fuentes científicas en la comunicación ambiental.

El segundo día del encuentro tendrá lugar en el Almacén Centralizado de residuos radiactivos de baja y



José Manuel Sánchez Ron (izquierda) y José María Ordovás participarán en la XVI edición de SIPMA. / JORGE FERNÁNDEZ / UNIVERSIDAD DE TUFTS

La jornada inaugural, que se desarrollará en el Palacio de Exposiciones y Congresos de la capital cordobesa, contará con las conferencias *La Ciencia: nada de lo humano le es ajeno*, a cargo de José Manuel Sánchez Ron, académico y catedrático de Historia de la Ciencia de la Universidad Autónoma de Madrid, y *La salud, un diálogo genético-ambiental*, de José María Ordovás, profesor de Nutrigenómica de la Universidad de Tufts (Boston).

El seminario también propondrá dos mesas re-

media actividad de El Cabril, donde se llevará a cabo otra de las conferencias magistrales, en este caso la del presidente ejecutivo de los Premios Rey Jaime I, Santiago Grisolia, que compartirá con los asistentes su visión sobre el cambio climático y sus consecuencias.

Toda la información sobre la XVI edición de SIPMA se encuentra disponible en la página web www.sipma.es, donde además se puede consultar el amplio programa de becas ofertadas a través de distintas instituciones.

Expertos internacionales debaten en la UIMP la solución española a los residuos radiactivos

DAR A CONOCER los diferentes aspectos técnicos, sociales y económicos de la gestión de los residuos radiactivos en nuestro país, así como los avances en I+D+i en el sector, las perspectivas de futuro y la evolución del marco regulador, es el objetivo del curso que patrocina Enresa dentro de la oferta académica estival de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) y que se celebrará en Santander del 24 al 26 de julio.

Dirigido por Antonio Colino, exconsejero del CSN y expresidente de Enresa, contará con la participación de ponentes como Bruno Cahen, director industrial de Andra; Hans Codée, director general de Covra; Juan Carlos Lentijo, director de la División del Ciclo de Combustible nuclear del OIEA; Claudio Pescatore, director de la Gestión de Residuos Radiactivos y Desmantelamiento de la NEA/OCDE; Cayetano López, director general del Ciemat; Jose Luis González, presidente de ENUSA, y Eduardo González, presidente de ENSA, entre otros representantes de organismos y entidades relacionadas con la energía y la gestión de residuos radiactivos.

El programa se desarrolla en ocho bloques temáticos estructurados en mesas redondas, lo que asegura un debate abierto entre los más de treinta ponentes invitados. Las novedades de los sucesivos planes de I+D de

Enresa; la presencia de esta compañía pública en foros y organismos internacionales; la participación pública

radiactivos serán algunos de los temas concretos que se abordarán a lo largo de las sesiones.

En este sentido, se dedicará una especial atención a los trabajos de desmantelamiento que actualmente



La Magdalena acogerá el curso patrocinado por Enresa. / JORGE FERNÁNDEZ

Antonio Colino, director del encuentro. / CSN

en la gestión de los residuos radiactivos; el desmantelamiento y clausura de instalaciones, o la gestión de las diversas clases de residuos

se están llevando a cabo en la central nuclear José Cabrera, así como a los avances en el proyecto de construcción del ATC, el almacén temporal para el combustible gastado y los residuos de alta actividad que se ubicará en el municipio conquinense de Villar de Cañas. Con la construcción de esta última instalación y su entrada en operación a finales del año 2017, Enresa afronta un nuevo reto técnico que encara con la solvencia y la experiencia técnica adquirida en proyectos anteriores.

ENCUENTRO

RESIDUOS RADIACTIVOS LA SOLUCIÓN ESPAÑOLA

DEL 24 AL 26 DE JULIO DE 2013

UIMP

Universidad Internacional
Menéndez Pelayo

MÉRCOLES, 24 DE JULIO

09:30 h. Inauguración.

10:00 h. **Mesa redonda. Gestión de residuos radiactivos de baja y media actividad**

Situación internacional: Bruno Cahen. Director Industrial. Andra.

Situación nacional: Mariano Navarro. Jefe del Departamento de Ingeniería RBMA. Enresa.

Residuos fuera del sector nuclear: Pedro Carboneras. Jefe Departamento de Seguridad. Enresa.

Moderación: Eva Noguero. Directora Centro de Almacenamiento de Residuos de Media y Baja Actividad de El Cabril. Enresa.

11:30 h. **Mesa redonda. Gestión de residuos radiactivos de alta actividad y combustible gastado**

Situación internacional: Hans Codée. Director General. COVRA.

Situación nacional: Pablo Zuloaga. Director de Ingeniería. Enresa.

Retos y visión de futuro: Juan Carlos Lentijo. Director de la División del Ciclo de Combustible Nuclear y Tecnología de Residuos. OIEA.

Moderación: Álvaro Rodríguez Beceiro. Director de la División Técnica. Enresa.

15:30 h. **Mesa redonda: Participación pública y selección de emplazamiento**

Visión parlamentaria: Antonio Erias. Portavoz de la Comisión Nacional de Energía del Congreso de los Diputados. Catedrático de Economía Aplicada. Universidad de La Coruña.

Visión nacional: Javier Arana. Subdirector General de Energía Nuclear. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Visión local: José María Saiz. Alcalde de Villar de Cañas, Cuenca.

Moderación: Carlos Dávila. Director de Comunicación. Enresa.

JUEVES, 25 DE JULIO

09:30 h. **Mesa redonda Desmantelamiento y clausura de instalaciones**

Situación internacional: Ivo Tripputi. Asesor Senior Corporativo en Sogin Presidente del Proyecto Cooperativo sobre Desmantelamiento en OECD. Nuclear Energy Agency (NEA).

Situación nacional: Juan Luis Santiago. Jefe del Departamento del Proyecto de Clausura. Enresa.

Perspectivas y retos: Alejandro Rodríguez Fernández. Director de Operaciones. Enresa.

Moderación: José Ramón Torralbo. Presidente y Director General. Nuclenor.

11:45 h. **Mesa redonda. Marco reglamentario y aspectos reguladores**

Visión internacional: Claudio Pescatore. Director de la Gestión de Residuos Radioactivos y Desmantelamiento OECD. Nuclear Energy Agency (NEA).

Visión nacional: Isabel Mellado. Directora Técnica del Consejo de Seguridad Nuclear.

Perspectivas y retos: Agustín Alonso. Catedrático Emérito de Ingeniería Nuclear. Universidad Politécnica de Madrid.

Moderación: Rosario Velasco. Vicepresidenta del Consejo de Seguridad Nuclear.

15:30 h. **Mesa redonda. Protección del hombre y del medio ambiente**

Estudio epidemiológico del posible efecto de las radiaciones ionizantes:

Lucila Ramos Salvador. Subdirectora de Protección Radiológica Ambiental. CSN

Radiaciones y salud humana. Estudios epidemiológicos: Rafael Herranz. Jefe del Servicio de Oncología y Radioterapia. Hospital General Universitario Gregorio Marañón.

Retos y visión de futuro: Alfredo Brun. Médico del Trabajo. Jefe de la Unidad Básica de Salud. Enresa.

Moderación: María Luisa España. Presidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

VIERNES, 26 DE JULIO

09:30 h. **Mesa redonda. Visión de la industria española**

Industria en Cantabria: Eduardo González-Mesones. Presidente de ENSA.

Industria nuclear: José Luis González Martínez. Presidente de ENUSA.

TECNATOM en España: Francisco Javier Guerra. Director General de TECNATOM.

Moderación: José Antonio Gago. Director General de la Asociación Nuclear Ascó y Vandellós (ANAV).

11:30 h. **Mesa redonda. La I+D en gestión de residuos**

Plataforma CEIDEN: Pío Carmena. Secretario General de la Plataforma Tecnológica de I+D de Energía Nuclear de Fisión. CEIDEN.

Plan I+D de Enresa: Julio Astudillo. Jefe del Departamento de Proyectos de I+D. Enresa

Retos y visión de futuro: Emilio Mínguez Torres. Vicerrector de Planificación Académica y Doctorado Universidad Politécnica de Madrid.

Moderación: Cayetano López. Director General del CIEMAT.

13:00 h. Clausura

DIRECCIÓN:

Antonio Colino.
Académico de la Real Academia de Ingeniería.

SECRETARIA:

Cristina López-Quero.
Periodista. Dirección de Comunicación de Enresa.

PATROCINIO:



ATC

Enresa mejorará los accesos al ATC de Villar de Cañas

LA DIPUTACIÓN de Cuenca y Enresa formalizarán dos convenios de colaboración para la mejora de caminos en la localidad de Villar de Cañas, de cara a la construcción del Almacén Temporal Centralizado (ATC) en el municipio.

En el primer acuerdo, que afecta a los ayuntamientos de Villar de Cañas, Villares del Saz y Zafra de Záncara, se propone la mejora del firme del camino de Casalonga, que da acceso a Villar de Cañas desde la autovía A-3. El segundo tiene como objetivo acondicionar los caminos del Molino y Cardadores y realizar un nuevo acceso a la carretera CM-3118; además, prevé la mejora de las redes de abastecimiento de agua en la zona.

El presupuesto destinado para el arreglo de las vías es de 6 millones de euros y de 500.000 para el suministro de agua. Se estima que las obras puedan estar terminadas en un año, una vez se lleve a cabo la licitación de las mismas.



La Diputación provincial de Cuenca será la encargada de los expedientes de contratación y de la dirección del proyecto, mientras

que Enresa se hará cargo de la financiación.

Cátedra de formación medioambiental

La Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) y la Fundación Enresa firmaron el 25 de junio un acuerdo

para la creación de una cátedra centrada en la investigación y divulgación de temas relacionados con el medio ambiente. La Cátedra Enresa, que cuenta con una vigencia de tres años y 100.000 euros anuales de dotación, fue presentada



A la izquierda, uno de los caminos que se mejorarán en el entorno de Villar de Cañas. A la derecha, firma del convenio entre la UCLM y Enresa. / ENRESA

por el presidente de la Fundación Enresa Francisco Gil-Ortega, y el rector de la UCLM, Miguel Ángel Collado.

VANDELLÓS I

Un grupo de expertos en grafito irradiado se reúne en el Centro Tecnológico Mestral



Participantes en la reunión del proyecto Grafec. / ENRESA

EL CENTRO TECNOLÓGICO Mestral de la central Vandellós I acogió este mes de junio la reunión anual de segui-

miento del proyecto Grafec, para el desarrollo y aplicación de metodologías de tratamiento térmico del grafito irradiado de Vandellós I.

El objetivo del proyecto, en el que participan Enresa, el Ciemat y la compañía francesa Aplicaciones para Hornos Nucleares de Grenoble (FNAG, en sus siglas en inglés), es la descontaminación, sin pérdida significativa de masa, del grafito procedente del reactor de esta central nuclear. En la actualidad este material se encuentra en la parte inferior del reactor, concretamente en

un almacén diseñado durante los trabajos del nivel 2 de desmantelamiento, llevados a cabo por Enresa entre 1998 y 2003.

Además de estudiar la descontaminación del grafito, especialmente en los materiales de mayor concentración –tritio y carbono 14–, el proyecto también trabaja en el estudio del comportamiento de este material en una matriz vítrea frente a la lixiviación en diversos medios, la irradiación y su calificación como matriz de acondicionamiento.

INTERNACIONAL

Reino Unido: el condado de Cumbria anula las candidaturas presentadas para acoger el AGP

EL CONSEJO de Gobierno del condado de Cumbria ha anulado las candidaturas de las localidades de Alderdale y Copeland para albergar los trabajos de investigación concebidos en su día como paso previo a la implantación de un repositorio geológico en sus términos municipales. Las autoridades del condado han alegado objeciones paisajísticas y de perjuicio para el renombre de la zona. El ministro británico de Energía, Edward Davey, considera respetable la decisión, aunque señala que Cumbria continuará desempeñando un “papel central” en el sector de la energía nuclear a través de la planta de reprocesamiento de Sellafield.

Reino Unido se planteó en su día la construcción

de un almacenamiento para los residuos radiactivos generados en los años ochenta. En 2001, el Gobierno creó el Comité de Gestión de Residuos Radiactivos (CoRWM, según sus siglas en inglés) para recomendar

las opciones de gestión más convenientes y que, después de tres años de deliberaciones, optó por el almacenamiento geológico profundo (AGP) para los residuos de alta y media actividad.



Complejo de reprocesamiento de Sellafield en Cumbria (Reino Unido). / BNFL

Posteriormente, la Agencia de Desmantelamiento Nuclear (NDA, en sus siglas en inglés), responsable de la gestión de los residuos radiactivos del Reino Unido, inició el desarrollo de los planes para la construcción del AGP y estimó su puesta en marcha en 2040. Para determinar su ubicación se decidió aplicar el principio de voluntariedad y transparencia, llevándose a cabo una convocatoria pública en distintos municipios y comunidades.

De haber sido aceptadas sus candidaturas, Alderdale y Copeland deberían haberse sometido, primero, a un estudio geológico de 4 años, y después, a una investigación en superficie y en profundidad durante otros 25.

Francia abre el debate público sobre la licencia para el futuro AGP

LA COMISIÓN NACIONAL para el Debate Público de Francia (CNDP, en sus siglas en francés) puso en marcha en febrero un procedimiento jurídicamente vinculante para evaluar la solicitud de licencia de CIGEO, la instalación de almacenamiento geológico profundo (AGP) de residuos radiactivos que se proyecta construir cerca de la localidad de Bure, entre los departamentos de Meuse y Haute-Marne.

Este almacén actuará como repositorio geológico de las 58 centrales nucleares francesas, tanto para los residuos de alta actividad como para los materiales derivados de sus posteriores desmantelamientos.

La Agencia Nacional para la Gestión de los Residuos Radiactivos de Francia (Andra), responsable de la construcción del AGP, tiene previsto que la instalación comience a funcionar en 2025, una vez se hayan cumplido pasos indispensables como la celebración del debate, la presentación de la licencia de construcción –prevista para 2015– y la aprobación de la ley sobre reversibilidad.

Los grupos sociales y políticos vinculados al proyecto se reunirán en distintas ocasiones hasta el próximo mes de octubre a fin de redactar un documento que se elevará al Gobierno y cuyos resultados serán tenidos en cuenta antes de pasar a la siguiente fase del proceso.

AGENDA

► **26 y 27 de septiembre.** XVI Seminario Internacional de Ciencia, Periodismo y Medio Ambiente, organizado por Enresa en Córdoba.

► **27 a 31 octubre.** Conferencia internacional sobre la seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas: el mantenimiento continuo del control de las fuentes durante todo su ciclo de vida. Organizado por el OIEA en Abu Dabi (Emiratos Árabes Unidos).

SIERRA ALBARRANA

El Cabril y su entorno



La primera estructura para residuos de muy baja actividad cumple 5 años

► Pág. 12



Enresa almacena un cabezal de cobaltoterapia del Hospital Son Dureta de Palma de Mallorca

► Pág. 13



El delegado de Medio Ambiente define El Cabril como una instalación “segura y ejemplar”

► Pág. 16

El cardenal Rouco Varela visita El Cabril con un grupo de obispos y sacerdotes

► Pág. 16

Una delegación ciudadana del Territorio del Norte de Australia conoce la instalación

► Pág. 16



El verano del corcho

Frente al frenesí de la producción en serie y la alta tecnología de algunos procesos en los que el corcho es indispensable, como la ingeniería espacial, la realidad del bosque es muy distinta: en él, pacientemente, el alcornoque va criando su corteza, que cada nueve o diez años estará lista para ser extraída mediante métodos que no han variado en milenios. El verano es el momento de la saca del corcho en la comarca de la Sierra Albarrana. Les invitamos a conocerla. ► Pág. 14

La primera estructura para residuos de muy baja actividad de El Cabril cumple cinco años

Una solución acertada

► Teresa Palacio, Enresa

En octubre de 2008 comenzó a funcionar en El Cabril la primera estructura diseñada específicamente para almacenar residuos de muy baja actividad. Fue la respuesta de Enresa a una necesidad de gestión concreta para unos materiales que, por su limitada carga radiológica, podían ser tratados de forma distinta a los que se guardan en las plataformas de hormigón del almacén cordobés. Cinco años de operatividad y más de 7.000 metros cúbicos gestionados avalan la idoneidad de este proyecto.



A la izquierda, vista de la estructura para residuos de muy baja actividad, con la cubierta de la primera línea de almacenamiento. Abajo, dos detalles de su interior. / ENRESA



EL ALMACÉN CENTRALIZADO de El Cabril guarda todos los residuos radiactivos de baja y media actividad que se generan en España, entre ellos algunos materiales que, pese a ocupar un gran volumen, tienen una escasa carga radiológica. Se trata de los residuos de muy baja actividad, cuya gestión se puede llevar a cabo con medios más simples y menos costosos. Por eso, entre los años 1999 y 2002, el Parlamento instó al Gobierno a desarrollar una instalación específica para la gestión de este tipo de materiales y evitar así que mermaran el valor estratégico de El Cabril.

La estructura 29, numeración que sigue a las ya existentes de baja y media actividad, es la primera de las cuatro que hay proyectadas para el almacén cordobés. Desde el inicio de las actividades, en octubre de 2008, se han depositado en su interior 7.326,99 metros cúbicos de materiales y se encuentra, a día de hoy, al 19,01% de su capacidad.

Enresa retira un cabezal de cobaltoterapia en Mallorca

Por mar y tierra hasta El Cabril

“La gestión para estos residuos ahora es la más adecuada posible”, afirma Santiago Galea, uno de los responsables del proyecto, en declaraciones a *Estratos*. El objetivo de las nuevas dependencias era evitar que los materiales de muy baja actividad ocupasen espacio en las propias plataformas de El Cabril, las cuales fueron diseñadas para residuos de mayor actividad específica. La puesta en marcha del nuevo almacén se asumió con el personal de la instalación, pero también hubo que realizar distintas adaptaciones que aseguraran un óptimo funcionamiento, “sobre todo en aspectos de maquinaria, protección de intemperie de las líneas de trabajo, nuevos tipos de embalajes a utilizar y la forma de apilar los residuos”, enumera Galea.

A pesar del importante volumen que estas estructuras suponen para la dimensión global del almacén –130.000 metros cúbicos adicionales–, su contribución a la radiactividad total a depositar es tan pequeña que no ha conllevado modificación alguna del inventario radiológico autorizado para la instalación de El Cabril.

Han pasado cinco años desde que medios de comunicación y vecinos del entorno conocieran in situ, en una jornada de puertas abiertas, cómo funcionaría esta nueva solución que Enresa aportaba a los residuos de muy baja actividad. “De la épica a la lírica”, rezaba la prensa aquellos días, manifestando el cambio experimentado por la empresa a la hora de comunicar un proyecto que nada tenía que ver con los inicios de la actividad de almacenamiento en la Sierra Albarrana cordobesa.



EL PASADO 28 de mayo se realizó el desmontaje y acondicionamiento de un cabezal de cobaltoterapia en desuso del Hospital Son Dureta, en Palma de Mallorca. La operación fue ejecutada por personal de una empresa especializada y contó con la supervisión de los técnicos de las unidades de Gestión de Residuos de Instalaciones Radiactivas (UGRIR) y de Protección Radiológica (UTPR) de Enresa. La unidad Theratron, con una fuente de Co-60 y una actividad de 44,9 TBq en el momento de su retirada, fue introducida en un contenedor para su envío al Almacén Temporal Centralizado (ATC) de El Cabril.

El traslado del contenedor se realizó por vía marítima hasta el puerto de Valencia, desde donde continuó su viaje por carretera hasta la instalación de Enresa en la sierra de Córdoba. Técnicos de la UTPR vigilaron el transporte durante todo el trayecto. El almacén centralizado de El Cabril acoge actualmente más de 25 cabezales, retirados de diferentes centros médicos del país, de los que 8 son del mismo modelo que el correspondiente al hospital balear.

Distintas etapas del traslado del cabezal de cobaltoterapia, desde su salida del Hospital Son Dureta en Baleares hasta su almacenamiento seguro en El Cabril. / ENRESA

Con la llegada del calor empieza la ‘saca’ de la corteza del alcornoque

El corcho, una cosecha cada diez años

▀ Francisco J. Aute

El bosque mediterráneo del entorno de El Cabril y de la sierra de Hornachuelos es rico en alcornocales. El verano es la estación adecuada para la recogida del corcho, una actividad milenaria cuyo procedimiento, pautado y singular, permanece ajeno a las nuevas tecnologías.

AUNQUE TODO el mundo sabe qué es el corcho, en realidad se trata de un gran desconocido del que pocos imaginan sus múltiples usos y aplicaciones, que van desde la construcción hasta la ingeniería aeroespacial. Lo que sí sabemos todos es que resulta imprescindible para tapar botellas de vino; de hecho, el 80% de la producción mundial se destina a este menester; tanto es así que *corcho* viene a ser sinónimo de tapón.

Sabido es que el corcho es la corteza que protege al alcornoque (*Quercus suber*) de los rigores del clima mediterráneo, en un ejemplo más de sabia adaptación de los seres vivos a su entorno; lo resguarda de enemigos como el calor, la sequía o el fuego, y lo consigue porque esta corteza está repleta –hasta en un 90%– de burbujas estancas de aire. De ahí su liviandad y total impermeabilidad. Precisamente, estas dos cualidades hacen del corcho el material más idóneo como aislante sonoro o como reductor de vibraciones.

Pese a ser una especie mediterránea, la práctica totalidad de la producción corchera proviene de la península Ibérica; en concreto, Portugal genera



unas 157.000 toneladas, lo que supone el 52% de la producción mundial. España aporta un 32% –algo menos de 100.000 toneladas–, obtenido mayormente en Andalucía, Extremadura y Cataluña. El resto

Con ayuda del hacha y la hurga, el alcornoque va siendo descortezado con mucho cuidado. / F.J. AUTE

de la recolección mundial, hasta llegar al 100%, proviene de pequeñas producciones de Italia, Marruecos y Túnez.

Pese a las numerosas tecnologías punteras para las que el corcho es indispensable, la realidad del bosque es otra: allí, pacientemente, el alcornoque va criando su corteza, que cada nueve o diez años estará lista para ser extraída mediante procedimientos que no han variado en milenios. Cuando lleguen los calores del verano y el corcho relaje su abrazo al tronco, la finca propietaria –es decir, *la casa*–, tras ajustar el precio con el comprador, buscará los servicios de un *manijero* y de un *arriero* para proceder a la *saca*. El manijero, cuyo oficio es hereditario y está vinculado por generaciones a unas mismas fincas, forma una cuadrilla con gente de su confianza y todos juntos se *arrancharán* en el monte, bajo los árboles, por el tiempo que dure la *saca*.

Una vez en el alcornocal, el manijero distribuye a los hombres por parejas o *colleras*, normalmente formadas por un veterano y un novato, y les va marcando la *mano* o lado por donde debe ir cada *collera*. Es aquí donde se demuestra la pericia y buen hacer del manijero, pues es importante el avance equidistante y regular de las parejas para que los *jarruqueros*, encargados de amontonar las cargas de corcho –una por cada dos *colleras*–, no tengan que hacer desplazamientos desiguales ni excesivamente largos. Las dos *colleras*

que avanzan por la derecha son la *mano* y la *contramano*; las de la izquierda, la *burra* y la *contraburra*, y las centrales son llamadas el *bombo*.

Cuando la pareja de corcheros llega al árbol, trazan en su corteza, a golpe de hacha, las líneas maestras por donde irán levantando las planchas de corcho. Si el alcornoque es un buen *palo*, estas saldrán con facilidad y gran tamaño, pero si la tierra es mala o la solana excesiva, el corcho tendrá *pasmo* y será trabajoso separarlo del tronco.

Mientras uno de los hombres sube al árbol, el otro va separando desde abajo la corteza del tronco, ayudándose de una larga *hurga* de madera. Mientras, a la sombra, sestean la mula del *aguaor*, cargada con las cántaras que recibirán los búcaros de las colleras. Hasta los montones formados por los jarruqueros se aproxima el arriero, que, repartiendo el peso y estabilizándolo, va cargando el corcho en los *garabatos* de madera que aparejan a borricos y mulos. Mientras tanto llegará el mozo del arriero, que trae de vuelta las bestias ya descargadas y recogerá los nuevos bultos para llevarlos hasta el peso. Además de aportar experiencia, es preciso conocer la materia y tener ojo con los animales, por ejemplo para poder establecer qué bestia será designada el *liviano*, primer burro de la recua que, por inteligente y provisto de una *cencerro*, va marcando el camino a los demás asnos.

El arriero descarga en la pila, situada en algún pequeño llano hasta donde puedan entrar los vehículos. Allí el *pilero* se ocupa de *refugar*, separando lo inservible, y también de *cla-*

Los burros, inteligentes y bien enseñados, llevan las cargas de corcho hasta la pila de pesaje. / F.J. AUTE



sear, para que todo esté debidamente clasificado por calidades. El peso se hace a la mañana siguiente, cuando el corcho ya ha perdido la mayor

ajustan sus cuentas por pesos y no por kilos.

Esta antiquísima actividad resulta muy interesante económicamente. Los precios de la campaña de 2012 rondaron los 184 euros el quintal, es decir, unos 4 euros por kilo de corcho, lo que hace altamente rentable a una buena finca. De ahí el *boom* que está teniendo la compra de fincas de alcornoques entre toreros, folclóricas y otros que, urgidos por una Hacienda cada vez más meticona, aplican al corcho sus capitales más recónditos, buscando para ellos inversiones tan rentables como discretas. ●



Los precios de la campaña 2012 rondaron los 184 euros por quintal, es decir, unos 4 euros por kilo de corcho.

parte de su humedad. A una romana colgada de una cabria y equilibrada para marcar tres quintales (138 kilos) se va añadiendo corcho hasta que se completa un *peso*. El comprador y la casa, presentes ambos,

El corcho se amontona en varias pilas según su calidad. A la derecha, la romana para el pesaje. / F.J. AUTE



El delegado provincial de Medio Ambiente define El Cabril como una instalación “segura y ejemplar”

FRANCISCO ZURERA, delegado territorial de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, realizó su primera visita al Almacén Centralizado de El Cabril (Córdoba) y tuvo palabras de elogio para el centro de Enresa, al que calificó como “una instalación segura y ejemplar”.

Acompañado por el presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega, y la directora de la instalación, Eva Noguero, Zurera recorrió las principales dependencias del almacén y conoció su funcionamiento,

así como el sistema de gestión de residuos radiactivos de baja y media actividad que en él se lleva a cabo. El delegado no solo valoró la capacitación de los empleados de El Cabril, sino también el importante papel medioambiental para la comunidad autónoma que este centro cumple en la sierra cordobesa.

Zurera agradeció la atención recibida y manifestó su interés por mantener la cooperación institucional en temas como la lucha contra incendios o las actuaciones en el parque natural de Hornachuelos, dos



Francisco Zurera, entre Francisco Gil-Ortega y Eva Noguero. / ENRESA

ámbitos que siempre han contado con la colaboración de Enresa.

El cardenal Rouco Varela visita El Cabril junto a un grupo de obispos y sacerdotes

EL PRESIDENTE de la Conferencia Episcopal Española, Antonio María Rouco Varela, aprovechó un viaje a Hornachuelos para conocer las instalaciones de El Cabril y la gestión de los residuos radiactivos que se lleva a cabo en este almacén de Enresa. A lo largo de su visita, el cardenal arzobispo de Madrid estuvo acompañado en todo momento por Eva Noguero, directora del centro enclavado en la sierra cordobesa.

Junto a tres obispos y una veintena de sacerdotes, Rouco Varela recorrió la instalación y se mostró muy interesado por los procesos de gestión que se realizan en El Cabril. Una vez finalizado el itinerario por el centro, expresó su agradecimiento y reconoció la labor desempeñada por los trabajadores de “un complejo industrial de alta y delicada tecnología puesta al servicio de la sociedad española”.



Rouco Varela, en el centro de la imagen, junto a la directora de El Cabril. / ENRESA

Una delegación ciudadana del Territorio del Norte de Australia conoce la instalación



Foto de familia de los visitantes australianos en El Cabril. / ENRESA

EL PASADO mes de abril, una delegación de ciudadanos del Territorio del Norte de Australia, uno de los estados que componen el país oceánico, acudió a El Cabril para conocer las instalaciones y el tipo de gestión que allí se realiza. Esta región australiana se ha ofrecido como comunidad voluntaria para acoger la futura instalación nacional para la gestión

de residuos radiactivos de baja y media actividad. Durante su recorrido, los visitantes estuvieron acompañados por técnicos de ANSTO, la homóloga australiana de Enresa. La empresa española asesora al Ministerio de Recursos, Energía y Turismo de Australia para la realización del diseño conceptual del proyectado centro de almacenamiento.



XVI SEMINARIO INTERNACIONAL
DE CIENCIA, PERIODISMO Y MEDIO AMBIENTE

2013 CÓRDOBA

26 y 27 septiembre

Jueves **26**

- 11:30 h. Inauguración oficial y presentación del Seminario.
- 12:30 h. CONFERENCIA INAUGURAL:
La ciencia. Nada de lo humano le es ajeno.
○ **José Manuel Sánchez Ron.** Miembro de la Real Academia Española y de la Real Academia de Ciencias.
- 14:00 h. Almuerzo.
- 16:30 h. MESA REDONDA:
El papel de los investigadores en la divulgación.
Moderador:
○ **Vladimir de Semir.** Director del Observatorio de la Comunicación Científica. Universidad Pompeu Fabra.
Ponentes:
○ **Hugo Liaño.** Profesor titular de Neurología. Universidad Autónoma de Madrid.
○ **Arturo Fernández-Cruz.** Catedrático de Medicina Interna. Universidad Complutense de Madrid.
○ **Rogelio González Sarmiento.** Catedrático de la Universidad de Salamanca. Responsable del Laboratorio del Consejo Genético del Centro de Investigación del Cáncer de Salamanca.
- 18:00 h. DIÁLOGO PRENSA-CIENCIA:
La salud, un diálogo genético ambiental.
○ **José María Ordovás.** Profesor de Nutrigenómica de la Universidad de Tufts, Boston.
○ **Carlos Dávila.** Director de Comunicación de Enresa.
- 19:30 h. MESA REDONDA:
Las fuentes científicas en la comunicación ambiental.
Moderadora:
○ **América Valenzuela.** Química y periodista especializada en Ciencia. RNE y Quo.
Ponentes:
○ **Miguel Ferrer.** Presidente de la Fundación Migres. Exdirector de la Estación Biológica de Doñana.
○ **Luis Balairón.** Director de programa de la Agencia Estatal de Meteorología.
○ **Luis Enjuanes.** Director del Laboratorio de Coronavirus. Centro Nacional de Biotecnología.
- 21:00 h. Fin de la Jornada.

Viernes **27**

- 8:30 h. Salida hacia El Cabril.
- 10:30 h. Visita a las instalaciones de El Cabril.
- 12:30 h. CONFERENCIA MAGISTRAL:
Mi interés por el cambio climático y sus consecuencias.
○ **Santiago Grisolia.** Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica.
- 14:30 h. Almuerzo en el poblado minero de El Cabril.
- 16:30 h. Salida hacia Córdoba.
- 18:30 h. Llegada a Córdoba. Fin del Seminario.

INSCRIPCIONES

La cuota de inscripción es de 150€. Cubre viaje, alojamiento, y manutención según programa.

Infórmate de nuestro programa de becas con diferentes facultades de comunicación y diversas instituciones autonómicas y nacionales. El precio si gozas de beca es de 75€. Ésta incluye inscripción, viaje (desde la ciudad de la institución que la otorga), alojamiento y manutención según programa.

Para las personas que residan en Córdoba, la inscripción es gratuita. Infórmate de más descuentos en nuestra web.

Inscríbete hasta el 31 de agosto en

www.sipma.es



@seminarioSIPMA

Organiza:

Colaboran:



Finaliza el corte de los componentes internos del reactor de la central nuclear José Cabrera

Ingeniería de ALTA PRECISIÓN

▶ Álvaro Rojo y Nieves Martín, Enresa

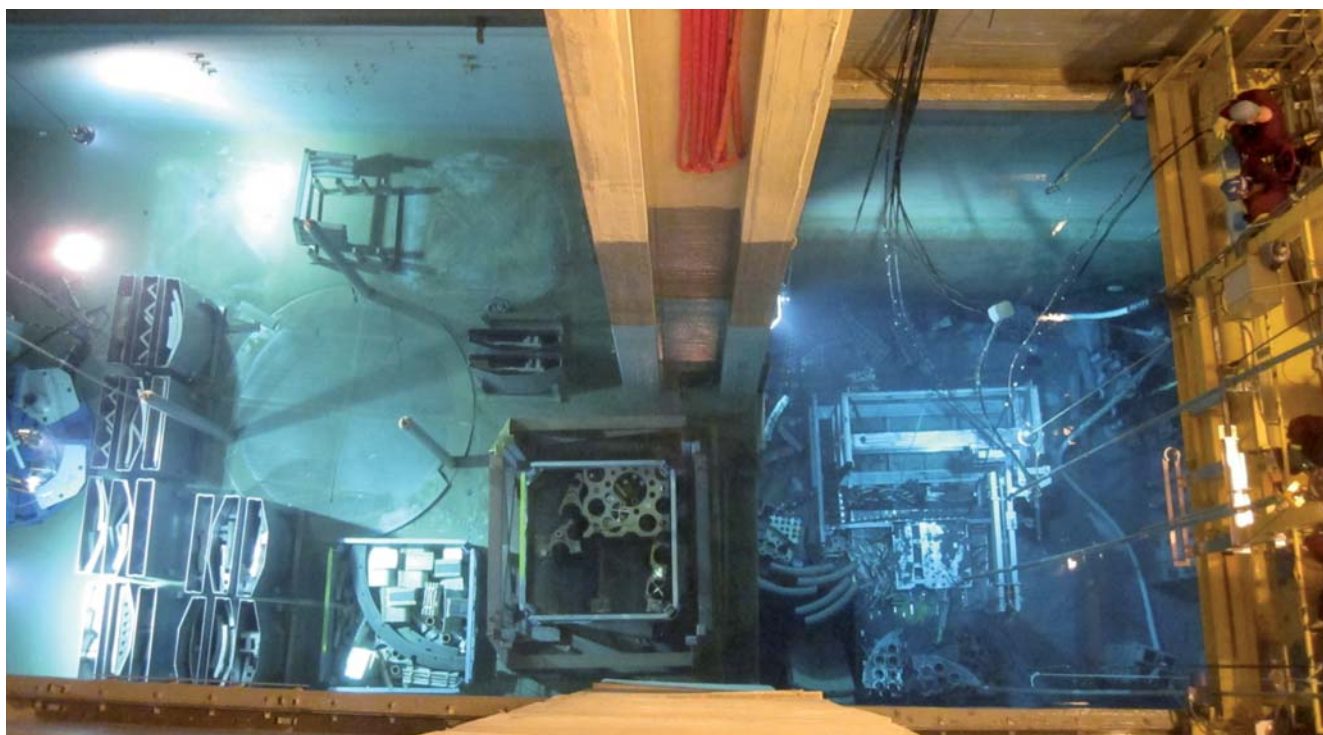
El reactor de la central nuclear José Cabrera se encuentra en pleno proceso de desmantelamiento, un hito importante dentro del proyecto de clausura que Enresa está ejecutando en la instalación alcarreña. Los componentes internos del corazón de Zorita ya han sido segmentados bajo agua para su posterior envío al almacén temporal individualizado de la central y a El Cabril.

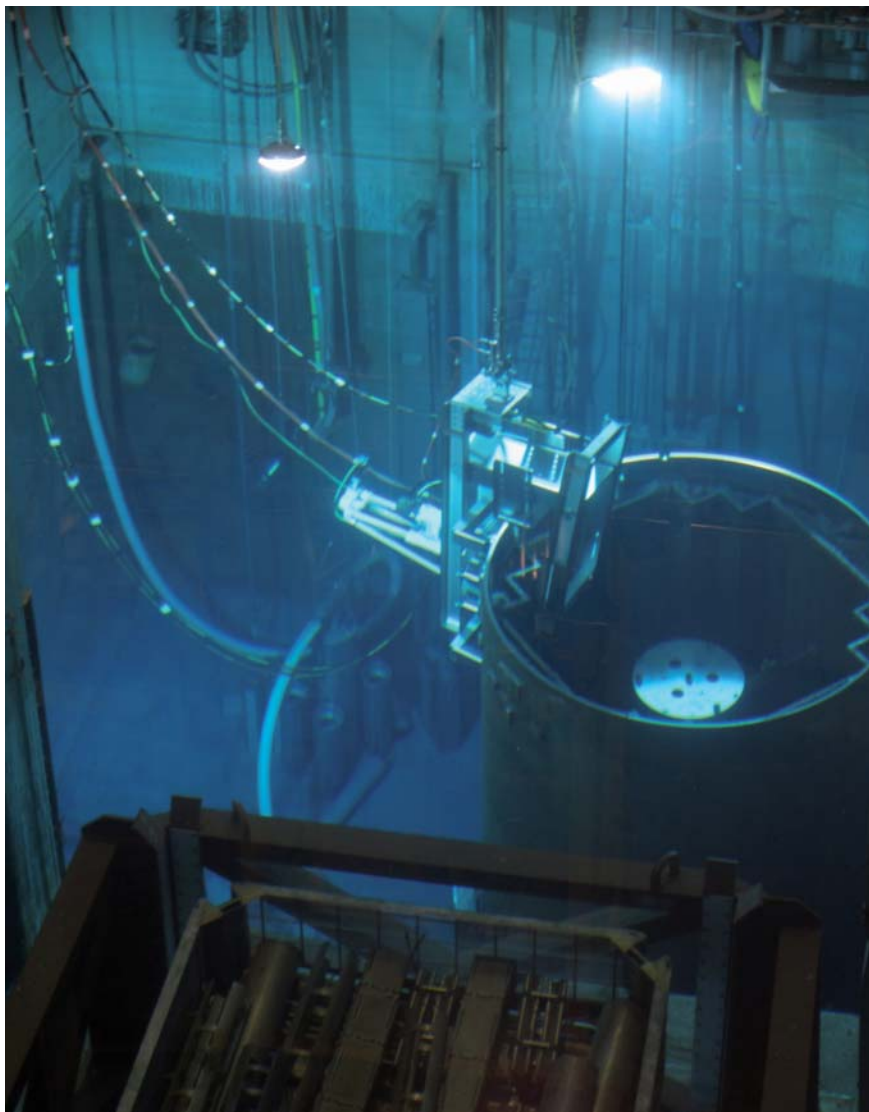
30 DE ABRIL DE 2006. Pasadas las 23.30 horas, la central nuclear José Cabrera, situada en el término municipal de Almonacid de Zorita, en la provincia de Guadalajara, se desconecta definitivamente de la red eléctrica nacional. Atrás quedan 38 años de producción energética

de la que fue la primera central nuclear puesta en servicio en España. Tras su parada hay que desmantelar la planta, operación que Enresa lleva a cabo desde febrero de 2010, fecha en la que la empresa pública asumía la titularidad de la instalación.

Cavidad donde se ha realizado, bajo agua, el corte de los internos del reactor de Zorita. / ENRESA

El desmantelamiento consiste en una serie de procesos para llegar a un producto final: un terreno totalmente liberado desde el punto de vista radiológico y una serie de materiales perfectamente clasificados y derivados a sus gestores correspondientes. Pero, ¿cómo es po-





Una de las herramientas de corte trabaja sobre los internos inferiores. / ENRESA

sible que un reactor nuclear, con piezas activadas durante casi cuarenta años, pueda ser clasificado y derivado a su gestor correspondiente?

El reactor de la central José Cabrera, situado en el edificio de contención de la planta, está formado por una vasija de unos 8 metros de altura por otros 3 de diámetro. La vasija alberga los denominados “internos”, que se dividen a su vez en internos superiores e inferiores. Estos componentes son los que acaban de ser cortados y acondicionados para su traslado al almacén temporal individualizado (ATI) y a El Cabril (Córdoba).

Los trabajos comenzaron por los internos superiores –placa soporte superior, columnas soporte superiores, columna superior de instrumentación,



Para mayor seguridad, Enresa ha optado por el corte mecánico bajo agua, que requiere medios robotizados para colocar y guiar las herramientas.

tubos guía de barras de control y placa superior del núcleo–, cuya misión consistía en facilitar la entrada de las barras de control en el núcleo del reactor

► **ABSTRACT**

High Precision Engineering

► **Álvaro Rojo and Nieves Martín, Enresa**

On 30 April 2006, the José Cabrera nuclear power plant (Almonacid de Zorita, Guadalajara) was permanently disconnected from the national grid ending 38 years of electricity production. The cessation of activity required the reactor to be dismantled, consisting of a vessel about 8 meters tall and 3 meters diameter. The vessel houses the so-called “internals”, which are divided into upper and lower internals. These latter components have just been cut and packaged for shipment to the independent spent fuel storage installation (ISFSI) and to the low and intermediate level waste storage facility at El Cabril (Córdoba).

What technique was applied at the time these operations were executed? Following the Dismantling and Decommissioning Plan guidelines prepared in 2003, Enresa opted for an underwater mechanical cutting method, which, among other advantages, ensures greater shielding and confinement against radioactive elements, and reduces the production of secondary waste.

Westinghouse, the company responsible for cutting the internals, did not leave anything to chance, testing the suitability of all the tools used in the process in advance using full-scale pieces: band-saws, circular-saws and shear cutter. Their effectiveness, as expected, was more than satisfactory and the internal components from the Zorita reactor already await transfer to the ISFSI and El Cabril.

Whilst this last operation is being completed, Enresa technicians are busy preparing to dismantle the vessel, the next milestone in the decommissioning process of the first nuclear power plant built in Spain.

The complete article can be read in English at the URL:

http://www.enresa.es/actualidad/weblog/post/high_precision_engineering

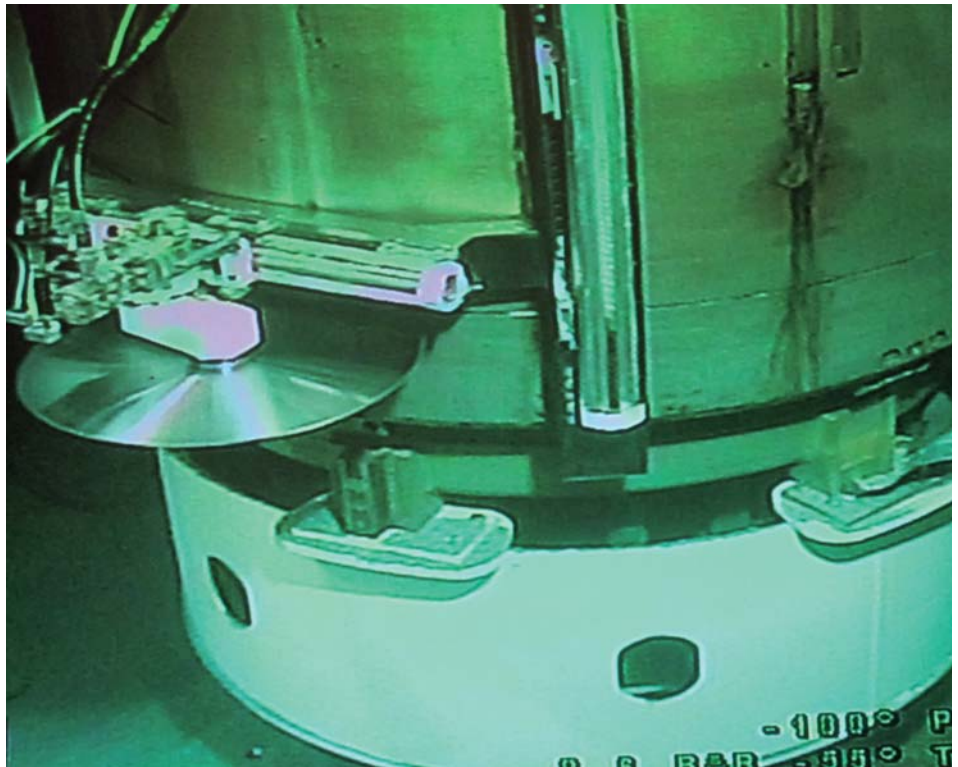
DESMANTELAMIENTO

y transmitir las cargas verticales a la tapa de la vasija. Después llegó el turno de los internos inferiores, el área más activada, dado que albergaba el combustible necesario para producir la reacción nuclear. El conjunto a segmentar estaba formado por varias piezas: barrilete del núcleo, deflector, encofrado, blindaje térmico, placa inferior del núcleo, placa inferior de soporte y tubos guía de instrumentación, entre otras. Estos componentes debían fijar los elementos combustibles en el interior del reactor, servir de blindaje y, finalmente, permitir la circulación del agua del circuito primario.

Se trata, en general, de piezas de grandes dimensiones, por lo que se hacía necesario cortarlas para poder ser gestionadas adecuadamente y, como se indicaba antes, ser enviadas a continuación a sus gestores correspondientes.

La segmentación

El proceso para llegar hasta el punto actual del proyecto arranca en 2003, momento en el que se emite el Estudio Básico de Estrategias (EBE), donde se decide acometer el desmantelamiento total e inmediato de la instalación. Según el informe, en un periodo breve el emplazamiento sería devuelto a su estado original previo a la construcción de la planta, cuyas obras tuvieron lugar en la década de los sesenta del pasado siglo. Ese mismo año 2003, concretamente en el mes de septiembre, Enresa inició la elaboración de los estudios de ingeniería básica del Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) de la central José Cabrera, siempre basándose en la alternativa elegida en el anterior

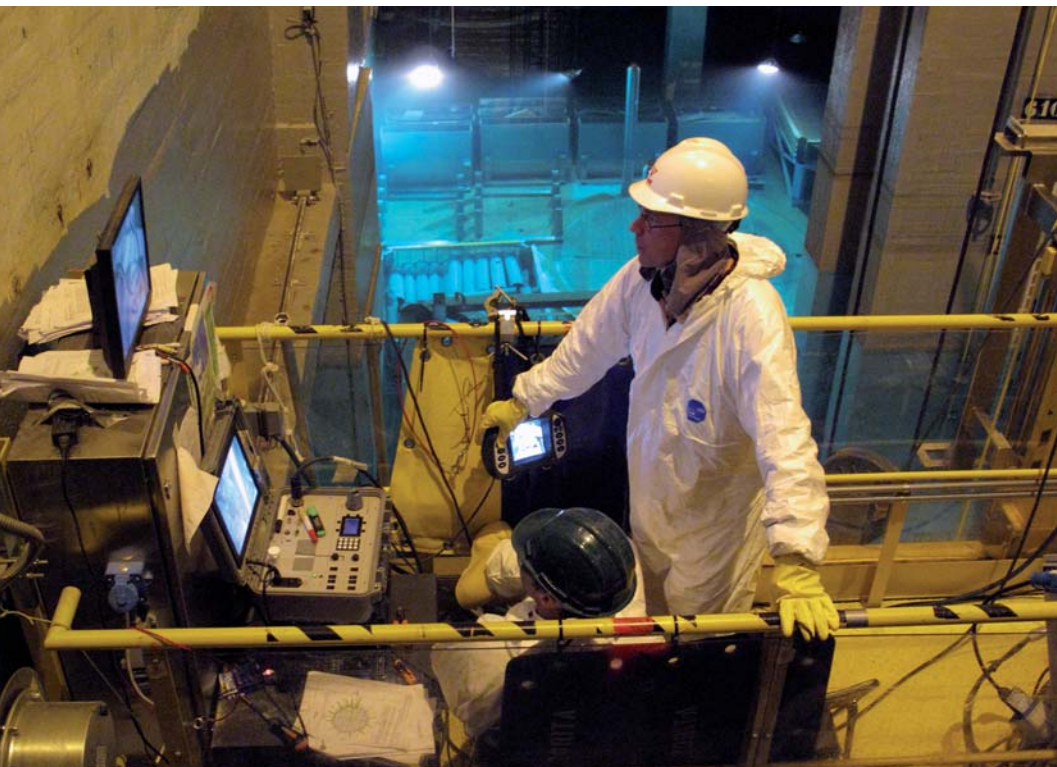


EBE. En estos documentos se analizaron las alternativas relativas a la segmentación de los grandes componentes, a la descontaminación in situ y a la metodología de corte considerando técnicas de corte mecánicas y térmicas.

Vista exterior de la central de Zorita, con el ATI en primer plano. / JORGE FERNÁNDEZ

¿Qué técnica se decidió aplicar y cómo se ha ejecutado este trabajo de corte? Según explican desde el Departamento de Proyectos de Clausura de Enresa, los condicionantes de este tipo de componentes del reactor de Zorita,





Dos técnicos controlan el corte robotizado de los internos, cuyo detalle se observa en la pantalla de la página anterior. / ENRESA

miento requeridos. El corte bajo agua funciona al mismo tiempo como blindaje y como confinante, mientras que el corte aéreo no otorga ninguna de estas ventajas, lo que conlleva la construcción de zonas confinadas dotadas de potentes sistemas de filtración y ventilación.

— La producción de residuos secundarios, generados por el propio corte.

¿Por qué corte bajo agua?

La experiencia internacional en la segmentación de internos incluye técnicas mecánicas —sierras de banda y de disco, principalmente—, corte con chorro de agua a alta presión y con abrasivo, corte con hilo de diamante, corte con arco de plasma, la electroerosión, el oxicorte, etc. El Departamento de Proyectos de Clausura de Enresa explica que la elección de este corte mecánico para Zorita responde a diversos factores:

— Es factible y seguro por sus referencias de uso en otros proyectos.

— El corte mecánico bajo agua en el foso de combustible proporciona un blindaje con grandes espesores de agua, así como el confinamiento de los efluentes generados, de modo que las dosis operacionales sean muy reducidas.

— Desde el punto de vista del criterio ALARA, las condiciones de seguridad del manejo y embalaje de piezas son óptimas, al ser realizadas bajo agua con los equipos de manejo propuestos.

— Además, se minimiza la producción de residuos secundarios, ya que solo se generan chips o virutas metálicas procedentes del mismo material que se corta.

a la hora de establecer los métodos de corte, se derivan fundamentalmente de los altos niveles de radiación que, en ausencia de blindaje, existen en su proximidad. Por otro lado, también condiciona el hecho de que la actividad se encuentra distribuida en la masa del material a segmentar, y no superficialmente.

Los altos niveles de radiación de los internos del reactor conllevan, en aplicación del principio ALARA (Tan bajo como sea razonablemente posible, en sus siglas en inglés), la necesidad de realizar las operaciones de segmentación bajo blindaje para ejecutar los trabajos en condiciones de total seguridad. Con ese objetivo en mente, los ingenieros optaron por el corte mecánico bajo agua, una técnica que requiere el uso de medios robotizados para colocar y guiar las herramientas de corte.

Según el Departamento de Proyectos de Clausura de En-

resa, los criterios primordiales para la selección de la metodología de segmentación fueron: — Las características físicas y radiológicas del material a cortar, entre las que destacan el tipo de material —acero inoxidable o al carbono—, y el espesor y el grado de irradiación neutrónica del material, lo que modifica sus características físicas



Los ensayos se realizaron en Suecia con piezas simuladas de similares características a las que se han cortado en la central José Cabrera.

—por ejemplo, el grado de dureza—.

— La producción de aerosoles durante el corte. Las técnicas de corte mecánico presentan grandes ventajas frente a las de corte térmico por su baja producción de aerosoles.

— El medio en el que se corta —agua, aire, etc.— que condiciona el blindaje y el confina-



Tras catorce años de operaciones similares en centrales de Suecia –Forsmark 1, 2 y 3, Oskarshamn 1, 2 y 3–, Finlandia –Olkiluoto 1 y 2– y Estados Unidos –Grand Gulf–, la experiencia de Westinghouse, empresa encargada de realizar estos trabajos en Zorita, demuestra que el corte mecánico bajo agua es una tecnología aplicada y probada de manera satisfactoria.

De todas formas, nada podía quedar a la improvisación, así que todas las herramientas de corte utilizadas en Zorita –descritas a continuación– fueron testadas previamente a escala real en Västerås (Suecia), en una instalación de Westinghouse Sweden, con piezas simuladas de similares características a las que se han cortado en la central José Cabrera:

— Sierra de banda: es la herramienta más utilizada para el corte de estas piezas de enorme grosor, altamente ac-

tivadas y de gran dureza. La sierra tiene una robustez y precisión de corte extremas, con eficacia probada en Zorita y en numerosos proyectos y configuraciones. En la central alcarreña se han empleado diferentes tipos de banda –bimetálica, con puntas de carburo, etc.– dependiendo del



Tras el corte de los internos, los trabajos de desmantelamiento de la vasija empezarán a finales de año y supondrán el paso a la historia del reactor de José Cabrera.

espesor y dureza del material a cortar. A fin de minimizar la producción de virutas, el espesor de la banda no suele sobrepasar los 0,9 milímetros. Este tipo de sierra se ha utilizado durante la segmentación del conjunto barrilete-deflector-encofrado, así como en el plenum inferior.

Las piezas segmentadas se colocan en cestas, como la de la imagen, para ser trasladadas desde el edificio de contención hasta el edificio auxiliar de desmantelamiento, donde son acondicionadas. / ENRESA

— Sierra de disco: empleada en Zorita para realizar diferentes cortes de los internos –blindaje térmico– con excelentes resultados tanto en rapidez de ejecución como en suavidad de funcionamiento. Las sierras de disco, que poseen distintas configuraciones dependiendo de si el corte es vertical u horizontal, tienen un diámetro máximo de 80 centímetros y su espesor varía de 4 a 8 milímetros. Los dientes de la sierra, a su vez, están provistos de puntas de carburo de wolframio o de titanio. Esta sierra se ha utilizado en el corte de los internos superiores, el blindaje térmico y las placas superior e inferior del núcleo.

— Corte con cizalla: se emplea selectivamente en elementos de espesores y dimensiones relativamente reducidas, como los tubos, las barras de control y los residuos operacionales cortados en Zorita al comienzo de la segmentación de los internos.

La vasija, el siguiente reto

Una vez segmentados, los componentes internos del reactor de Zorita serán acondicionados en contenedores metálicos para su envío al ATI y en contenedores de hormigón para su traslado al almacén de residuos de El Cabril. Después llegará el turno de la vasija, es decir, el continente de todos los internos, que experimentará un proceso similar. Los trabajos comenzarán a finales de año y su conclusión supondrá el paso a la historia del reactor de José Cabrera, primera central nuclear que se construyó en España. También pasará a los anales su proceso de desmantelamiento: ingeniería de alta precisión en estado puro. ◀

El Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular colabora con Enresa en el estudio de la historia y las propiedades del terreno

El reloj del suelo

► Trinidad de Torres, José Eugenio Ortiz y Yolanda Sánchez-Palencia (LEB ETSIM-UPM)

Acumula casi 13.000 dataciones y 10.000 análisis de biomarcadores; cerca de 45 publicaciones científicas se apoyan en sus resultados, y, entre otros logros, ha contribuido a poner fecha de antigüedad a los restos de los últimos neandertales de Europa, hallados en la cueva asturiana de El Sidrón, o a analizar el terreno elegido para almacenar residuos radiactivos. Es parte del imprescindible trabajo que desarrolla el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular, que nació hace más de veinte años a petición de Enresa y que, desde entonces, es toda una referencia en la investigación de los sedimentos.



La estratigrafía ayuda a datar sedimentos y materiales geológicos y biológicos. / 123RF

LA ESTRATIGRAFÍA se ha convertido, con la progresiva aparición de sofisticadas herramientas, en una disciplina cada vez más compleja que permite aproximarse con mayor precisión y detalle a los sucesos que configuraron la Tierra. Se ha pasado de una ciencia que se limitaba a una visión geométrica y tridimensional de los acontecimientos que modelaron el planeta, a otra en la que el tiempo añade una nueva dimensión a la imagen de un mundo en mutación.

La estratigrafía biomolecular se basa en el estudio y caracterización de las moléculas de origen biológico que, inalteradas o no, permanecen en sedimentos, esencialmente del Cuaternario, es decir, de hace 2,5 millones de años. Esa observación, como veremos, permite obtener las edades de los depósitos y definir aspectos paleoclimáticos y paleoambientales que se consideran de gran importancia a la hora de buscar análogos del cambio global.

El Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular (LEB) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) empezó su andadura a finales de 1991, cuando Enresa solicitó el concurso de la Escuela de Minas de dicho centro universitario para cooperar en el análisis de seguridad para el almacenamiento subterráneo de residuos radiactivos. Esta colaboración, y las sucesivas, se realizaron en el marco de Euratom (Comunidad Europea de Energía Atómica, en sus siglas en inglés), apoyado por proyectos financiados directamente por Enresa.

Así, el primer objetivo encomendado a los expertos de la UPM pasó por el cálculo de



Figura 1: Detalle del equipamiento técnico del Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. / LEB

velocidades de incisión fluvial a lo largo del Cuaternario, que se centró en depósitos de tufa (travertinos), relativamente sencillos de datar. Para ello, aquel incipiente LEB se dotó de un equipo de cromatografía de gases para desarrollar el método de datación por racemización de aminoácidos. Posteriormente, en programas marco sucesivos, las capacidades analíticas del LEB se ampliaron a la determinación y cuantificación de los biomarcadores retenidos en los sedimentos como indicadores de condiciones paleoambientales.

En la actualidad, el LEB es el brazo armado –en sentido científico, por supuesto– de un reconocido grupo de investigación de la UPM, el GEA (Grupo de Estudios Ambientales), que colabora en proyectos punteros a demanda de organismos públicos de investigación y de universidades nacionales y extranjeras; también trabaja con

la industria en programas de I+D+i que van desde los derivados del petróleo al reciclado de escombreras.

Estos proyectos se pueden llevar a cabo gracias a que el LEB se ha equipado con los sistemas automáticos más avanzados de extracción en matrices sólidas y líquidas. De este modo, labores que son grandes consumidoras de tiempo y casi artesanales se hacen de forma simultánea y mecánica en un número elevado de muestras con garantía de repetibilidad.

El potente equipamiento analítico del LEB (figura 1) gira en torno a los cromatógrafos, entre los que se encuentra uno de gases que inauguró las actividades del laboratorio, otros dos de gases con detector selectivo de masas y un cuarto de líquidos de altas prestaciones, junto con diversos sistemas auxiliares.

Como no es fácil describir

con mínimo detalle las distintas aplicaciones desarrolladas en el LEB, nos centraremos en dos de sus especialidades: la datación por racemización de aminoácidos y el análisis de biomarcado-

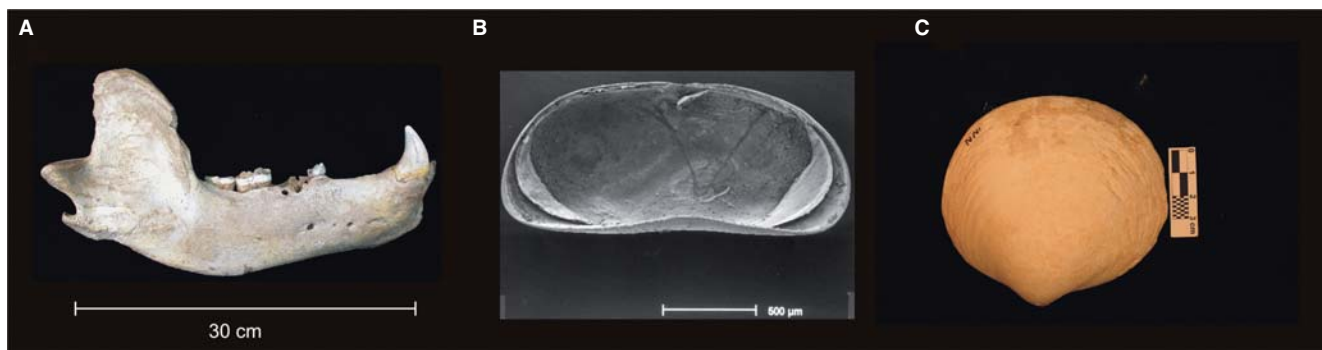
▼▼
El LEB surgió a finales de 1991 para colaborar con Enresa en el análisis de seguridad del almacenamiento subterráneo de residuos radiactivos.

res empleado en la reconstrucción paleoambiental.

La racemización de aminoácidos

Los tejidos de los seres vivos se construyen, entre otros componentes, a base de un pequeño número de aminoácidos que, con excepción de algunas bacterias, son L-aminoácidos, es decir, con el grupo amino (NH₂) a la izquierda de la molécula. Una vez que muere el organismo, se produce el cam-

Figura 2: A. Detalle de una mandíbula de oso de las cavernas (*Ursus deningeri*). B. Valva interna de un ostrácodo (*Herpetocypris reptans*). C. Valva de un pelecípodo (*Glycymeris glycymeris*). / LEB



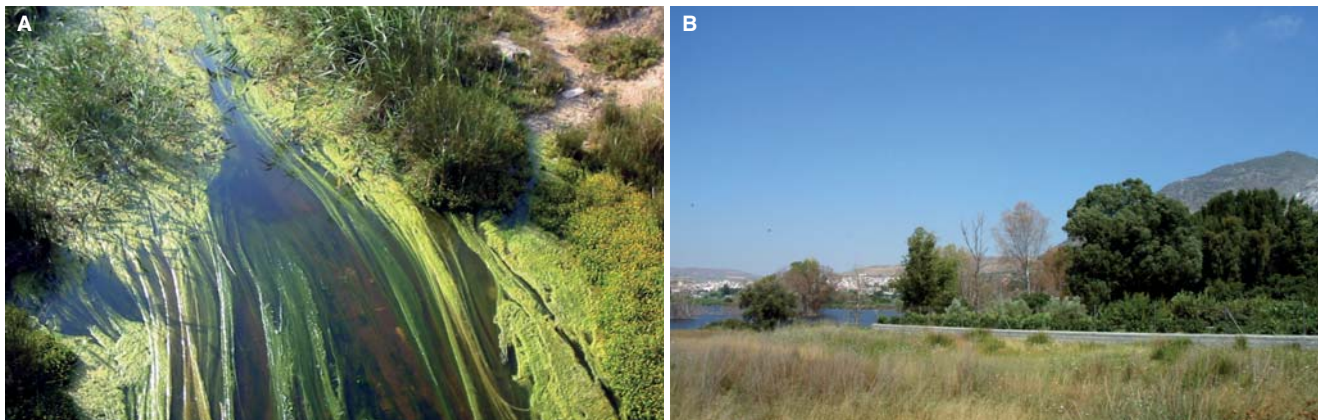


Figura 3:
A. Algas que maximizan en el alcano con 17 átomos de carbono.
B. Árboles caducifolios de la zona de Padul (Granada), con predominancia de cadenas de alcanos de 27 y 29 átomos de carbono. / LEB

bio progresivo del grupo amino a la derecha de la molécula D-aminoácidos, en un proceso conocido como racemización. Se trata de una reacción química dependiente de la temperatura y del tiempo que, a través de la medida de la relación D/L, permite calcular el tiempo transcurrido desde la muerte del organismo. Esta técnica resulta de gran utilidad en geología del Cuaternario, aunque la racemización se detiene cuando la relación D/L se acerca a la unidad y el método deja de ser aplicable. Al ser una reacción química dependiente de la temperatura, la historia térmica condiciona el rango temporal que puede ser datado: unos 300.000 años en las Islas Canarias frente a 1,2 millones de años en la península Ibérica.

En mamíferos longevos, como el hombre, se produce una racemización en vivo, especialmente en aquellas zonas anatómicas en las que no hay renovación de tejidos, como el cristalino, la dentina de la raíz de los dientes o los cartílagos articulares. De ahí que la racemización de un aminoácido de la raíz dentaria –ácido aspártico– se utilice en la investigación forense para determinar la edad de fallecimiento de personas. El LEB ha puesto a punto, jun-

to con la Cátedra de Medicina Forense de la Universidad Complutense de Madrid, el empleo de este método. En restos fósiles de miles de años de antigüedad, la racemización en vivo queda rápidamente enmascarada por la racemización del resto fósil.

Los materiales susceptibles de análisis son muy variados: el colágeno de dientes y huesos; los carbonatos de las con-

truyen un esqueleto hecho principalmente de celulosa al que se adosan moléculas orgánicas del grupo de los n-alcanos, n-cetonas y n-ácidos. El tamaño de estas moléculas –donde n es el número de carbonos– se encuentra en relación directa con la macroestructura que configura su sostén. De una manera aproximada, puede decirse que números crecientes de átomos de carbono de 17 a 31 van apareciendo desde los compuestos ligados a las algas (figura 3A) a los que aparecen en las herbáceas, pasando por macrófitas acuáticas, caducifolios (figura 3B) y gimnospermas –pinos–.

Cuando las plantas mueren o se produce la caída de sus hojas al suelo o al fondo de una masa de agua, estos compuestos se van liberando de los tejidos y se incorporan al sedimento, donde quedan atrapados junto a otras moléculas orgánicas –azufre, vitamina E, etc.–. Es entonces cuando el LEB los libera durante los procesos de extracción supercrítica. A través de su identificación y cuantificación, se podrán caracterizar escenarios paleoambientales: vegetación, humedad y lámina de agua, así como las características de las masas de agua y, en especial, el desarrollo de condiciones óxicas y anóxicas.

▼▼
Este laboratorio colabora en proyectos punteros a demanda de organismos públicos de investigación, universidades nacionales y extranjeras y la industria.

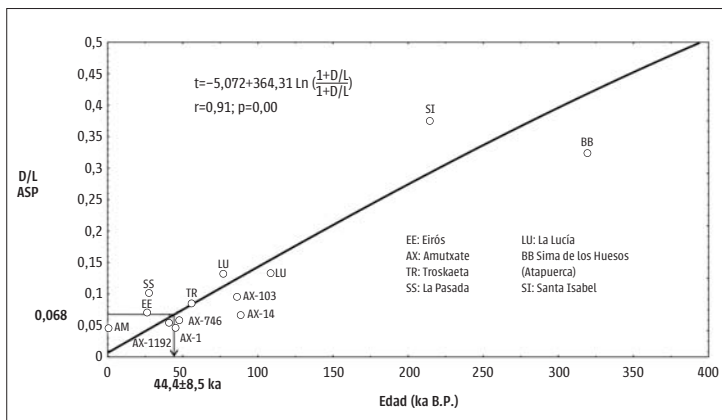
chas de todo tipo de moluscos, y algunos crustáceos (figura 2). Entre estos últimos destacan los diminutos ostrácodos, omnipresentes en todo sedimento de grano fino depositado por aguas continentales o marinas. Los invertebrados fabrican sus conchas segregando proteínas –compuestas por aminoácidos– altamente específicas, con las que modulan su morfología y su reparación en caso de daño no fatal.

Los biomarcadores

De forma similar a lo que hacen los animales, las plantas cons-



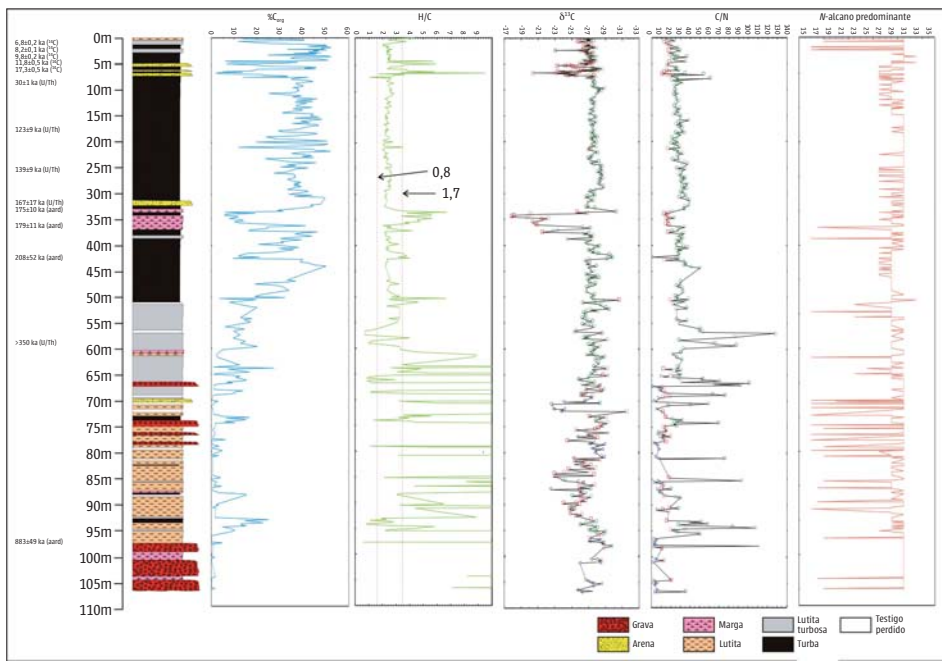
Figura 4: Detalle de las excavaciones en la cueva de El Sidrón y de los restos de *Homo neanderthalensis*, junto con el cálculo de edad a partir de la relación D/L Asp. / LEB



Es evidente que estos párrafos no pretenden demostrar que las actividades y la potencialidad analítica del LEB constituyen una panacea universal para resolver las incertidumbres siempre presentes en la reconstrucción paleoambiental, ya que existen

otros métodos con los que se complementan; hay una enorme panoplia de técnicas de datación, como los sistemas basados en el paleomagnetismo, los radiométricos y el propio análisis paleoambiental, que tiene un buen soporte en la palinología –pólenes fó-

Figura 5: Estratigrafía y cronología del sondeo de la turbera de Padul con los logs de %Corg, H/C, C/N, ¹³C y la cadena de alcano predominante. / LEB



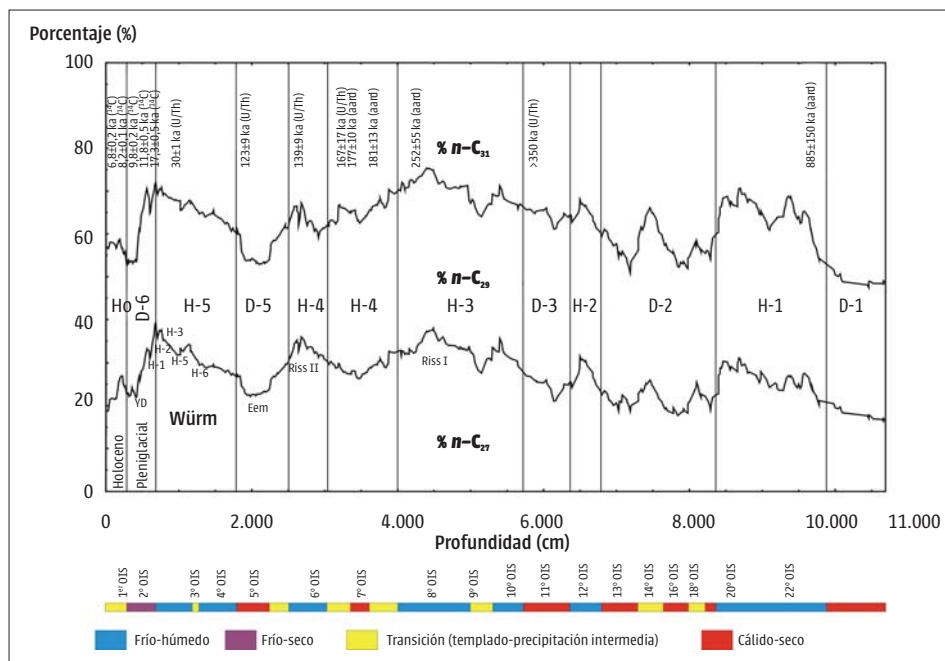
siles– y el análisis de isótopos estables.

No obstante, alrededor de 13.000 dataciones y 10.000 análisis de biomarcadores permiten hablar del éxito de crítica y público del LEB, reflejado en el gran número de instituciones españolas y extranjeras con las que colabora, así como el respetable número de publicaciones que se apoyan en los resultados de este laboratorio –cerca de 45– incluidas en el SCI (Índice de Citas Científicas, en sus siglas en inglés). Por ello, a pesar de que en este tiempo se ha generado un ingente volumen de información, se han elegido dos casos paradigmáticos derivados de cada tipo de análisis –aminoácidos y biomarcadores– que servirán sobradamente de botón de muestra.

Datación por racemización en la cueva de El Sidrón

En el año 1994 se descubrieron restos paleontológicos en la cueva de El Sidrón (figura 4), en la localidad asturiana de Borines. El hallazgo se produjo en circunstancias curiosas, pues inicialmente se pensó que pertenecían a miembros de la guerrilla antifranquista, ya que cerca de la entrada yacían los restos de una joven asesinada por dar apoyo a uno de estos grupos. La Guardia Civil remitió algunos huesos al Instituto Anatómico Forense de Madrid, donde inmediatamente se dieron cuenta de que las características anatómicas eran diferentes respecto a los cromañones, línea evolutiva de la que formamos parte.

Tras ciertas vicisitudes, Javier Fortea, catedrático de Prehistoria de la Universidad de Oviedo, tomó la dirección de las excavaciones. Antes de su



Los biomarcadores de la turbera de Padul

Dentro de una serie de proyectos europeos y de Enresa, se perforó y estudió un sondeo (figura 5) en la turbera de Padul (Granada), una de los lugares paradigmáticos en España y el continente europeo para el análisis de la evolución climática durante el Cuaternario.

La situación topográfica de la turbera –a 700 metros sobre el nivel del mar– hace que la interpretación de su registro de polen sea endemio-niado, ya que en un radio de pocos kilómetros se dan zonas climáticas alpinas, subalpinas, estepa salina, estepa mediterránea e, incluso, tropical, de manera que los sedimentos del lago, de más de 100 metros de espesor, entrapaban una *integral* de pólenes provenientes de biomasa muy diferentes. Los biomarcadores ofrecen la ventaja de tener un origen mucho más local: la cuenca lacustre.

El estudio de los biomarcadores, complementado por el empleo de una amplia gama de métodos de datación –carbono 14, uranio-torio, paleomagnetismo y racemización de aminoácidos– permitió determinar que la historia de la cuenca se prolongó durante un millón de años, además de revelar que el cambio de régimen lacustre a turbera coincidió con la edad de los depósitos travertínicos más antiguos del río Dúrcal en la localidad de Cónchar (Granada), reflejando el cambio de drenaje de norte a oeste.

Finalmente, gracias a la sucesión de biomarcadores se pudo definir la alternancia de fases secas, húmedas e intermedias durante un intervalo de un millón de años (figura 6).

prematura muerte en 2009, Fortea mandó al LEB una amplia serie de muestras de hueso, diente y carbón para datarlos con carbono 14 y AMS (espectrometría de masas, en sus siglas en inglés), que arrojaron unas edades asombrosamente jóvenes de estos neandertales: alrededor de 10.000 años. Los restos de neandertales, paradójicamente, resultan ser más importantes cuanto más recientes son, cuando lo habitual es que interesen los más antiguos. Los de El Sidrón serían, de largo, los últimos neandertales de Europa. Sin embargo, el profesor Fortea también nos envió valiosas piezas para datarlas por racemización del ácido aspártico de la dentina. A la vez, hizo llegar otras muestras al doctor Rainer Grün, de la Universidad Nacional Australiana, con el fin de fecharlas por resonancia de espín electromagnético. Para tranquilidad de todos, ambos métodos dieron edades similares, alrededor de 40.000 años; o sea, correspondían a una población normal, en el

Figura 6: Reconstrucción paleoambiental de la mitad sur de la península Ibérica durante el último millón de años a partir de la interpretación de los biomarcadores en la turbera de Padul (Granada). H: periodo húmedo; D: periodo seco. / LEB

tiempo, de individuos de *Homo neanderthalensis* (figura 4).

Sería poco honesto afirmar que las dataciones por racemización de aminoácidos funcionan correctamente, especialmente en huesos y dientes. Si los restos han sido calentados, quemados o cocinados, el resultado arroja una edad muy avanzada. Es el caso de la cueva de neandertales de El Salt en

Los análisis de biomarcadores descifran aspectos paleoambientales como vegetación, humedad, cualidades de las masas de agua y desarrollo de condiciones óxicas y anóxicas.

Alcoy (Alicante), en la que los testimonios de numerosos hogares explican la diferencia de edades obtenidas por luminiscencia estimulada ópticamente (OSL, por sus siglas en inglés) y por racemización de aminoácidos, con la que salen muy envejecidas. No obstante, todos los métodos de datación tienen sus problemas y resultados fallidos.



Los cambios en el estilo de vida y la dieta están provocando un aumento de la obesidad en América Latina. / OIEA / ELEANOR CODY

Un proyecto del OIEA con técnicas nucleares mide la composición corporal de casi 2.000 niños de Latinoamérica para corregir sus hábitos alimenticios

Isótopos para mejorar la nutrición infantil

► Christine Slater y Eleanor Cody, OIEA

A través de sus programas de cooperación, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) apoya el uso pacífico y seguro de la tecnología nuclear como herramienta impulsora del desarrollo sostenible. De este modo, los países asociados reciben soporte en áreas como alimentación, agricultura, gestión de recursos hidrológicos y salud. En el ámbito sanitario, las técnicas nucleares pueden contribuir eficazmente a combatir la malnutrición infantil, como revela el proyecto que se presenta a continuación, realizado por el OIEA a propuesta de ARCAL (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe).

UNA MALA NUTRICIÓN en la edad infantil tiene importantes consecuencias sobre la salud posterior. Una alimentación insuficiente o inadecuada en bebés y niños puede afectar al desarrollo psíquico, aumentar la vulnerabilidad a determinadas enfermedades y disparar el riesgo de patologías no contagiosas. Se trata, en definitiva, de una preocupación especial para zonas como América Latina, donde los cambios en la dieta y en los estilos de vida han conducido a que un 18% de los niños y adolescentes presenten actualmente sobrepeso u obesidad.

Pero la infancia de este continente también sufre deficiencias de micronutrientes: un 35% padece anemia por falta de hierro, un 15% se enfrenta a carencias de vitamina A y otros, a falta de cinc. Estas la-

gunas alimentarias pueden desembocar en enfermedades crónicas, al margen de dificultar el progreso económico de la región. La falta de hierro expone a la juventud a anemia, fatiga, incapacidad de concentración e, incluso, a trastornos del desarrollo físico y cognitivo. Los daños para la salud causados por la escasez de cinc incluyen mal funcionamiento del sistema inmunitario y retardo del crecimiento y de la madurez sexual, mientras que la deficiencia de vitamina A puede acarrear ceguera y debilitar la función inmunitaria, con el consiguiente incremento del riesgo de padecer enfermedades infecciosas graves.

Muchos países latinoamericanos están poniendo en marcha planes nacionales de intervención para combatir la malnutrición, ya sea por defecto o por exceso. Algunos de estos esfuerzos se centran en el reparto de alimentos enriquecidos, en los desayunos en escuelas y en los programas de educación física, medidas que pretenden reducir la obesidad, las enfermedades crónicas y la incidencia del déficit de micronutrientes. Pero, ¿cómo pueden comprobar los gobiernos que estas acciones tendrán éxito? Sin ir más lejos, algunos de los proyectos de alimentación desarrollados en escuelas parecían tender al aumento de la obesidad infantil. Sin embargo, no se disponía de datos para confirmar o refutar esa relación causa-efecto.

La monitorización de los cambios en la composición corporal parece un medio adecuado para evaluar el éxito de las actuaciones. La composición corporal, expresada generalmente en términos de masa gra-

sa y masa magra, es un indicador del estado nutricional, pero los métodos convencionales para evaluarla –medición de la altura, el peso y los pliegues cutáneos– no resultan suficientemente precisos para realizar es-



En América Latina, un 18% de los niños sufre sobrepeso u obesidad, a la vez que un 35% padece anemia y un 15% tiene niveles bajos de vitamina A.

tudios lineales que aporten información del impacto de los cambios nutricionales, unos datos indispensables que deberían orientar las futuras políticas públicas alimentarias. Para evaluar

se caracteriza por su ausencia de grasas, se constituye de agua en un 77% en el caso de los niños. Si se logra cuantificar toda el agua del cuerpo, se puede calcular la cantidad total de masa magra. Y la diferencia entre el peso corporal y la masa magra equivale a la grasa que acumula nuestro organismo. Pues bien, esta cantidad total de agua corporal se puede medir utilizando técnicas de isótopos estables.

Los isótopos de un elemento químico poseen el mismo número de protones en su núcleo, pero un número distinto de neutrones. Los isótopos están presentes en la naturaleza y pueden ser de dos



Los alumnos de la Escuela Simón Bolívar, en Quito (Ecuador), esperan a recoger el desayuno escolar. / OIEA / ELEANOR CODY

la efectividad de los programas nutricionales, algunos Estados están adoptando técnicas nucleares, en concreto aquellas que emplean isótopos estables.

Deuterio para medir la composición corporal

Como se ha indicado, el cuerpo se compone de masa grasa y masa magra. Esta última, que

clases: estables, que son los más comunes, y radiactivos, que se dan en proporciones naturales muy pequeñas. Además, los isótopos estables no experimentan desintegración radiactiva, por lo que no suponen ningún peligro.

El agua, compuesta de hidrógeno y oxígeno, puede albergar más de un isótopo de

hidrógeno que, a su vez, cuenta con dos isótopos estables. El más habitual tiene una masa igual a 1 -1 protón y ningún neutrón en el núcleo- y constituye más del 99,9% del hidrógeno del agua. El segundo isótopo estable se llama deuterio, cuya masa es 2 -1 protón y 1 neutrón en el núcleo-. El agua potable, por ejemplo, contiene aproximadamente un 0,015% de deuterio; del mismo modo, se puede producir agua con un alto contenido de deuterio, lo que se conoce como óxido de deuterio o agua pesada.

Si una persona bebe un pequeño volumen de agua pesada, esta se mezclará con el volumen de agua total de su cuerpo y provocará una concentración de deuterio ligeramente superior a la normal. Ciertos sistemas de análisis muy precisos nos permiten medir esta diferencia y, mediante una técnica llamada dilución isotópica, podemos calcular el agua corporal total. El enriquecimiento de deuterio se puede medir gracias a un FTIR (espectroscopia infrarroja con transformación de Fourier, por sus siglas en inglés), que es una prueba relativamente económica y adecuada para entornos de recursos limitados. El OIEA, a través de su programa de cooperación técnica, cuenta con la capacidad para utilizar la dilución con deuterio y valorar la composición corporal de los jóvenes en países en desarrollo. Esta técnica proporciona medidas muy precisas y específicas sobre el reparto de nuestro organismo. El objetivo final es que la información obtenida pueda emplearse para poner en marcha y examinar políticas de sa-



lud pública, como los programas escolares dirigidos a fomentar una alimentación saludable y una mayor actividad física.

Estudio en 17 países de América Latina

El proyecto regional de cooperación técnica RLA/6/064 del OIEA, denominado *Uso de técnicas nucleares para hacer frente a la doble carga de la desnutrición en América Latina y el Caribe (2009-2013)*, apoyó los esfuerzos de 17 países de esta zona del mundo para luchar contra la desnutrición, en particular el reto de la obesidad combinado con el déficit de micronutrientes. En este pro-

Técnicos del programa reparten agua con alto contenido en deuterio, clave para luego medir la cantidad de masa grasa de los niños. / OIEA / ELEANOR CODY

grama participaron Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Haití, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela

El proyecto permitió desarrollar la capacidad nacional para emplear la dilución con deuterio y medir la composición corporal en niños de entre 6 y 12 años; reunió a nutricionistas, profesionales sanitarios y responsables políticos de la región, y suministró equipos para laboratorios. En total, se realizaron mediciones a 1.767 niños de 54 escuelas del continente. Después, los resultados se emplearon en 9 trabajos de licenciatura, 13 másteres y 7 tesis doctorales, contribuyendo así a divulgar esta técnica y las conclusiones del proyecto.

Entre los estados que colaboraron en el proyecto regional, varios habían tomado parte en otros planes de cooperación técnica de nutrición y estaban ya bastante avanzados; otros comenzaban ahora su segundo proyecto con el OIEA en esta

Toma de muestras a un niño para analizarlas en el laboratorio y calcular su composición corporal. / OIEA / ELEANOR CODY



materia, y algunos eran completamente noveles en el tema.

“Las mediciones tradicionales de composición corporal no eran las adecuadas para identificar la obesidad. Con la técnica de deuterio, hemos descubierto que la proporción de niños con exceso de grasa corporal en la región brasileña de Espírito Santo es más elevada”, explicó la contraparte del proyecto en Brasil, Valmin Ramos da Silva.

Su homólogo cubano, Manuel Hernández, comentó que “en Cuba descubrimos que el exceso de peso en niños esco-

perimentados, los resultados se emplearon en auditar las medidas nutricionales que ahora están en curso, destinadas a combatir la obesidad infantil.



La dilución con deuterio permite valorar la composición corporal de los jóvenes y evaluar el resultado de las políticas de salud pública.

El estudio mexicano, por su parte, examinó el impacto de su programa de desayunos escolares. “La incidencia del sobrepeso y la obesidad entre es-

vocan riesgos cardiovasculares en los niños. Los ministerios de Salud y Educación de Chile emplearán los resultados de este proyecto para apoyar una evaluación sistemática de la salud infantil”, avanzó Gabriela Salazar, responsable del programa en Chile.

En el marco del proyecto se recogieron, por primera vez, datos sobre composición corporal y factores de riesgo de enfermedades no contagiosas para niños en edad escolar de América Latina y el Caribe, proporcionando así unos niveles de referencia para toda la región. Asimismo, la iniciativa ha servido para crear una red de profesionales y responsables políticos en toda Latinoamérica y el Caribe que puedan prestarse ayuda mutua en campos como la formación, el análisis de muestras y el asesoramiento.

En la actualidad, el OIEA desarrolla en todo el mundo 24 planes nacionales y regionales de cooperación técnica relacionados con la nutrición. Estas iniciativas incluyen proyectos para evaluar las prácticas alimenticias de niños en edad preescolar y escolar; testar el estado nutricional de madres lactantes y de sus hijos; examinar la obesidad y los factores de riesgo asociados a enfermedades no transmisibles en colegiales, y estudiar la relación entre el estado nutricional y la vulnerabilidad a enfermedades infecciosas en bebés y niños pequeños. Asimismo, el OIEA, junto con otros organismos asociados, presta apoyo a más de 50 Estados miembros para mejorar la nutrición y la salud de las mujeres en edad fértil y de sus hijos.



lares estaba menos asociado a un estilo de vida sedentario y más vinculado a una mala nutrición, al peso de la madre en el inicio de la gestación y a la obesidad familiar”.

El proyecto permitió que cada país pudiese recoger y analizar datos para apoyar su nivel actual de capacidad. En algunos casos, las naciones participantes utilizaron estos datos para definir una información base de referencia que sea útil en estudios posteriores, mientras que en otros países, más

El proyecto ha creado una red de profesionales que permite el intercambio de conocimientos y experiencias sobre nutrición infantil en diferentes países de Latinoamérica y el Caribe. / OIEA / ELEANOR CODY

colares del noroeste de México es alta y constituye un riesgo de enfermedades cardiovasculares y de diabetes tipo 2. Gracias a este estudio, pudimos determinar que la dieta habitual y los bajos niveles de actividad física están efectivamente asociados a la presencia de la obesidad y a un perfil lipídico deficiente, y no a los desayunos escolares”, señaló la representante del proyecto en el país azteca, Martha Nydia Ballesteros.

“El sobrepeso, así como un ejercicio físico inadecuado, pro-

*María Teresa Miras,
presidenta de la Comisión de Expertos
para la Reforma del Sistema
Universitario Español*

“No quiero profesores herrumbrosos en la universidad”

MARÍA TERESA MIRAS reconoce que fue “nombrada a dedo” por el ministro de Educación, Cultura y Deporte, José Ignacio Wert, para presidir la Comisión de Expertos que ha redactado la propuesta de reforma de la universidad española. Pero Miras, nacida en O Carballiño (Orense) en 1948, podría haber ganado su plaza en una oposición, al menos por trayectoria. Doctora en Farmacia y especialista en neurociencia, lleva 42 años investigando y 38 dando clase, ahora como catedrática de Bioquímica en la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid. En 2007 se convirtió en la primera mujer que presidía una Real Academia –la de Farmacia– desde el nacimiento de estas instituciones en el siglo XVIII. Su primera petición a Wert fue “no recibir ni un céntimo” por su trabajo. Y para haber sido nombrada a dedo, es muy atípica: “Los miembros de la Comisión éramos espíritus libres que siempre habíamos trabajado en la universidad. Nuestro único interés era la universidad, no hacer algo para el señor ministro. Yo no me callo jamás”. POR *Manuel Ansedo*



—*El informe sobre la reforma universitaria aporta algunos datos demoledores: solo un premio nobel de ciencias para España en toda la historia, frente a los 32 del Trinity College de la Universidad británica de Cambridge; ninguna universidad española entre las 200 primeras del mundo, según el 'ranking' de Shanghái; 401 patentes en 2010 frente a las 811 de un solo profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts... ¿A qué achaca estos indicadores tan desastrosos?*

—En la Europa culta y civilizada, y también en Estados Unidos, te encuentras en general con que la ciencia no es una discontinuidad. Es algo normal, que forma parte de la vida cotidiana, porque saben que da unos resultados de los que se va a beneficiar todo el país. Nunca se sabe dónde puede estar la patente o el descubrimiento que al final va a ser esencial, y por eso se respeta absolutamente el conocimiento. En España, sin embargo, no se da esa continuidad en la financiación y en las ideas. Todo parece *interruptus*. De repente parece que todo entra, pero, en un momento dado, todo va para abajo de golpe. España se había asimilado muy bien a Europa en estos últimos años. ¿Qué ha pasado? Que ha venido la penuria; y en la penuria lo primero que cae es lo que se considera superfluo. ¿Y qué se considera superfluo? La investigación.

—*Últimamente se ha hablado en la prensa de la científica despedida en el ERE del Centro de Investigación Príncipe Felipe de Valencia, que se fue a EE.UU. y allí ha participado en el estudio de la clonación humana. También se ha comentado el caso del*

treintañero que, el mismo día en que ganaba el premio al mejor físico experimental joven del año, era rechazado en un programa de recuperación de cerebros en España. En cambio, según publicaron varios periódicos, 68 asesores de Mariano Rajoy no tienen ni el graduado escolar. ¿Qué se le dice a un chaval de 17 años que no sabe si estudiar y ve todo esto?

—Lo primero que hay que decirle es que esta situación tiene que ser, por narices, extraordinariamente transitoria. Espero que, con el entendimiento que parece que se empieza a esbozar entre PP y PSOE, la cosa empiece a cambiar. A mí los que realmente me preocupan son los jóvenes, y me preocupan porque la innovación surge de los cerebros jóvenes. Si los cortamos de raíz, estamos cortando la evolución lógica en el pensamiento, en la ciencia, en la adaptación industrial... ¡En todo! Y, desgraciadamente, estamos enviando a mucha gente fuera. Les estamos diciendo: “Miren, váyanse, porque aquí no hay sitio para ustedes”. ¿Pero cómo puede decir eso un país? ¡Y además a sus jóvenes mejor formados!

—En el informe señalan que el 57,6% del personal docente y de investigación ni investiga ni hace nada que se le parezca. Parece una barbaridad...

—Es excesivo. El sistema no ha motivado a estos profesores y los ha seleccionado mal, sin currículum científico de ninguna clase. También está el currículum docente, pero ¿qué valor tiene el que se hayan organizado cursos como si fueran cursillos de cristiandad a los que vas y te dan un escapulario? Eso no puede ser. Lo que habrá que valorar de un pro-



Reunión de la Comisión de Expertos para la Reforma del Sistema Universitario Español. María Teresa Miras aparece a la derecha, en el centro. / MECID

fesor es lo que haya aportado a las asignaturas que ha impartido, algo personal y original, y no un montón de hojarasca. Ese 57,6% es trágico para la universidad española.

—Si no investiga nunca, ¿qué hace un profesor durante su jornada?

—No lo sé, pero me lo imagino. Tienen tiempo para todo, sobre todo para la maledicencia.

—¿Qué respondía el ministro Wert cuando usted le decía estas cosas?

—Creo que Wert es una persona muy inteligente y ve las cosas. El problema es que pueda solucionar todo lo que tiene encima.

—El número de estudiantes de la rama de ciencias ha caído casi un 30% en el decenio 2001-2011. ¿Cómo se arregla este desinterés?

—Es absolutamente demolidor, porque además nos hemos llevado a muchos estudiantes a materias que no tienen empleo, que presentan un excedente impresionante y que, por si fuera poco, se imparten en todas las nuevas universidades. Una universidad nueva empieza ofreciendo las titulaciones que menos profesorado formado re-

quieran, y lo más escaso es la ciencia, lo que puede dar un valor añadido. Las futuras empresas se harán a base de ciencia. Por eso creo que está muy bien el objetivo de Wert de hacer hincapié en matemáticas, física, lenguaje... Hay otros aspectos en los que no coincido con él, pero en ese sí.

—¿Qué opina de las universidades privadas?

—Yo quisiera que se les obligara a cumplir unos mínimos, o más bien unos máximos, porque si no proliferarán universidades que darán títulos con igualdad de derechos, pero



“A los jóvenes les estamos diciendo: aquí no hay sitio para ustedes”.

sin igualdad de calidad. Hay que tenerlas controladas.

—¿Cree que en España se compran títulos universitarios?

—Quiero pensar que no. Hay algunas universidades privadas muy buenas desde hace mucho tiempo, pero luego están todas las nuevas, con las que hay que ser extraordinariamente rigurosos. No puede ser que se añadan titulaciones en los que la gente entra sal-

“En la universidad española puedes no trabajar y estar como un gran señor”

María Teresa Miras lleva 38 años ejerciendo de profesora, pero no olvida su etapa de alumna de Farmacia en las universidades de Santiago de Compostela y la Complutense de Madrid. “Recuerdo cuando criticaba a mis antiguos profesores, porque daba la sensación de que se habían cansado. Ahora me doy cuenta de que a los profesores de universidad que de verdad tienen vocación se la acaban quitando”, lamenta. Miras tiene 127 alumnos en clase, pese a que el Proceso de Bolonia buscaba reducir el número de estudiantes por aula para favorecer una atención más personalizada. A su juicio, los culpables de esta desidia son la burocracia y el propio sistema: “No hay alicientes ni incentivos para los que trabajan. En la universidad puedes no trabajar nada y estar igual, como un gran señor”. En su laboratorio, los investigadores tienen que pelear para conseguir material básico como agua destilada y hielo. “No hay becas y los proyectos son cada vez más miserables y más rácanos, así que estamos limitados a una estricta supervivencia”, denuncia. ◀

tándose todos los criterios de selección. Hoy en día, en la universidad pública es muy difícil entrar en carreras como Veterinaria o Medicina, y hay muchachos que hacen un gran esfuerzo y muchos sacrificios para conseguirlo. Saltarse a la torera estos criterios de selección no me gusta en absoluto.

—Desde el ministerio se aseguró en 2012 que la subida de tasas universitarias —hasta 540 euros más por la primera matrícula, según algunos cálculos— no genera desigualdad social. ¿Usted qué cree?

—La subida de la primera matrícula era aproximadamente de un 20%. Las matrículas no se actualizaron en toda la época de bonanza, que era cuando tenía que haberse hecho; era tanta la bonanza que no se prestó atención al hecho de que la situación no se podía mantener. A mí la subida de las tasas de las primeras matrículas es lo

que más me duele, porque hay gente que ha sido muy competitiva para poder entrar y si no consigue beca —y las becas se han reducido y eso me preocupa todavía más— dificultamos que esa gente valiosa entre en la universidad en carreras que son muy necesarias para el desarrollo de la sociedad y que tienen poca demanda. Me preocupa y me molesta. Hay carreras en todos los sitios cuya necesidad no está en relación con el número de licenciados que producimos, y tampoco van a beneficiar a una sociedad que, desde luego, no les va a dar empleo. Además, la propia carrera tampoco les va a aportar un valor añadido como personas. Por otro lado, lo que no puede ser es que tengamos alumnos que están en sexta convocatoria de asignaturas de primero. Eso no es racional.

—Entonces, usted está de acuerdo con que se castigue a los que no estudian y se premie a los que estudian.

—Castigar no es la palabra, pero llamarlos al orden, sí. Lo que no puede ser es que un señor repita y repita, sin que eso



“No entiendo la docencia sin un fuerte respaldo de la investigación”.

tenga una consecuencia, mientras está jugando a las cartas en la cafetería y tomando un caajillo. Otra cosa distinta es que tenga que trabajar. Entonces, en lugar de obligarle a que se matricule de todo primero, que se matricule de la mitad, porque no puede hacer frente a todas las asignaturas. Y lo mismo digo para una joven que tenga hijos. Para mí, eso es sagrado. Estamos maltratando a mujeres

de gran valía por el mero hecho de que tienen hijos.

—En 2002, en una entrevista concedida al diario ‘El País’, usted afirmó que “es muchísimo más difícil hacer ciencia siendo mujer”. ¿Lo sigue siendo?

—Creo que todavía más, porque las mujeres ven esto como una locura.

—¿Y se debe solo a la maternidad o también a un problema de machismo?

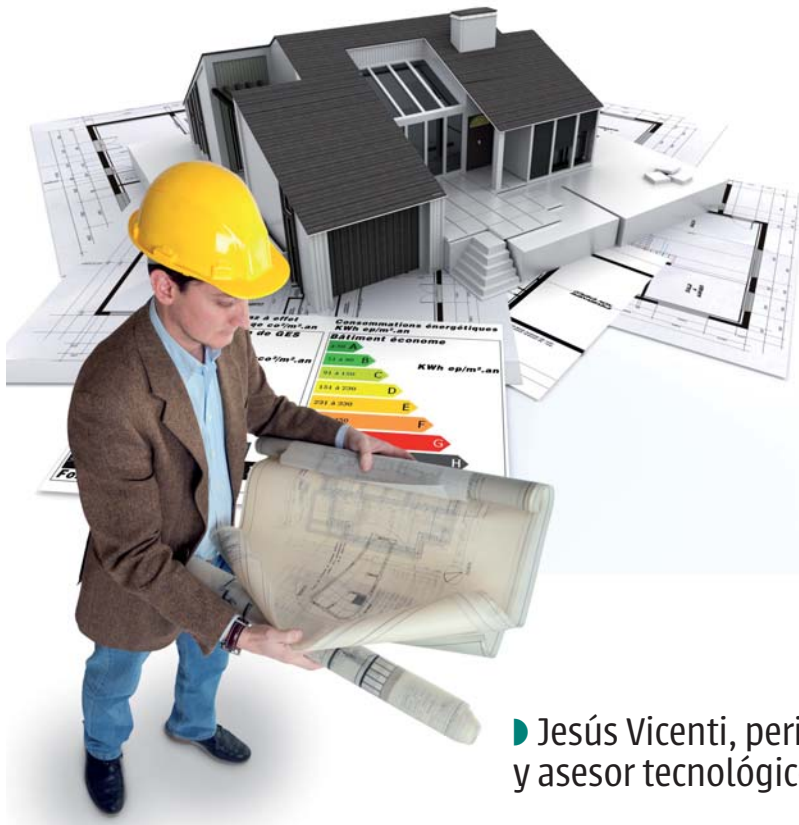
—Los chicos, por definición, gritan más. Rápidamente alzan la voz. Las mujeres somos más reflexivas y creo que, a veces, ese aspecto reflexivo se interpreta como una carencia de opinión y de liderazgo. Estamos seleccionando supuestos líderes que son los más agresivos, pero no los más reflexivos. En ciencia tiene que primar la reflexión, y no digo que sea una exclusiva femenina.

—Para terminar, ¿cómo le gustaría que fuera la universidad española del futuro?

—Lo primero de todo, una universidad de igualdad de oportunidades, donde las diferencias las genere la capacidad de la persona, no sus medios económicos. Una universidad que forme para los retos de la sociedad del presente y que dé la visión del futuro. Por lo tanto, no quiero profesores herrumbrosos, sino una universidad que dé valor a la creatividad. Para eso hace falta estimular la creatividad de los profesores y de los alumnos. No entiendo la docencia sin un fuerte respaldo de la investigación; si no es así, ni conoceremos el presente, ni entenderemos el futuro, ni seremos capaces de transmitir las posibilidades que tiene una universidad para una sociedad que está en continuo progreso. No podemos perder ese tren. ◀

Los certificados energéticos, obligatorios por ley desde junio para ventas y alquileres

El mercado inmobiliario se pone 'verde'



► Jesús Vicenti, periodista y asesor tecnológico

Desde el 1 de junio, cualquier operación de venta o alquiler de viviendas, locales comerciales u oficinas deberá aportar un certificado energético emitido por un profesional acreditado que, además, tendrá que ser entregado al comprador o arrendatario. Así lo establece el Real Decreto 235/2013, que se ha marcado como objetivo final que todos los inmuebles construidos a partir de 2021 presenten un consumo de energía casi nulo, fecha que se adelanta a 2018 cuando se trate de edificios públicos. España, de este modo, cumple la normativa verde impuesta por la Unión Europea. Nuestras casas, al igual que nuestros frigoríficos y hornos, serán etiquetadas de la A a la G.

DAR LA ESPALDA a esta norma, que no ha hecho sino transponer al ordenamiento jurídico español las directivas comunitarias 2002/91 y 2010/31, implicará multas que pueden alcanzar los 6.000 euros. Incluso anunciar inmuebles en venta o en alquiler sin identificar claramente cuál es su categoría energética también será objeto de sanción, en este último caso de 300 a 600 euros como infracción leve.

¿Y a qué expertos habrá que recurrir para obtener este certificado? Pues, en principio, solo los arquitectos, aparejadores –arquitectos técnicos–, ingenieros e ingenieros técnicos están facultados para emitir el documento. Los servicios de estos profesionales se podrán requerir directamente o a través de las empresas que ya han empezado a trabajar con este fin.

De la A de ahorro a la G de gasto

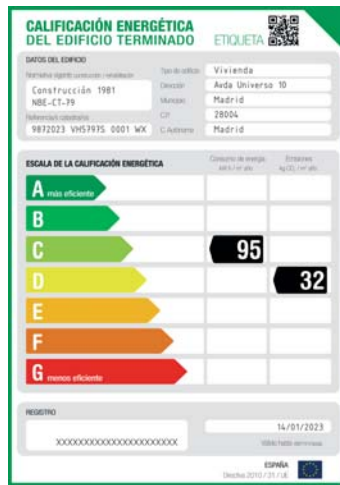
El experto en cuestión se limitará a rellenar un prolijo cuestionario tipo, facilitado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y descargable desde los programas informáticos CE3 y CE3X. Para ello, y utilizando los instrumentos adecuados, habrá medido previamente una serie de factores críticos rela-

cionados con el consumo de energía y las emisiones de CO₂ del inmueble; los materiales de la fachada y su orientación; la envolvente de la vivienda; la calidad de las ventanas y persianas; el tipo de calefacción y combustible, la clase de electrodomésticos, etc. En realidad, se expedirán dos calificaciones: una para identificar el consumo de energía primaria y otra para las emisiones de dióxido de carbono. Y ambas van desde la A de ahorro –máxima puntuación– hasta la G de gasto –valor más bajo–.

Los certificados tendrán una validez de diez años a partir del momento en que se registren en las delegaciones correspondientes de las comunidades autónomas, a las que el Estado ha delegado estas competencias, así como las de control e inspección. Es entonces cuando el dictamen del experto adquiere su valor oficial de certificado, de acuerdo con lo previsto en el decreto regulador.

Comprar o alquilar un inmueble calificado con etiquetas A o B seguramente llevará a pensar al nuevo propietario o inquilino que incurrirá en unos menores costes de gasto de energía, mientras que vivir en uno catalogado con F o G resultará, en teoría, menos rentable para su bolsillo. En consecuencia, es muy posible que tener una baja calificación penalice el precio del inmueble, mientras que una buena nota redunde en un importe ligeramente más elevado. En definitiva, y al margen de las multas que haya que pagar por los incumplimientos de la norma, será un mal negocio no disponer cuanto antes del certificado energético, sobre todo si queremos abrirnos camino en el

La etiqueta recoge los principales datos energéticos de cada inmueble. / MINETUR



saturadísimo mercado inmobiliario español, en el que sobra mucha oferta y se mantiene deprimida la demanda.



Una escala decreciente de la A a la G puntuará el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ de cada inmueble.

Los sistemas que regulan automáticamente la temperatura son una buena opción para ganar en eficiencia energética. / SCHNEIDER ELECTRIC

En este cuestionario de eficiencia, el auditor que visite nuestro hogar o local no solo emitirá un dictamen, sino que podrá recomendar la sustitución

de calderas, el reforzamiento de ventanas y puertas o sugerir otras reparaciones que contribuyan al ahorro de energía; recomendaciones que, por supuesto, solo tienen esa consideración, por lo que no implican obligatoriedad alguna para el propietario. Bien es cierto que seguir estos consejos repercutirá en una mejor etiqueta y, tal vez, en un precio más alto, por lo que el gasto puede convertirse en una buena inversión.

Un mercado millonario

La normativa que ahora se hace extensiva a todo tipo de viviendas y locales ya era de aplicación para los edificios construidos a partir de enero de 2007, pero quedaban fuera aproximadamente un millón y medio de inmuebles. Según los cálculos del sector, estamos hablando de un nuevo mercado que movería nada menos que varios miles de millones de euros. Además, daría empleo al deprimido mundo de la construcción, cuyos profesionales y téc-



Dictamen y recomendaciones

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), gestiona el proceso básico de certificación energética de edificios. Este organismo también pone a disposición de técnicos y expertos toda la documentación necesaria para la realización del dictamen y de las recomendaciones finales destinadas a la mejora de la eficiencia. Todo ello está disponible en la página web del ministerio www.minetur.gov.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Paginas/documentosInformativos.aspx.

La documentación estándar se divide en cuatro anexos, que han de ser cumplimentados por el experto autorizado para su posterior presentación en el registro que habilite cada comunidad autónoma:

— El anexo I se ocupa de las características energéticas del edificio, con datos de su superficie y situación, envolvente térmica —suelos, paredes, techos, huecos y lucernarios— e instalaciones térmicas de calefacción, refrigeración y agua caliente.

nicos, en buena parte, se encuentran actualmente en paro. Los expertos del IDAE estiman que, como consecuencia de la certificación, al menos un 10% de los propietarios atenderá las recomendaciones expresadas en los certificados, lo que significará que unos 150.000 inmuebles pasarán a ser más eficientes energéticamente y ahorrarán —siempre según las previsiones oficiales— en torno a las 32.000 toneladas equivalentes de petróleo cada año.

El precio del certificado variará en función de la dimensión de la finca examinada, aunque, por ejemplo, en el caso de un piso de 100 metros cuadrados, se estima que acabará acercándose a los 200 euros a medida que la creciente competencia vaya afinando las tarifas. Las viviendas unifamiliares serán algo más caras, dependiendo de la extensión a medir, pero no es de esperar que rebasen los 300 o 400 euros. A día de hoy, aún se pueden ver en Internet precios

muy desiguales que, en el caso de los pisos, oscilan entre los 150 y los 500 euros, una diversidad que, a buen seguro, el propio mercado irá estandarizando; así al menos lo creen las empresas que ya han empezado a ofrecer este servicio y que esperan hacerse hueco en un negocio tan prometedor que, en realidad, es doble: por un lado, el de la certificación, y por otro, el de las reparaciones y rehabilitaciones derivadas de las recomendaciones del certificador.

En cualquier caso, las tarifas que se manejan en España son bastante más asequibles que las que imperan en otros países, sobre todo en los centroeuropeos y nórdicos, donde los precios se disparan hasta los 500 euros de Alemania, los 900 de Dinamarca o los 1.500 del Reino Unido, pionero, por cierto, en la exigencia de certificados energéticos, cuestión que viene regulando desde 1995.

— El anexo II introduce directamente la calificación de demanda energética de calefacción y refrigeración, así como de consumo de energía primaria y emisiones de CO₂.

— El anexo III, muy importante y que puede poner en marcha un futuro mercado muy activo, se ocupa de las recomendaciones para incrementar la eficiencia energética en una triple vertiente: emisiones de CO₂, demanda de calefacción y demanda de refrigeración.

— Finalmente, el anexo IV describe las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación.



El examen y las recomendaciones del certificador quedan reflejados en formularios como los que aparecen en la imagen. / MINETUR

Transposición de directivas comunitarias

La directiva europea original sobre esta materia data del año 2002, momento en el que se desató una auténtica *marea verde* en el sector inmobiliario. La mayoría de los Estados miembros la incorporaron a su



Según Industria, cada año se ahorrarán 32.000 toneladas equivalentes de petróleo con la entrada en vigor de la nueva certificación.

ordenamiento jurídico, incluida España, que la empezó a aplicar en 2007 para los edificios de nueva construcción, obligados desde entonces a



aportar el certificado energético. Ahora, el Real Decreto 235/2013, publicado en el BOE el pasado 13 de abril, ha venido a transponer la nueva directiva refundida 2010/31/UE, aprobada en Bruselas hace tres años. El resultado es que todos los propietarios de inmuebles deben hacerse con el certificado, cualquiera que sea

Los certificadores pueden sugerir medidas de ahorro como la instalación de placas solares. / SHUTTERSTOCK / 123RF

la fecha de construcción. El plazo para obtenerlo de manera voluntaria finalizó el pasado 1 de junio, siendo obligatorio desde ese momento.



El certificado energético emana de directivas europeas que ya han adoptado la mayoría de los países.

Solo quedan fuera de esta exigencia legal los edificios histórico-artísticos, los lugares de culto religioso, los talleres industriales o agrícolas, los edificios con una superficie inferior a 50 metros cuadrados y las viviendas que se ocupen menos de cuatro meses al año, típico caso de los apartamentos de playa. Para dar ejemplo, las Administraciones también tendrán que conseguir y exhibir la clasificación energética de sus recintos, siempre y cuando estos sean frecuentados por el público y ocupen más de 500 metros cuadrados, cifra que se rebajará a 250 a partir de julio de 2015. Y como ejemplo, el complejo de la plaza de Cuzco en Madrid, que alberga tres ministerios –Industria, Energía y Turismo; Economía y Competitividad, y Hacienda y Administraciones Públicas–, ya ha pasado este examen con una calificación C en consumo de energía primaria y otra C en emisiones de CO₂.



Los edificios de culto están exentos del certificado energético. En la imagen, la catedral de Palma de Mallorca. / 123RF



La curva de la columna confirma la escoliosis del rey inglés Ricardo III, último monarca de la casa de York. / UNIVERSITY OF LEICESTER

Los avances científicos abren nuevos frentes en la investigación multidisciplinar de enigmas históricos

Autopsia a la historia

▀ Arantza Prádanos

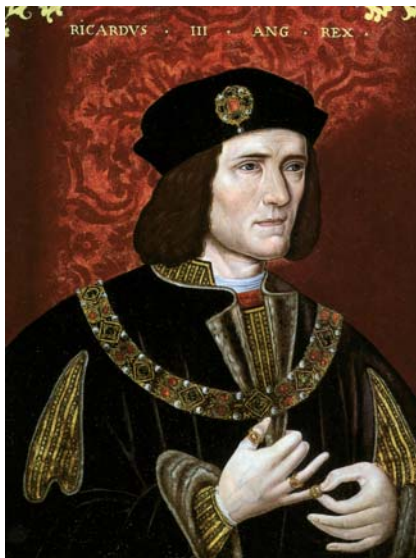
El pasado ya no es lo que era. Los tiempos pretéritos se agitan y ven la luz episodios que se creían sepultados bajo el peso de los siglos... o bajo un moderno aparcamiento de hormigón. Ricardo III, Ramsés III, Salvador Allende, Juan Prim y muchos otros han salido últimamente de su sueño eterno, convocados por las ciencias forenses y las más modernas tecnologías aplicadas a la identificación humana. Gracias a este diálogo de última generación se rellenan espacios en blanco de las enciclopedias y, a veces, se logra incluso justicia póstuma. La historia también se escribe –o reescribe– en laboratorios y mesas de autopsia.

HACE TAN SOLO unos meses, en abril, la Justicia chilena ordenó reabrir la sepultura de Pablo Neruda en Isla Negra para determinar si le mató el cáncer que padecía o, por el contrario, los golpistas de Pinochet aceleraron su final unos días después del asalto al Palacio de la Moneda, en 1973. Un equipo internacional, con amplia presencia española, busca desde entonces respuestas en los restos óseos del poeta: ¿fue envenenado? La misma pregunta tratan de contestar los especialistas rusos que analizan desde noviembre el cadáver de Yasir Arafat; ocho años después de morir, se buscan rastros del envenenamiento que denuncia la viuda del líder palestino.

Abundan los capítulos de la historia oficial que se han visto sacudidos por esta ebullición en los laboratorios, así que el interrogante surge solo: ¿coincide

cidencia casual o nuevos aires en el campo de la antropología forense? “Yo creo que cada vez va a haber más casos de este tipo, porque hace unos años resultaba bastante más difícil plantearse lo que se ha dado en llamar *autopsia histórica*, una reflexión con nuevos análisis forenses que hoy ya son posibles y antes no”, señala Francisco Etxeberria. Este profesor de Medicina Legal y Forense de la Universidad del País Vasco es el antropólogo que identificó los restos quemados de los niños de Córdoba Ruth y José, asesinados presuntamente por su padre, José Bretón. También ha sido llamado a las exhumaciones en Chile de Víctor Jara, Salvador Allende y Neruda. Etxeberria destaca que “el ámbito forense se ha beneficiado en los ultimísimos años de la incorporación de tecnologías que ya estaban inventadas para otras aplicaciones. Hoy, en una pericia médica, intervienen profesionales de numerosas disciplinas, como bioquímicos, genetistas, patólogos, toxicólogos, antropólogos y odontólogos, lo cual da a estos trabajos conjuntos un gran peso específico”.

En la exhumación de Neruda, expertos en estos campos y de varias nacionalidades trabajan acompasados sobre una osamenta “en bastante buen estado a pesar de su proximidad al océano”, desvela Guillermo Repetto, profesor de Toxicología de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, también reclamado para este caso junto a Etxeberria y Aurelio Luna, catedrático de Medicina Legal de la Universidad de Murcia. Sin embargo, el tiempo transcurrido y los procesos de degradación y biotransformación de los restos



La muestra de ADN de Michael Ibsen (derecha), descendiente de la hermana de Ricardo III, casó con la del esqueleto del rey. / UNIVERSITY OF LEICESTER



óseos complican la interpretación de los resultados. Salvo en el supuesto de hallar “alguna sustancia extraña, no habitual ni en la medicación que tomaba Neruda ni en los alre-

de esa confluencia de nuevos métodos, avances tecnológicos y equipos multidisciplinares. A la peripecia arqueológica de levantar un aparcamiento en el corazón de Leicester (Reino Unido) y hallar los restos de una iglesia y del sepulcro, se suma un vasto despliegue de ciencia experimental para confirmar la identidad del último monarca de la casa de York. Su maltrecho esqueleto pasó por las manos de una veintena larga de especialistas. Fue datado con radio-carbono, que permite fijar la fecha orientativa del entierro y, como información extra, reveló



Francisco Etxeberria: “El ámbito forense se ha beneficiado en los ultimísimos años de tecnologías que ya estaban inventadas para otras aplicaciones”.

Francisco Etxeberria, profesor de Medicina Legal y Forense de la Universidad del País Vasco. / UPV/EHU

dedores”, la tesis del envenenamiento se diluiría.

El de Ricardo III de Inglaterra es un ejemplo afortunado



una dieta alta en proteínas, solo al alcance de los poderosos en el Medioevo. Analizados los huesos, los antropólogos forenses concretaron su pertenencia a un hombre de complexión delicada, con acusada escoliosis y fallecido en la treintena –tenía 32 años– por lo que a todas luces parecen heridas de guerra en la zona posterior del cráneo.

Gracias a la tomografía computerizada (TC), una de las más valiosas técnicas diagnósticas de imagen mediante rayos X, los expertos en osteoarqueología humana, patólogos y hasta ingenieros de ma-

teriales caracterizaron esas lesiones mortales en el cráneo, achacables –sostienen– a un golpe de espada o de alabarda. Y la reconstrucción en 3D de la pelvis indica que, probablemente, al cadáver se le infligieron heridas humillantes post mórtem en el glúteo derecho “con arma filosa”.

El resultado de este trabajo coral es el publicado el pasado mes de febrero: con el máximo grado de certeza científica posible a día de hoy, el esqueleto de la iglesia de Greyfriars (Leicester) es el de Ricardo III, muerto en la batalla de Bos-

worth hace más de cinco siglos. Las crónicas de su reinado y la literatura –Shakespeare le re-



José Antonio Lorente: “Ahora hay técnicas de análisis de ADN más potentes, de datación de materiales antiguos, de estudios por imagen como escáneres, recomposición, microscopías de diverso tipo, etcétera”.

trató contrahecho y cruel– hacen el resto, aunque no estén escritas en sus huesos.

Siempre el ADN

En un trabajo así, en el que unas evidencias sujetan a otras dando solidez al veredicto final, el ADN no podía quedar fuera. Los genetistas extrajeron de los restos hallados en Leicester el ADN mitocondrial –hereditario por vía materna–, que acabó casando con el de dos descendientes actuales de la hermana de rey, Ana de York.

El rastreo cada vez más preciso de material genético, por insignificante que sea la muestra disponible, es una de las razones –no la única– del salto adelante experimentado por las ciencias forenses en los úl-

Las señales de estrangulamiento descubiertas en el cuerpo embalsamado de Prim han aclarado, 142 años después, la causa definitiva de su muerte. / IOANNIS KOUTSOURAIS



Prim, magnicidio en dos actos

España también ha tenido su ración de revisión histórica. La momia de Juan Prim i Prats, sacada de su descanso eterno en septiembre por la comisión homónima del Departamento de Criminología de la Universidad Camilo José Cela, ha hablado a los expertos para añadir un nuevo capítulo a la crónica de sus últimas horas. Oficialmente, el general, presidente del Consejo de Ministros, había muerto en un atentado en las inmediaciones del Congreso de los Diputados en diciembre de 1870. Pero el análisis forense de sus restos desveló que el de Prim fue un

magnicidio en dos actos. El primero, la emboscada por un grupo de sicarios armados con trabucos, el 27 de diciembre, de la que salió herido grave pero no terminal.

Hasta ahí lo sabido. La novedad son los “surcos y marcas” en el cuello, ignoradas hasta ahora y “compatibles con una posible estrangulación a lazo”. Temerosos de su probada capacidad de supervivencia, los conspiradores le remataron *a mano* en las horas posteriores al primer asalto. Según las evidencias criminalísticas recabadas, es poco probable que Prim siguiera vivo tres días después, el 30 de diciembre, fecha en la que el Gobierno hizo oficial el deceso, a la espera de que el clima de tensión se relajara. Una vez más, las ciencias forenses actúan contra la mistificación de la historia.



Tomografía de la momia de Ramsés III para comprobar el corte en el cuello. / ALBERT ZINK

timos años. Si en los noventa se generalizó la búsqueda de ADN en restos biológicos para identificación, filiación y procesos judiciales, “esta última década ha sido la del perfeccionamiento de técnicas anteriores; ahora hay métodos de análisis de ADN más potentes, de datación de materiales antiguos, de estudios por imagen como escáneres, recomposición, microscopías de diverso tipo, etcétera”, subraya José Antonio Lorente, catedrático de Medicina Legal de la Universidad de Granada, en cuyo historial brillan casos de identificación genética como el de Blanca de Navarra y el del Príncipe de Viana, entre muchos otros.

“El ADN podía estar preservado mal o bien, pero la técnica para sacarlo y poderlo analizar era dificultosa. Hoy es factible extraer ADN de una muestra que hace cuatro años cualquier técnico de laboratorio hubiese descartado de inmediato”, conviene Etxeberria. Sin ir más lejos, la extracción de muestras con disolventes “de líquido a líquido”, mil veces vista en series de televisión,

Momias y cía.

Algo tienen las momias de todo tipo o condición, naturales o inducidas, que anima cualquier crónica periodística. En la nómina de difuntos ilustres revisitados por la ciencia, Ramsés III, el último gran soberano del Imperio Nuevo de Egipto, ha proporcionado titulares a la altura de su gloria. El faraón, cuya momia se dice que inspiró la terrorífica caracterización de Boris Karloff en el cine, fue degollado en una conspiración palaciega hace más de 3.000 años. Lo dictaminó hace unos meses una tomografía computerizada (TC) en un proceso liderado por Albert Zink, director del Instituto de Momias y del Hombre de Hielo de Bolzano (Italia). Esta moderna prueba fue capaz de sacar a la luz el tajo oculto bajo capas de lino que no habían detectado las radiografías convencionales. Es otra muestra de lo que los adelantos tecnológicos, ligados a menudo al diagnóstico médico, son capaces de hacer con los restos fragilísimos de las momias.

Hasta bien entrado el siglo XIX, las momias se compraban, vendían y traficaban como *souvenir* y se desvendaban en espectáculos casi circenses. El descubrimiento fortuito de los rayos X en 1895 por el alemán Wilhelm Conrad Röntgen marcó, hasta cierto punto, un antes y un después: “Incluso cuando eran radiografiadas, no fueron pocas la momias desvendadas después, como le sucedió a la de Tutankamón”, relata el egiptólogo José Miguel Parra en su libro *Momias. La derrota de la muerte en el antiguo Egipto* (Crítica, 2010). Hoy en día, un TC o TAC (tomografía axial computarizada) ofrece resultados espectaculares sin ningún daño para los cuerpos estudiados, aunque también tiene sus límites: la técnica digital es muy útil, “pero todavía no es capaz de realizar análisis químicos o biológicos”, recuerda este experto... De momento, claro.



El profesor Albert Zink explica los descubrimientos realizados en torno a la momia de Ramsés III. / EURAC RESEARCH

hoy va dando paso a otros procedimientos “en fase sólida”. “Simplifica el proceso y da más pureza”, asegura Repetto.

La autenticación de la ca-

beza de Enrique IV de Francia (1553-1610) a comienzos de este año ilustra bien esta evolución. La testa del fundador de la dinastía Borbón, desapa-



Expertos del JPAC analizan un avión derribado en Micronesia durante la Segunda Guerra Mundial. / U.S. MARINE CORPS SGT. KARA L. COONROD

De Hawái al mundo

Casi setenta años después del fin de la II Guerra Mundial, Estados Unidos sigue buscando a sus soldados desaparecidos, igual que hace desde entonces con los perdidos en Vietnam y en cualquier otro conflicto bélico, incluso en misiones durante la Guerra Fría. Para recuperar sus restos, identificarlos y devolverlos a sus familias, en 1945 nació el Laboratorio Central de Identificación de Hawái (CILHI, en sus siglas en inglés), reconvertido desde 2003 en el Mando conjunto de búsqueda de prisioneros de guerra y desaparecidos en combate (JPAC, por sus siglas en inglés). El objetivo irrenunciable de devolver lo que quede de ellos a las familias ha convertido a los equipos de antropología forense del JPAC en “los mejores del mundo”, asegura Francisco Etxebarria, profesor de Medicina Legal y Forense de la Universidad del País Vasco y experto de prestigio internacional.

Este centro norteamericano investiga en archivos y sobre el terreno y, una vez localizados los restos humanos, se exhuman con todos los protocolos científicos y forenses para proceder a su identificación. El JPAC ha mandado misiones a Australia, China, Europa, Papúa Nueva Guinea o Rusia; ha rescatado cadáveres congelados de pilotos estrellados en el Tíbet durante la II Guerra Mundial, así como los de los tripulantes de un B-24 accidentado en los bosques tropicales de Nicaragua en los años cuarenta. Incluso en 1996 suscribió acuerdos con el régimen comunista de Corea del Norte para repatriar los cuerpos de militares estadounidenses muertos en la guerra de Corea, acaecida entre 1950 y 1953.

recida durante la Revolución Francesa, se recuperó en 2008 y se identificó en precario en 2010, pero solo ahora se ha podido rescatar su material genético e ir un paso más allá. Un equipo hispanofrancés analizó el ADN de la reliquia y certificó su autenticidad al compararla con una muestra de sangre de su descendiente Luis XVI, guillotinado en 1793. Un raro cromosoma Y –transmitido de padres a hijos varones– confirmó ambas identidades y la línea genealógica de la monarquía borbónica francesa.

Sangre en las venas

La sangre y las nuevas tecnologías también han deparado recientes alegrías en torno a Ötzi, el Hombre de Hielo hallado en 1991 entre Italia y Austria. Creíamos saberlo casi todo sobre esta momia del Calcolítico –Edad de Cobre–, como su muerte de un flechazo a los 45 años aproximadamente, su última comida a base de carne de venado o la enfermedad de Lyme que padecía. Sin embargo, nuevos análisis con nanotecnología avanzada revelaron hace un año lo nunca visto: sus glóbulos rojos, los más antiguos que se han recuperado nunca, con 5.300 años de historia. Anteriores exámenes habían resultado negativos y los investigadores creían que la momia estaba desangrada.

Gracias a un microscopio de fuerza atómica, se obtuvieron calcos tridimensionales de las muestras de la herida de flecha en el hombro y de lo que parecían hematíes; y, efectivamente, eran glóbulos rojos, con su característica redondez. Una espectroscopia Raman posterior –por medio de pa-



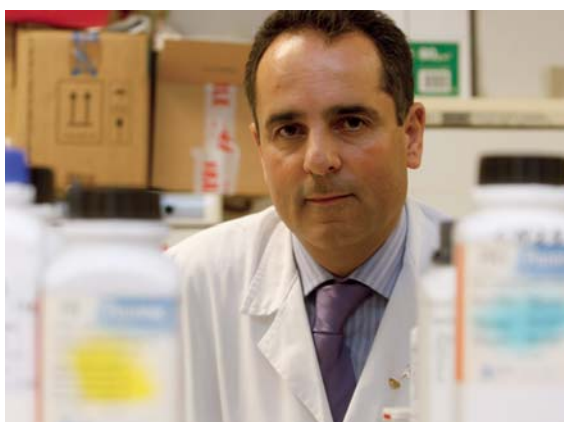
La ciencia ha permitido reconstruir la fisonomía de Ötzi, el Hombre de Hielo. Las últimas técnicas han revelado detalles como que Ötzi murió en menos de media hora. / SOUTH TYROL MUSEUM OF ARCHAEOLOGY - WWW.ICEMAN.IT

trones de dispersión lumínica-ratificó la presencia de los marcadores típicos de las células sanguíneas, incluida la hemoglobina. Además, entre los restos se halló fibrina, una proteína coagulante que se forma de inmediato ante una herida y que desaparece con igual rapidez. Así que, si había fibrina junto a la herida de Ötzi, es que tardó menos de media hora en morir.

El equipo investigador, comandado por Albert Zink, director del Instituto de Momias y del Hombre de Hielo de Bolzano (Italia), cree que los glóbulos rojos de Ötzi ayudarán a la ciencia forense actual. Una vez seca la sangre es difícil precisar cuándo se derramó. Con la tecnología empleada se detectan pequeñas diferencias en la elasticidad de la estructura celular que “tal vez ayuden a calcular la antigüedad de una mancha de san-



Los últimos análisis al Hombre de Hielo hallaron los glóbulos rojos más antiguos que se conocen, de unos 5.300 años, y concluyeron que tardó menos de media hora en morir.



José Antonio Lorente, catedrático de Medicina Legal de la Universidad de Granada. / PEPE VILLOSLADA

gre”, opinan los investigadores del Hombre de Hielo.

Para José Antonio Lorente, los avances tecnológicos facilitan abordar “con objetividad y expectativas de éxito casos

que han intrigado mucho tiempo a los estudiosos; las dudas estaban ahí, pero no la capacidad de resolverlas, y eso es lo que aportan ahora las ciencias aplicadas”.

En episodios como el de Ricardo III, la momia de Ötzi y otros, la antigüedad se revisa y hasta se cierran capítulos abiertos. Pero el despliegue científico-tecnológico ayuda también a cauterizar heridas en sociedades que aún sangran, como aquellas con procesos de memoria histórica abiertos, y a achicar espacios de impunidad. “Me alegra que, tres años después de analizar de nuevo los restos de Víctor Jara, un juez haya ordenado detenciones y extradiciones de militares para que al menos expliquen qué pasó. De algo ha servido, aunque, —concluye Francisco Etxebarria— la impunidad existía entonces y existe ahora; no hay más que ver los telediarios”. ◀

Cómo lograr que las renovables no sean un obstáculo para la seguridad del abastecimiento

El reto de almacenar energía

Belén Tobalina

Habrà un día en que el mundo se mueva, mayoritariamente, con energía renovable y en el que el suministro estará garantizado a pesar de las intermitencias del viento y el sol. Sin embargo, esto solo sucederá cuando seamos capaces de acumular la electricidad generada por estas fuentes verdes de una forma fiable y económica. Hasta entonces queda camino por recorrer, pero ya se están dando los primeros pasos mediante centrales hidráulicas reversibles, sales fundidas aplicadas a centrales solares térmicas, baterías de flujo redox y de litio-ión, aire comprimido, volantes de inercia... El futuro pasa por los sistemas de almacenamiento.

MUCHOS ANALISTAS consideran que, cuando el barril de Brent supere los 140 dólares (unos 105 euros), las energías renovables empezarán a ser rentables; para otros, ese momento ya ha llegado. Porque aunque nadie niegue que las renovables sean caras, debido a los 5.000 millones de euros que cuestan en primas cada año, lo cierto es

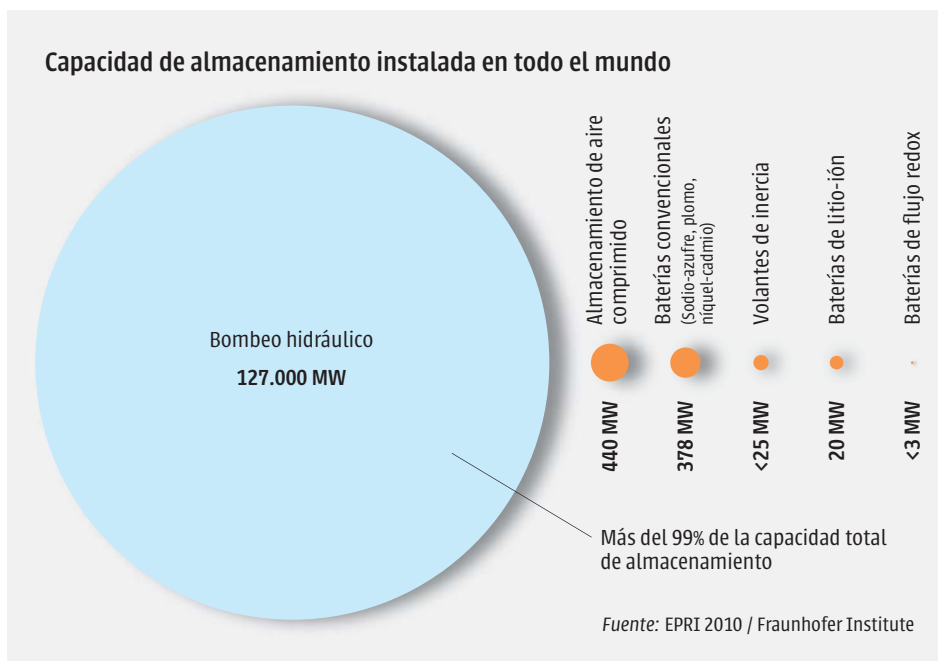
que las importaciones de petróleo y gas conllevan un coste superior para la economía española: nada más y nada menos que 34.000 millones de euros.

Con el fin de frenar la dependencia energética del país, las renovables se presentan como una fuente autóctona que no depende de las fluctuaciones de los mercados exteriores y

que, además, permite que España cumpla los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ impuestos por la Unión Europea y el Protocolo de Kioto. Sin embargo, tienen una clara desventaja: su intermitencia.

Al margen de que haya llegado o no ese momento en el que las renovables sean rentables, es imperativo encontrar una solución al problema de la discontinuidad para que no afecte a la seguridad del abastecimiento y, de paso, lograr un sistema fiable que no dependa de las condiciones climatológicas. Dicho de otro modo: que la ausencia o exceso de viento y sol no supongan un problema para la red. De ahí que cada vez sean más los proyectos de almacenamiento de energía puestos en marcha para evitar que estas fuentes generen cuellos de botella en la red de suministro. Su principal obstáculo, el alto coste que conllevan.

Sin embargo, para analizar la viabilidad económica de ca-



da tecnología hay que tener en cuenta las mejoras que su utilización puede suponer respecto a otras soluciones, como tener dormidas las centrales de ciclo combinado y los aerogeneradores por exceso de producción, o tener que abonar importantes cantidades a las acerías y cementeras en concepto de gestión de interrumpibilidad de suministro. Una cuantía, por cierto, que este año aumentará un 54,7%.

Bombeo hidráulico

Los sistemas de acumulación están relativamente poco explotados en nuestro país, salvo en el caso de las centrales hidráulicas reversibles. Su funcionamiento es aparentemente sencillo: la energía se almacena en las horas valle mediante un sistema de bombeo que sube el agua desde un embalse inferior a otro situado a mayor altura. Así, cuando empiezan las horas pico, se apagan las bombas y la central funciona como generadora, turbinando el agua procedente del depósito superior.

“En la actualidad, España tiene 3.000 megavatios (MW) de potencia en estaciones de bombeo reversibles, las cuales entran en funcionamiento por la noche, que es cuando la demanda baja”, explica Enrique Soria, director de la División de Energías Renovables del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), que añade: “El objetivo, marcado en el borrador del Plan de Energías Renovables 2011-2020, es duplicar la capacidad de bombeo y llegar a los 6.000 MW antes de 2016”. En este sentido, se están construyendo dos centrales: la de Moralets



La central reversible de La Muela aprovecha el caudal del río Júcar y el desnivel entre sus dos embalses para generar y almacenar energía. /

IBERDROLA

(entre Huesca y Lérida), que tendrá 400 MW de potencia, y la de La Muela (Valencia), que será la mayor central de bombeo de Europa y podrá llegar a los 800 megavatios ho-



Enrique Soria, del Ciemat: “El objetivo es duplicar la capacidad de las estaciones de bombeo reversibles en España y llegar a los 6.000 MW antes de 2016”.

ra (MWh) de capacidad, según datos facilitados por Iberdrola.

A estas se suman otros siete proyectos: Alto Tâmega (Portugal), Santa Cristina y As Conchas-Salas (ambas en Orense), Jabalcón (Granada), Alqueba (Portugal), Belesar III y Os Peares III (ambas entre Lugo y Orense). No obstante, algunos de estos planes podrían verse afectados por la actual situación económica, sobre todo en lo referente a los plazos de ejecución.

Este tipo de centrales está en la base del proyecto de suministro 100% renovable de la isla canaria de El Hierro. Una central de bombeo utilizará la



energía excedentaria de un parque eólico, con cinco aerogeneradores de 2,3 MW de potencia cada uno, que elevarán agua desde el embalse inferior hasta el superior, salvando un desnivel de 600 metros. La potencia de bombeo será de 6,4 MW. Además, este plan puesto en marcha por Gorona del Viento –sociedad integrada por el Cabildo de El Hierro, Endesa y el Gobierno de Canarias– conjugará la desalación de agua marina, la promoción de energía fotovoltaica en edificación, la instalación de placas solares térmicas y el aprovechamiento de la biomasa.

Sales fundidas

Al margen de las centrales reversibles, otra de las tecnologías desarrolladas en España para el almacenamiento de energía son las sales fundidas aplicadas a centrales solares térmicas. De hecho, más de la mitad de las plantas de espejos cilindroparabólicos cuentan con este sistema que permite almacenar, durante al menos siete horas y media, 1 gigavatio hora (GWh) térmico y pro-

ducir unos 375 MWh de energía eléctrica. Quizás la más destacada sea la planta Gemasolar, ubicada en el municipio sevillano de Fuentes de Andalucía. Esta planta de energía solar por concentración –con sus 2.650 espejos– se convirtió tras su inauguración, a finales de 2011, en la primera del mundo de tecnología de torre central con receptor de sales fundidas. Su principal virtud es la capacidad para producir energía eléctrica las 24 horas del día en los meses de más calor –de mayo a septiembre–. Así pues, esta planta de Torresol Energy, de 19,9 MW de potencia instalada, funciona a una media anual del 73%, permitiendo una producción suficiente de energía como para abastecer unos 25.000 hogares.

Para ello, los casi 300.000 metros cuadrados de cristal de espejo reflejan la luz en la superficie de la torre. Dicho reflejo aumenta la temperatura a centenas de grados y es entonces cuando entran en juego las sales fundidas, que refrigeran y fijan el calor y lo almace-

La planta sevillana de Gemasolar, de Torresol Energy, es la primera del mundo de tecnología de torre central con receptor de sales fundidas. / TORRESOL ENERGY



La planta solar térmica de Gemasolar, que funciona con sales fundidas, puede producir energía eléctrica las 24 horas del día en los meses de más calor.

nan en un tanque. Después, mediante un intercambiador de agua, estas sales ceden el calor, que produce el vapor necesario para mover una turbina y generar electricidad.

En la actualidad, además, existen varios sistemas híbridos que aprovechan la energía solar y, de esta manera, producen el vapor imprescindible para el funcionamiento de una central de ciclo combinado, de carbón o de biomasa.

Baterías

Los mecanismos de almacenamiento electroquímico, como las baterías, son otro de los procedimientos que se están desarrollando en estos momentos.

Existen dos tipos de baterías: las de litio-ión –empleadas en los vehículos eléctricos– y las de flujo redox. Las primeras acopian la energía de noche para utilizarla por el día, y la carga de la batería se produce al ionizarse el electrolito. A pesar de

ser sensibles, cada vez soportan más ciclos de carga y descarga. Las segundas, a su vez, permiten recargas instantáneas, de modo que en un trayecto largo el conductor no perdería mucho tiempo en recargar su batería, pues podría dotar al vehículo de una completa autonomía en cuestión de minutos.

De cualquier modo, los desafíos a los que se enfrentan las baterías son varios, tal y como explica Pedro Sánchez, responsable de Almacenamiento Energético y Renovables de

Tecnologías para el almacenamiento de electricidad a gran escala

Tecnologías de almacenamiento	Principales ventajas	Principales inconvenientes	Continuidad y calidad en la entrega de energía (descargas cortas)	Capacidad de generación independiente del consumo (descargas largas)
Central de bombeo	Alta capacidad y bajo coste	Requiere una ubicación especial		■
Aire comprimido (CAES)	Alta capacidad y bajo coste	Requiere una ubicación especial y el uso de gas		■
Batería de flujo redox potencia independiente	Alta capacidad, potencia independiente y ahorro de energía	Baja densidad de energía	□	■
Batería de litio-ión	Alta densidad de potencia y energía y gran eficiencia	Alto coste de producción y requiere un circuito de carga especial	■	□
Volante de inercia	Alta potencia	Baja densidad de energía	■	□
Sales fundidas para almacenamiento térmico	Alta capacidad y alta densidad de potencia; genera energía sin sol	Requiere una ubicación especial y alto coste de producción		■

- Tecnología totalmente adecuada para esa aplicación
- Tecnología que podría ser utilizada para esa aplicación
- No resulta una tecnología práctica o económicamente viable para esa aplicación

Fuente: Electricity Storage Association

Saft Baterías: “No tenemos cifras de cuánta energía se generará, pero lo que está claro es que el futuro pasará por almacenar toda la energía posible. Este, junto con la llegada de las renovables, son los dos grandes desafíos para las próximas décadas. En el caso de las baterías, los retos son su densidad energética, su potencia, su durabilidad, el funcionamiento a temperaturas extremas, la posibilidad de recarga rápida, su



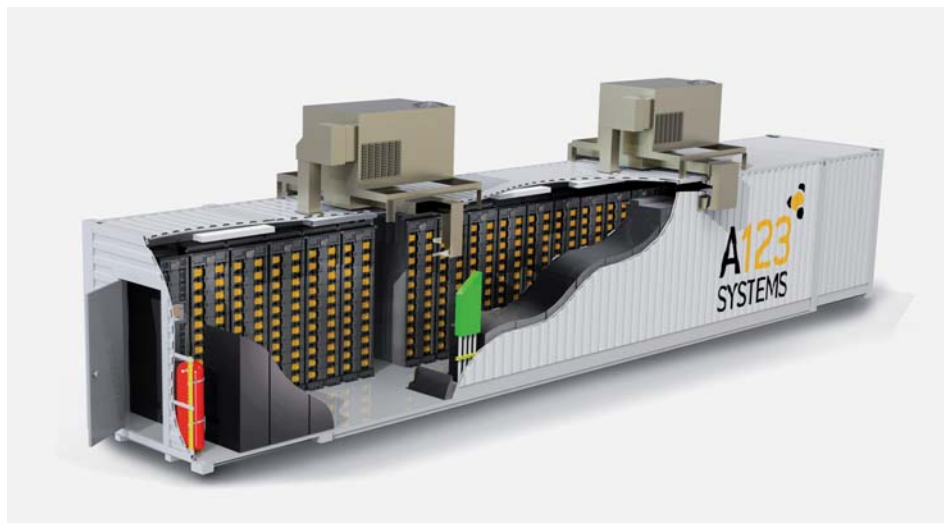
Pedro Sánchez, de Saft Baterías: “El futuro pasará por almacenar toda la energía posible. Junto con la llegada de las renovables, son los dos grandes desafíos para las próximas décadas”.

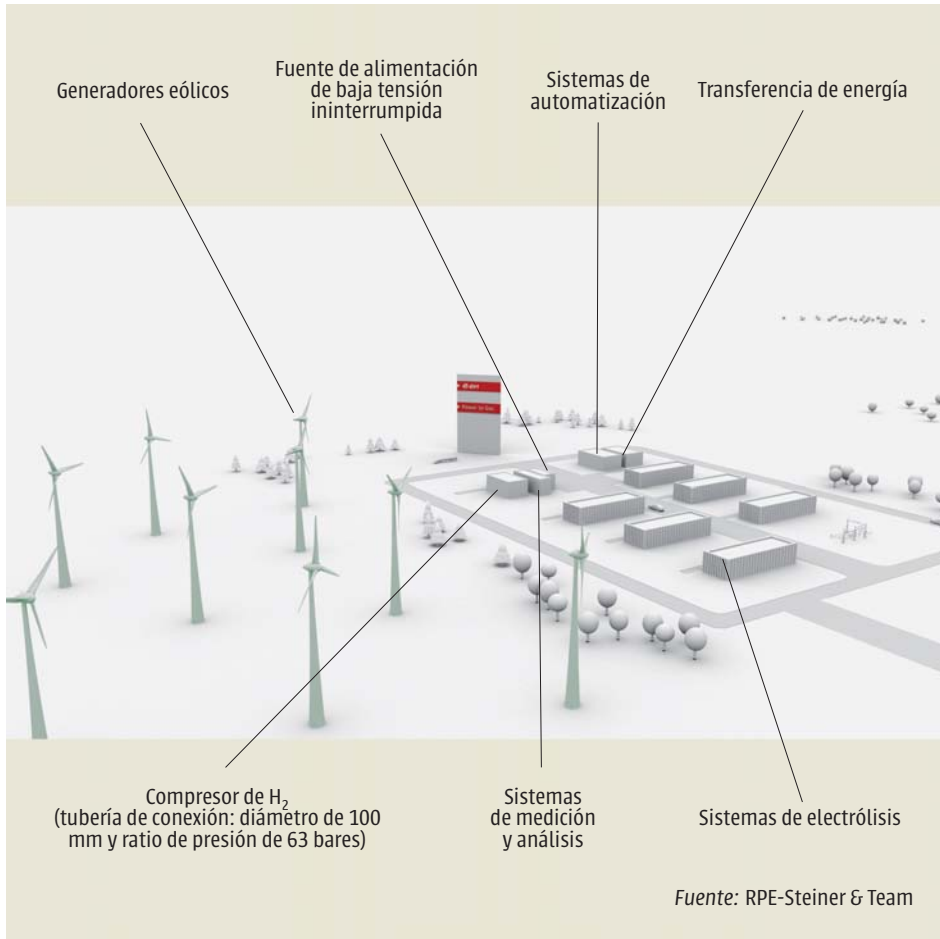
Reproducción del interior de una batería de litio-ión. / A123 SYSTEMS

precio, etcétera. A esto se suman cuestiones técnicas como la capacidad de comunicación con el sistema o la posibilidad de combinar varias fuentes de generación de energía en un

único sistema de almacenamiento. Pero, sin duda, la principal limitación no es tanto técnica como económica”. En este último punto también coincide Enrique Soria, que identifica el coste como el principal inconveniente de las tecnologías de almacenamiento. Y es que, según los datos facilitados a *Estratos*, el precio medio del kilovatio (kW) en una de estas instalaciones es de 1.300 euros solo la batería; luego están los sistemas de control y otras clases de añadidos.

En el campo de las baterías de litio-ión hay una iniciativa interesante a gran escala, la que está desarrollando Iberdrola Ingeniería junto a las empresas vascas Cegasa, Oldar, Ikor y Orona. Se trata de Alia2, un proyecto de almacenamiento de energía eléctrica que cuenta con una cofinanciación del Gobierno vasco. El prototipo ya es capaz de almacenar hasta 150 kW, pero el objetivo final, según datos de Iberdrola, es





Eólica en hidrógeno

Otro proyecto de almacenamiento que ha despertado gran interés es el que está desarrollando la empresa E.ON. Mientras las sales fundidas permiten producir electricidad en ausencia de radiación solar, el sistema Power to Gas de la compañía alemana pretende gestionar el exceso de energía eólica, utilizándola para obtener hidrógeno que luego se puede almacenar, evitando así que, por exceso de energía, los parques tengan que ser desconectados durante un periodo determinado de tiempo. Para ello, la futura planta de Falkenhagen se servirá de la electrolisis, convirtiendo la energía eólica en hidrógeno que, posteriormente, la empresa venderá como gas para producir energía y calor.

Se trata de una iniciativa clave en una nación donde las renovables tendrán incluso un mayor protagonismo en la red, sobre todo tras la decisión de la canciller Angela Merkel de adelantar el apagón nuclear. Y es que, si tal como está previsto, se desconectan todas las centrales nucleares del país germano antes de 2022, Alemania ampliará el peso de las renovables y su almacenamiento será clave para la correcta gestión del suministro.

construir un sistema capaz de acumular entre 5 y 10 MW, que, a su vez, podrán entregar en pocos minutos la potencia almacenada. Y si se desarrollara la tecnología electrónica necesaria, esta capacidad podría elevarse varias decenas de MW. De lograrlo, se convertiría en la tecnología de almacenamiento más potente y fiable del mercado.

La solución futura permitirá administrar la energía renovable que, como tal, no tiene un combustible gestionable. La opción de almacenar la energía generada en las instalaciones de fuentes renovables, como los parques eólicos, contribuiría a “integrar una mayor proporción de energía renovable en el *mix* de generación”, aseguran desde Iberdrola. Pero no es la única utilidad: “Para la

gestión de la red eléctrica, suavizar las cargas en las líneas supondrá una mejora importante en la calidad de la energía suministrada, evitando sobrecargas de red. También ofrecería mejoras muy importantes para el futuro despliegue de las redes eléctricas inteligentes (*smart grids*). Además, posibilitará estrategias que permitan un consumo más eficiente por parte de los usuarios finales”, añaden esas mismas fuentes. Este sistema, por poner un ejemplo, también será una alternativa fiable al suministro eléctrico en hospitales, trenes y centros comerciales. Algo muy útil, ya que, gracias a su menor tiempo de entrega, ayudará a solventar cualquier incidencia cuando se produzcan fallos de suministro en las instalaciones.

Esquema de la planta de E.ON en Falkenhagen (Alemania) para transformar la energía eólica sobrante en hidrógeno. / E.ON



E.ON trabaja en Falkenhagen para convertir la energía eólica en hidrógeno que luego se utilizará para producir energía eléctrica y calor.

Aire comprimido y volantes de inercia

Otra alternativa para almacenar energía consiste en comprimir aire en una formación geológi-

ca subterránea y, cuando haya demanda, dejar que ese aire mueva unas turbinas para generar electricidad. En su funcionamiento se requieren combustibles fósiles, si bien emplean menos de la mitad que una central convencional. Además, otra opción sería utilizar ese aire comprimido con aerogeneradores.

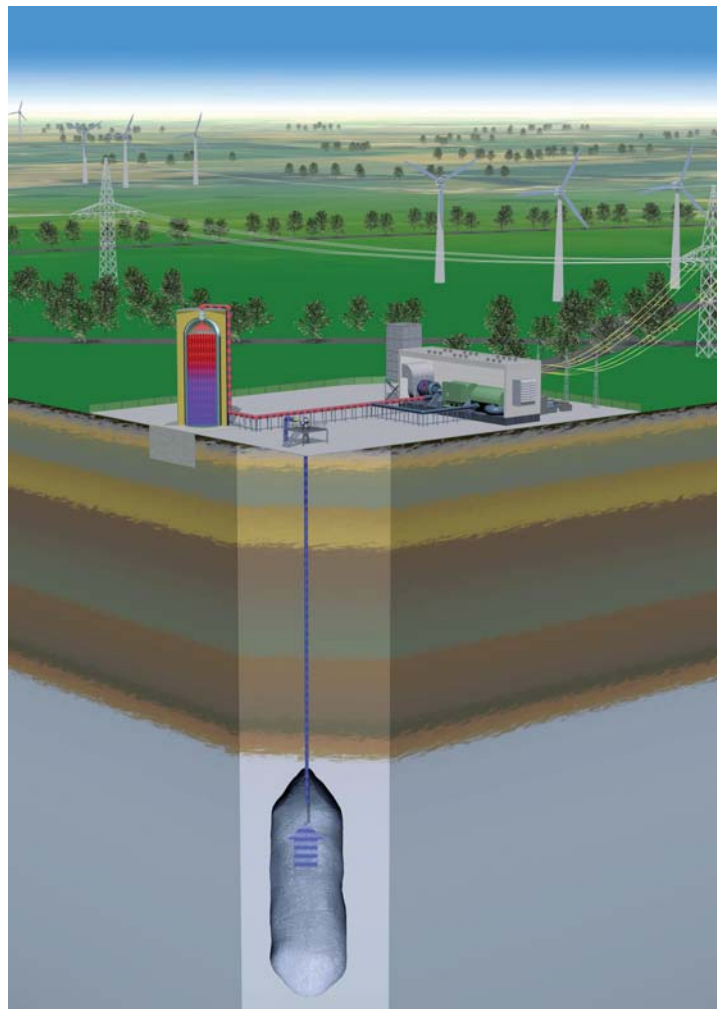
Los volantes de inercia son otra vía, aunque sean realmente



Los volantes de inercia se usan en coches, que recuperan energía al frenar, o en equipos espaciales.

una técnica de almacenamiento de energía. Esta tecnología consigue una producción eólica más regular, toda vez que la electricidad se almacena como energía cinética. Los volantes de inercia disponen de una masa en forma cilíndrica que gira alrededor de un eje central sobre un sistema de rodamientos. Al recibir la electricidad, el cilindro da vueltas. Para extraer la energía basta con frenar el disco invirtiendo el proceso. Se trata de sistemas muy versátiles con aplicaciones muy diversas,

Esquema de una planta de almacenamiento de aire comprimido. El aire se inyecta bajo tierra utilizando electricidad sobrante y luego se libera para mover una turbina que transfiere la electricidad a la red. / ADELE



Volante de inercia de la empresa británica Ricardo, montado en un dinamómetro para realizar las pruebas antes de su comercialización. / RICARDO

desde pequeños motores en automoción para recuperar energía en la frenada hasta equipos espaciales, pasando por sistemas de generación para reponer la electricidad en caso de avería.

En todo caso, cuentan con 1 MW de capacidad de almacenamiento, una eficiencia del 90% y unos tiempos de descarga de entre 15 segundos y 20 minutos. El problema es que, para aumentar la energía almacenada, se requiere mayor velocidad de giro, lo que da lugar a problemas estructurales que repercuten en los materiales empleados.

En definitiva, existen múltiples medidas para lograr una red fiable y segura con renovables a través del almacenamiento de energía. El único obstáculo, al menos a día de hoy, es el coste de guardar esa energía. Pero que nadie se lleve a engaño: en el futuro próximo serán un elemento clave para el funcionamiento y desarrollo de las redes.





Las abejas son un factor imprescindible en el mantenimiento del ecosistema natural. / LUIS COLMENERO

La ‘varroasis’ y una nueva generación de insecticidas amenazan el futuro de la cabaña apícola española

SOS: las abejas están en peligro

► Eva González Herrero

España es el país de la Unión Europea con mayor número de colmenas y el primer productor de miel. El sector apícola ha crecido en las últimas décadas, a pesar de que el consumidor doméstico tira poco del carro: los españoles tomamos menos de un kilo de miel por habitante y año, la mitad, por ejemplo, que los alemanes. Pero la función de las abejas va más allá de lo económico, ya que son el principal vector de polinización y catalizador de la vida agrícola. Este panorama se ve amenazado por enfermedades como la *varroasis* y los insecticidas neonicotinoides, que hacen peligrar el futuro de la cabaña de estos laboriosos himenópteros.

EL CIENTÍFICO Albert Einstein llegó a decir que si las abejas desaparecieran de la faz de la Tierra, al hombre solo le quedarían cuatro años de vida. Y es que, según datos de organizaciones ecologistas, el 84% de los cultivos y el 80% de las plantas silvestres dependen de la polinización animal y, en particular, de los insectos, con las abejas a la cabeza. Un informe de la Comisión Europea estima el valor de su polinización para la agricultura en 22.000 millones de euros anuales en la Unión Europea y en 153.000 millones a nivel mundial. Por su parte, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente reconoció la importancia de este sector en el Programa Nacional de Medidas de Ayuda a la Apicultura 2011-2013, donde señalaba que es “un claro ejemplo de la armonía que debe existir entre producción y medio natural”.

El documento del ministerio añade que, desde un punto de vista cualitativo, el sector apícola se configura como “uno de los mejores modelos de producción sostenible”. Su confluencia de intereses económicos y sociales contribuye, por un lado, a fijar población en el medio rural, y por otro, a desarrollar un modelo productivo “totalmente respetuoso” con el medio, facilitando la polinización y colaborando en “el equilibrio ecológico, así como en la mejora y el mantenimiento de la biodiversidad”. En cuanto a los datos cuantitativos, el informe destaca que el conjunto de la actividad apícola representa un escaso 0,44% sobre la producción final ganadera y el 0,17% de la producción final agraria.

Pero el valor polinizador de las abejas no solo es fundamental para la subsistencia de flores o cultivos, sino que también es vital para algunas especies endémicas de la península Ibérica, las cuales se alimentan de los frutos polinizados por estos insectos. Dado que cada vez es más difícil encontrar enjambres silvestres, el Fondo para la Protección de los Animales Salvajes ha emprendido el proyecto Restauración de Ecosistemas Mediante la Apicultura, una iniciativa que se desarrollará durante dos años en Cantabria y cuyo objetivo consiste en repartir varias colmenas por la montaña para favorecer la fructificación de arandaneras, una planta clave en la dieta del oso pardo y del urogallo, dos especies en peligro de extinción.

Amenazas y esperanza

En los últimos años se viene observando un declive progresivo, a nivel mundial, en el nú-

Larva de abeja atacada por ejemplares de *Varroa destructor*. / FRANCISCO PADILLA / UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



mero de las colmenas silvestres, mientras que las profesionales también han sufrido una gran mortandad debido a fac-



El valor polinizador de las abejas es fundamental para la subsistencia de flores y cultivos, pero también para algunas especies endémicas de la península Ibérica, como el oso pardo o el urogallo.

El Parlamento Europeo ha dictado la prohibición parcial de la fumigación con neonicotinoides. / EFE

tores como el éxodo rural, la incidencia de virus y enfermedades –como la producida por la *Varroa destructor*, un ácaro que fagocita colmenas enteras en pocas semanas– o el uso de

insecticidas neonicotinoides que afectan al sistema nervioso central de las abejas. Es más: tras años de sospechas, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) publicó un informe el pasado mes de enero en el que concluía que estos plaguicidas “presentan riesgos significativos para las abejas”.

Ante este dictamen, la Comisión Europea planteó una propuesta para la prohibición parcial de los tres neonicotinoides más comunes, el imidacloprid, el tiаметoxam y la clotianidina, cuyo uso estará vetado a partir de diciembre du-





rante un periodo de dos años. Sin lugar a dudas, un atisbo de esperanza para la recuperación de las colonias.

Por el contrario, Carlos Palomar, presidente de la Asociación de Empresas de la Industria Fitosanitaria, consideró “desproporcionada” la medida de la Comisión y aseguró que la misma “no tiene base científica que la justifique”. Asimismo, advirtió de que se tardarán varios años en encontrar sustitutos, lo que se traducirá en pérdidas económicas porque algunas cosechas se quedarán “sin defensa contra las plagas”.

Pedagogía desde la empresa

Propietario de Moramiel, una empresa de Hornachuelos (Córdoba) dedicada a la apicultura, Fernando Morales no vacila ni un segundo cuando detalla el efecto nocivo de los neonicotinoides, cuya acción desorienta a las abejas e impide que estas puedan regresar a la

colmena. Aun así, concede que parte de la culpa también reside en la *varroasis*, los cultivos transgénicos y otros factores naturales.

De hecho, hace cuatro años sufrió una mortandad de 1.000 colmenas, es decir el 50% de su colonia. Morales precisa que



El Ministerio de Agricultura califica el sector apícola como “un claro ejemplo de la armonía que debe existir entre producción y medio natural”.

una colmena tarda un año en desarrollarse y que, si el clima acompaña, pueden llegar a hacerse dos colmenas, lo que da una idea del tiempo que resulta necesario para recuperar las poblaciones. Así, propone que se utilicen insecticidas que no dañen a las abejas, pero también recomienda a los apicultores que, aunque tengan un coste más elevado, utilicen tra-

Fernando Morales, propietario de la empresa Moramiel, radicada en Hornachuelos (Córdoba). / LUIS COLMENERO

tamientos naturales contra la *varroasis*. “Usar insecticidas inocuos para las abejas ayuda a multiplicar la cosecha, porque la polinización contribuye a tener más y mejor producto con menos gasto”, sentencia.

En este contexto, el apicultor no vaticina resultados muy halagüeños para la actual temporada de producción de miel, porque las temperaturas están por debajo de lo normal y las flores, para que arrojen néctar, deben estar a unos 26 grados centígrados. “Se están muriendo por el frío”, apunta.

Morales lamenta que, pese a que España es el país con más abejas de la UE, los alemanes consumen 1,7 kilos de miel por habitante y año, frente a los poco más de 700 gramos de los españoles. Por ello recomienda que se inculque desde la infancia la ingesta de una cucharada diaria de miel, ya que hoy el consumo se centra sobre todo en los sectores más envejecidos de la población, mientras que los más jóvenes apenas prueban este sano y delicioso manjar.

Respecto a la calidad ambiental necesaria para las abejas, Morales recuerda que se opuso claramente cuando el almacén de residuos radiactivos de baja y media actividad de El Cbril se instaló en Hornachuelos, donde su familia tiene las colmenas. Sin embargo, en estos años ha observado que la instalación no solo no ha afectado negativamente a la producción, sino que el entorno del Cbril disfruta de una “calidad ambiental excelente” y de “muy buenos pastos apícolas”.

Del mismo modo, el Centro de Referencia Apícola de Andalucía señala que la zona es muy numerosa en abejas solitarias, una especie distinta a la

España es el país con más colmenas de la UE y el primer productor de miel. / LUIS COLMENERO



2,5 millones de colmenas

En España hay cerca de 2,5 millones de colmenas, sin duda la mayor colonia de los Veintisiete –21,19% del total–. De lejos nos siguen Grecia –1,3 millones–, Francia –1,15 millones– e Italia –1,1 millones–, según datos de 2009 del censo apícola de la Unión Europea (UE). La cifra de España, además, supone un incremento del 5,6% respecto a la de 2007.

Se trata de un sector muy profesionalizado en el que el 79,7% de las colmenas nacionales –1,9 millones– está en manos de 5.343 apicultores profesionales, frente al 20,3% de las colmenas que se distribuyen entre apicultores no profesionales, que son los que tienen menos de 150 colmenas. Esto significa que la media de las colmenas por apicultor profesional está en 367 unidades, mientras que los no profesionales disponen de una media de 27 colmenas, según el Registro de Explotaciones Apícolas elaborado en 2010 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Sin embargo, el número de apicultores profesionales ha retrocedido en los últimos años, lo que significa que hay menos

expertos pero con más colmenas, ya que el nivel de profesionalización es del 22,51% frente al 24,66% del trienio anterior. Por comunidades autónomas, Andalucía y Extremadura concentran el 43,23% del total de las profesionales.

El sector produce un total de 33.084 toneladas de miel al año, tras aumentar en un 14% respecto a las cifras de 2007. Esto se debe al mayor número de colmenas, pero también a un mejor rendimiento de las mismas. Andalucía lidera la producción de miel con 7.200 toneladas, seguida por la Comunidad Valenciana –6.500–, Extremadura –5.588–, Castilla y León –3.696– y Castilla-La Mancha –2.210 toneladas–.

En cuanto a la producción total de polen y cera, encabezan el *ranking* Extremadura, con 260.000 kilos de polen y 320.000 de cera, y Castilla y León, con 211.000 y 165.000 kilos respectivamente.


Los productores españoles, que exportan a otros países de la UE 13.937 toneladas de miel –casi un tercio del total–, señalan como principal amenaza el incremento de la importación desde China –6.167 toneladas–, Argentina –1.577–, Cuba –890– o Uruguay –511–, países cuyos productos pueden competir en precio con las mieles nacionales, pero no en calidad.

melífera. Este tipo de abejas no vive en comunidad y no conoce a sus progenitores, por lo que coloca sus huevos en cuerdas donde realizan extraordinarios acopios de polen. Así la larva dispondrá de ali-

mento de sobra cuando nazca, ya que no tendrá ejemplares adultos que velen por su desarrollo y le procuren el sustento necesario.

Ante este panorama, Morales ha creado un aula de api-

cultura para niños donde reclama un mayor consumo de miel española frente a otras que, si bien son importadas y más baratas, no están producidas por abejas que polinicen nuestros campos.



Protagonistas del paisaje, tienen además un interés científico de primera magnitud

Un paseo por las nubes

► Texto y fotografías: Roberto Bueno

Como una más de aquellas definiciones que, aun siendo inexactas, forman parte del conocimiento popular, aprendíamos en la escuela que las nubes son vapor de agua. No es así. El vapor de agua forma parte del aire que respiramos, junto con otros gases como el oxígeno o el nitrógeno. Pero no es hasta cuando este aire se satura de vapor y se condensa que podemos hablar de la formación de una nube.

Una nube es, pues, una aglomeración visible de minúsculas gotas de agua o hielo que permanecen suspendidas en el aire. Pero, ¿por qué se condensa el vapor de agua que hay en la atmósfera? La cantidad máxima de vapor de agua que puede admitir un determinado volumen de aire depende esencialmente de la presión y la temperatura. Cuando se supera ese tope, el vapor que sobra se condensa en gotitas

de agua si la temperatura es mayor de 0 °C, o bien en cristales de hielo si la temperatura no llega a los 0 °C.

El proceso natural que lleva a que el vapor de agua se condense para formar las nubes se basa en una magistral receta física: el aire húmedo es menos pesado que el aire seco, por lo que se eleva con más facilidad. Mientras gana altura, se enfría, condensando el vapor de agua que contiene.

El ascensor

Para intentar comprender todo el proceso, solo necesitamos saber qué mecanismos de la naturaleza fuerzan esa elevación del aire húmedo. Fundamentalmente son cuatro: orografía, frentes, borrascas y convección.

La orografía hace referencia a la existencia de relieve en el territorio, generalmente montañas, que obligan fí-



Alto cúmulos lenticularis.
L'Hospitalet de l'Infant (Tarragona).

ESTÁN AHÍ y no solemos reparar en su presencia, pero nos acompañan constantemente e, incluso, condicionan nuestra vida cotidiana, pues nos obligan a vestir de un modo u otro, a posponer un día de campo o a cancelar un viaje. Las nubes, con o sin precipitaciones, determinan el curso de la vida en el planeta, igual que este influye en su formación y desarrollo. Un fenómeno atmosférico apasionante que ha dado hasta para crear su propia taxonomía científica, de manera similar a la que tienen los seres vivos.

sicamente a las masas de aire movidas por los vientos a ascender por las laderas. A medida que suben, se enfrían, propiciando la formación de nubes, siempre que se den las condiciones de temperatura y humedad ade-



Un cúmulo de verano puede liberar en diez minutos tanta energía como una central nuclear en una hora.

cuadas. Típicos ejemplos los encontramos en las nubes que se forman en algunas islas canarias, al tropezar los húmedos vientos alisios con las empinadas laderas volcánicas.

Los famosos frentes fríos o cálidos, a los que nos tiene acostumbrados el hombre del tiempo, suelen estar asociados a los sistemas de bajas presiones que, en el hemisferio norte, se desplazan de oeste a este. Estos frentes fuerzan la elevación de capas de aire más húmedas y menos densas, dando lugar a la llamada nubosidad de origen frontal, tan característica de los mapas del tiempo en el invierno o en la primavera.

En esos mismos mapas de la información meteorológica se observa que, en el hemisferio norte, las borrascas giran en sentido opuesto a las agujas del reloj. Esa circunstancia hace circular el aire hacia el interior de la espiral, forzando su elevación y dando lugar, en muchas ocasiones, a grandes masas nubosas que suelen terminar regando nuestros paisajes.

Los diez géneros de nubes

(según la clasificación de la Organización Meteorológica Mundial)

Altas, más de 6.000 metros



Cirros. Filamentos blancos y sedosos, de formas alargadas, curvas o sinuosas, formados por pequeños cristales de hielo que suelen anunciar un cambio de tiempo rápido si aumentan progresivamente.



Cirrostratus. Delgada capa de nubes blancas que no dan sombra, con formas redondeadas u onduladas, formadas por cristales de hielo. No suelen indicar cambios de tiempo.

Medias, de 2.000 a 6.000 metros



Altostratus. Bancos más o menos extensos de nubes compuestas por elementos individuales, de formas onduladas o redondeadas. Suelen ser indicadoras de buen tiempo si están aisladas.



Altostratus. Capa uniforme y fina de nubes, que cubre el cielo con una densidad variable y que deja pasar la luz del sol de forma atenuada. De gran extensión horizontal, están asociados a frentes cálidos.

Bajas, de 0 a 2.000 metros



Estratocúmulos. Capas de nubes con diferentes tonos de gris, compuestas por masas redondeadas de extensión diversa y dimensión horizontal. Asociadas al buen tiempo, no producen lluvia.



Estratos. Nubes bajas, de entre 0 y 300 metros, compuestas por pequeñas gotitas de agua. Producen lloviznas en primavera y verano, mientras que suelen a pegarse a los valles en tiempo anticiclónico.

De desarrollo vertical



Cúmulos. Nubes aisladas, de base plana y contornos bien definidos. Son típicas del verano. Las *humilis* anuncian buen tiempo, mientras que las *congustus* producen los habituales chaparrones tormentosos.



Cumulonimbus. Nubes densas e impresionantes, de enorme desarrollo vertical. Forman torres y yunques aplanados en su cima. Anuncian tormentas, chubascos y granizo.



Cirrostratos. Tiene la apariencia de un velo nuboso, más o menos fibroso y liso, que cubre ampliamente el cielo. Formados por cristalitas de hielo, son la vanguardia de los frentes cálidos.



Nimbostratos. Capa de nubes gris, con frecuencia oscura a causa de su espesor. Son típicos de las lluvias de primavera y de las nevadas en invierno. “Nimbo” significa lluvia en latín.

Nubes y números

Las nubes, de por sí atractivas, lo resultan aún más si las arropamos con la contundencia de algunos números:

- ▶ Cubren de manera permanente casi la mitad del globo terrestre.
- ▶ Se consideran nubes bajas las situadas a una altura de hasta unos 2 kilómetros; las que están entre los 2 y los 6 son nubes medias, y las altas pueden llegar hasta los 14 kilómetros.
- ▶ La velocidad vertical en el interior de las nubes puede alcanzar los 150 km/h.
- ▶ Los cirros, semitransparentes para la radiación visible, reflejan la mayor parte de la infrarroja, contribuyendo así al efecto invernadero. Sin embargo, los estratocúmulos, opacos a la radiación visible, reducen la cantidad de energía solar que llega al suelo. Tanto es así que, a efectos de temperatura, una disminución del 5% de la cobertura de estas nubes equivaldría a la duplicación del CO₂ contenido en la atmósfera.
- ▶ Para que llueva, las gotas de agua de una nube han de tener un diámetro superior a 1 milímetro. En cambio, el diámetro de las mismas en nubes normales es cien veces menor.
- ▶ La condensación almacenada en un cúmulo típico de verano puede proporcionar, en solo 10 minutos, la energía que produce una central nuclear en una hora.

El último mecanismo de elevación, y tal vez el más poderoso, es la convección. Nos referimos a ella cuando el sol calienta la superficie terrestre. Al calentarse, el aire que hay en contacto con el suelo asciende rápidamente, creando las llamadas corrientes térmicas de convección que tan bien saben aprovechar muchas de las rapaces que surcan los cielos. Un buen ejemplo de nubes de convección, o de desarrollo vertical, son los vistosos cúmulos amenazantes asociados a las calurosas tardes de verano y que acaban desencadenando espléndidas tormentas.

Géneros y especies

Aquellos que suelen detener su mirada curiosa en los cielos nublados saben perfectamente la infinidad de formas que pueden adquirir las nubes. Su propio proceso de formación, más el inacabable acoso de brisas y vientos, las modelan sin reposo para deleite del observador.

Por su aspecto, por la altura que ocupan en la atmósfera o por su origen, las nubes se fueron clasificando a lo largo de la historia conforme los hombres avanzaban en su estudio. A principios del siglo XIX, el meteorólogo aficionado inglés Luke Howard (1772-1864) hizo una primera clasificación, con nombres en latín, basada en la forma de las nubes. Así se definieron cuatro grandes grupos de nubes: *Cirrus* para las nubes con forma de mechones de pelo; *Cumulus* para las de formas abultadas; *Stratus* para las que se disponían en capas, y *Nimbus* para las que estaban “llenas de lluvia”.



A principios del siglo XIX, Luke Howard elaboró la primera clasificación basada en la forma de las nubes.

Desde 1956, y a semejanza de lo que ocurre con la catalogación de los seres vivos en géneros y especies que desarrolló el sueco Carlos Linneo (1707-1778), la Organización Meteorológica Mundial tiene establecida oficialmente una clasificación basada en diez géneros de nubes excluyentes entre sí: *Cirrus*, *Cirrocumulus*, *Cirrostratus*, *Altostratus*, *Nimbostratus*, *Stratus*, *Stratocumulus*, *Cumulus* y *Cumulonimbus*.

Las formas cambiantes y en constante evolución con que las nubes se desarrollan obligaron a definir, además del género, la especie. Entre las aceptadas, hoy en día destacan las *fibratus* –fibrosa–, las *castellanus* –con forma de almena–, las *lenticularis* –con forma de lenteja–, las *fractus* –pedazo–, las *humilis* –de pequeño tamaño– o las *congestus* –con amontonamiento–.

Y sí, también existen las llamadas variedades, que serían el símil de las subespecies entre los seres vivos. Pero esto ya es para nota...



Un arca de Noé espacial para estudiar los efectos biológicos de la radiación cósmica



Dos de los quince tritones participantes en la misión espacial. / РОСКОМОС

CUARENTA Y CINCO RATONES, ocho jerbos, quince tritones, veinte caracoles y quince lagartijas viajaron durante un mes en la cápsula espacial rusa *Bion-M*, una especie de arca de Noé del siglo XXI puesta en órbita en abril por un cohete *Soyuz* desde la base de Baikonur (Kazajistán). Estos animales formaban parte de una misión encargada al Instituto de Problemas Médico-Biológicos (IPMB), de Moscú, en la que colabora la NASA y cuyos objetivos son investigar la fisiología animal en situaciones de microgravedad, analizar los efectos radiobiológicos e identificar parámetros significativos de las radiaciones ionizantes cósmicas. El *Bion-M* estaba equipado con docenas de cámaras de vídeo para vigilar el estado de los animales y su adaptación a la ausencia de gravedad. Las criaturas fueron elegidas por sus diferentes grados de similitud con los humanos en aspectos inmunológicos, biológicos y estructurales, y fueron sometidas a diversos estudios. Además de la peculiar tripulación indicada, la nave también albergaba huevos de pescado, microorganismos, granos y diferentes vegetales para someterlos a examen. Hasta ahora, este tipo de estudios en el espacio se habían llevado a cabo en periodos no superiores a dos semanas y con tecnologías más rudimentarias. La nave aterrizó de vuelta en mayo en Orembugo, al sur de Rusia, desde donde se trasladó a los animales a diferentes centros de investigación para analizar detalladamente los resultados del experimento.

► FRONTERAS

Científicos españoles datan el casquete polar antártico en 33,6 millones de años

UN ESTUDIO REALIZADO por la expedición internacional Integrated Ocean Drilling Program, coordinada por el Consejo Superior de Investigaciones científicas (CSIC), ha analizado los sedimentos más profundos del hielo antártico y ha determinado que el casquete polar de esta región tiene 33,6 millones de años de antigüedad.



El hielo guarda los secretos de la historia glacial.

Antes de que el hielo cubriera el continente antártico, la Tierra era un lugar cálido y sometido a un clima tropical. Gracias a estas condiciones ambientales, la región gozaba de una gran diversidad planctónica, sobre todo de organismos dinoflagelados. La situación cambió al producirse una glaciación que produjo la expansión del hielo continental y la eliminación de la mayor parte de aquellas poblaciones. Sin embargo, muchas comunidades de plancton permanecieron en las diversas capas de los sedimentos pertenecientes a la época previa a la glaciación.

El estudio, publicado en la revista *Science*, ha analizado la historia paleoclimática que se conserva en los sedimentos, así como el registro fósil, que indica una gran disminución en las comunidades de organismos dinoflagelados y la especialización de las variedades que fueron capaces de adaptarse y sobrevivir.

► AGENDA

Exposición 'Cerebro. Viaje al interior'

TODOS LOS ANIMALES, desde las formas de vida más simples hasta las más complejas, poseen unas estructuras nerviosas que los relacionan con el medio para poder desplazarse,



buscar alimento y realizar todas las funciones necesarias para vivir. La evolución ha transformado las primitivas redes nerviosas en órganos complejos sumamente especializados que coordinan todas sus actividades, culminando en el cerebro.

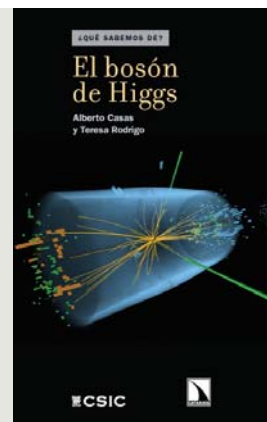
Cerebro. Viaje al interior es una exposición que nos invita a descubrir cómo funciona este órgano que controla nuestros procesos inconscientes, la mayoría de los movimientos voluntarios, la memoria, la actividad intelectual, la consciencia, los sentidos, los pensamientos y el lenguaje. Nos presenta sus diversas áreas y funciones explicando, por ejemplo, cómo procesa idiomas, cómo organiza el mundo visual y cómo almacena los recuerdos. El cerebro es un órgano en constante cambio a lo largo de la vida y posee una extraordinaria plasticidad que le permite recuperar capacidades que se han perdido a causa de alguna lesión. Misterios que la ciencia trata de desvelar utilizando sofisticadas técnicas de visualización computarizada.

► **Hasta el 1 de septiembre de 2013 en el Parque de las Ciencias de Granada**

► AL DÍA

El bosón de Higgs
Alberto Casas
y Teresa Rodrigo
Colección CSIC
Ed. Catarata
Madrid, 2012

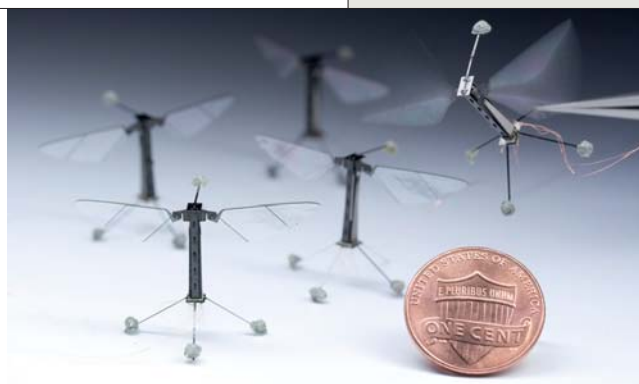
El 4 de julio de 2012 se realizó un anuncio científico de importancia histórica que provocó un entusiasmo sin precedentes en la comunidad científica y que, además, tuvo una gran repercusión en la sociedad en general, a pesar de la complejidad del descubrimiento. El Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) comunicó oficialmente que los datos acumulados en su búsqueda del bosón de Higgs, una partícula elemental de la naturaleza que los científicos perseguían desde hacía casi medio siglo, mostraban suficientes pruebas sobre su existencia. Este hallazgo representa el eslabón perdido del Modelo estándar de la física, una teoría que explica cómo se origina la masa de todas las partículas del Universo. ¿Por qué tiene tanta importancia el bosón de Higgs y de qué manera afecta a nuestras vidas? ¿Qué secretos oculta la naturaleza de esta partícula sobre la comprensión del Universo? Son algunas de las preguntas que los físicos Alberto Casas y Teresa Rodrigo tratan de responder en este libro, dirigido a un público amplio, que consigue explicar el tema con un lenguaje ameno y cercano al lector.



► ¡EUREKA!

Insectos-robot capaces de volar

EL VERANO PASADO, en un laboratorio de Harvard, un robot con forma de insecto que no llega al tamaño de un clip consiguió batir sus alas a un ritmo de 120 veces por segundo hasta ser capaz de echar a volar. El pequeño dispositivo, llamado *Robobee*, fue diseñado por un equipo de la Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (SEAS) de la Universidad de Harvard y del Instituto Wyss para la Ingeniería Biológicamente Inspirada, en Cambridge (Massachusetts, EE.UU.). El robot, que pesa menos de una décima de gramo, cuenta con minúscu-



las bisagras de plástico que le sirven de articulaciones y un par de alas, apenas visibles al ojo humano, que se mueven gracias a unos actuadores piezoeléctricos de tiras de cerámica que se expanden y se contraen cuando se aplica un campo eléctrico. Además, el dispositivo cuenta con un sis-

tema de control perfectamente equilibrado mediante el cual es capaz de dirigir los movimientos de rotación.

Estos insectos-robot representan una avanzadilla en los sistemas de microfabricación y control en el campo de la robótica, pero sus creadores aún necesitan resolver muchos

problemas. Por ejemplo, debido a su pequeño tamaño, no existe todavía un sistema de almacenamiento de energía de alta densidad que les permita volar mucho tiempo de forma autónoma. En los próximos años se pretende que distintos grupos de investigación, que están trabajando en el cerebro, el comportamiento de la coordinación y la fuente de alimentación, integren sus resultados para conseguir que los insectos-robot sean totalmente autónomos e inalámbricos. Estos curiosos dispositivos podrían ayudar a polinizar cosechas o participar en la búsqueda de supervivientes de accidentes.

► **CONECTA**



@NatGeo

Fotografías y documentales asombrosos de nuestro planeta producidos por la célebre revista *National Geographic*.



@agencia_sinc

La primera agencia pública de noticias científicas en español. Reportajes, entrevistas, noticias y vídeos que, además de las disciplinas tradicionales, abordan temas de medio ambiente, tecnología, salud y ciencias sociales.

@RAM_meteo

José Miguel Viñas, físico y meteorólogo, y José Antonio Gallego, profesor de literatura y fotógrafo, han creado un peculiar curso, a través de la red, para conocer las nubes y sus peculiaridades. Una forma original y entretenida para aprender más sobre estos fenómenos que surcan el cielo.

► **TOMA NOTA**

Un mar sin olas

EL MAR LIGEIA es uno de los accidentes geográficos más llamativos del Sistema Solar, ya que no está formado por agua sino por hidrocarburos, especialmente etano y metano líquidos, y está situado en Titán, la mayor luna de Saturno. La imagen, obtenida por la sonda *Cassini*, que desde hace una década estudia el planeta de los anillos, muestra los cauces de los ríos de hidrocarburos que nutren este mar, de 420 por 350 kilómetros y 3.000 de costa. En mayo de este año, la sonda ha sobre-

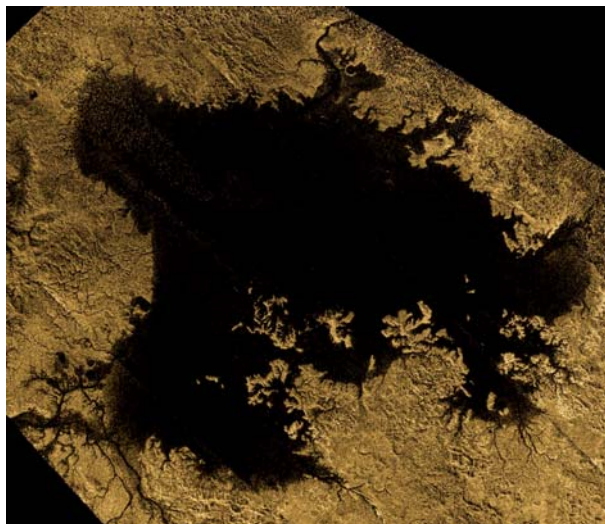


Imagen del mar Ligeia de Titán. / NASA

volado la zona midiendo la rugosidad de la superficie de este mar y ha descubierto que en él no se forman olas, debido a que el viento es extremadamente suave. Sin embargo, los científicos calculan que en el solsticio de verano de 2017 se producirán fuertes vientos en la región polar norte de Titán y podrían llegar a detectar la formación de oleaje.

► **EFEMÉRIDES**



► **HACE 50 AÑOS**

La primera mujer en el espacio

El 16 de junio de 1963, a bordo de la nave *Vostok*, la cosmonauta soviética Valentina Tereshkova se convirtió en la primera mujer de la historia que viajó al espacio exterior. Durante la misión se realizaron investigaciones médico-biológicas, en las que se validaron y analizaron asuntos relativos al desarrollo de los sistemas de las cosmonaves. El viaje formaba parte de un programa especial soviético que entre los meses de abril de 1961 y junio de 1963 puso a seis cosmonautas en órbita alrededor de la Tierra.

► **IMPRESINDIBLE**

Minerales en la vida cotidiana

Manuel Regueiro
Instituto Geológico y Minero de España
Colección Planeta Tierra. Ed. Catarata
Madrid, 2013

Los cristales de la ventana, el pavimento que pisamos y el móvil que llevamos en nuestro bolsillo comparten algo en común: todos ellos están hechos a partir de minerales. Las rocas y los minerales han acompañado al ser humano desde sus orígenes, convirtiéndose en la base sobre la que se ha construido su desarrollo social y económico. Este libro desmenuza la arqueología de los usos de los materiales que, a lo largo de la

historia, han compuesto los ladrillos sólidos y visibles de los cimientos de la sociedad moderna. De manera entretenida, el autor se sirve de la sílice como hilo conductor para contar la historia de los minerales de los que se ha servido la industria para fabricar los materiales y utensilios que forman parte de nuestra vida cotidiana, y cómo éstos han ayudado a la humanidad a convertirse en lo que hoy es.



► A UN CLIC



ResearchGate

ResearchGate es una *facebook* científico que pretende agrupar a todos los hombres de ciencia del mundo y ayudarles a organizarse por temas de investigación y por proyectos similares. La plataforma ya reúne a miles de expertos a nivel internacional y supone una herramienta profesional para mejorar y aligerar el trabajo colaborativo en todas las disciplinas científicas.

Naukas

Ciencia, escepticismo y humor para divulgar cosas serias en la red.

Ecoperiodista Efeverde

Plataforma de información medioambiental de la Agencia EFE. Noticias, fotos y reportajes ambientales y de naturaleza multimedia.

Red Natura 2000

Un vistazo a los espacios naturales protegidos por la Unión Europea, que en España albergan un 28% del territorio nacional.

► EN RED



El experimento más lento de la historia, en directo

Hace 86 años, Thomas Parnell, un profesor de Física de la Universidad de Queensland (Brisbane, Australia), puso en marcha un experimento sencillo pero muy curioso: colocó una masa de brea en un embudo esperando a que fluyera hasta gotear. De momento han caído ocho gotas, pero nadie ha podido verlo. Cuando se desprendió la última, en noviembre de 2000, un problema técnico del equipo de grabación impidió captar el suceso. Ahora se espera que en breve caiga la novena y varias cámaras vigilan sin descanso para filmar el mo-



Imagen del *pitch drop experiment*. / THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND

mento de la ruptura de la gota, que se mantiene colgando de un fino hilo. Aunque la brea tiene una apariencia sólida y se parte en trozos cuando es golpeada, en realidad se trata de un líquido extremadamente viscoso que fluye con una parsimonia extrema. El *pitch drop experiment*, como se conoce, está

reconocido por el *Libro Guinness de los récords* como el más largo de la historia y ha recibido el Premio Ig Nobel, que se otorga a las investigaciones más sorprendentes. El experimento se puede seguir en directo a través de la dirección de Internet www.smp.uq.edu.au/content/pitch-drop-experiment

La evolución volcánica de El Hierro

El proyecto Vulcano tiene como finalidad evaluar el impacto de las erupciones submarinas de la isla canaria de El Hierro —declarada Reserva Mundial de la Biosfera en el 2000— sobre el ecosistema marino. Desde su web se pueden conocer las investigaciones llevadas a cabo con motivo de las recientes erupciones ocurridas en las inmediaciones de la isla y la vigi-

lancia que se mantiene sobre el proceso.

www.vulcanoelhierro.es



La voz del 'Universo paralelo'

Un proyecto radiofónico que nace con la ilusión de acercar la ciencia a los círculos culturales, a donde no llega habitualmente. Se trata de un programa divulgativo que emite Radio Círculo —del Círculo de Bellas Artes de Madrid— y que se puede escuchar en directo a través de:

<http://bloguniversoparalelo.blogspot.com.es/>

► BITS

XXXII Simposio Internacional sobre Eclipses

TODOS LOS AÑOS, especialistas profesionales y aficionados se reúnen en un lugar distinto de Europa para poner en común los proyectos y técnicas sobre los fenómenos astronómicos de las ocultaciones o eclipses entre as-



tros. Este año toca en Barcelona. Las ocultaciones permiten determinar las medidas reales de los astros, su movimiento por el

espacio y la detección de atmósferas, entre muchas otras cosas.

► **Del 23 al 25 de agosto de 2013 en CosmoCaixa Barcelona**



Deadvlei



Acacias muertas en Deadvlei (Parque Namib-Naukluft, Namibia). / ROBERTO BUENO

EN UNA ZONA INTERIOR del desierto del Namib, que recorre la costa sudoccidental de África, existe un lugar desolado y único en el planeta. Es Deadvlei, o *lago muerto* en afrikáner. En épocas pasadas, el río Tsauchab dejaba sus aguas estacionales en esta cuenca endorreica, sin salida al mar, haciendo crecer tímidamente la vida vegetal. El movimiento paulatino de las dunas, algunas de más de 200 metros de altura, cercó la zona impidiendo en adelante la llegada del escaso caudal del río ocasional, por lo que las antaño verdes acacias espinosas se secaron para siempre. Llevan muertas varios cientos de años —algunos expertos calculan que más de 900—, pero el clima extremadamente seco impide su descomposición. Hoy comparten con las dunas rojas y la arcilla blanca este asombroso rincón de la Tierra. *Roberto Bueno*



Passion_{for} improvement

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

PRODUCT LINES

Nuclear Components

Elements for spent fuel storage and / or transport

Components for research centers and development programs

Technology Services

SERVICES AREA

Plant Maintenance

**Radwaste Treatment-Conditioning and Decommissioning of
nuclear and radioactive installations**

EQUIPOS NUCLEARES S.A.

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

Phone: +34 91 555 36 17

Fax: +34 91 556 31 49

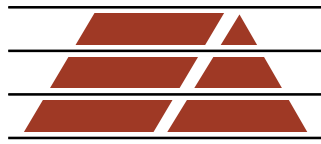
Avda. Juan Carlos I, 8
39600 Maliaño, Cantabria (Spain)

Phone: +34 942 20 01 01

Fax: +34 942 20 01 48

commercial@ensa.es

www.ensa.es



EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

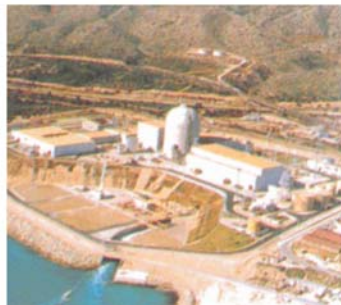
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

- ▶ 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 Abril)
constituida por GHESA, TRSA, IBERDROLA Ingeniería y Construcción S.A.U., TRPI y GAS NATURAL FENOSA ENGINEERING, S.L.U.

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