



Entrevista a Carlos Duarte, oceanógrafo e investigador del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados



Cantabria tiene el yacimiento de ámbar más rico del mundo en microfauna de hace cien millones de años



Organismo Internacional de Energía Atómica: un pacto internacional por el desarrollo y la paz

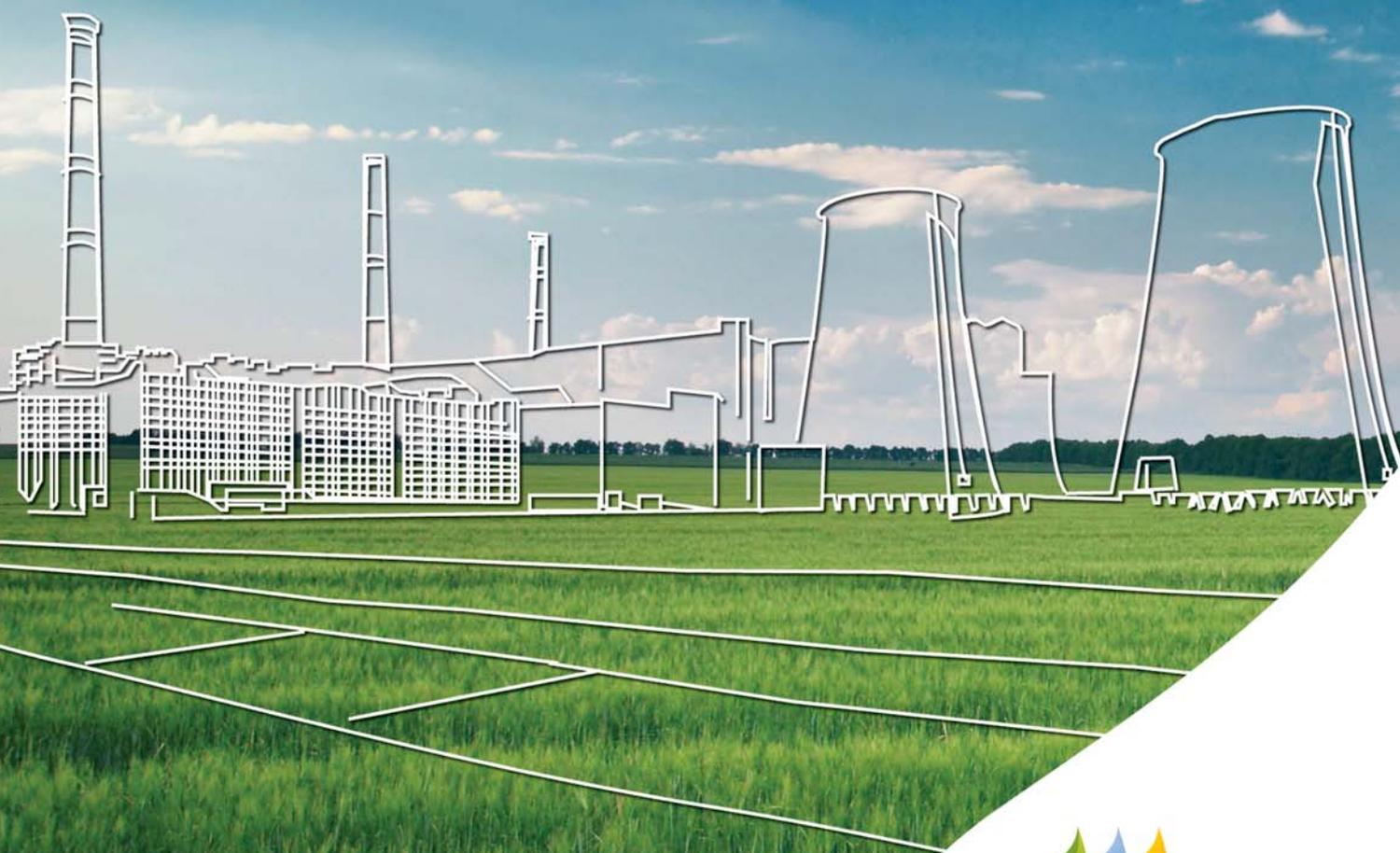
estratos

**Empresa Nacional de Residuos Radiactivos N.º 92
Otoño 2009**

El desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera



•••• Una apuesta segura
en ingeniería nuclear.



www.iberdrolaingenieria.com

División de Generación Nuclear

Telf.: +34 91 383 31 80

Fax: +34 91 767 53 89



IBERDROLA

Ingeniería y Construcción

El PIMIC consolida nuevas técnicas de desmantelamiento



ENRESA HA CULMINADO EL DESMANTELAMIENTO del primer reactor experimental y de seis instalaciones (dos radiactivas y cuatro nucleares) que entraron en funcionamiento en España hace cincuenta años, cerrando así un capítulo de la historia del Centro de Investigaciones, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), ubicado en Madrid.

Estas actividades, desarrolladas entre 2005 y 2009, forman parte del Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat (PIMIC), cuyo principal objetivo es la modernización de las infraestructuras de investigación de dicho centro, en línea con la mejora que la Unión Europea está llevando a cabo en otras instalaciones semejantes como Ispra (Italia) y Karlsruhe (Alemania).

El proyecto PIMIC ha permitido optimizar los principales procesos relacionados con la gestión de materiales, la desclasificación y la restauración del lugar. Estas lecciones aprendidas, junto con la experiencia acumulada en el desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós I, han permitido a Enresa consolidarse como referente internacional de estos procesos y afrontar con mayor efectividad, si cabe, futuros desmantelamientos.

El PIMIC ha representado un excelente campo de pruebas de las tecnologías que Enresa ha desarrollado en el marco de la política de impulso a la I+D desplegada desde el Centro Tecnológico Mestral (Tarragona) y cuyos avances se podrán aplicar al próximo desmantelamiento de José Cabrera, que alcanzará el nivel III, es decir, la liberación total del emplazamiento. En este contexto, dos de las innovaciones desarrolladas en el Mestral, y aplicadas con éxito en el PIMIC, han sido el uso de un robot que, de forma automática, caracteriza radiológicamente las superficies, permitiendo localizar la contaminación y transmitir los valores de las medidas; y un sistema de descontaminación de efluentes líquidos mediante el uso de mag (moléculas capaces de capturar isótopos radiactivos).

En lo referente a la gestión de materiales, que constituye una actividad básica en la clausura y desmantela-

miento, hay que destacar la eficiencia del exhaustivo sistema de control y optimización ambiental de Enresa, orientado a asegurar en todo momento la trazabilidad de los materiales producidos, a minimizar el volumen de residuos generados y a asegurar el reciclaje del material sin implicación radiológica.

Una vez concluido el desmantelamiento de sus instalaciones nucleares, se han sentado las bases para la futura ejecución del Plan de Restauración del Ciemat, que tendrá lugar a partir de 2010 y que está dirigido a la liberación de los terrenos del emplazamiento.

Si bien el proyecto PIMIC ha servido para aplicar avances y nuevas técnicas, hay otros aspectos del proceso que han continuado la estela ya apuntada en el desmantelamiento de Vandellós I, como son la seguridad y la transparencia. Así, el PIMIC se ha ejecutado bajo estrictos protocolos destinados a minimizar los riesgos para las personas y el medio ambiente en su dimensión radiológica y convencional, cumpliendo el principio esencial de la cultura de seguridad. Durante todo el proyecto se han establecido también canales de comunicación directa con el Consejo de Seguridad Nuclear, las administraciones públicas, organismos internacionales, los vecinos de la zona y el público en general.

El éxito técnico y de experiencia del proyecto ha sido también el de la convivencia de dos organizaciones, dos culturas, dos mentalidades hermanas—las de Enresa y el Ciemat—, que han recorrido de la mano el mismo camino trazado desde el principio: desmantelar para modernizar las instalaciones de futuro del Ciemat. ■



José Alejandro Pina
Presidente de ENRESA

estratos

N^o 92 O T O Ñ O 2009

24

El alunizaje nunca tuvo lugar

Pablo Francescutti



38

Ponga un investigador en su empresa

Jesús Vicenti

52

Los 'archivos' de la tierra

José María Montero

44

Los bioenemigos

Concha Barrigós



34

OIEA, un pacto internacional por el desarrollo y la paz

Teresa Palacio



48

Los muchos virus de la gripe

Manuel Toharia



4 Actualidad

60 Noticario

62 Libros

64 Una imagen, cien palabras

Almacén temporal individualizado (ATI) de la central nuclear José Cabrera. (Jorge Fernández).



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

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

12

El desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera

Enresa iniciará en breve las obras de desmantelamiento de la central José Cabrera, la primera planta nuclear que se inauguró en España y que finalizó su actividad en abril de 2006.

Dismantling and decommissioning of José Cabrera nuclear power plant (page 14)

Texto: Alejandro Rodríguez



20

Entrevista a Carlos Duarte, investigador marino

El investigador oceanográfico Carlos Duarte se ha convertido en los últimos años en una referencia internacional sobre los impactos de la actividad humana en los mares y sistemas acuáticos. Profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, Duarte ha dirigido en los tres últimos años campañas científicas en el Ártico y en la Antártida.

Texto: Gustavo Catalán



28

Arcas del Cretácico

El ámbar contiene con frecuencia inclusiones de pequeños animales y restos botánicos que se han preservado durante millones de años y que nos hablan de mundos perdidos. Cada pieza es como un arca de Noé que nos permite viajar en el tiempo y conocer en parte cómo era la vida en el pasado. El mayor yacimiento de ámbar del Cretácico de Europa, y probablemente del mundo, fue descubierto el año pasado en Cantabria. Su riqueza en microfauna lo hace muy atractivo para los científicos.

Texto: Ignacio F. Bayo



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

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

Fotomecánica: Cromotex, Miguel Fleta, 5. 28037 Madrid. Tel. 91 121 78 00
Impresión: Gráficas Caro. Gamonal, 2. Polígono Industrial de Vallecas. Madrid. Tel. 91 777 30 74.
Depósito Legal: M-7 411-1986.

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

actualidad estratos

Las Sociedades Españolas de Física Médica y de Protección Radiológica celebran en Alicante su primer congreso conjunto

Francisco Fernández, miembro del Consejo de Seguridad Nuclear, inauguró el pasado 2 de junio el primer congreso conjunto organizado por las Sociedades Españolas de Física Médica y de Protección Radiológica, que se celebró en el Palacio de Congresos de Alicante. El acto de inauguración fue moderado por

Bartolomé Ballester, presidente del comité organizador del congreso, y contó con la participación del director territorial de Sanidad de Alicante, José Ángel Sánchez Navajas; el delegado de Iberdrola en la Comunidad Valenciana, Julián Bolinches, y los presidentes de las sociedades científicas organizadoras, Natividad Ferrer y Pío Carmena.

Los ponentes de este encuentro, que se prolongó durante tres días, elogiaron la celebración de este con-

greso, al que calificaron de ambicioso y complejo. Destacaron, además, el gran nivel de los expertos participantes, así como la excelente acogida del evento, con más de 500 asistentes inscritos. En este simposio participaron responsables de Enresa, en el marco de las relaciones que la empresa mantiene con ambas sociedades científicas.

Uno de los actos más destacados del programa fue la conferencia de apertura, pronunciada por el profesor

José Manuel Sánchez Ron, que abordó las relaciones históricas entre la física y la medicina. ■

El Centro Tecnológico Mestral albergará una exposición en materia de protección radiológica

Los más de 5.000 visitantes que anualmente acuden a Tarragona a conocer el Centro Tecnológico Mestral, ubicado en el emplazamiento de la antigua central nuclear Vandellós I, tendrán la oportunidad de conocer a través de una exposición la evolución de la tecnología utilizada en España a lo largo del siglo XX en materia de protección radiológica.

Gracias a un convenio entre Enresa y la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), las dos entidades se han establecido nuevos puentes de colaboración gracias a los cuales la SEPR cederá un valioso material histórico que Enresa se encargará de mostrar en las instalaciones del Centro Tecnológico Mestral, una vez desarrollado el proyecto museístico.

La idea de ceder este material a Enresa para su exposición pública surgió en el transcurso del congreso que la Sociedad Española de Protección Radiológica llevó a cabo en Tarragona en el año 2007 con el fin de conservar el patrimonio tecnológico de nuestro país.

Antonio Hernández, nuevo director general de Política Energética y Minas

MITYC



Antonio Hernández.

El Consejo de Ministros en su reunión del 28 de agosto nombró director general de Política Energética y Minas a Antonio Hernández García.

Hernández García, de 44 años, es licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad Complutense de

Madrid y doctor en Economía Aplicada por la Universidad de Alcalá de Henares. Perteneció al Cuerpo Superior de Técnicos Comerciales y Economistas del Estado.

Entre otros cargos, ha sido subdirector adjunto de Deuda Pública y de Legislación y Política Financiera en la Dirección General del Tesoro, jefe de las oficinas comerciales de las embajadas de España en Sofía (Bulgaria) y en Teherán (Irán), y subdirector general de Estudios del Sector

Exterior y de la Competitividad en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. En el momento de su nombramiento ocupaba el cargo de director ejecutivo de Información y Estrategia de la Sociedad Estatal de Promoción y Atracción de Inversiones Invest In Spain. ■

Galardón a toda una vida de investigación

Juan Antonio Rubio, Premio Jaime I de Nuevas Tecnologías



J. FERNÁNDEZ

Juan Antonio Rubio, vicepresidente de Enresa y director general del Ciemat.

hacer de nuestros compatriotas en diversas ramas de las ciencias y las tecnologías.

Juan Antonio Rubio explicó que había dedicado toda su vida a la investigación, para lo que ha trabajado diariamente “desde las siete y media de la mañana hasta las nueve de la noche”, algo que no considera meritorio porque disfruta haciéndolo. Asimismo, hizo hincapié en el hecho de que no sólo se ha dedicado a la ciencia más fundamental, sino también a sus posibles aplicaciones para obtener algún tipo de beneficio social y económico, una labor que se refleja en la actividad misma del Ciemat, cuya tarea tildó de “espléndida” y que se desarrolla en ámbitos que van desde la energía al medio ambiente y a la tecnología más vanguardista.

El científico Juan Antonio Rubio, director general del Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) y vicepresidente de Enresa, ha sido galardonado con el Premio que cada año otorga la Fundación Premios Jaime I, en la modalidad de Nuevas Tecnologías.

El secretario de la fundación, Santiago Grisolia, declaró en el acto de concesión, el pasado mes de junio, que el galardón a Rubio premia una labor científica que ha tenido siempre un importante componente de investigación básica y que ha culminado en muy relevantes actividades de promoción de tecnologías, además de una intensa colaboración internacional y una gestión científica de excelencia.

Tras recibir el reconocimiento, el doctor Rubio, uno de los físicos españoles más eminentes y cuya impronta en el CERN (Centro Europeo de

Investigación Nuclear, ubicado en Ginebra, Suiza) ha creado escuela durante los decenios que allí estuvo trabajando, hizo extensivo el premio al centro de investigación que ahora dirige. “Este premio no es sólo para mí, sino también para el centro en el que comencé a trabajar cuando aún se llamaba Junta de Energía Nuclear (JEN) y al que volví después de un largo paréntesis en Ginebra. Estoy muy agradecido al Ciemat y a sus trabajadores”. Rubio añadió que se sentía muy orgulloso de haber recibido este galardón porque su importancia radica en que exige de los premiados un importante currículum científico, tecnológico y de aplicación de todos estos conocimientos a la sociedad. De hecho, la comunidad científica lleva ya años considerando a los Premios Rey Jaime I como los Nobel españoles, porque, en efecto, los premiados son siempre primerísimas figuras del buen

Investigación Nuclear, ubicado en Ginebra, Suiza) ha creado escuela durante los decenios que allí estuvo trabajando, hizo extensivo el premio al centro de investigación que ahora dirige. “Este premio no es sólo para mí, sino también para el centro en el que comencé a trabajar cuando aún se llamaba Junta de Energía Nuclear (JEN) y al que volví después de un largo paréntesis en Ginebra. Estoy muy agradecido al Ciemat y a sus trabajadores”. Rubio añadió que se sentía muy orgulloso de haber recibido este galardón porque su importancia radica en que exige de los premiados un importante currículum científico, tecnológico y de aplicación de todos estos conocimientos a la sociedad. De hecho, la comunidad científica lleva ya años considerando a los Premios Rey Jaime I como los Nobel españoles, porque, en efecto, los premiados son siempre primerísimas figuras del buen

Juan Antonio Rubio Rodríguez, nacido en Madrid en 1944, es doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y autor de 360 artículos científicos. Ha desarrollado su trayectoria como investigador y gestor primero en el Ciemat y luego, durante muchos años, en el CERN, la organización europea de investigación en Física de altas energías, ubicada en Ginebra. En este último organismo entró como becario en 1968, y llegó a ocupar diferentes puestos de responsabilidad, entre los que destaca el de asesor científico del director general del organismo, el Nobel Carlo Rubbia, entre 1990 y 1993. En el Ciemat fue, entre otros cargos, jefe del Grupo de Altas Energías, director del Departamento de Investigación Básica, director científico y, en la actualidad y desde el año 2004, director general. ■

Los científicos Carlos Duarte y Ginés Morata, entre los ponentes más aclamados

El Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente bate récord de asistencia en su edición de este año

El Seminario Internacional de Periodismo y Medio Ambiente, que organiza Enresa en colaboración con la Agencia EFE y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, se celebró en Córdoba del 23 al 25 de septiembre en su duodécima edición. Por primera vez en estos doce años

gación Científica y Técnica, y Carlos Duarte, presidente de la Sociedad Americana de Oceanografía, que disertaron sobre la revolución biológica y la contaminación oceánica, asuntos que generaron inquietudes y preguntas entre los asistentes.

Dos de las actividades más valoradas por los alumnos fueron el cine fórum, que este año proyectó la producción española *Agua de selva*, y la visita al almacén centralizado de El Cabril, con el maratón fotográfico.

La jornada de clausura comenzó con una mesa redonda sobre Darwin, en el bicentenario de su nacimiento. Tras ella, se inició un diálogo de expertos en el que se planteó, junto al público asistente, la viabilidad de desarrollar una eco-

nomía ecológica.

La parte más periodística del programa se concentró al final de la jornada, primero con un análisis de la profesión en la actualidad, y después con dos talleres prácticos que versaron sobre divulgación científica y las fuentes de las noticias ambientales. ■

bién que, gracias a este convenio, el Espacio Enresa del Centro Tecnológico Mes-tral completa sus exposiciones con la instrumentación radiológica, un segmento tecnológico importante que querían recuperar. ■

Francia selecciona dos municipios del departamento de Aube para acoger el futuro almacén de residuos de baja actividad y larga vida

El pasado mes de junio Francia seleccionó los municipios de Auxon y Pars-les-Chavanges, ambos ubicados en el departamento de Champagne-Ardenne, entre cuarenta que lo solicitaron, para acoger una instalación de almacenamiento de residuos con bajo contenido de radiactividad pero con radionucleidos de larga vida.

En Francia, la Ley de Planificación relativa a la gestión sostenible de materiales y residuos radiactivos, aprobada en 2006, contempla, entre otras cosas, el desarrollo de un repositorio específico para residuos de este tipo. Se trata de una instalación que se ubicará a poca profundidad —de 15 a 200 metros—, en una formación geológica con características adecuadas al tipo de radionucleidos contenidos en los materiales considerados.

Estos residuos son, fundamentalmente, el grafito de los reactores de grafito-gas y materiales con contenido de radio. En la actualidad, y al igual que en otros países, están almacenados temporalmente en

J. FERNÁNDEZ



Participantes en la sesión inaugural del seminario.

se superaron los 150 participantes, una cifra récord que constata la buena salud de esta iniciativa, decana del periodismo ambiental en España.

En la jornada inaugural destacaron las conferencias pronunciadas por Ginés Morata, premio Príncipe de Asturias de Investi-

Alejandro Rodríguez, director de operaciones de Enresa, y Pío Carmena, presidente de la Sociedad Española de Protección Radiológica, expresaron su satisfacción por poder mostrar por primera vez al público esta tecnología de forma sistemática.

El director de Operaciones de Enresa destacó tam-

ENRESA



La exposición muestra antiguos aparatos de protección radiológica.

instalaciones de superficie a la espera de su gestión final.

El plan de selección de emplazamientos se basa en un informe elaborado por Andra, la agencia responsable de la gestión de residuos radiactivos en Francia, a petición del Gobierno galo, que contó para su evaluación con la revisión de la Autoridad de Seguridad Nuclear (ASN) y de la Comisión Nacional de Evaluación (CNE).

Andra realizará durante 2009 y 2010 un programa de investigaciones geológicas y ambientales en ambos territorios para proceder a continuación a un debate público. Con anterioridad a la selección final del emplazamiento, ambos munici-

pios tendrán la oportunidad de confirmar o retirar su candidatura.

La construcción de esta instalación, sujeta a la aprobación de las correspondientes solicitudes de licencia, está prevista para 2017 y se estima que esté operativa en 2019. ■

El japonés Yukiya Amano será el nuevo presidente del Organismo Internacional de Energía Atómica a partir de noviembre

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), principal foro intergubernamental para la cooperación científica y técnica en materia de utilización de la energía nuclear con fines pacíficos, eligió



Yukiya Amano.

como nuevo presidente al japonés Yukiya Amano, quien sustituirá en noviembre al egipcio Mohammed El Baradei.

Yukiya Amano, diplomático de 63 años y experto en desarme y energía ató-

mica, será a partir de ahora el encargado de controlar este organismo tras recibir 23 votos a favor, 11 en contra y una abstención.

Amano ha sido representante de Japón como embajador ante el OIEA

vocación de servicio

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

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



El Gobierno decide el cierre de la central nuclear de Santa María de Garoña para 2013

El ministro de Industria, Turismo y Comercio, Miguel Sebastián, y el de Trabajo, Celestino Corbacho, anunciaron el pasado día 2 de julio el cierre de la central nuclear de Santa María de Garoña para el día 5 de julio de 2013, fecha para la que el Ejecutivo tendrá listo un plan industrial que garantizará el empleo “a cada uno de los trabajadores” de la planta.

Según explicaron en rueda de prensa ambos ministros, la decisión es “políticamente coherente y laboralmente responsable” porque cumple el compromiso electoral del PSOE de cerrar las plantas nucleares al final de “su vida útil” y concede “un tiempo más que razonable” para sustituir esta energía por otra más limpia y asegurar el futuro de los trabajadores de la comarca.



Central nuclear de Santa María de Garoña.

Al margen del futuro de Garoña, Sebastián ha dejado claro que el resto de centrales podrán seguir operando hasta cumplir su vida útil, siempre que garanticen la seguridad y que el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) no recomiende lo contrario.

La búsqueda de alternativas, tanto industriales como profesionales, ha

marcado la decisión del Gobierno de ofrecer un margen de dos años a la central para garantizar todos los puestos de trabajo y así diseñar una estrategia de formación y orientación que favorezca su movilidad.

La central nuclear de Santa María de Garoña, situada en Burgos, comenzó a funcionar en 1970. La empresa propietaria de dicha central, Nuclenor, presentó la documentación necesaria para prolongar su vida útil diez años más, hasta 2019. El 5

de junio de 2009, el Consejo de Seguridad Nuclear estimó adecuada la autorización de dicha extensión de la vida útil, basándose en que la seguridad de la planta no estaba comprometida, aunque finalmente el Gobierno decidió, siguiendo su apuesta por la sustitución progresiva de este tipo de energía, el cierre de la central en 2013. ■

desde el año 2005. Para acceder al cargo de presidente tenía como principales rivales al experto sudafricano Abdul Samad Minty y al español Luis Echávarri, director de la Agencia de Energía Atómica de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

El futuro presidente del OIEA fijó como objetivo de su mandato “hacer todos los esfuerzos necesarios para lograr un desarrollo sostenible a través del uso pacífico de la energía atómica al servicio de la humanidad”. ■

Suecia designa el emplazamiento de Forsmark para instalar el almacenamiento definitivo de residuos de alta actividad y combustible nuclear gastado

SKB, la compañía responsable de la gestión de los residuos radiactivos en Suecia, anunció a principios de junio la elección del emplazamiento de Forsmark, en el municipio de Osthamar, para albergar la futura instalación de almacenamiento final de los residuos radiactivos de alta actividad y del combustible nuclear gastado. Este emplazamiento competía con el de

Laxemar, en el municipio de Oskarshamn, y su elección se debió, según la agencia sueca, a las mejores características del granito de este emplazamiento.

La decisión ha tenido lugar después de veinte años de investigaciones, en los que se realizaron estudios de viabilidad en ocho municipios e investigaciones de detalle en los dos emplazamientos finalistas durante un periodo de cinco años, entre 2002 y 2007.

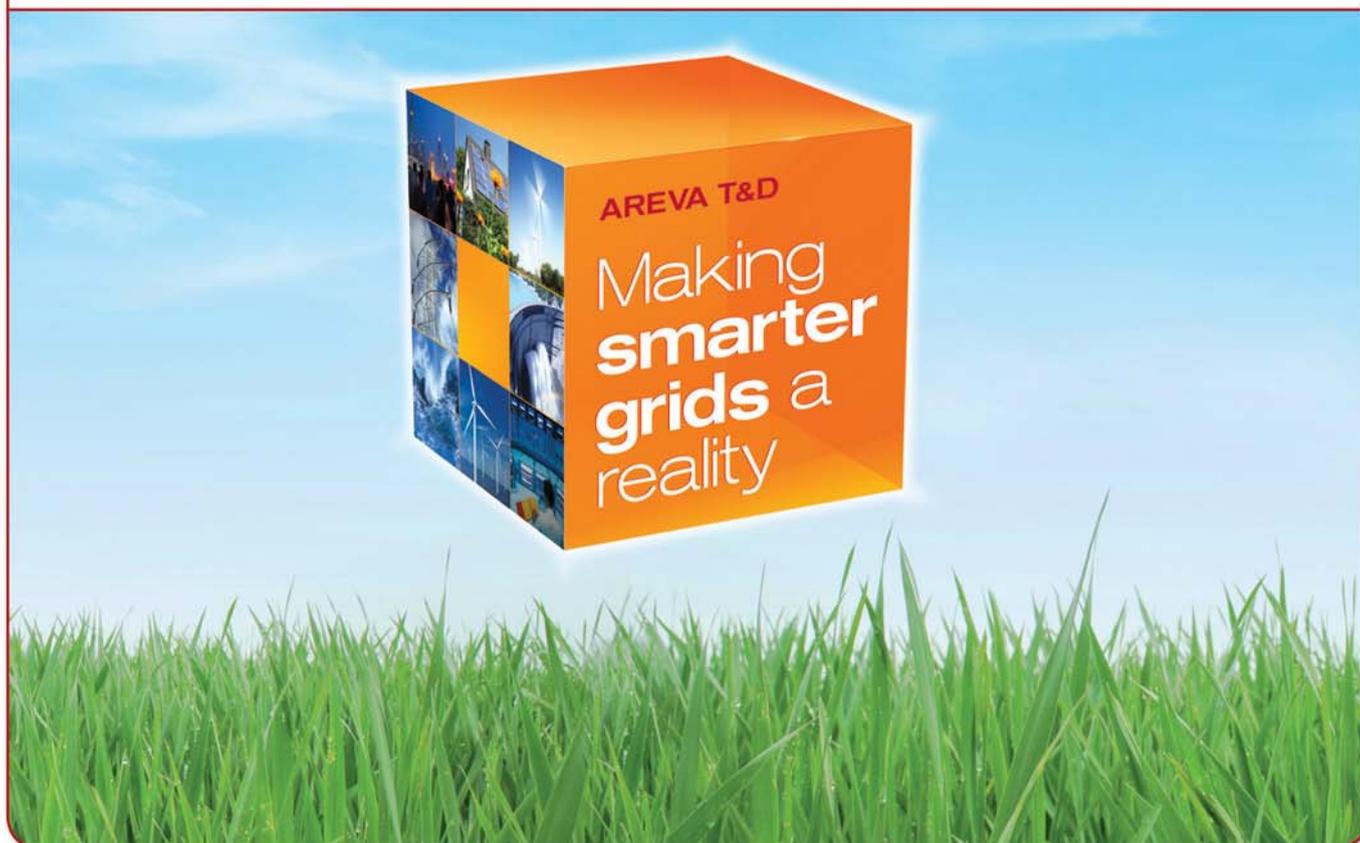
SKB tiene previsto solicitar la autorización de su construcción en 2010, incluyendo el estudio de seguridad de la instalación

y la evaluación de impacto ambiental, con la intención de comenzar los trabajos en el emplazamiento en 2013 y la construcción hacia 2015. De este modo, Suecia dispondrá de instalaciones para almacenamiento definitivo tanto de residuos de baja y media actividad como de alta actividad en el mismo municipio. Actualmente está en operación el repositorio SFR para residuos de baja y media actividad, construido en instalaciones subterráneas debajo del mar Báltico.

En el municipio de Oskarshamn, el otro candidato, la instalación CLAB

PREGUNTA CLAVE PARA EL FUTURO

¿Podemos hacer la red de transporte de energía más **ecológica** y **eficiente**? Si.



Con AREVA T&D, ya la red es más inteligente.

Nuestros clientes necesitan mayor eficiencia energética, una red fiable y menor impacto al medio ambiente. Es por ello que ya estamos suministrando tecnología de innovación y forjando sociedades duraderas en el tiempo. Todo esto, para conectar a los consumidores al futuro energético.

Afrontando los retos del futuro.

www.aveva.com

www.aveva-td.com/contactcentre



A
AREVA
PURE ENERGY

Enresa firma un nuevo acuerdo para la reducción del volumen de residuos radiactivos de baja y media actividad

El pasado mes de mayo se firmó un nuevo acuerdo marco entre Enresa, la Asociación Española de la Industria Eléctrica y Unesa, que busca reducir el volumen de residuos de muy baja, baja y media actividad generados en las centrales nucleares españolas.

Este acuerdo sustituye al anterior, firmado en abril de 2007, que establecía una financiación compartida de los proyectos de reducción de volumen aunque las propuestas fueran evaluadas por Enresa. Con el nue-

vo acuerdo, las propuestas de proyectos de reducción de volumen estarán sujetas a un proceso de aceptación por el grupo mixto de reducción de volumen, actualmente en elaboración, y serán financiadas íntegramente por Enresa.

El objetivo que se persigue con estos acuerdos es incentivar las actuaciones que permitan una optimización máxima del rendimiento del almacén centralizado de El Cabril.

Las propuestas, tendentes a una reduc-

ción de volumen o de actividad (reclasificación o desclasificación), pueden ser presentadas por todas las partes que conforman el grupo mixto, es decir, Unesa, las centrales o Enresa. Asimismo, las propuestas pueden tener como objetivo la implantación directa de mejoras en la gestión de los residuos de baja y media actividad en las centrales, en El Cabril, o ser objeto de proyectos de I+D+i. ■



Un técnico manipula bidones con residuos radiactivos.

de almacenamiento temporal centralizado para combustible gastado está en operación desde 1985. En ella se almacena todo el combustible gastado del parque nuclear sueco. Asimismo, SKB ha solicitado ya el permiso para construir en este municipio una planta de encapsulamiento de combustible gastado para su acondicionamiento con anterioridad a su traslado al repositorio. De esta forma, el esquema de gestión del combustible gastado en Suecia queda de la siguiente

manera: un periodo de enfriamiento en las piscinas del ATC sueco (CLAB); a continuación, acondicionamiento en la futura planta de encapsulamiento; y finalmente, traslado a la instalación de almacenamiento definitivo que se construirá en Forsmark. ■

La localidad eslovena de Krško acepta acoger un almacén de residuos de baja y media actividad

El ayuntamiento esloveno de Krško, en una reunión extraordinaria celebrada el

6 de julio, emitió su conformidad a la construcción de un centro de almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad en el emplazamiento de Vrbinja, dentro de su término municipal. En Krško se encuentra situada la central nuclear del mismo nombre, que comparten al 50% Eslovenia y Croacia. La decisión del ayuntamiento había sido pospuesta durante meses por dudas acerca de la aceptación social del almacén, pero una encuesta realiza-

da en el mes de mayo mostraba que dos tercios de sus habitantes estaban a favor de su localización en el municipio.

Esta aceptación del ayuntamiento y de sus vecinos es quizá la más importante de las más de treinta autorizaciones que la Agencia Eslovena para la Gestión de Residuos (ARAO) deberá recabar para iniciar la construcción de dicha instalación. Previamente a formalizar una propuesta al Gobierno, el Ministerio de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio deberá emitir la evaluación de impactos medioambientales derivados de la ordenación territorial. Se espera que todo el proceso administrativo, hasta la promulgación del correspondiente decreto de aprobación del emplazamiento, dure unos tres meses.

Una vez confirmado este emplazamiento, ARAO se centrará en el desarrollo del proyecto, en la elaboración del informe de seguridad y en obtener la evaluación del impacto medioambiental de la instalación y la autorización para actividades que requerirán al menos dos años. Posteriormente, se necesitarán unos tres años más de construcción hasta que se otorgue el permiso provisional de operación.

En cuanto el Gobierno haya aprobado el decreto sobre el emplazamiento, Eslovenia será el décimo país de la Unión Europea que disponga de un centro de almacenamiento definitivo para este tipo de residuos radiactivos. ■

Nos mueve un Proyecto de Futuro



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

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

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

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

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

Avanzamos con Energía

www.enusa.es

Enresa se encuentra a la espera de recibir los permisos correspondientes para iniciar las obras de desmantelamiento de la central José Cabrera, la primera planta nuclear que se inauguró en España y que finalizó su actividad comercial en abril de 2006, tras 37 años de operación generando electricidad. El proyecto de desmantelamiento tiene una duración prevista de seis años a partir de la transferencia de la titularidad de la instalación de Unión Fenosa a Enresa, y un presupuesto global de 135 millones de euros. ■ **POR Alejandro Rodríguez, DIRECTOR DE OPERACIONES DE ENRESA.**

Será la segunda central nuclear que se desmantele en España tras la de Vandellós I

El desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera

Cuando está próximo el inicio de las obras de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, es oportuno echar la vista atrás y hacer algo de historia. La primera vez que se trató el tema del desmantelamiento de centrales nucleares fue en 1975 en una conferencia en París, que llevaba por título *Nuclear Energy Maturity*. Hasta entonces todo había sido diseñar, construir y operar, pero desde entonces, y ya ha pasado tiempo, empezó a vislumbrarse el desmantelamiento como una actividad más del ciclo nuclear, una actividad final, a la que más tarde o más temprano todas las instalaciones llegarán; una actividad distinta a sus antecesoras, y con un objetivo final, restaurar los emplazamientos para cualquier uso que se determine.

Durante los años sesenta y setenta del siglo pasado se produjo una construcción generalizada de centrales nucleares en todo el mundo. Fue el *baby boom* de la energía nuclear, y esto hace que pasados cuarenta o cincuenta años estemos asistiendo a un pro-

ceso generalizado de fin de vida de las centrales con sus correspondientes clausuras. El desmantelamiento de las centrales nucleares ha dejado de ser una actividad emergente para consolidarse como una más de la industria nuclear, si bien carente aún en algunos países de la financiación adecuada o de una regulación específica. Afortunadamente el caso español no es éste, ya que las provisiones económicas están planificadas y el marco regulador ya se ha desarrollado.

Por todo lo anterior, el desmantelamiento de las centrales nucleares se presenta como una actividad industrial con tecnologías específicas, que conlleva oportunidades profesionales y empresariales nuevas, que deben ser absorbidas y aprovechadas por la sociedad.

En España, el camino recorrido en esta actividad ya es largo, como atestiguan las experiencias de los desmantelamientos de los reactores de investigación Argos (Barcelona, 1998-2004) y Arbi (Bilbao, 2002-2005); de la Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén, 1991-

1995); de la central nuclear Vandellós I (Tarragona, 1998-2003), y de las instalaciones del Ciemat-PIMIC (Madrid, 2005-2010). Todos estos proyectos, llevados a cabo por Enresa, han ido aportando experiencia a los equipos técnicos de la empresa, consolidando un activo importante que en estos momentos tiene la compañía, no sólo en los aspectos técnicos sino en los de gestión y organización de este tipo de procesos.

La etapa previa a la parada definitiva de la central José Cabrera

La construcción de la central nuclear José Cabrera, propiedad de Unión Fenosa, comenzó en 1964 e inició su explotación comercial en 1969. Consta de un sistema nuclear de producción de vapor, de diseño y suministro Westinghouse, formado por un reactor de agua ligera (PWR) de una potencia térmica autorizada de 510 MW y de una potencia eléctrica de 160 MW, y todos los sistemas auxiliares y de seguridad necesarios para el funcionamiento eficaz de la instalación en condiciones seguras.



Vista general de la central nuclear José Cabrera, en Almonacid de Zorita (Guadalajara).

En el año 2002, el Ministerio de Economía autorizó el funcionamiento de la central hasta el 30 de abril de 2006. Posteriormente, la Dirección General de Política Energética y Minas, a través de la Orden ITC/1625/2006, de 20 de abril de 2006, confirmó el cese

definitivo de la explotación de la central en la fecha prevista y estableció las condiciones a las que deben ajustarse las actividades a realizar en la instalación hasta la autorización de desmantelamiento, así como el marco básico para la obtención de ésta.

Previamente, en el año 2003, dentro de los acuerdos entre Enresa y el conjunto de centrales nucleares, y como consecuencia del anuncio de la fecha del cese definitivo de la explotación, Enresa elaboró el Estudio Básico de Estrategias para el Desmantelamiento de la Central Nuclear José Cabrera, que presentó al entonces Ministerio de Economía en julio de ese mismo año.

El Estudio Básico de Estrategias propuso acometer de forma inmediata las etapas necesarias para realizar el desmantelamiento total de la central; esto es, proceder a retirar todas las estructuras, equipos y componentes con y sin connotación radiológica, seguida eventualmente de la demolición de aquellos edificios que así se determinase, y de la gestión de los materia-

les residuales generados, para finalizar con la restauración y liberación de los terrenos del emplazamiento ocupados por la central.

Etapas de transición

La etapa de transición en el desmantelamiento de la central José Cabrera corresponde al periodo comprendido entre la parada definitiva y la autorización de desmantelamiento y transferencia de titularidad de la instalación. El proceso se encuentra actualmente en esta fase.

El principal propósito de esta etapa ha sido reducir los riesgos potenciales de la instalación, y fundamentalmente evacuar el combustible gastado desde las piscinas al almacenamiento temporal independiente (ATI), así como acondicionar los residuos de operación. Adicionalmente y con el fin de preparar el emplazamiento para el desmantelamiento, se ha adelantado, también en esta etapa, la descontaminación del circuito primario de la central y la caracterización de la instalación y el emplazamiento.

Sistema de generación de vapor de la central nuclear José Cabrera.





Panorámica del almacén temporal de combustible de la central nuclear José Cabrera.

El 30 de abril de 2008, Enresa solicitó al Ministerio de Industria Turismo y Comercio (MITYC) la transferencia de titularidad de la instalación central nuclear José Cabrera y la correspondiente autorización para llevar a cabo el Plan de Desmantelamiento y Clausura de la instalación, presentando como soporte a dicha solicitud la documentación requerida en el artículo 30 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

Previamente, en marzo de 2007, se inició el proceso de evaluación de impacto ambiental con la presentación del documento comprensivo del pro-

yecto. Y, una vez finalizado el proceso de consultas y enviadas éstas por el Ministerio de Medio Ambiente a Enresa, se presentó el Estudio de Impacto Ambiental en julio de 2008.

En el momento de escribir este artículo Enresa está a la espera de recibir las correspondientes autorizaciones administrativas que la facultan para iniciar las labores de desmantelamiento propiamente dichas.

Etapa de desmantelamiento

El Proyecto de Desmantelamiento y Clausura presentado para la central

nuclear José Cabrera da prioridad a la seguridad del medio ambiente, del público y del personal que realiza los trabajos. Esta máxima se traduce en una planificación de los trabajos en la que todas las actividades se someten a un estricto control que tiene en cuenta tanto los riesgos laborales propios de cualquier industria convencional como los radiológicos.

Las principales actividades del proyecto se pueden secuenciar en cinco grandes grupos de actividades, que a su vez pueden dividirse en varias subactividades con distintos hitos relevantes, que se desarrollarán de acuerdo con los planes asociados que conforman el proyecto.

■ Actividades preparatorias

El inicio de las tareas de desmantelamiento requiere disponer de una serie de sistemas e instalaciones auxiliares que deben ser construidos o modificados con anterioridad. Estas actividades preparatorias se realizarán de acuerdo con los Planes de Modificaciones de Sistemas y los Planes de Acondicionamiento de Instalaciones Auxiliares. Además, con objeto de eliminar riesgos e interferencias durante el desarrollo de los trabajos, se aplicarán los Planes de Descargos Definitivos y el Plan de Reducción / Eliminación de Riesgos.

This will be the second nuclear power plant to be dismantled in Spain, in the wake of Vandellós I

Dismantling and decommissioning of José Cabrera nuclear power plant

Enresa is currently awaiting the permits required to initiate the dismantling of the José Cabrera facility, the first nuclear power plant to go on line in Spain, which came to the end of its commercial lifetime in April 2006 after 37 years of operation and electricity gen-

eration. The dismantling project is scheduled to last six years as from the transfer of ownership of the facility from Unión Fenosa to Enresa and has a budget of 135 million Euros. ■ BY Alejandro Rodríguez, ENRESA DIRECTOR OF OPERATIONS

With the start of the dismantling works at the José Cabrera nuclear power plant now in sight, this is an appropriate moment to look back and consider recent history. The first time that the issue of nuclear power plant dismantling was dealt with was in 1975, at a conference in Paris entitled *Nuclear Energy Maturity*. Up until then the entire question had been one of design, construction and operation, but since that moment—and it has been quite a while since that conference—dismantling has begun to be seen as just another activity in the nuclear cycle, a final activity that will sooner or later affect all the facilities, an activity different from its predecessors and with the ultimate objective of restoring the sites for whatever use might be determined.

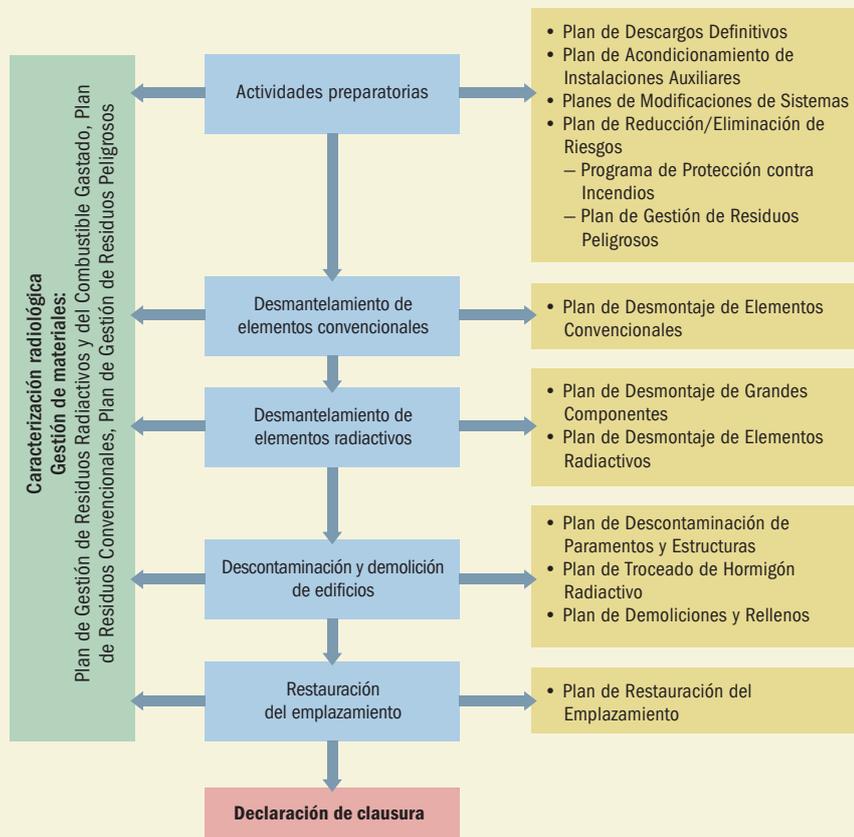
During the 1960's and 1970's, the construction of nuclear power plants was widespread across the entire world. It was the *baby boom* of nuclear energy and now, forty or fifty years later, we are seeing the arrival of the end of

the service lifetime of these plants and are faced with the corresponding general process of dismantling these installations. The dismantling of nuclear power plants has ceased to be an emerging issue and is now consolidated as a regular activity in the nuclear industry, albeit an activity that lacks adequate financing or specific regulation in certain countries. Fortunately this is not the case in Spain, since economic provisions have been planned and the regulatory framework developed.

In view of the above, the dismantling of the nuclear power plants is an industrial activity involving specific technologies that implies new professional and business opportunities that should be absorbed and seized by society.

In Spain the path followed in this direction has been a long one, as is underlined by the experiences of dismantling the Argos (Barcelona, 1998-2004) and Arbi (Bilbao, 2002-2005) research reactors, the Andújar Urani-

Actividades principales en el desmantelamiento de la central José Cabrera



■ Desmantelamiento de elementos convencionales

Se incluyen en este apartado los desmantelamientos correspondientes a los

edificios e instalaciones de la central sin connotaciones radiológicas, denominados *desmontajes convencionales*. Entre los edificios e instalaciones más significa-

tivos de este grupo se encuentran: edificio de turbinas, edificio diésel, torres de refrigeración, talleres, etcétera.

■ Desmantelamiento de elementos radiológicos

Se llevará a cabo de acuerdo al Plan de Desmontaje de Elementos Radiactivos y al Plan de Desmontaje de Grandes Componentes. Es la actividad más significativa en cuanto a dosis, coste y tiempo; requiere de mayores protecciones y de empresas más especializadas.

Las actividades básicas que integran estos planes son las siguientes:

— Desmontaje y descontaminación del edificio del reactor.

— Desmontaje y descontaminación del edificio auxiliar.

— Desmontaje y descontaminación del edificio del evaporador de residuos.

— Desmontaje y descontaminación de los almacenes temporales de residuos.

Una de las actividades más complejas a llevar a cabo es el desmontaje y segmentación de los grandes componentes del sistema primario, ubicados en el interior del edificio de contención. Para esta tarea se estima una duración superior a tres años. La secuencia de desmantelamiento propuesta para grandes componentes es la siguiente:

um Mill (Jaén, 1991-1995), the Vandellós I nuclear power plant (Tarragona, 1998-2003) and the Ciemat-PIMIC facilities (Madrid, 2005-2010). All these projects, carried out by Enresa, have provided the company's technical teams with valuable experience, an important asset for the company not only in relation to technical aspects but also regarding the management and organisation of this type of projects.

The stage prior to the definitive shutdown of the José Cabrera plant

Construction of the José Cabrera Nuclear Power Plant, owned by Unión Fenosa, began in 1964 and the plant went into commercial operation in 1969. The nuclear steam supply system was designed and supplied by Westinghouse and is made up of a light water PWR reactor with an authorised thermal output of 510 MW and an electrical power of 160 MW and all the auxiliary and safety systems required for the efficient operation of the facility under safe conditions.

In 2002, the Ministry of Economy authorised the operation of the plant until April 30th 2006. Subsequently, the Directorate General for Energy Policy and Mines, through Order ITC/1625/2006, of April 20th 2006, confirmed the definitive shutdown of the plant on the scheduled date and established the requirements to be met in performing activities at the facility prior to awarding of the dismantling permit, along with the basic framework for the granting of this authorisation.

Previously, in 2003, as part of the agreements in force between Enresa and the nuclear power plants overall and as a result of the announcement

of the definitive shutdown of the facility, Enresa drew up the Basic Study on Strategies for the Dismantling of the José Cabrera Nuclear Power Plant, which was submitted to the then Ministry of Economy in July of that year.

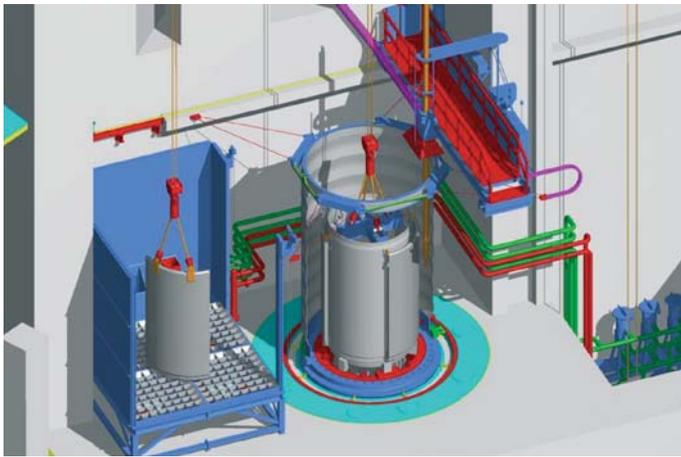
The Basic Strategies Study proposed that all the stages necessary for the complete dismantling of the plant be addressed immediately; in other words that all the structures, equipment and components, with and without radiological connotations, be dismantled, followed eventually by the demolition of whatever buildings might be selected for this process and the management of the waste materials generated, this leading finally to the restoration and release of the land on the site of the plant.

Transition stage

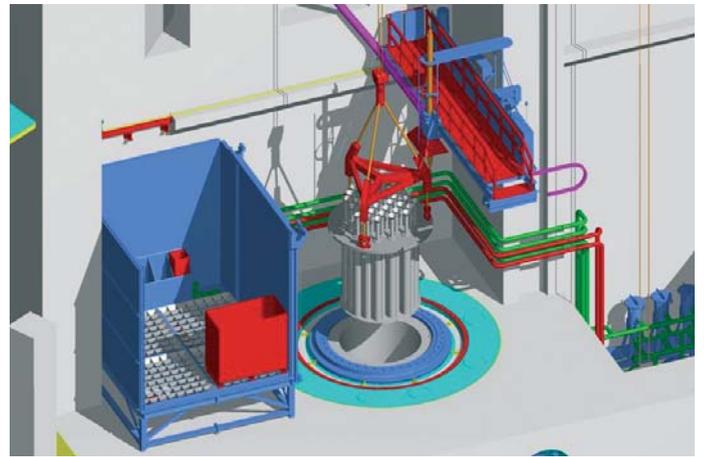
The transition stage in dismantling of the José Cabrera plant is the period from definitive shutdown to granting of the dismantling permit and transfer of the ownership of the facility. The process is currently in this phase.

The main purpose of this stage has been to reduce the potential risk of the installation, this consisting fundamentally of removing the spent fuel from the plant pools and transferring it to the independent temporary storage (ITS) facility and of conditioning the operating wastes. In addition, and with a view to preparing the site for dismantling, this stage has also included decontamination of the plant primary circuit and characterisation of the installation and the site.

On April 30th 2008, Enresa requested the transfer of the ownership of the José Cabrera nuclear power plant from the Ministry of Industry, Tourism ▶



Maqueta de segmentación del blindaje térmico.



Maqueta de extracción de los internos superiores para su segmentación.

— Desmontaje y segmentación de los internos del reactor.

— Desmontaje y segmentación de la vasija del reactor.

— Desmontaje y segmentación de los grandes componentes del circuito primario en el siguiente orden: bomba de refrigerante, presionador y generador de vapor.

■ Descontaminación y demolición de edificios

En este grupo de actividades serán de aplicación el Plan de Descontaminación de Paramentos y Estructuras, el Plan de Troceado de Hormigón Activado y el Plan de Demoliciones y Rellenos.

La descontaminación de paramentos y estructuras se realizará una vez eliminados los componentes de los distintos edificios y finalizada cualquier actividad que pudiera conllevar una nueva contaminación (ruta de paso de residuos o almacenamiento temporal).

■ Restauración del emplazamiento

El Plan de Restauración del Emplazamiento servirá para garantizar que los suelos y edificios que van a ser liberados estén limpios de radiactividad residual. Este grupo de actividades contempla, por tanto, la desclasificación de todos los edificios e instalaciones de la central, la demolición de

aquellos que así se determine y el relleno de determinadas cavidades.

■ Gestión de materiales residuales

La gestión de materiales, al igual que la caracterización radiológica, son actividades que se realizan durante todas las fases del proyecto. Esta actividad se desarrolla en cuatro líneas: gestión de residuos convencionales, gestión de residuos peligrosos, gestión de materiales desclasificables y gestión de residuos radiactivos y del combustible gastado.

El desmantelamiento de la central generará una gran cantidad de materiales residuales, debiéndose determinar cuáles serán reciclados y cuáles tra-

▶ and Trade (MITC), along with the corresponding authorisation for performance of the corresponding Dismantling and Decommissioning Plan, submitting the documentation required by article 30 of the Regulation on Nuclear and Radioactive Facilities in support of this request.

Previously, in March 2007, the environmental impact assessment process had begun with the submittal of the documentation describing the project. On completion of the process of consultations, and with these having been provided to Enresa by the Ministry of the Environment, the Environmental Impact Study was presented in July 2008.

At the moment of writing this article, Enresa is awaiting the corresponding administrative authorisations that will allow the company to initiate the dismantling tasks.

Dismantling stage

The Dismantling and Decommissioning Project presented for the José Cabrera nuclear power plant gives top priority to the safety of the environment, the public and the personnel performing the actual work. This maxim translates into a planning of the works in which all the activities are subjected to strict control, taking into account both the occupational risks inherent to any conventional industry and the radiological risks.

The main activities of the project may be broken down into five major sequential groups, which may in turn be divided into several sub-activities with different relevant milestones, to be carried out in accordance with the associated plans that make up the project.

■ Preparatory activities

The initiation of the dismantling tasks requires that a series of auxiliary systems and installations be available, these needing to be constructed or modified beforehand. These preparatory activities will be carried out in accordance with the Systems Modifications Plans and with the Auxiliary Facilities Conditioning Plans. Furthermore, with a view to eliminating risks and interferences during work performance, the Definitive Tagout Plans and Risk Reduction / Elimination Plan will be applied.

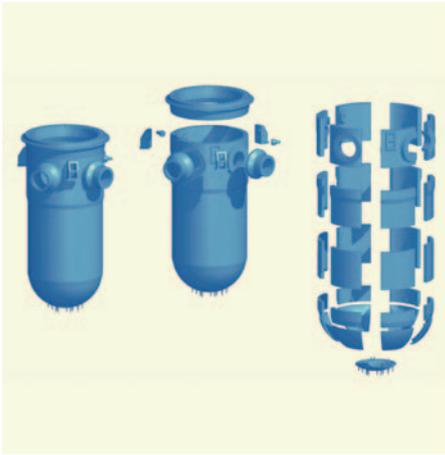
■ Dismantling of conventional elements

This area includes the dismantling activities relating to the plant buildings and facilities that do not have any radiological connotation, and is known as *conventional disassembly*. Among the most significant buildings and facilities in this group are the turbine building, the diesel building, the cooling towers, workshops, etc.

■ Dismantling of radiological elements

This will be carried out in accordance with the Radioactive Elements Disassembly Plan and the Major Components Disassembly Plan. It is the most significant activity from the point of view of dose, cost and time and requires the highest levels of protection and the intervention of the most highly specialised companies.

The basic activities that make up these plans are as follows:
—Disassembly and decontamination of the reactor building.



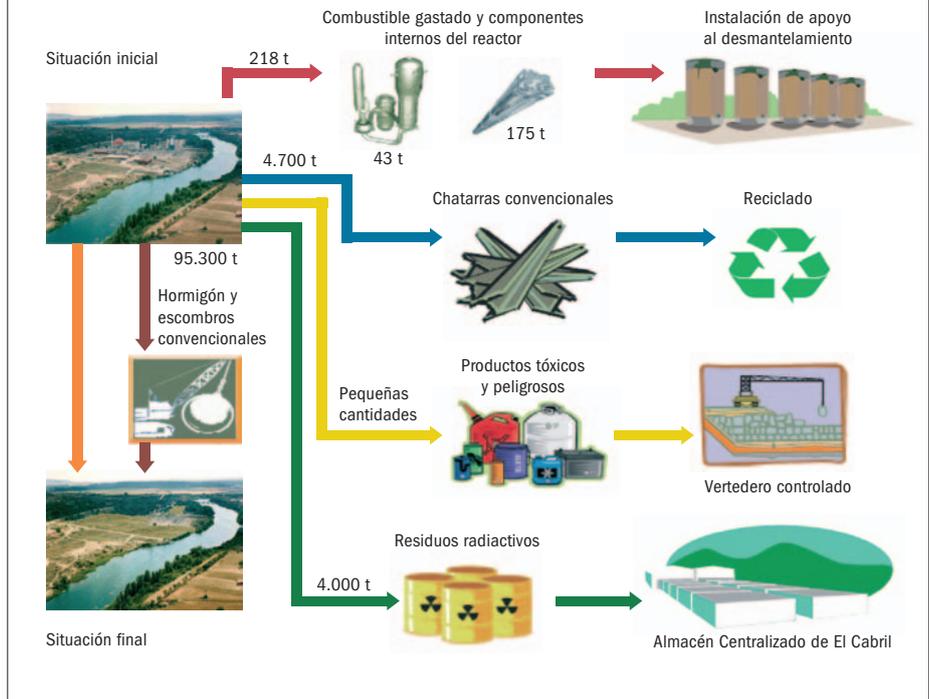
Esquema de la segmentación de la vasija del reactor.

tados como residuos. Para reducir al máximo el volumen de residuos y hallar vías de reutilización para el resto se implantará un *software* de gestión de materiales que garantice el correcto destino de los mismos, especialmente para aquellos materiales que proceden de zonas radiológicas.

Los escombros de hormigón limpios podrán ser reutilizados dentro del propio emplazamiento; los materiales férricos convencionales serán reciclados y los productos tóxicos y peligrosos serán depositados y tratados en instalaciones apropiadas a través de gestores autorizados.

De las más de 104.000 toneladas de materiales generados durante el des-

Flujos y cantidades de materiales y residuos generados durante el desmantelamiento



mantelamiento se ha estimado que sólo serán residuos radiactivos 4.043 toneladas, es decir un 3,88% del total (de los cuales 3,84% corresponderán a residuos de actividad muy baja y baja-media, y el 0,04% restante, a residuos de media actividad).

El almacén centralizado de El Cabril dispone de capacidades sufi-

cientes para almacenar todos los residuos de muy baja y baja-media actividad que se prevé generar, y el resto —combustible gastado y residuos de media actividad— se trasladarán al almacén temporal individualizado (ATI) que se ha construido en el emplazamiento de la Central Nuclear José Cabrera.

- Disassembly and decontamination of the auxiliary building.
- Disassembly and decontamination of the waste evaporator building.
- Disassembly and decontamination of the temporary waste storage facilities.

One of the most complex activities to be undertaken is the disassembly and segmentation of the major components of the primary system, which are located inside the containment building. It is estimated that this task will take longer than three years, the sequence of dismantling proposed for the major components being as follows:

- Disassembly and segmentation of the reactor internals.
- Disassembly and segmentation of the reactor vessel.
- Disassembly and segmentation of the major components of the primary circuit, in the following order: main coolant pump, pressuriser and steam generator.

■ Decontamination and demolition of buildings

The Walls and Structures Decontamination Plan, the Active Concrete Chopping Plan and the Demolitions and Backfill Plan will be applicable to this group of activities.

The decontamination of walls and structures will be carried out following the removal of the components from the different buildings and on completion of any activity that might imply new cases of contamination (waste transfer routes or temporary storage).

■ Site restoration

The Site Restoration Plan will serve to guarantee that the land and buildings to be released are clean of all residual radioactivity. Consequently, this group of activities contemplates the declassification of all the plant buildings and facilities, the demolition of those selected for this route and the refilling of certain cavities.

■ Management of waste materials

Like radiological characterisation, materials management is an activity that is performed throughout all the phases of the project. This activity is developed along four lines of management: conventional waste management, hazardous waste management, the management of declassifiable materials and the management of radioactive wastes and spent fuel.

The dismantling of the plant will generate a large quantity of waste materials, and it will be necessary to determine which should be recycled and which should be treated as waste. In order to reduce the volume of wastes to the maximum possible extent and identify routes for the rest of the materials to be reused, a management software will be implemented to guarantee the correct destination of all these materials, and especially those coming from radiological areas.

Clean concrete rubble may be reused on the site itself, conventional ferritic materials will be recycled and toxic and hazardous products will be deposited and treated at appropriate facilities via authorised management organisations. ▶

La transferencia de titularidad

La especificidad del caso español, según la cual el responsable del desmantelamiento de las centrales nucleares es el mismo que gestiona los residuos radiactivos, conlleva un cambio de titularidad de la instalación desde el antiguo titular de explotación (Unión Fenosa Generación) hacia Enresa, en el mismo momento que se concede la autorización de desmantelamiento.

Asumir la responsabilidad sobre una central nuclear, aunque haya cesado su producción, es una labor que requiere años de solape entre ambas organizaciones para que se produzca sin discontinuidades bruscas tanto en el ámbito técnico como en el ámbito social.

Con este objetivo, Unión Fenosa Generación y Enresa llevan trabajando más de tres años para afinar un acuerdo

de transferencia que regule y proteja tanto los derechos del que cede como los del que recoge, así como en un contrato de prestación de servicios para que una parte del personal de explotación, unas cuarenta personas, sigan prestando sus servicios bajo la futura titularidad de Enresa, colaborando en las labores de desmantelamiento y aportando su experiencia, que redundará en una mejor calidad de los trabajos. Cabe resaltar que la disposición de Unión Fenosa Generación ha sido en todo momento excelente, aportando ideas y buscando soluciones.

Organización, plazos y coste del desmantelamiento

La duración prevista de las obras de desmantelamiento es de seis años a partir del momento en que Enresa asuma la titularidad de la central.

El equipo humano de Enresa que se desplace al emplazamiento estará ajustado a las necesidades de los puestos de responsabilidad y será un grupo experimentado en otros proyectos de desmantelamiento. Estos técnicos estarán apoyados por contratistas habituales de servicios en el campo nuclear para dirigir y controlar los trabajos. La previsión en punta de obra es de unas 250 personas, de las que se pretende que el componente local sea relevante.

La valoración de costes que se realizó al inicio del proyecto en el año 2003 sigue estando vigente, con un presupuesto estimado de 135 millones de euros, cifra que no incluye la gestión del combustible de la central, que ha sido otro proyecto independiente ya finalizado. ■



Estado inicial y final previsto después del desmantelamiento de la central José Cabrera.

► Of the total of more than 104,000 tons of materials that will be generated during dismantling, it is estimated that only 4,043 tons will be radioactive wastes, i.e. 3.88% of the total (of which 3.84% will be very low, low or intermediate level wastes and the remaining 0.04% intermediate level long-lived wastes).

The El Cabril centralised disposal facility has sufficient capacity to dispose of all the very low, low or intermediate level wastes expected to be generated. The rest, spent fuel and intermediate level long-lived wastes, will be stored at the individualised temporary storage (ITS) facility that has been constructed on the site of the José Cabrera nuclear power plant.

■ Transfer of ownership

The specific nature of the Spanish case, according to which the organisation responsible for the dismantling of the nuclear power plants also manages radioactive wastes, implies the need for the ownership of the facility to be transferred from the previous operating licensee (Unión Fenosa Generación) to Enresa at the moment of granting of the dismantling permit.

Undertaking the responsibility for a nuclear power plant, even though it is no longer in the production phase, is a task that requires years of overlapping between the two organisations, in order for the transition to be both technically and socially seamless.

With this aim in mind, Unión Fenosa Generación and Enresa have

been working for more than three years on fine tuning a transfer agreement regulating and protecting the rights of both the organisation assigning ownership and the assignee, as well as a service performance contract under which a part of the operating personnel, some 40 persons, will continue to work under the future ownership of Enresa, collaborating in the dismantling tasks and contributing with their experience of the plant, this helping to improve the overall performance. It should be pointed out in this respect that Unión Fenosa Generación's willingness to help has been excellent providing ideas and searching for solutions at all times.

■ Dismantling organisation, terms and costs

The dismantling works are expected to last six years as from the moment in which Enresa takes over the ownership of the plant.

The size of Enresa's staff working at the site will be adjusted to the needs regarding posts of responsibility and will have experience of previous projects. This team will be supported by regular service suppliers in the nuclear field, who will assist in directing and controlling the work. The forecast is for some 250 persons at work peaks, and the aim is for a significant number of these people to be local.

The cost assessment carried out at the beginning of the project, in 2003, continues to be valid, the estimated budget amounting to 135 million Euros. This figure does not include the management of the plant fuel, which has constituted an independent project that has now been completed. ■

ENSA

Equipos Nucleares, S.A.

FABRICACIÓN INSTALACIÓN Y SERVICIO DE COMPONENTES NUCLEARES



Servicio

Instalación

Investigación

Fabricación



SOCIEDAD ESTATAL
DE PARTICIPACIONES INDUSTRIALES

ENSA

Equipos Nucleares, S.A.



ISO 14001



ISO 9001



ISO 9002



Classes 1,2 and 3

Oficinas Generales: C/ Ortega y Gasset 20,5º Tel.: (34) 91 555 36 17 Fax: (34) 91 556 31 49 • 28006 Madrid. ESPAÑA
Fábrica: Avda. de Juan Carlos I, 8 . Tel.: (34) 942 20 01 01 Fax: (34) 942 20 01 48 • 39600 Maliaño, Cantabria. ESPAÑA

El investigador oceanográfico Carlos Duarte se ha convertido en los últimos años en una referencia internacional sobre los impactos de la actividad humana en los mares y sistemas acuáticos. Profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, Duarte ha dirigido en los tres últimos años campañas científicas en el Ártico y en la Antártida. Su trayectoria profesional le ha reportado numerosos galardones: en 2007 recibió el Premio Nacional de Investigación y este año le ha sido concedido el Premio Rey Jaime I de la Generalitat Valenciana, entre otros. Duarte, que nació en 1960 en Lisboa junto al Atlántico, reconoce que el medio marino le fascina; y a él se entrega con absoluta dedicación. ■ **POR Gustavo Catalán, periodista ambiental.**

*Carlos Duarte,
investigador marino*

“En los océanos está la clave del futuro de la humanidad”

— *Acaba de volver de una expedición al Ártico por segundo año consecutivo. Esta vez en el curso de una investigación sobre los cambios bruscos en el Polo Norte.*

— Hemos estado cerca de las islas Svalbard, a 78 grados Norte, en el marco de un proyecto europeo que tiene que ver con cambios abruptos en el Ártico e intenta comprender los impactos de un océano con mucho menos hielo y mayores temperaturas. Se trata de averiguar a partir de qué nivel de calentamiento se pueden disparar los cambios en el ecosistema y cuáles serían los impactos más importantes.

— *¿Dónde se ha desarrollado el trabajo de campo?*

— En toda la franja entre Rusia y Groenlandia. Hemos navegado en un barco noruego. Y yo luego he desarrollado un experimento en tierra que ha

durado tres semanas, evaluando la respuesta del plancton al calentamiento.

— *¿Qué resultados se han conseguido de manera provisional?*

— Hemos visto que, efectivamente, el calentamiento puede provocar cambios abruptos en la comunidad del plancton, que contiene las especies clave de la base de la cadena trófica del Ártico. Además puede haber cambios bruscos en la producción biológica y también un aumento en la tasa de respiración de los ecosistemas. Todo coincide con los resultados de otros modelos. Lo que falta por definir es cuándo se puede producir esto. El Ártico podría pasar de ser el gran sumidero de dióxido de carbono (CO₂) que es en la actualidad, a ser un surtidor de CO₂ a la atmósfera si la temperatura subiera por encima de tres grados sobre el nivel de referencia de 1990.

— *Este año estaba previsto que fuera un año récord de deshielo en el Ártico.*

— Efectivamente, existen esas previsiones. Los datos provisionales ya anuncian resultados adversos. El Ártico puede pasar de ser un océano blanco cubierto de hielo a un océano azul. También está siendo adverso para nuestras costas; ahora mismo, la temperatura del agua del Mediterráneo está entre dos y tres grados por encima de los valores normales.

— *Como coordinador de la campaña española ATOS [Aportes atmosféricos de carbono orgánico y contaminantes al océano Polar], integrada en el programa mundial del Año Polar Internacional, ¿puede indicarnos qué papel ha jugado España?*

— Un papel realmente bueno e importante, porque era la primera vez que España participaba, ya que en las



Carlos Duarte, en una de sus misiones polares.

ediciones anteriores nuestro país no había tenido ningún programa de actividad científica en estas regiones. Pero ahora ya tenemos experiencia acumulada de veinte años, básicamente en la Antártida, y en colaboración con otros países en el Ártico en los últimos tiempos. ATOS ha sido un programa ambicioso en el conjunto de la actividad científica internacional.

— *¿Qué regiones se han visitado?*

— Hemos realizado investigaciones muy importantes y hemos demostrado que no sólo tenemos una comunidad científica muy competitiva, sino que estamos preparados para trabajar en ambos polos. Esta vez hemos empleado logística propia para trabajar en el Ártico y así contribuir a la actividad científica internacional.

— *Recuerdo que en el verano de 2008, navegando en el buque oceanográfico Hes-*

pérides, usted relató cómo la capa de hielo se reducía a ojos vista, a una velocidad de 20 kilómetros diarios.

— Así fue. En la Antártida este año hemos encontrado unas temperaturas anómalas en las aguas de la Península Antártica, tres grados por encima de lo normal. Eso es mucho para un océano donde las fluctuaciones de las temperaturas son mínimas. Y es mucho mayor que el recorrido normal de cambios de temperatura. Además, asociado a esto, observamos un retroceso de la banquisa de unos 500 kilómetros fundidos en dos semanas.

— *En su libro 'Impactos del calentamiento global sobre los ecosistemas polares', afirma que, pese a que no hay una actividad humana cercana, los polos son una de las regiones más vulnerables.*

— Aunque sean unas zonas remotas, no están aisladas porque sufren

masivamente los efectos del cambio climático. Además, el Ártico está rodeado de importantes países —EE.UU., Canadá, Rusia o Noruega—, algunos grandes potencias, que van a mover ficha en el aprovechamiento de los recursos marinos y también en el transporte de mercancías que están abriendo en la región. Añadiría que están aprovechando su influencia internacional para saltarse a la torera todas las leyes internacionales de las Zonas Económicas Exclusivas. Se están repartiendo el pastel entre ellos, sin consideración alguna por la comunidad internacional.

— *¿Por qué son tan importantes los polos para el sistema climático de la Tierra?*

— Los polos ejercen un papel fundamental en la regulación climática global. Al estar cubiertos de hielo refle-

jan entre el 70% y el 80% de la radiación solar que reciben. Pero al fundirse el hielo, en vez de reflejar el calor, el océano lo absorbe contribuyendo más al calentamiento. Además, en las zonas polares es donde se produce el enfriamiento de las masas de agua, y donde se *recargan* los motores de las grandes corrientes oceánicas marinas, que juegan un papel importante en la regulación climática del planeta. Por otra parte, cuando el hielo que se funde está apoyado en tierra, contribuye a elevar del nivel del mar, que también es un proceso global que nos afecta a todos.

— *¿Puede haber cambios globales abruptos como anuncian algunos expertos?*

— Eso es una posibilidad que no incluyen la mayor parte de los modelos, simplemente porque estos cambios bruscos se derivan de dinámicas no lineales que son tremendamente difíciles de predecir. No solamente de predecir, sino de incorporar a los modelos climáticos actuales, que ignoran estos posibles cambios abruptos porque no existe una formulación adecuada para tratar estos fenómenos.

— *¿La ciencia no tiene respuesta todavía a esto?*

— No obstante, todo el mundo científico sabe que existen esas posibilidades, y están identificadas y se están vigilando con interés. Particularmente en los polos, donde están dos o tres de los motores de esos cambios abruptos y que parecen haberse puesto en marcha ya.

— *¿Qué pasará con la fauna de los polos, desde el plancton a las ballenas?*

— Todos los organismos netamente polares están sometidos a un futuro incierto, mucho más en el Polo Norte, porque los indicios de desequilibrio en la Antártida son mucho más suaves, aunque este año ha empezado a dar señales de cambio. En el Ártico los cambios están muy acelerados y la fauna está en riesgo a medio plazo.

— *¿En contraposición a la superficie terrestre, qué papel juegan los océanos en la biosfera?*

— Un papel fundamental. El hecho diferencial de nuestro planeta con los demás es la presencia de esos océanos, que es donde se generó la vida, y gracias a esta vida se logró cambiar las condiciones atmosféricas del planeta para que pudiera soportar la existencia de seres vivos en la superficie terrestre. El océano es la clave de todo.

— *¿En los mares se esconden muchas de las grandes preguntas de la ciencia? ¿Pueden ser la reserva alimentaria de un mundo superpoblado?*

— Creo que en los océanos está gran parte de la clave del futuro de la humanidad. En ellos está la respuesta a nuevas fuentes de energía, de alimento y de agua. Y también es una nueva fuente de recursos para la biotecnología. Se están generando un gran número de patentes que nacen de la biodiversidad celular marina. La biotecnología desarrollada a partir de organismos marinos está creciendo vertiginosamente gracias a la evolución de la vida en los sistemas marinos y todo esto tiene un valor incalculable.

— *¿Es un tópico decir que se conoce más de la Luna o de Marte que del fondo de los mares?*

— Desgraciadamente no. Los fondos abisales siguen estando, en gran medida, sin cartografiar, al contrario de lo que ocurre con la Luna o Marte, donde se conoce con gran detalle su topografía. Casi todo lo que hay por debajo de la cubierta media de agua a los 1.700 metros de profundidad supone un desafío tecnológico importante y sólo hay cinco o seis países que poseen los medios necesarios para observar directamente el fondo del océano.

— *¿De qué manera va a afectar al ecosistema marino la absorción de tanto dióxido de carbono por el efecto de acidificación de las aguas?*

— De los muchos impactos a los que está sometido el océano, que incluyen el cambio climático, el aumento del nivel del mar, la destrucción de hábitats en las zonas costeras o el vertido de sustancias, quizá el menos importante sea el de la acidificación. Es un problema que ha cogido bastante vue-

lo tanto por el esfuerzo de investigación como por su presencia en los medios de comunicación. Las evaluaciones están demostrando, afortunadamente, que los organismos marinos tienen mucha más capacidad de adaptación de la que se pensaba.

— *¿En qué cifras andan ya las últimas previsiones de subida del nivel del mar?*

— Se han ido incrementando desde las previsiones de 2007 del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), que apuntaban a una subida de 40 centímetros para este siglo. Ahora ya se han duplicado esas previsiones.

— *El IPCC ya ha cometido anteriores errores a la baja.*

— Lo que estamos viendo es que todas las previsiones del IPCC se quedan cortas año tras año y esto es porque es un foro que, por su propia mecánica, está sujeto a acuerdos entre científicos que vienen delegados por los países, con posiciones políticas muy determinadas por sus gobiernos. Esto viola de alguna manera el principio de independencia de la ciencia y hace que el resultado sean previsiones, base de políticas muy conservadoras, que nos pueden dar alguna sorpresa.

— *¿Cuáles son los ecosistemas marinos que se verán afectados de una manera más inmediata?*

— A más corto plazo, los arrecifes de coral, las playas submarinas, los bosques de manglar y todos los grandes ecosistemas costeros. En estos últimos se superponen los problemas derivados del crecimiento de la población en la zona costera, lo que supone más presión, junto a los impactos derivados del cambio climático.

— *Hablemos del Mediterráneo, el mar frente al que vive y donde dirige la Estación Costera de Cap Salines, en Mallorca. ¿De qué manera están afectando los cambios globales a este mar?*

— El Mediterráneo es como cualquier mar que tenga poca conexión e intercambio de aguas con los océanos, como pueden ser también el Báltico o el propio Ártico. En estos mares más aislados, todos los impactos se están amplificando. De alguna manera sirven de alarma o aviso frente a lo que podría ocurrir a nivel global.

“Prefiero hablar de cambio global que de cambio climático”

— *¿El cambio climático es la mayor amenaza para la humanidad?*

— Hay otros componentes de cambios ambientales globales —por eso yo prefiero hablar de cambio global— que generan mucha más vulnerabilidad que el propio cambio climático. Todos estos fenómenos no son independientes. Todos los impactos sobre el uso del suelo y los problemas derivados, como la desertificación, el uso excesivo de los recursos hídricos y de elementos como el nitrógeno y el fósforo, causan impactos que se ven agravados por el cambio climático. Digamos que la situación no es la suma de todos los impactos, sino que se amplifican y multiplican unos con otros. Es ahí donde está el grave peligro: se está generando un aumento de presiones en todos los niveles y somos incapaces de prever cuáles son las interacciones y los efectos derivados de esas presiones simultáneas.

— *¿Qué medidas debería tomar la Cumbre del Clima de Copenhague del próximo diciembre para atajar las emisiones de efecto invernadero?*

— Se debería tomar una posición valiente y firme en cuanto a la reducción de emisiones de efecto invernadero. Y también una posición solidaria reconociendo que el problema del impacto climático ha sido algo que se ha generado en los países desarrollados por el exceso de consumo de energía y otras actividades. Ahora tienen que tender la mano a los países en desarrollo y ayudarles económicamente a continuar con el crecimiento al que tienen derecho y hacerlo de una forma que huya de las emisiones que hemos realizado y sabemos dónde nos llevan. Pero no son ellos quienes tienen que pagar ese coste. Si tomáramos una parcela de aire en cualquier lugar, el 90% del CO₂ que contiene de más lo han emitido los países desarrollados.

— *¿Qué cifras y plazos de reducción de emisiones deberían adoptarse en la Cumbre de Copenhague?*

— Yo creo que el objetivo es lograr estabilizar el sistema climático con un calentamiento inferior a dos grados centígrados sobre el nivel de referencia de 1920. Ése sería el mejor compromiso al que podríamos aspirar, al menos a medio plazo. ■

— *En sus observaciones directas en las Baleares, ¿qué ha percibido?*

— Quizá donde estoy es una zona donde las cosas están relativamente bien. La calidad del agua, salvo casos puntuales, es correcta. Y como no hay una gran actividad agrícola ni industrial, no hay grandes vertidos al mar. Sin embargo, si miramos alrededor, a ambas orillas continentales, nos encontramos con una situación bastante peor. En los archipiélagos todavía la situación es razonablemente buena y los impactos que vemos son los derivados del cambio climático, porque de esos no se escapa nadie. No dependen de la actividad local, sino de lo que hacemos a nivel planetario.

— *¿Qué relación personal mantiene con el mar?*

— Tengo una fascinación que va más allá del interés científico. Me gusta desde el punto de vista estético, emocional, histórico... Yo comparto con casi todos los miembros de mi especie la misma fascinación por el océano a pesar de que somos una especie terrestre.

— *Tengo entendido que es navegante y buceador.*

— Sí. Tengo el título para manejar pequeñas embarcaciones de recreo y he buceado miles de veces desde 1982 en todas las costas del mundo.

— *En sus inmersiones habrá tenido experiencias dignas de contar.*

— Hay inmersiones que son desagradables, con frío, poca visibilidad y malas condiciones. Pero hay que hacerlas para poder seguir investigando. Hay otras, sin embargo, inolvidables. Debo decir que es muy raro que haga alguna inmersión sólo por placer. Siempre he ido por trabajo.

— *¿Ha tenido encuentros con cetáceos y grandes peces?*

— A los cetáceos sólo los he visto de lejos, no así a los delfines. Pero también he visto serpientes marinas, tiburones y espectáculos únicos que me gustaría que la gente tuviera la posibilidad de ver. Observar la belleza que hay bajo la piel del océano es una garantía de que todos nos sumariamos a conservar ese tesoro único del universo. ■



Carlos Duarte opina que nadie escapará a los impactos derivados del cambio climático.

Los incrédulos buscan cualquier pequeño argumento para negar este hecho histórico



El alunizaje nunca tuvo lugar

Un montón de efectos especiales, la ayuda inestimable de científicos de todo el mundo, de cineastas famosos y una puesta en escena abrumadora son los argumentos en los que se basan los escépticos para afirmar que el vuelo del *Apolo 11* nunca alunizó en el Mar de la Tranquilidad. Es más, hasta los soviéticos, que pugnaban por llegar a la Luna antes que los estadounidenses, se dejaron embaucar. ¿Cómo es posible que un hecho en el que estaban implicadas 400.000 personas siga poniéndose en duda cuarenta años después? ■ POR **Pablo Francescutti**, PERIODISTA CIENTÍFICO.

Desengañese: la cuenta atrás en Cabo Cañaveral, el vuelo orbital en torno a la Luna, el salto de gigante sobre la polvorienta superficie selenita, la bandera de las barras y las estrellas clavada al sur del Mar de la Tranquilidad, la caminata de Neil Armstrong... Todo lo que usted vio en la pantalla de su televisor de blanco y negro, todo eso nunca tuvo lugar. No era más que un habilísimo montaje perpetrado con las más altas tecnologías de la época. Así lo asegura el coro de incrédulos que, al cumplirse el 40º aniversario del alunizaje, grita estridente que todo, todo fue un fabuloso embuste.

¿Tongo? ¿Pero por qué?, se preguntará al instante, sumido en el mayor desconcierto. Y el coro le responderá: por el interés de las autoridades estadounidenses y la NASA en ganar la carrera espacial, aunque fuese mediante mentiras.

¿Cómo?, seguirá usted inquiriendo, cada vez más confundido... El coro le replicará sin vacilar: mediante una simulación del alunizaje filmada con efectos especiales en un estudio clandestino en Nevada, de acuerdo con el guión del escritor de ciencia ficción Arthur Clarke y con un coste de 30.000 millones de dólares de la época.

¿Pero quiénes fueron los autores del engaño?, demandará usted la mar de perplejo... Y los coreutas le darán al punto los nombres de los conjurados: el cineasta Stanley Kubrick fue el director del rodaje fraudulento; el ingeniero aeroespacial Werner von Braun, el falsificador de las supuestas rocas lunares; y el jefe de los astronautas de la agencia espacial estadounidense, Derek Slayton, el orquestador de la farsa.

A esta altura usted ya se estará cuestionando si el coro de escépticos no será un hato de lunáticos, nunca mejor dicho. Deseoso de aclararse, recurrirá a la megacolección de nuestro tiempo (Google) y encontrará numerosas páginas *web* consagradas a difundir la falsía de la NASA. Allí sabrá que las dudas en relación al alunizaje nacieron en el país responsable de la hazaña. La primera denuncia escrita se remonta a 1974, la fecha de la publicación por Bill Kaysing de *We*

Never Went to the Moon: America's Thirty Billion Dollar Swindle. En el libro se afirma que los seis alunizajes del Programa Apolo nunca tuvieron lugar, pues fueron una colosal patraña.

A partir de entonces las hipótesis escépticas se multiplicaron. Básicamente, su argumentario se reduce a las siguientes aseveraciones: la NASA, viéndose incapaz de enviar hombres más allá de la órbita terrestre, decidió organizar una farsa; las imágenes difundidas



Portada de un tabloide denunciando el supuesto engaño.

del alunizaje dejan entrever el montaje realizado en la Tierra; y por último, una conjura de silencio consiguió confundir al mundo durante tres décadas.

Las pretendidas pruebas

¿Qué pruebas ofrecen los escépticos de tan graves afirmaciones? Examinada con detalle, vemos que su argumentación se basa, más que en la aportación de pruebas originales favorables a su postura, en la crítica de las evidencias del alunizaje.

Por ejemplo, las incongruencias en las fotografías presuntamente producidas en la Luna: ciertas sombras anómalas; una calidad demasiado buena para ser real; la ausencia de estrellas en el cielo selenita; las pisadas que parecen impresas en arena húmeda; y la bandera estadounidense ondeando cuando allí no corre viento: un rosario de rarezas sólo explicables por haber sido tomadas en un decorado cinematográfico.

También las evidencias materiales han sido descalificadas. Los más de 750 kilogramos de rocas traídas de nuestro satélite en realidad serían trozos de meteoritos lunares recogidos en la Antártida por Von Braun, aducen los críticos.

Otro recurso argumentativo consiste en invocar como prueba la falta de pruebas. De ese modo, la desaparición de las cintas de telemetría del primer paseo lunar, admitida por la NASA, se torna en la flagrante demostración de la inexistencia del paseo.

El contraataque

El clamor de las acusaciones ha tomado tal dimensión pública que los expertos de la agencia estadounidense, acompañados por una legión de astrónomos, científicos y periodistas han salido al paso de las acusaciones para desmontarlas pacientemente.

Así, la buena calidad de las fotografías lunares se explicaría porque la Nasa sólo difundió las mejores y se reservó las de peor calidad. Las sombras “poco naturales” resultarían de una suma de factores: el polvo lunar, la luz reflejada por nuestro planeta, el terreno desparejo y la distorsión producida por las lentes de gran angular.

La ausencia de estrellas se debe a que el evento tuvo lugar de día, y la luz solar, multiplicada por la tenue atmósfera lunar, las ocultaba, tal como ocurre en la Tierra. La curiosa apariencia de las pisadas responde a que el polvo selenita se aglutina en el vacío cobrando el aspecto de talco o arena húmeda. En cuanto a la procedencia de las rocas lunares, recuerdan que el origen lunar de los meteoritos en cuestión sólo se descubrió en 1982, por lo que nadie pudo pensar en utilizarlas con fines de engaño antes de esa fecha.

Respecto de las grabaciones desaparecidas, recuerdan que era habitual en los años sesenta y setenta borrar las cintas grabadas para reutilizarlas; y añaden que sí se conservan las relativas a las caminatas de las siguientes misiones Apolo, un dato ante el cual los escépticos pasan de puntillas. En cuanto a la



La calidad de la fotografía, la textura del suelo y el origen de las rocas lunares han sido objeto de especulación.

ondulación de la bandera, prosiguen los defensores del alunizaje, se debe a los cables insertos en el tejido por el fabricante y al movimiento giratorio realizado por los astronautas al clavar el asta en el suelo lunar.

Y de esa guisa han procedido con el resto de las acusaciones.

Da igual; un sector de la opinión pública se mantiene impertérrito. Según la encuesta Gallup, un 6% de los estadounidenses cree en las acusaciones. El escepticismo se ha extendido a otros países: el Public Opinion Fund ruso del año 2000 encontró que el 28% de los entrevistados no creían en el alunizaje estadounidense. Otro tanto pensaba el 40% de los lectores del periódico sueco *Aftonbladet*. Este año, un sondeo de la revista *Engineering & Technology* detectó que el 25% de sus lectores británicos no creía que el hombre hubiese pisado la Luna.

Dichas teorías asumen que las 400.000 personas involucradas en el proyecto Apolo participaron del ardid (junto con las decenas de técnicos españoles que controlaron el desarrollo de las misiones desde las estaciones de Robledo de Chavela y Fresnedillas). Y dan por hecho que todos los periodistas acreditados fueron cómplices o víctimas del embuste (incluido nuestro hombre en Florida, Jesús Hermida).

Lo que ninguna de ellas aclara es por qué los mayores interesados en denunciar tamaña mentira, los soviéticos, se dejaron embaucar tan fácilmente. A fin de cuentas, era posible seguir la trayectoria de los módulos *Columbia* y *Eagle* desde diversos telescopios. Además, las comunicaciones circulaban sin encriptar y “los soviéticos podían interceptar los mensajes de las naves estadounidenses”, señala Luis Ruiz de Gopegui, ex director de los centros españoles de la NASA, y escéptico de las tesis escépticas. “Al menor traspie de su adversario, Moscú lo habría ventilado a los cuatro vientos”, agrega. Mas este detalle significativo no preocupa a los incrédulos, concentrados únicamente en los presuntos camelos del proyecto Apolo.

Las fuentes de la sospecha

El hecho de que, pese a las concienzudas refutaciones, la creencia en tales imputaciones continúe en pie constituye para muchos el auténtico enigma.

Para algunos analistas se trata de una más de las teorías de la sospecha surgidas con el advenimiento de la sociedad postindustrial y la cultura de masas. El “fraude lunar” pertenece a la misma familia que las explicaciones conspirativas del asesinato de J. F. Kennedy y de los atentados del 11-S (que los seguidores de dichas teorías atribuyen al Gobierno de Bush Jr.).

Sus partidarios comparten similares patrones de razonamiento. El sociólogo Ted Goertzel, de la Rutgers University (EE.UU.), señala que “para ellos argumentar es una cuestión de acumulación, más que de persuasión. Si piensan que tienen más datos que la otra parte, creen que llevan razón”. Mark Fenster, profesor de la Universidad de Florida, apunta que a poco que se escarbe en su discurso se tropezará al final con una creencia inamovible: las personas en el poder “lisa y llanamente no son de fiar”.

Aunque algunos creyentes en esas teorías son personajes excéntricos, como el documentalista Bart Sibrel, que persigue a los ex astronautas con una Biblia y una cámara para exigirles que juren sobre ella que estuvieron en la Luna, muchos de sus seguidores son “gente normal e inteligente, que acepta de buena fe estas teorías conspirativas”, observa el astrónomo Philip Plait. La comprensión de la naturaleza de las pruebas en liza, reflexiona Plait, demanda unos buenos conocimientos de historia, fotografía y ciencia. “Esto requiere trabajo, hincar los codos en el asunto, y la mayoría de la gente no quiere hacerlo. Por eso estas cosas tienen tirón”, concluye.

La difusión de estas hipótesis extravagantes se ha visto favorecida por la expansión de la esfera mediática. Inter-



El profesor Mark Fenster ha desmontado pacientemente las hipótesis conspirativas.

net facilita la formación de comunidades de escépticos, dedicados a intercambiarse datos y reafirmarse en sus opiniones. “La Red permite a la teoría seguir existiendo y estar disponible”, añade Fenster, “pues ya no se trata de libros polvorientos arrinconados en el último estante de una librería”.

Los medios tradicionales tienen su cuota de responsabilidad. Tal como hicieron en su día con los platillos voladores (publicando fotos borrosas de ovnis o haciéndose eco de los delirios de los “contactados”), unos cuantos explotan el morbo generado por esas creencias. La cadena estadounidense Fox, por citar un caso reciente, no ha tenido empacho en pasar pretendidos documentales sobre la “impostura lunar”.

Juzgadas en un contexto más amplio, dichas teorías tienen como trasfondo una extendida crisis de credibilidad. Una de ellas concierne a la pérdida de fe en el realismo fotográfico. Del respeto reverencial al testimonio fotográfico se ha pasado a la sospecha generalizada. El desencanto se ha visto alimentado por sonados casos de imágenes manipuladas o trucadas. Han surgido dudas acerca de iconos célebres, como la muerte del miliciano capturada por Robert Capa, tachada por algunos de ser una foto posada. La obsesiva desconfianza de los incrédulos en el

registro visual del alunizaje sería otro síntoma del deterioro del aura de autenticidad de la fotografía.

Tampoco parece casual que las teorías surjan en plena conmoción del proceso de Watergate. La pérdida de confianza en las instituciones públicas estadounidenses se ahondó en los años siguientes, a medida que las pesquisas periodísticas y parlamentarias destapaban los manejos ocultos de agencias estatales como la CIA o el FBI. Cundió en la ciudadanía el insidioso pensamiento de que poderes secretos la estaban manipulando (de hecho, Kaysing confesó que el sentimiento de engaño gubernamental expresado por los veteranos de Vietnam se halla en la base de su hipótesis).

Vinculado a lo anterior se encuentra la toma de conciencia del secretismo del que pueden ser capaces los entes gubernamentales en una democracia, incluidos los relacionados con la investigación. El proyecto Manhattan puso de manifiesto cómo una iniciativa de alta seguridad que implicaba a miles de personas podía ocultarse al público varios años, dando pie a que muchos se preguntan: ¿qué no estarán escondiendo ahora?

No olvidemos la creciente desconfianza en los medios de comunicación (en especial en la televisión). La reac-

ción contra la “sociedad del espectáculo” (esto es, el poder de los medios para modelar la realidad) puede haber canalizado los recelos del público hacia uno de los eventos más mediatizados del siglo XX, la carrera a la Luna.

Tampoco es desdeñable el papel que juega aquí el antiamericanismo, una suma de percepciones hostiles hacia Estados Unidos que otorga credibilidad a cualquier imputación negativa que se haga a esa nación o a sus organismos públicos o privados.

Escepticismo a prueba de pruebas

Así las cosas, parece difícil erradicar semejantes concepciones. Peor; los intentos por demostrar su mendacidad surten el efecto indeseado de darles más repercusión.

Por eso, nos tememos que de poco servirá que en este cuadragésimo aniversario la NASA difundiera fotos de los restos y huellas dejados por sus astronautas, tomadas por la sonda *Lunar Reconnaissance Orbiter*. Para justificarse, el creyente en las conspiraciones se ve empujado a una eterna fuga hacia delante; si al abrirse los archivos no aparecen las pruebas esperadas, aducirá que han sido eliminadas por sus custodios; si científicos independientes desmantelan sus argumentos, dirá que forman parte de la intriga. En una formulación representativa de su modo de pensar, un incrédulo ha dicho que aunque le muestren por un telescopio los rastros de los alunizajes nunca se lo creerá, pues pudieron haberlos puesto allí aparatos enviados por la NASA.

Démoslo por seguro: los aficionados a buscarle la quinta pata al gato no desaparecerán. El mundo se vuelve cada vez más complejo y la necesidad de explicaciones simples en las que todo encaje crece por momentos. En un plano más específico, la proliferación de teorías conspirativas como la relativa al alunizaje debe poner en alerta a los promotores del razonamiento científico, por lo que tiene de inquietante recordatorio de cuán abierta se mantiene la brecha entre la ciencia y el sentido común. ■

Semeja apenas una impureza que podría pensarse que aminora su valor como adorno, pero es justamente el tesoro que lo convierte en pieza codiciada para los científicos.

El ámbar contiene con frecuencia inclusiones de pequeños animales y restos botánicos que se han preservado durante millones de años y que nos hablan de mundos perdidos. Cada pieza es como un arca de Noé que nos permite viajar en el tiempo y conocer en parte cómo era la vida en el pasado. El mayor yacimiento de ámbar del Cretácico de Europa, y probablemente del mundo, fue descubierto el año pasado en Cantabria. Miles de piezas han sido ya extraídas, y muchas decenas de miles más esperan el paciente trabajo de excavación que se prolongará durante varios años. Son muestras ricas en inclusiones de insectos y otros artrópodos y tienen un color azulado sin parangón en el resto del mundo. ■ POR **Ignacio F. Bayo**, DIVULGA. FOTOGRAFÍA: **Rafael Lozano y Enrique Peñalver**.



Avispa Ichneumoidea, conservada en ámbar.

Cantabria tiene el yacimiento de ámbar más rico del mundo en microfauna de hace cien millones de años

ARCAS DEL CRETÁCICO

Encontrar un protopiojo, el supuesto antepasado de los actuales habitantes de los cabellos de muchos humanos. Ése es el sueño de improbable realización de Enrique Pe-

ñalver, paleoentomólogo que trabaja analizando piezas de ámbar para estudiar los rastros de vida que contienen. De momento, se conforma con las decenas de insectos que se acumulan ya

en su laboratorio a la espera de estudio, descripción y catalogación. Muchos de ellos serán especies nuevas, desconocidas para la ciencia, de las que ya se han descrito varias, incluyendo cua-

tro dípteros (el grupo al que pertenecen las moscas y los mosquitos), que se han incorporado al catálogo este verano.

El yacimiento de El Soplao, descubierto en la primavera de 2008 en Cantabria, promete acaparar la actividad de Peñalver durante muchos años, porque el número de piezas con *bicho* dentro es muy elevado, y el proceso de trabajo con cada una de ellas es largo y, aparentemente para el profano, tedioso. El primer paso es determinar si hay alguna inclusión mediante un examen superficial; después se pule la superficie del ámbar, se delimita con precisión la posición del animal y se corta hasta dejar una pieza mínima que lo contiene.

luego debe ser cortado y pulido para que quede preparada. El resultado es una pieza perfectamente transparente en cuyo interior se encuentra la muestra, debidamente protegida de golpes e inclemencias y que está lista para la observación a través del microscopio. Una vez preparada empieza el auténtico trabajo de Peñalver, que se inicia con un dibujo pormenorizado del animal en tinta; “no basta con hacerle microfotografías, porque el dibujo es una interpretación, una reconstrucción de la que puedo eliminar impurezas y cosas ajenas y completar cosas que faltan”, explica este paleoentomólogo del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

cosas de El Soplao en diversas revistas internacionales, como los *Anales de la Sociedad Entomológica de Francia*. En ese empeño participan también otros colegas de la Universidad de Barcelona, que ha becado a un estudiante para hacer la tesis doctoral sobre los insectos de El Soplao.

Y entre el trabajo rutinario de ir repitiendo el proceso insecto por insecto, a veces surge algo insólito, como la tela de araña encerrada en un trozo de ámbar de Teruel que Peñalver y sus compañeros publicaron en *Science* en 2006. “Era un fragmento pequeñito, pero se veía la estructura y tenía varias presas, lo que indica que hace 110 millones de años los arácnidos ya hacían telas



Un científico estudia el resultado de una excavación manual en el yacimiento de El Soplao.



Muestra de ámbar tallado y pulido para su análisis.

ne. El tamaño final depende del insecto, pero con frecuencia es de apenas uno o dos milímetros, ya que los animales atrapados suelen ser pequeños, porque como explica Peñalver, “esta resina debía ser bastante viscosa y los bichos más grandes tenían suficiente fuerza para despegarse y escapar, aunque a veces perdían parte de una pata o de un ala”.

A continuación, se sumerge en una resina artificial especial desarrollada por la NASA, denominada epoxy, que polimeriza muy bien y tiene una transparencia perfecta. La epoxy forma un bloque alrededor de la muestra, que

Y mientras lo explica, muestra un ejemplo, un dibujo que recuerda el trabajo de los naturalistas de otros tiempos, dando vida en el papel, a un tamaño más de cien veces aumentado, a un animal que apenas debía medir un milímetro. “Vamos haciendo el dibujo y la descripción, tratando de ver qué especie era y qué relación guarda con los insectos actuales. Esto, por ejemplo, es un tipo de saltamontes, pero ¿de qué familia?, ¿de qué género?, ¿es nuevo?, ¿y qué relaciones evolutivas tiene?”. Por último, cuando las preguntas tienen ya respuesta, llega la publicación. “Este mismo año se van a publicar ya varias

complicadas orbiculares y atrapaban insectos voladores”. En El Soplao se han encontrado ahora trocitos de plumas que aún no se sabe si pertenecían a dinosaurios o a las primeras aves, “y podrían contener huevecillos de insectos parásitos, lo cual sería un hallazgo estupendo, digno de *Nature* o *Science*. Mi sueño sería encontrar los ancestros de los piojos o de las pulgas, aunque serían tan peculiares que probablemente no los identificaríamos como tales”.

Quizás sus protopiojos soñados se encuentran ya en la antesala. Desde la primavera de 2008, cuando se halló el yacimiento, se han realizado ya tres

excavaciones, la última de ellas el pasado mes de julio, y se han recuperado miles de piezas, pero Peñalver todavía está trabajando con las que obtuvieron en la recogida inicial Idoia Rosales y María Najarro, las geólogas del IGME autoras del hallazgo.

Gracias a una carretera se descubrió el filón

El yacimiento se encuentra en las inmediaciones de la cueva de El Soplao, que el Gobierno de Cantabria adecuó para abrirla al público en general. Como parte del proyecto, según explica Idoia Rosales, “hace un par de años se firmó un convenio de colaboración entre la Consejería de Cultura, Turismo y Deportes, el IGME y la empresa que gestiona la cueva, que lleva ya tres o cuatro años abierta al público, para estudiar la geología de la cueva y de su entorno. Como yo estaba dirigiendo aquí la tesis doctoral de María Najarro sobre las características sedimentológicas de la zona, me pidieron que montara el proyecto”.

Para acceder a la cueva, se hizo una carretera nueva, y la obra puso al des-

cubierto el yacimiento de ámbar, situado a unos tres o cuatro kilómetros. Lo que empezó siendo un descubrimiento de algunas piezas en superficie en la cuneta de la carretera pronto se vio que se trataba de una auténtica bolsada. “Recogimos material superficial y se lo pasamos a los paleontólogos para ver si tenía inclusiones, y Enrique Peñalver nos dijo que sí y empezó todo el tinglado”, explica Rosales.

Como la veta prometía, se puso en marcha una excavación en el otoño de 2008, durante la cual, además de excavar y sacar piezas, se hizo una primera cata a 25 metros de distancia para comprobar si era también “fértil”, como dicen los expertos, y se comprobó que la bolsada llegaba al menos hasta allí. La segunda excavación se realizó en marzo de 2009 y se probó una nueva técnica extractiva mediante agua a presión, pero la fragilidad de las piezas desaconsejó su empleo. La tercera excavación, a finales de julio pasado, ha permitido comprobar, mediante una nueva cata, que el filón se extiende al menos 50 metros, lo que convierte al yaci-

miento en el más importante de Europa —y probablemente del mundo— del periodo Cretácico. Concretamente, se ha datado en el Albiense inferior, hace aproximadamente 110 millones de años.

“La capa donde se encuentra el ámbar tiene metro y medio de espesor, y está mezclado con restos vegetales y arcillas, además de abundantes rastros de fusinita”, afirma Rosales. La fusinita es madera carbonizada por el fuego y transformada por el tiempo, y tiene unas características especiales, porque se disgrega con facilidad y se forma cuando la madera se expone a temperaturas muy altas y durante poco tiempo, lo que hace que las paredes celulares vitrifiquen. Resulta de especial interés porque permite plantearse un apasionante problema para detectives: desentrañar el origen del yacimiento.

¿Cuál es el origen de tanto ámbar?

Una hipótesis, que ha sido expuesta por Enrique Peñalver en el informe de la primera campaña de excavación, apunta a que se produjo un gigantesco paleoincendio en una zona de bosque resinoso



Trabajo cotidiano en El Soplao. Los estudiantes y los paleobiólogos que trabajan en este yacimiento rebuscan en la tierra hasta encontrar el ámbar.

que arrasó la arboleda y dejó el suelo vulnerable a la erosión. La madera quemada y el ámbar sepultado a cierta profundidad debieron quedar expuestos a lluvias torrenciales que arrastraron todo el material y lo depositaron en una zona muy cerca de la costa, probablemente en un canalillo del estuario deltaico de un río, lo que vendría avalado por la presencia de incrustaciones y conchas de animales invertebrados marinos. Según Peñalver, el clima de la época era propicio para estas manifestaciones catastróficas, ya que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera era muy superior al actual, dando lugar a un clima cálido de tipo tropical, con frecuentes tormentas y huracanes. Además, la abundancia de oxígeno atmosférico era también mayor, lo que propiciaba que se produjeran con frecuencia incendios de forma natural, probablemente por la acción de los rayos de tormenta. Ambos fenómenos, gran incendio y fuertes lluvias, estarían en el origen de la bolsa de El Soplao.

Pero esta hipótesis todavía no está plenamente consolidada. Idoia Rosales,

directora de la investigación, en la que participan muchos otros científicos, recuerda que el ámbar arde con suma facilidad, y en un incendio habría desaparecido, incluso el que se encontrase enterrado cerca de la superficie. Lo que ella plantea es que la frecuencia con la que se producían incendios en la época podía ser el factor que estimulaba a las plantas a producir resina de forma especialmente abundante, ya que éste es un mecanismo de defensa de los árboles ante el estrés producido por hongos, insectos y parásitos en general, pero quizás también por los incendios. Por eso ella apunta que “una hipótesis alternativa es que hubo un incendio y esos árboles generaron como respuesta más resina. Ésta se tuvo que producir después del incendio porque la que hubiese antes habría desaparecido por el fuego”.

Peñalver, por su parte, coincide en que la resina más superficial se habría quemado o cocido, “pero luego puedes tener metros de espesor de depósitos que no se enterarán de que ha pasado el fuego. No es pues la resina de ese momento la que habría terminado en

la bolsa, sino la que llevaba enterrada ahí mucho tiempo, siglos quizás”.

El ámbar y los restos vegetales que lo rodean también nos permiten bucear en la flora de la época. Troncos, ramas, hojas, polen y fusinita nos hablan de un momento en el que el paisaje era muy diferente del actual. “Si viajáramos en el tiempo hasta entonces y nos fuéramos de merienda al campo sentiríamos algo extraño. Veríamos árboles del tipo de las coníferas y de las araucáceas, cupresáceas, criptógamas vasculares, que son helechos, muy variados, musgos, licopodios, muy diferentes a los actuales; y líquenes. Pero no habría hierbas ni plantas con flores”, explica Eduardo Barrón, paleobotánico del IGME que estudia los restos de flora hallados en el yacimiento. Los troncos analizados carecen de anillos de crecimiento, lo que confirma que el clima era de tipo tropical. Pero el principal objetivo es el polen, que ofrece mucha información, ya que se conserva muy bien y se expande mucho, arrastrado por las corrientes de aire, lo que permite hacerse una idea más general de la flora que



Fusinita —madera carbonizada por el fuego y el paso del tiempo— y ámbar azul púrpura en el yacimiento de El Soplao.

La piedra que arde

El ámbar es la resina fosilizada que producen numerosas especies de árboles, coníferas principalmente, pero también de otros grupos, como las leguminosas y otras angiospermas. Hasta hace unos años se diferenciaban por su procedencia con distintos nombres, pero hoy se distingue principalmente entre el copal, que es la resina semifosilizada, cuya antigüedad es de apenas unas decenas de miles de años, y el ámbar. La fosilización le confiere mayor dureza, ya que pierde sustancias volátiles y va polimerizando hasta formarse una trama interna que le proporciona su resistencia.

Ha sido objeto de admiración por sus características desde la antigüedad y su utilización en joyería hizo que se buscara con profusión. Entre sus características destaca su flotabilidad, ya que tiene una densidad muy baja. De hecho, la palabra ámbar procede del árabe y significa “que flota”. Otra característica destacada es la facilidad con la que arde hasta desaparecer, razón por la cual los alemanes lo denominaron *bernstein* (piedra que arde). Según Enrique Peñalver, “durante muchos siglos se utilizaba para echarlo al fuego a modo de incienso, por su agradable olor resinoso”. Los romanos lo llamaron *succinum*, que significa “jugo de los árboles”. A los griegos, que lo denominaron *elektron*, les llamaba la atención por su capacidad, al frotarlo, para atraer objetos livianos, como plumas de ave, ya que se cargaba de electricidad estática. Por eso la electricidad derivó de él su nombre, utilizado después para describir la partícula del átomo que lleva la carga eléctrica. ■



Ámbar azul púrpura recién extraído de la tierra.

pero estaban restringidas a zonas donde no podían desarrollarse otras plantas, como los taludes”, afirma Barrón. En El Soplao se han encontrado algunos rastros de polen de angiospermas primitivas, pero no dentro del ámbar, sino en el entorno, un fenómeno que Barrón considera extraño: “No sabemos por qué, ya que el polen flota y sería normal que algunos granos se adhirieran a la resina, pero quizás son fenómenos que no se produjeron al mismo tiempo”. Al igual que Peñalver y su protopiojo, el sueño de este paleobotánico sería encontrar una flor de la época incrustada en alguna pieza de ámbar. “Estas flores debían ser minúsculas, pero no han aparecido nunca y probablemente no aparecerán porque entonces eran raras, estaban latentes, se abrían

paso como podían, pero no podían soñar con dominar”.

Muchos años de trabajo para estudiar todo lo que ofrece El Soplao

Como los bosques que se supone que poblaban la zona entonces eran semejantes a los que actualmente se encuentran en Nueva Zelanda, a principios de 2008 Barrón, Peñalver y otros dos científicos viajaron al archipiélago de neotrópicas antípodas para estudiar sus árboles. “Vimos chorreaduras de resina de hasta dos metros de longitud; también comprobamos que los trozos quedaban enterrados en el suelo y cómo se degradaban, pero no vimos procesos de desmantelamiento del suelo. También estuvimos en zonas de estuario para ver si se formaban acumulaciones de trozos de resina, zonas de depósito, y no vimos ninguna. Probablemente se necesitan eventos excepcionales para que se produzca un fenómeno como el de El Soplao”, dice Peñalver.

Además de plantas y animales, otros elementos nos pueden ayudar a conocer mejor aquel mundo. Por ejemplo, Idoia Rosales no descarta que pudiera haber burbujas de aire cretácico en alguna pieza. “Eso nos daría una información muy valiosa, pero el problema que tiene el ámbar en general es que es muy poroso y posee muchas fisuras y, aunque hay algunas burbujas, no podemos estar seguros de que se trate de aire cretácico o si está contaminado. Y lo mismo ocurre con el agua. Sería muy interesante porque algunas resinas atrapan gotas de agua”.

Otro aspecto es el análisis molecular del ámbar, que permite obtener información de las plantas que dieron lugar a la resina fosilizada. “Esto lo está haciendo César Menor Salván, del Centro de Astrobiología, que lo ha publicado en septiembre, y ha encontrado, por ejemplo, compuestos cercanos a algunos que tienen los cipreses actuales. También se puede analizar si la resina se impregnó de humo al desplazarse por el tronco de un árbol quemado, lo que indicaría su relación con un incendio, pero hasta ahora no se ha encontrado”, dice Rosales.

Otro fenómeno llamativo es el hecho de que las mayores bolsas de ámbar encontradas en España hasta la fecha —en Peñacerrada (Álava) y San Just (Teruel)— procedan del mismo periodo y tengan algunas características parecidas, como la presencia de fusinita. “Estamos en la misma franja paleogeográfica, con los tres yacimientos en una misma línea de costa y probablemente con la misma masa boscosa —indica Rosales—. Pero no sabemos de momento si la época fue especialmente resinosa. Lo que sí muestra el registro geológico es que hay una gran acumulación”.

De momento, los expertos tienen por delante muchos años de trabajo con las piezas que El Soplao va proporcionando, pero su destino final no será el cajón del laboratorio, ni un almacén del Instituto. “El ámbar pertenece a Cantabria y está protegido por la ley de Patrimonio Público —dice Rosales—. El Gobierno regional tenía pensado crear un museo, un centro de interpretación sobre la cueva y la minería de la zona, y ahora con el descubrimiento del ámbar se va a rehacer el plan para incluir el ámbar y exhibir las piezas más llamativas”. Al día de hoy, ya hay una persona encargada de hacer un inven-

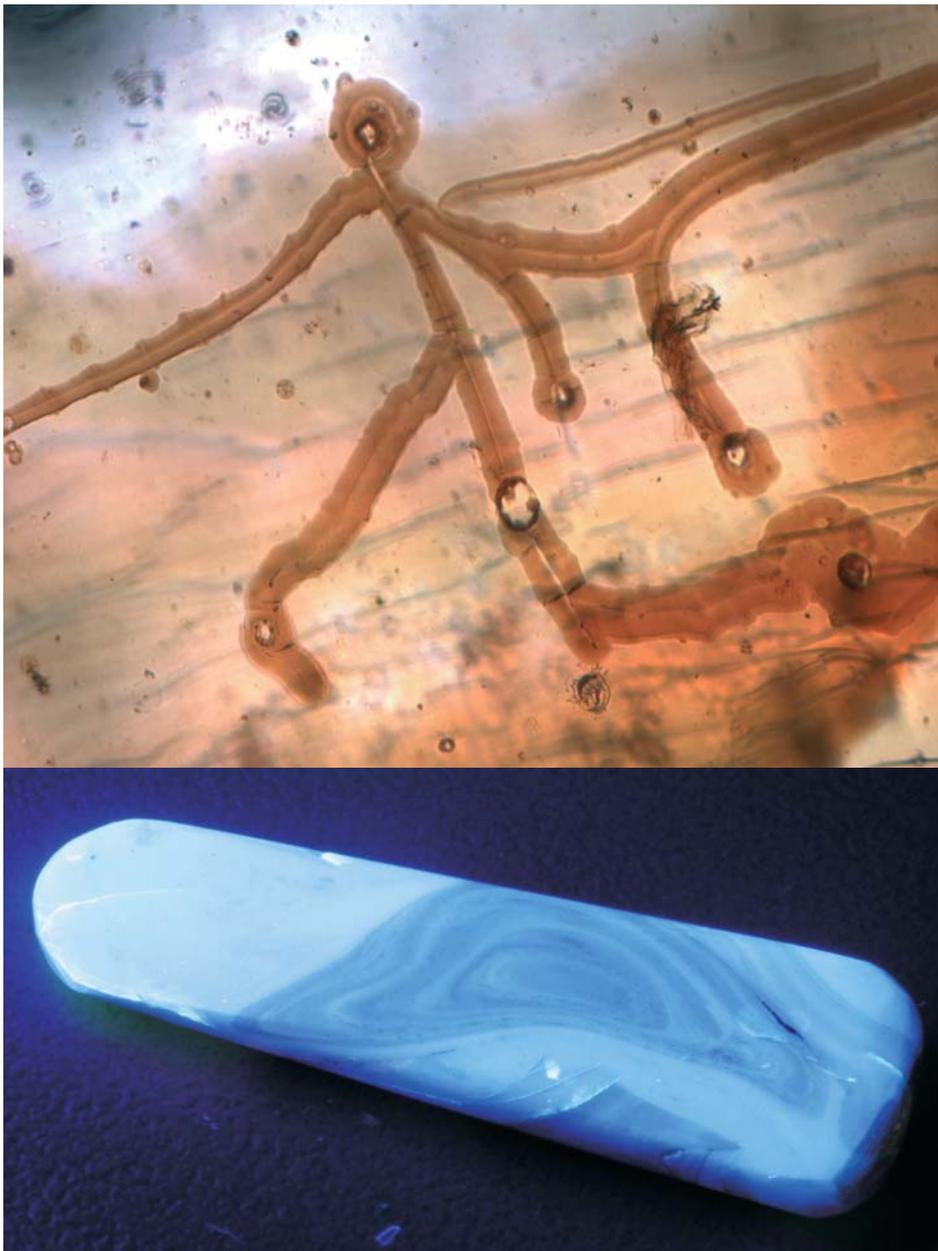
tario de las piezas, “incluso de las que tenemos nosotros, para fines científicos, que tienen el carácter de préstamo”.

España empieza a contar con expertos en el estudio del ámbar, lo que ha permitido que el hallazgo de El Soplao tuviera una respuesta inmediata por parte de los científicos. “Yo llevo ya 12 o 13 años en esto —dice Enrique Peñalver—, pero antes estudiaba insectos fosilizados en los sedimentos de antiguos lagos. Cuando se descubrió el yacimiento de Peñacerrada en Álava vi que en el ámbar se conservaban mucho mejor y me enganché, así que cuando Idoia Rosales y María Najarro me trajeron las primeras muestras ya estábamos preparados para estudiarlas”.

Hasta la aparición del yacimiento de Álava no había muchas publicaciones sobre ámbar en España: “Cosas esporádicas, algún trabajo de 1910, otro escrito incluso en latín... Pero ahora empieza a haber interés y especialistas”, explica Peñalver. Y con la llegada de los especialistas se inicia la búsqueda de más yacimientos y aumenta la atención sobre los hallazgos casuales. Probablemente, sin esa predisposición, el ámbar de El Soplao habría pasado desapercibido, o al menos no habría tenido tanta resonancia. Por eso, Idoia Rosales explica que aunque ella es sedimentóloga, seguirá trabajando en el yacimiento durante varios años.

En Europa, el número de yacimientos conocidos ha empezado también a proliferar en los últimos años. En Francia, según Peñalver, pasó algo semejante: “Tampoco tenían mucha tradición, pero empezaron a venir a Peñacerrada y se ha creado una escuela. Han encontrado muchos yacimientos que se están ya estudiando. Y en Alemania, del Cretácico sólo hay uno, pero posteriores hay muchos, además del ámbar del Báltico”.

De haber sido durante milenios un objeto de mero interés ornamental, el ámbar empezó a ser objeto de interés científico hace siglo y medio y ahora se está convirtiendo en toda una especialidad científica, como un medio de viajar en el tiempo y descubrir mundos hoy desaparecidos. ■



Distintas formaciones de ámbar fechadas en el Cretácico; algunas, como éstas, son muy llamativas.

*Una veintena de españoles
trabaja en la sede central
del Organismo Internacional
de Energía Atómica en Viena*



OIEA, UN PACTO INTERNACIONAL POR EL DESARROLLO Y LA PAZ

El Organismo Internacional de Energía Atómica se creó hace cincuenta años bajo el lema “Átomos por la paz”. Ese eslogan, acuñado por el ex presidente estadounidense Eisenhower, sigue siendo útil para entender el alcance de este organismo que, más allá de trabajar para que en el mundo no haya proliferación de armamento nuclear, lleva el uso de los átomos al desarrollo humano: a la medicina, la agricultura y la industria de los países en desarrollo. A pocas paradas de metro del centro de la capital austriaca se encuentra el Viena International Centre, una *miniciudad* de Naciones Unidas, cosmopolita donde las haya, en la que cerca de 2.500 expertos de todo el mundo comparten conocimientos y estrategias para exportar mejoras en la calidad de vida, y seguridad en materia energética. ■ POR Teresa Palacio, ENRESA. FOTOGRAFÍA: Jorge Fernández.

A la entrada del Viena Internacional Centre (VIC), el conjunto de edificios de Naciones Unidas en la capital austriaca que aloja, entre otros, al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), los controles de seguridad ya dibujan una realidad diferente a la de cualquier edificio de oficinas. Un policía neoyorquino comparte garita con un sij indio, primer ejemplo de que en todas las áreas de esta *miniciudad* trabajan personas de cualquier país del mundo.

La plaza circular que preside el VIC está atestada de mástiles en los que, en las grandes ocasiones, ondean las banderas de todos los países que trabajan unidos para mejorar la seguridad de la energía nuclear en el mundo, para impedir que el material atómico sea utilizado con fines militares, para llevar tratamientos de radioterapia a países en desarrollo o para mejorar la nutrición en África mediante el desarrollo en la agricultura, en la que también están presentes los átomos.

Estos objetivos están perfectamente interiorizados por todos los expertos de más de noventa países que trabajan en el OIEA. Por este organismo han pasado y pasarán figuras destacadas del sector nuclear de todos los países que forman parte de él, ya que no es una plantilla estática, sino que mediante un sistema de rotaciones los expertos cum-

plen periodos de varios años en la entidad y luego vuelven a sus cometidos.

Nuestro país también está presente en Viena. La calidad de los técnicos que se envían desde España está muy valorada en la entidad, sobre todo por su capacidad para adaptarse a situaciones diferentes. En la actualidad, cerca de una veintena de españoles provenientes del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, del Consejo de Seguridad Nuclear o de Enresa, desempeñan cargos relevantes en el OIEA, tanto en tecnología de residuos como en cooperación técnica, seguridad nuclear o salvaguardias, en una experiencia que, como han resumido para *Estratos*, se traduce en el intento de ayudar a terceros, lo que como experiencia personal, es para ellos “un orgullo”.

Manuel Recio trabaja en el departamento de Cooperación Técnica, es jefe de la sección 1 de Europa (países de habla rusa, más Turquía, Grecia, Montenegro y Malta). Recio reconoce que “desde fuera, la labor del organismo no se conoce en su totalidad”, ya que, a su juicio, “es increíble el trabajo que desempeña la agencia actuando como puente y asegurando la asistencia en aplicaciones para la salud humana, en agricultura o en recuperación del legado histórico”.

Alain Cardoso también trabaja en Cooperación Técnica, pero para América Latina. Cardoso explica que en este departamento lo que se facilita cuando

Organizados para cooperar

En 1957 Naciones Unidas creó el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) con el propósito de acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica para fines de paz, salud y prosperidad en todo el mundo. Con más de 140 Estados miembros, este organismo representa un gran pacto internacional en el que los países con tecnología nuclear cooperan con países que no tienen tal tecnología o la están desarrollando, a condición de que ésta no se desvíe para usos no pacíficos. Para ello establece normas de seguridad nuclear y protección ambiental.

El OIEA cuenta con los asesores, equipos y capacitación para suministrar asistencia a los gobiernos de países en vía de desarrollo y promueve la transmisión de conocimientos teóricos y prácticos para que quienes reciben ayuda puedan desarrollarse con normalidad. Anualmente se invierten más de 300 millones de dólares en acciones y misiones de este organismo.

La actividad de sus funcionarios se asienta sobre tres grandes ideas: la transferencia de tecnología nuclear para alcanzar metas de desarrollo humano sostenible, el fomento de la paz y la seguridad mediante acuerdos internacionales e inspecciones, y el suministro de amplio apoyo para el uso seguro de la tecnología nuclear.

Además, el OIEA formula normas básicas de seguridad para la protección contra las radiaciones y publica reglamentos y códigos de prácticas que sirven de referencia a nivel mundial. ■



De izquierda a derecha, Antonio Morales, Eugenio Gil, Manuel Recio y Alain Cardoso, cuatro españoles en el OIEA.

Todo lo necesario

El sistema de rotación de expertos del OIEA, además de requerir una gran cooperación entre países, necesita de infraestructura física para poder atender las necesidades de cuantos llegan a Viena por primera vez, procedentes de culturas y costumbres totalmente diferentes. Por eso, el Viena International Centre (VIC) cuenta con dependencias difíciles de encontrar en una empresa al uso. Cuando un experto llega a la capital austriaca, una agencia inmo-

biliaria ubicada en el organismo le ayuda a encontrar piso. También dispone, en su lugar de trabajo, de oficinas para dar de alta sus contratos del agua, la luz, el gas o para abrir una cuenta bancaria. El idioma de trabajo en el centro es el inglés, por lo que el alemán hablado en Viena no es familiar para todos. Hay cursos de casi todos los idiomas que uno quiera aprender, para el experto y para sus familias, además de un sinfín de actividades culturales y clubes deportivos que sirven tanto para completar la formación personal como para facilitar su integración social.

El restaurante cuenta con comida internacional para satisfacer todos los paladares y uno de los lugares que todo experto conoce dentro del organismo es el economato, donde se venden productos internacionales que van desde cosmética hasta vino, todo libre de impuestos.

Otra de las peculiaridades de los pasillos del VIC son las vitrinas donde se puede comprar y vender de todo; y es que si bien cuando los expertos llegan tienen sus necesidades para instalarse, cuando se van también hay bienes de los que deshacerse y oportunidades que aprovechar. ■



El Viena International Center facilita todo tipo de servicios adaptados a los técnicos de todo el mundo.

se ayuda a un país “es una asistencia, no una imposición. Se les aporta el conocimiento para que se puedan manejar, decidir y funcionar; no se les compra una máquina y ya está”.

Según estos expertos españoles, el OIEA presta asistencia en seis campos: regulador, público, pacientes y médicos, residuos, emergencia y transporte, y formación y educación. De cada país, explican, se analiza cómo está en estas seis áreas, y lo que le falta para llegar al estándar internacional. “No se escatiman

esfuerzos en estos trabajos” subrayan, “ya que lo que interesa es que todos los países tengan la tecnología y la capacidad para funcionar bien”.

Pero si el desarrollo humano ocupa a numerosos expertos, también se coopera en otros ámbitos, como seguridad nuclear o tecnología de residuos. Según Eugenio Gil, otro de los expertos españoles del organismo, en este caso en seguridad nuclear, “la aportación de España es generosa, y sus expertos son muy valorados”. Además, “cuando un exper-

to actúa en una misión del OIEA crea doctrina y cultura en ese país, lo que es la raíz para posibles planes de retorno comerciales de gran envergadura”, dice.

En la sección de tecnología de residuos trabaja Antonio Morales, quien explica que en este campo el organismo aporta “documentación técnica que sirve como soporte para orientar a los países miembros en aspectos relativos a la gestión de residuos, desmantelamiento de instalaciones radiactivas y gestión de fuentes fuera de uso”.



Arriba, la sala de conferencias del OIEA, y a la izquierda, uno de los pasillos del organismo.

Cada día se celebran entre veinte y treinta reuniones en el organismo. Las pantallas de los pasillos organizan la jornada y, además del personal del organismo, muchos expertos que vienen *ex profeso* a una reunión específica se desplazan de un lugar a otro. El *hall* de entrada de la agencia es especial. No sólo por todas las banderas que cuelgan de su cúpula, sino porque sólo pisándolo encuentras miles de pistas que te recuerdan que estás en un territorio que es de todos y de nadie. La prensa española comparte espacio con la

internacional, los lemas ecológicos presiden esta entrada y un escenario sirve de primer soporte de intercambio cultural, ya que en el mismo *hall* se hacen presentaciones tanto del programa espacial chino como de danzas típicas de Uganda.

Pero lo que más llama la atención es que, como si de un gran museo se tratara, los pasillos del OIEA están decorados con los regalos que los diferentes gobiernos han hecho al organismo; puede ser una fuente, un tapiz, una pintura o una escultura, cada una de un lugar, sin

nada que ver con las demás, lo que hace que en cada rincón se descubra una sorpresa. Cerca de la sala de conferencias, la más conocida porque es la imagen más frecuente en medios de comunicación, el visitante se encuentra otra peculiaridad: los bustos en bronce de Marie Curie, Hrobb Kypyatob, Homi J. Daba y Dwight D. Eisenhower, personajes decisivos en la historia del átomo y del organismo.

La planta superior del edificio la ocupa el director general del OIEA que, desde 1997, es Mohamed El Baradei. En 2005 El Baradei y la propia institución fueron galardonados con el premio Nobel de la Paz. En esa ocasión, el director general reunió a todo el personal para comunicar la buena nueva y la sala de conferencia se inundó de aplausos. Poco después, a cada uno de los que trabajaban allí en ese momento se le entregó una réplica de la placa del Nobel, por lo que cada experto se llevó un pedacito de premio a su país de origen. El Baradei termina su mandato este año y será sustituido en noviembre por el japonés Yukiya Amano. ■

Cerca de 100 millones de euros de dinero público esperan a ser utilizados por las empresas durante los próximos cuatro años para contratar investigadores y personal de I+D. El programa Torres Quevedo, principal apuesta del Gobierno en cuanto a la incentivación de recursos humanos en el sector privado, puede llegar a financiar hasta el 75% de los costes salariales de un colectivo, el investigador en la empresa, que empieza a ser frecuente entre las compañías más comprometidas con la innovación. ■ POR **Jesús Vicenti**, PERIODISTA Y ASESOR TECNOLÓGICO.

Ayudas para integrar conocimiento y empresa

Ponga un investigador en su empresa

Porque éste es el asunto clave: ¿cuántas empresas podemos contar que estén comprometidas con la innovación? Si se aborda la cuestión desde un punto de vista retórico, empresa e innovación son casi sinónimos, al igual que riesgo y espíritu emprendedor. Pero la estadística es implacable y nos dice que en España hay apenas 50.000 empresas innovadoras, entendiendo rigurosamente por tales las que “han introducido en los últimos tres años productos tecnológicamente nuevos o mejorados en el mercado o procesos tecnológicamente nuevos o mejorados en sus métodos de producción de bienes o de prestación de servicios”. Y de éstas, también desde las implacables matemáticas del Instituto Nacional de Estadística (INE), tan sólo 11.000 hacen I+D. Dato un tanto decepcionante para un país situado entre las diez primeras potencias industriales del planeta y que aspira a ser miembro del G-8. Pero no hay que tirar la toalla porque, según esas mismas estadísticas, a comienzos de la década actual había poco más de 30.000 empresas innovadoras y sólo 5.000 invirtiendo en I+D.

El universo empresarial comprometido con la investigación y dispuesto a ponerse al día va en aumento rápidamente, a pesar de que en este mundo de

la Reina Roja del Ajedrez —parafraseando a Lewis Carroll y a su inolvidable Alicia— que es la innovación “hay que correr muy rápido para quedarte donde estás, y si quieres ir a otro sitio deberás correr, por lo menos, dos veces más rápido”.

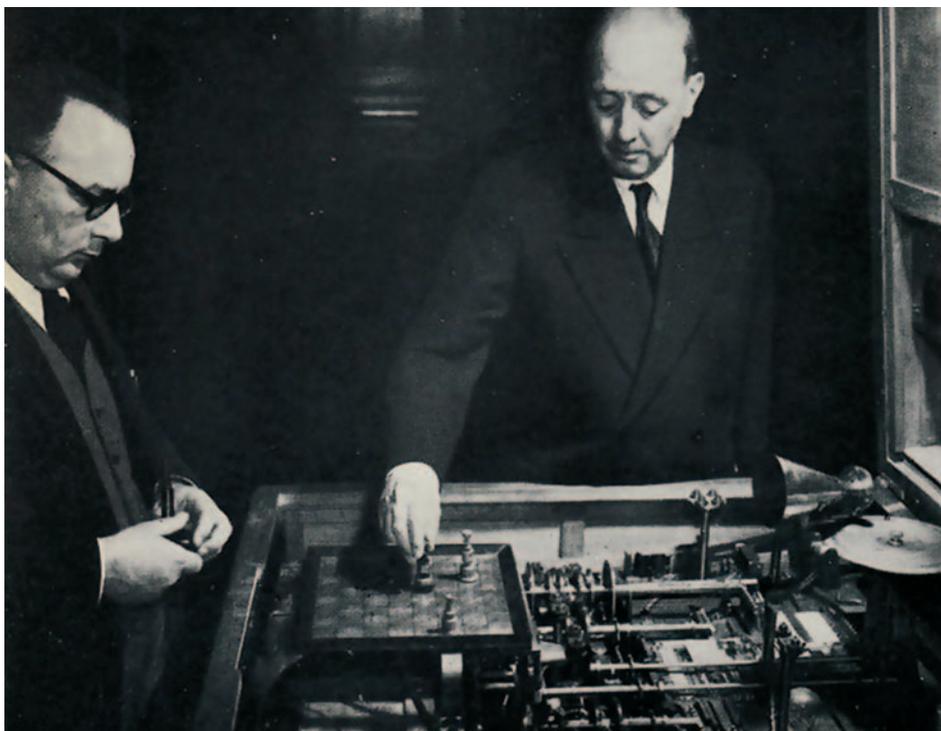
Desde el ingreso efectivo en la Unión Europea y desde la casi simultánea aprobación de la ley de la Ciencia de 1986, la producción científica española ha corrido dos veces más rápido que muchos países de su entorno, pasando de ser casi anecdótica a representar el 3,3% de las publicaciones científicas internacionales, en buena parte debido al progresivo crecimiento de la nómina de investigadores, que se ha multiplicado por cuatro en estos veintitrés años. ¿Problema resuelto, entonces? Pues no del todo, porque seis de cada diez investigadores trabajan en la esfera pública, y sólo cuatro, en la empresa privada.

Torres Quevedo, la herramienta más eficaz

Esperar a que la “mano invisible” de Adam Smith, paradigma del liberalismo económico, actúe también en cuestiones de investigación en la empresa es confiar demasiado en la autorregulación del mercado, así que las Administraciones

Públicas no tienen más remedio que tratar de actuar de catalizadoras, incentivando a las empresas a incorporar investigadores, técnicos y personal aplicado a la investigación y el desarrollo. El programa clave se llama Torres Quevedo, en honor de uno de los mayores investigadores industriales que ha tenido nuestro país, el cántabro Leonardo Torres Quevedo, a quien haber sido contemporáneo de la decimonónica guerra de Cuba no le impidió inventar máquinas de calcular, autómatas (telekino), precursores del ordenador y del mando a distancia e incluso máquinas capaces de resolver finales básicos de ajedrez. Y todo ello a base de artilugios mecánicos, pues la electrónica estaba en su prehistoria (comenzaba formalmente su carrera con el diodo de vacío de John Ambrose Fleming en 1904) y nadie había oído hablar todavía de chips, circuitos integrados o transistores.

El programa Torres Quevedo nació en el año 2001 tomando como antecedente un viejo y pequeño programa (el IDE, Incorporación de Doctores a Empresas), que en realidad estaba pensado para dar trabajo a los doctores universitarios ociosos. El enfoque, sin embargo, fue otro, porque ahora de lo



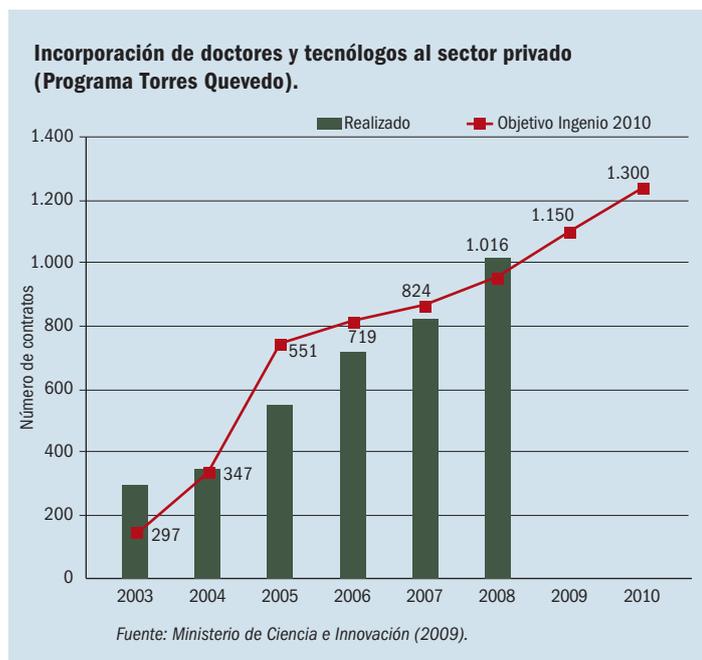
Torres Quevedo, a la derecha, pone a prueba su máquina de finales de partida de ajedrez con el gran maestro Savielly Tartakower. Logotipo del Programa Torres Quevedo.

que se trataba no era de dar trabajo de investigación a titulados universitarios, sino de incorporarlos a la empresa. Toda una revolución para un mundo empresarial que apenas creía entonces en la utilidad real del talento universitario, pero también para una universidad que ignoraba, cuando no despreciaba, la investigación aplicada bajo contrato para introducir en el mercado nuevos productos industriales.

Si bien en los primeros años el despegue del programa no fue muy notable, lastrado con demasiadas limitaciones para ser útil a la empresa, poco a poco fue adaptándose a la realidad empresarial. Primero aparecieron también como “objeto de deseo” los tecnólogos, y no sólo los doctores. Después se ofreció la posibilidad de que se beneficiara, sin limitación alguna, la gran empresa, que al fin y al cabo era la más

innovadora y la que estaba presente en la lista mencionada del INE.

Así pues, el Torres Quevedo fue creciendo a lo largo de la década y recibió un buen espaldarazo con el programa gubernamental Ingenio 2010, empeñado en fomentar la cooperación público-privada y que hizo de este programa una de sus principales referencias. En esta última etapa, la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, lo ha



42.000 investigadores y 87.000 ocupados en I+D

Según la última encuesta realizada por el Instituto Nacional de Estadística, correspondiente al año 2007, hay 201.109 personas ocupadas en España en tareas de I+D (en términos de equivalencia a jornada completa), de los que 87.543 (43,5%) trabajan en empresas; 75.148 (37,4%), en la universidad; 37.919 (18,9%), en la Administración Pública, y 499 (0,2%), en instituciones sin fines de lucro.

La batalla, pues, la va ganando paulatinamente la empresa en personal de I+D, si bien el número de investigadores sigue siendo aún mayor en la universidad. De las 87.543 personas que trabajan en I+D en las empresas, son investigadores 42.101, mientras que las universidades ocupan a 58.813 investigadores y la Administración Pública a 21.412. La Fundación Cotec considera muy prometedores estos últimos datos sobre la incorporación de investigadores a la empresa, si bien la base estaba tan baja que aún sigue siendo

un porcentaje inferior al deseable, especialmente según los objetivos marcados por la Unión Europea en su Agenda de Lisboa.

La evolución a lo largo de las últimas dos décadas del número de investigadores en cada uno de sus tres grandes estamentos (universidades, organismos públicos de investigación y empresas) confirma este juicio, ya que hay una lenta pero imparable aproximación de la investigación en la

empresa a la investigación en la universidad, cuya brecha diferencial llegó a ser de 38 puntos en el año 1996 y aún de 35 en 2001, pero ahora sólo es de 13.

Son también significativas las altas tasas de crecimiento alcanzadas desde 1996 en la incorporación de investigadores en las empresas, en algunos años superiores al 30%, y que han permitido multiplicar por cuatro este indicador en los últimos veinte años. ■

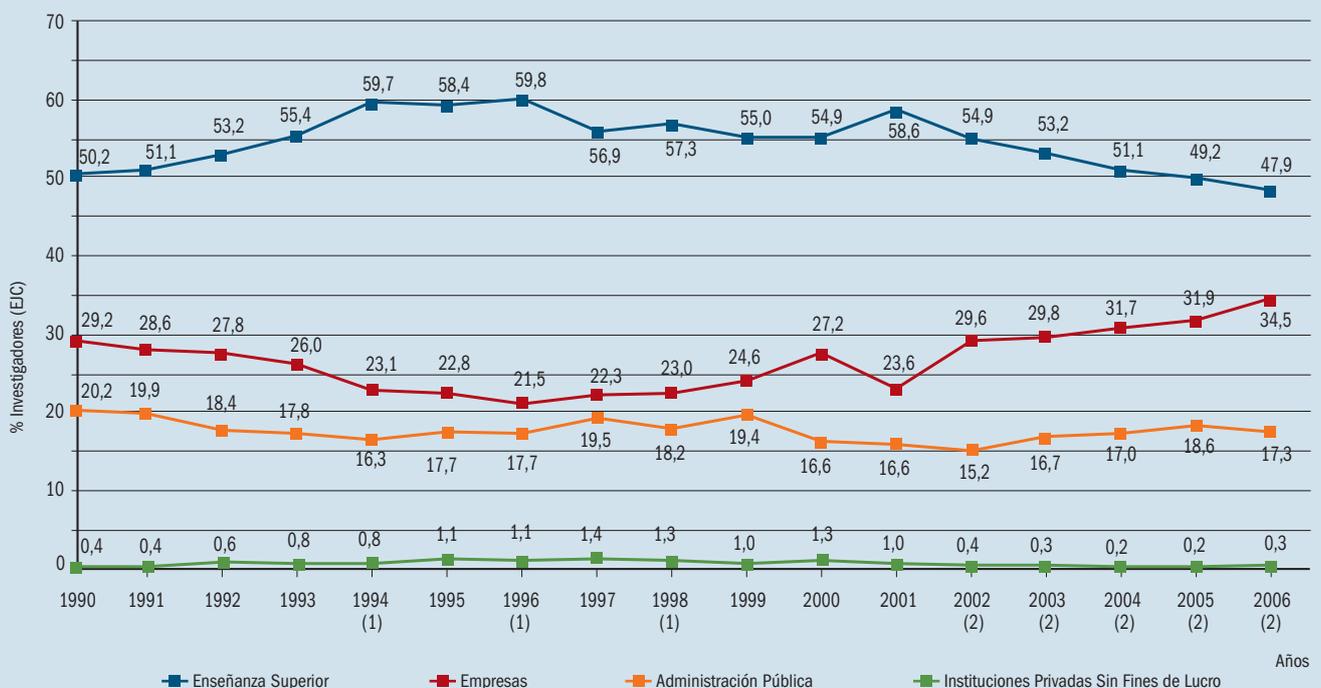
Investigadores (EJC) por sector de ejecución. 1990-2006.

Años	Administración Pública	Enseñanza Superior	Empresas	IPSFL**	Total
1990	7.623	18.904	11.007	142	37.676
1995	8.359	27.666	10.803	514	47.342
2000	12.708	42.064	20.869	1.029	76.670
2005*	20.446	54.028	35.034	213	109.720
2006*	20.063	55.443	39.936	357	115.798

* Ruptura de la serie por cambio metodológico (Incluye I+D continua y ocasional). Fuente: INE, Estadística sobre actividades de I+D. 1990-2006.

**IPSFL: Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro.

Investigadores (EJC) por sector de ejecución. 1990-2006. Estructura porcentual.



(1) Estimaciones. (2) Ruptura de la serie por cambio metodológico (Incluye I+D continua y ocasional). Fuente: INE, Estadística sobre actividades de I+D. 1990-2006.

hecho suyo y quiere que cuando finalice 2009 se hayan incorporado 1.300 nuevos “torres quevedos” al sistema.

Entre los años 2009 y 2012, su ministerio empleará 65,2 millones de euros de su presupuesto en subvencionar la contratación de doctores y tecnólogos en las empresas, entendiéndose por estos últimos todos aquellos titulados de grado superior con cuatro meses de experiencia en tareas de I+D. Valen también como experiencia de I+D los proyectos de fin de carrera de ingenierías y otras carreras técnicas, con lo cual no parece difícil estar en condiciones de acceder a los beneficios de este programa.

De manera adicional, el llamado Plan E (Plan Español para el Estímulo de la Economía y el Empleo), aportará 10 millones de euros más al Torres Quevedo, a lo que podrían venir a sumarse excedentes de otros programas de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación por valor de otros 30 millones en el cuatrienio 2009-2012.

Salario más seguridad social

La convocatoria anual del Torres Quevedo, con dos plazos de solicitud (15 enero a 30 de abril y 1 de mayo a 30 de septiembre), forma parte de la línea instrumental de Actuación en Recursos Humanos del Plan Nacional de I+D+i. Por ello, las empresas, centros tecnológicos, asociaciones empresariales o parques científicos y tecnológicos pueden recibir subvenciones para contratar a doctores o tecnólogos a fin de desarrollar sus proyectos de investigación industrial, desarrollo tecnológico o estudios de viabilidad técnica previos.

La ayuda consiste en una subvención de los costes salariales brutos, incluida la cuota patronal de la Seguridad Social, que puede alcanzar hasta el 75% de este valor según el mayor o menor grado de riesgo del proyecto o el tamaño de la empresa. Las intensidades brutas máximas de ayuda en forma de subvención aparecen indicadas en la tabla adjunta.

La Fundación Cotec, una organización de carácter empresarial cuyo fin es contribuir a “promover la innovación tecnológica e incrementar la sensibilidad social por la tecnología”, destaca en su Informe anual de 2009 la progresiva importancia

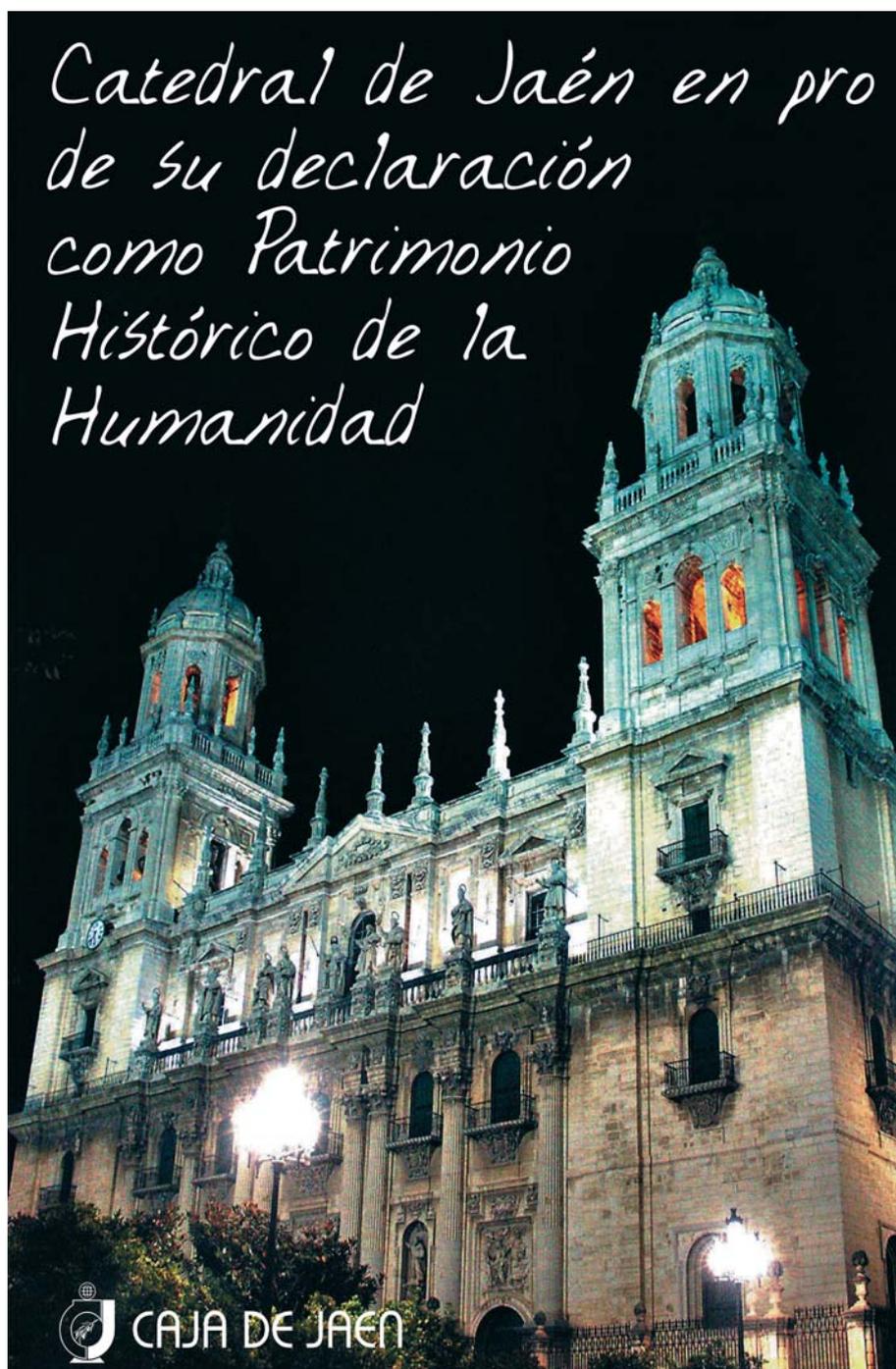
Intensidades máximas de ayuda del Programa Torres Quevedo en forma de subvenciones.

Proyecto o actuación	Pequeña empresa	Mediana empresa	Gran empresa*
Investigación industrial	70%	60%	50%
Estudios de viabilidad de investigación	75%	75%	65%
Desarrollo tecnológico	45%	35%	25%
Estudios de viabilidad en el desarrollo tecnológico	50%	50%	40%

*Incluye también centros tecnológicos, asociaciones y parques científicos tecnológicos.

de este programa en los objetivos de cooperación universidad-empresa, si bien, a su juicio, aún tiene mucho más recorri-

do, especialmente si el Gobierno aumenta los fondos para ello, como parece ser el caso. Las previsiones de la ministra de



Ciencia e Innovación de incorporar 1.300 nuevos contratos anuales, tal vez algo difícil de cumplir en tiempos de crisis, se sitúan muy por encima de lo acontecido en los ocho años precedentes, en los que se registraron algo menos de 500 contrataciones anuales (3.859 en total). Sin embargo, la creciente aceptación del programa, que llegó a las 1.000 contrataciones en 2008, hace pensar que el objetivo puede alcanzarse.

Sistema puente

Establecidas las ayudas y el perfil de los candidatos a investigador de empresa, sólo quedaba casar la oferta con la deman-

da, para lo que los gestores del programa idearon el denominado "sistema puente". Consiste en una herramienta informática colgada de la web del Ministerio de Ciencia e Innovación en la que cualquier investigador interesado puede ofrecer sus servicios, y las empresas exponer sus demandas y perfiles requeridos.

La entidad interesada en un determinado perfil puede, siempre a través del sistema para garantizar el anonimato, entablar un primer contacto con el aspirante a "Torres Quevedo" y ampliar información sobre su currículum. Hasta ese momento, las identidades de ambas partes no se han dado a conocer.

La utilización del sistema puente por parte de los investigadores no es requisito para que sean contratados: es un sistema voluntario que ofrece el ministerio y que sólo busca ayudar a la mayor visibilidad del investigador, que podrá usarlo o no. Por el mismo motivo, una entidad podrá solicitar una ayuda al programa y proponer la contratación de cualquier investigador que cumpla los requisitos de la convocatoria, esté inscrito o no en el sistema puente.

El desarrollo del sistema, informan en el ministerio, busca la máxima discreción para el investigador que muestra su perfil, pero también para la entidad en proceso de selección, ya que en ciertas especialidades sólo el proceso de búsqueda de un determinado perfil ofrecería publicidad no deseada sobre las actividades de la entidad.

Los precedentes del programa Torres Quevedo hay que buscarlos en la llamada Acción de Incorporación de Doctores a Empresas (IDE), que en 1997 supuso la primera iniciativa estatal, según el portal Universia, para incorporar doctores en las empresas privadas. El objetivo era "fomentar la innovación en el sector privado por medio de la incorporación de personal altamente cualificado a las empresas, con el objeto de iniciar en ellas un proceso innovador, de reforzar una línea innovadora ya existente, o de impulsar la creación de nuevas actividades innovadoras". Para ello se optó por una convocatoria permanentemente abierta que se cerró en 2001. La acción establecía una subvención por contratación de unos 18.000 euros por un año que, si se renovaba un segundo año, pasaba a unos 9.000.

Superada esta primera etapa, la incorporación de investigadores a la empresa ha alcanzado con el Torres Quevedo su mayoría de edad y es ya un proceso imparable no sólo en España, sino en la mayoría de los países avanzados y con capacidad para transformar el conocimiento científico en inventos y los inventos en productos de mercado. Exactamente el tránsito que, según el *Libro Verde de la Innovación* de la Comisión Europea, constituye la gran asignatura pendiente de Europa frente a Estados Unidos y Japón. ■

Madrid y Cataluña, a la cabeza

Como era de esperar por la configuración económica del país, Madrid y Cataluña están a la cabeza de los recursos humanos en I+D, tanto en Administración y universidades como en empresas, con un 52% conjunto sobre el total de I+D y un 45% sobre el número de investigadores. En el estudio de la evolución desde 1990, se observan, sin embargo, grandes avances en algunas comunidades autónomas como Andalucía, Galicia, Castilla y León o Valencia, que han alcanzado una presencia ya significativa, mientras que Cataluña y Madrid, al igual que el País Vasco, han reducido su importancia en términos relativos. ■

Investigadores (EJC) por comunidades autónomas. 1990-2006. Estructura porcentual.

Comunidades Autónomas	1990	1995	2000 ¹	2001	2005	2006
Andalucía	8,9	12,4	12,0	13,5	12,0	10,9
Aragón	2,5	3,1	2,5	2,6	3,2	3,4
Asturias	1,8	2,2	2,7	2,5	1,6	1,6
Baleares	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8
Canarias	1,9	2,7	3,1	3,5	2,9	2,8
Cantabria	0,8	0,9	0,7	0,9	0,6	1,0
Castilla y León	3,9	4,5	5,2	6,2	5,3	5,2
Castilla- La Mancha	0,6	1,1	1,4	1,2	1,2	1,1
Cataluña	15,6	18,6	19,3	18,3	20,3	21,1
Comunidad Valenciana	4,7	7,5	8,0	7,8	8,4	8,1
Extremadura	0,8	0,8	1,5	1,4	1,0	1,1
Galicia	2,7	4,1	5,2	5,3	5,3	4,5
Madrid	35,5	30,8	27,0	24,7	24,2	24,3
Murcia	1,4	1,9	1,5	1,8	2,4	3,2
Navarra	1,9	1,6	2,1	2,1	2,7	2,9
País Vasco	6,8	6,6	6,6	6,9	7,4	7,5
Rioja	0,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5
No regionalizado ²	9,7	-	-	-	0,0	0,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹ Estimaciones. ² A partir de 2002 se refiere a Ceuta y Melilla. Fuente: INE, *Estadística sobre actividades de I+D. 1990-2006*.

XI ENCUENTRO ESPECIALIZADO
LA GRAN CITA ANUAL DEL SECTOR

Colabora:



Patrocina:



Sector Gasista Español

Consulte
nuestros
descuentos
para grupos

Balance de la liberalización y próximos desarrollos normativos para garantizar la competitividad de la industria. Impacto de la crisis en el sector: infraestructuras y mercados internacionales.



Madrid, 29 de octubre de 2009
Hotel InterContinental Madrid



Publicaciones
Colaboradoras:



Portales
Colaboradores:



Expansión.com

Nueva forma de inscripción a través de **conferencias**
● ● ● y **formación.com**

Atención al cliente y ayuda a la navegación **902 99 62 00**



Una *coccinellidae*, o mariquita, puede comerse varios cientos de pulgones al día.

En la lucha contra las plagas cada vez se opta más por combatir las infiltrando en su hábitat otros agentes biológicos, en muchos casos de su misma especie

LOS BIOENEMIGOS

Son matones, capaces de controlar lo ingobernable: la naturaleza. En muchas ocasiones, más eficaces contra las plagas que cualquier sustancia industrial o artilugio mecánico porque también son naturales, bien en estado puro, bien como agentes de triquiñuelas reproductivas como una a la que llaman de “confusión sexual”. Sus nombres son halcón, mosca de la fruta, avispa, gusano... y son criminales implacables porque están hechos de la misma materia que sus enemigos y se las saben todas. ■ POR **Concha Barrigós**, PERIODISTA CIENTÍFICA.



Para combatir a la mosca de la fruta se opta por liberar machos estériles en su hábitat.

Su misión mortal se explotó hace ya muchos años en países como Australia, que tanto ha padecido con plagas de conejos o de cactus, pero cada vez se invierte más en su búsqueda debido a las limitaciones que las normas internacionales ponen a la química de toda la vida y a que los consumidores son más exigentes. Las reglas del juego, está claro, han cambiado y por eso se destinan cada vez más recursos para descubrir bioenemigos que combatan, sin alterar los ecosistemas, la aparición masiva y repentina de colonias patógenas para los seres vivos. Pero es que, además, el empleo de esos “guerreros” se traduce en menor presencia de pesticidas y en ahorro de recursos y dinero.

¿Mosquitas muertas?

Es pequeña, muy pequeña, pero el daño que provoca, irreparable. Es la *Ceratitidis capitata*, más conocida como mosca de la fruta o del Mediterráneo, y una de las plagas más dañinas para la agricultura

mundial. Sólo en España, esta mosca, originaria de la costa occidental africana, pero que ya ha colonizado todos los continentes, a excepción de la Antártida, afecta a 306.000 hectáreas de cultivos de cítricos y 200.000 de otros frutales, según datos del Ministerio de Agricultura. Este díptero que pica los frutos, con lo que abre la puerta a hongos y otros insectos, deteriora sus propiedades organolépticas y acelera su desprendimiento del árbol; posee una gran adaptabilidad gracias a su elevado potencial reproductor y a su voracidad: se alimenta de cerca de 300 tipos de frutas diferentes, ya sean cítricos, frutales de hueso o de pepita, y es especialmente dañina para la clementina *Marisol*, porque alcanza su madurez a finales de otoño, cuando la temperatura es aún buena para la viabilidad de la mosca y sus larvas.

En el caso de la *Ceratitidis*, la lucha biológica consiste en la suelta masiva de machos estériles, que sólo se biofabrican en una empresa que la Consellería de

Agricultura Valenciana tiene en Caude de las Fuentes (Valencia). Allí, crían un gran número de moscas, las esterilizan mediante irradiación con bombas de cobalto, seleccionan a los machos y los liberan en el campo. Dado que las hembras copulan una sola vez, si lo hacen con un macho estéril no tienen descendencia.

Este sistema tiene el inconveniente de que los machos estériles están menos adaptados al medio natural que los no tratados y, además, los silvestres tienen mayor índice de apareamiento.

Desde finales de 2007, se han liberado más de 8.500 millones de insectos estériles, y diariamente se realizan cuatro vuelos cargados de estos “soldados” en avionetas equipadas con dispositivos electrónicos diseñados para diseminar con exactitud los ejemplares en su objetivo.

De momento sólo es un método complementario porque habría que mejorar a los machos estériles para que compitieran en mejores condiciones con los silvestres; es difícilmente evaluable y,

además, las hembras, aunque no ponen huevos fértiles los siguen depositando en las frutas y dañan así la producción.

El Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) está desarrollando otra arma de destrucción masiva: la introducción de parásitos exóticos como agentes de control biológico. Han hecho ensayos con dos himenópteros braconídeos parasitoides: la *Diachasmimorpha tryoni* y el *Fopius arisanus*, que han dado muy buenos resultados en América y Australia, aunque las diferentes condiciones ambientales en España hacen que los resultados, al menos de momento, estén dejando que desear. Por esa razón, en las biofábricas andan a la búsqueda de adversarios autóctonos, como la avispa *Spalangia cameroni*. Otra defensa biológica, aún en experimentación, podría ser la utilización de hongos dañinos para los insectos, como la *Beauveria bassiana*, que actuarían como una especie de micoinsecticidas.

También se podrían manipular los genes de toda una estirpe de insectos. La forma de hacerlo, según el descubrimiento hace ya más de diez años de investigadores del Laboratorio Europeo de Biología Molecular de Heidelberg (Alemania), es inyectar ADN en un embrión, lograr la integración de ese material genético en los cromosomas de las células que serán huevos o espermatozoides en la siguiente generación y seleccionar entre los descendientes los que hayan asumido el ADN exógeno. Es decir, el enemigo en casa.

El rey halcón

Baharí significa halcón en árabe y es también el nombre de la operación que Félix Rodríguez de la Fuente propuso a los norteamericanos hace ya 41 años para controlar en la base militar de Torrejón de Ardoz las bandadas de sisones que estaban causando serios incidentes durante las maniobras de aterrizaje y despegue de los aviones al ser absorbidas por las turbinas o chocar contra ellos. En la actualidad, son 29 los aeropuertos de AENA, cinco bases aéreas del Ejército del Aire abiertas al tráfico civil, tres exclusivamente militares y varios aeródromos privados, como el de Ciudad Real, los que controlan su fauna

con cetrería, un arte que inventaron los chinos hace 2.000 años.

Su uso, como barrera contra la invasión de las pistas de pájaros grandes y pequeños y de animales como los conejos, no está extendido en el mundo porque los halconeros no abundan, a lo que se suma que en cada país la legislación sobre fauna silvestre es muy diferente. Quizá si, por ejemplo, hubiera existido este sistema en el aeropuerto neoyorquino de La Guardia, podría haberse evitado el accidente del pasado mes de enero, cuando un Airbus 320 de US Airways que había despegado con destino a Carolina del Norte tuvo que amerizar en el río Hudson con 155 personas a bordo porque unos gansos canadienses, en ruta migratoria, se habían introducido en sus motores.

El halcón es el depredador más certero e implacable que existe. Por su territorio sólo puede ver la sombra de sus alas, el resto... el resto son presas; por eso no hay ultrasonido, cohete ni munición que pueda disuadir de la misma forma a estorninos, palomas y gaviotas, entre otros muchos merodeadores de los campos de aviación, que como lo hace este formidable pájaro.

Sin duda, la mayor experiencia en el mundo la tiene la empresa que nació del genio de Félix Rodríguez de la Fuente, y que ahora dirige su viuda, Marcelle Parmentier. En este proyecto es indispensable el cetrero Jesús Rero, que empezó a colaborar con el célebre naturalista cuando sólo tenía catorce años y que ya con diecisiete era el adiestrador del halcón que aparecía con Charlton Heston en la película *El Cid*. Su aeropuerto de acción, Barajas, es actualmente el único que posee instalaciones para la reproducción de halcones en cautividad. Allí se les cría, selecciona, amansa y adiestra.

Desde que amanece, los cetreros recorren las instalaciones de los aeropuertos —cambiando horarios y zonas para que el “enemigo” no se habitúe— con varias aves hambrientas. Si presumen peligro para los aviones sueltan los halcones en coordinación con la torre de control. Una vez que cumplen su misión de amedrentarles, los “campeadores” vuelven a la

mano, donde su adiestrador les da de comer. El objetivo no es que cacen, sino que disuadan a otros animales, fundamentalmente los pájaros migratorios, de apropiarse de alguna parcela de la zona se seguridad. De las cerca de 80 aves que hay en un gran aeropuerto como el de Barajas, únicamente vuelan a diario unas 25 y el resto están dedicadas a la reproducción, están mudando o son ya demasiado mayores.

Mariquitas y parásitos

A los seres humanos les suele gustar la visión de las *Coccinellidae*, es decir, las mariquitas, por el vivo color de sus alas y sus motas negras, pero a los pulgones les da pavor, porque una sola es capaz de comerse al día varios cientos. Por eso ya son varias las empresas de biotecnología en España que se dedican a la cría selectiva de estos insectos. En Almería, la del mar de invernaderos tierra adentro, se venden distintas clases de himenópteros, mariquitas y chinches para acabar con las larvas, cochinillas y pulgones que comen o perforan las plantas. No debe ser un mal negocio porque también han empezado a comercializarse en Málaga y en Galicia.

En el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de La Mojonera, en Almería, están experimentando con el control biológico del picudo rojo —*Rhynchophorus ferrugineus*— un escarabajo tropical que está acabando con las palmeras del sur y este peninsular. Hasta ahora el único método de combate de la plaga era la tala y trituración de los ejemplares afectados —más de 8.000 sólo en 2007— como medida preventiva a su expansión, pero las investigaciones con nemátodos (gusanos microscópicos no segmentados) parece que están dando buenos resultados. Ya han comprobado que son eficaces al cien por cien en la eliminación de las larvas y pupas del escarabajo.

En Murcia se aplicó, por primera vez en España, un tratamiento “bio” contra el piojo blanco —*Aspidiotus nerii*—, el parásito que más afecta al cultivo del limón. Su contrincante es otro parásito, el *Aphytis melinus*. Se reparten en botes,



El uso de halcones en los aeropuertos para que disuadan a otras aves de entrar en el espacio aéreo se debe a Félix Rodríguez de la Fuente.

Pájaros contra “pájaros”

La negligencia de los pilotos, fallos mecánicos, deficiencias en el mantenimiento técnico de las aeronaves, errores de los controladores aéreos... Éstas son las causas que encabezan la lista elaborada por la organización Aviation Law, que se dedica a la asistencia jurídica en caso de accidente, sobre las causas de desastres aéreos. Entre las 33 que citan como directos responsables, el impacto de los aparatos con aves es la número 29. Se pueden introducir en sus motores, como en el caso del

Airbus de US Airways, y desestabilizar por completo el avión anulando su capacidad de vuelo o chocar contra el cristal de la cabina y provocar heridas graves al piloto y que éste pierda el control. A 460 kilómetros por hora, el choque con un gran pájaro, como por ejemplo un ganso o un buitre, somete al aparato a una fuerza de impacto de más de 23.000 kilos. Sólo en Estados Unidos, los pájaros han provocado en los últimos treinta años, cerca de 700 incidentes aéreos y en 34 ocasiones los aviones sufrieron daños considerables. De ahí la importancia de la cetrería en el control de aves en los aeropuertos. ■

cada uno con 10.000 individuos, que se adhieren a unas tiras de cartón verdes y que, a su vez, se colocan en los árboles. Para cada hectárea de limonero son necesarios 25.000 *Aphytis*. Aunque no eliminan la plaga de los frutos ya infectados evitan que se contagien los nuevos.

También en esa comunidad —donde se cultivan unas 38.000 hectáreas de cítricos— han emprendido la lucha contra el piojo rojo de California —*Aonidiella*

aurantii—, amante de los limones pero también de las naranjas, con sus propias armas. Ese parásito, más abundante cuanto mayor densidad foliar tengan los frutales, puede llegar a acabar con el árbol en un ataque masivo. La ofensiva ideada en el marco del Programa Murcia Agricultura Limpia se basa en las apetencias de la insaciable cochinilla. Se colocan difusores en el campo, aproximadamente uno por árbol, que emiten feromonas feme-

ninas. Los machos de la plaga se distribuyen alrededor buscando a las hembras que ellos creen fértiles, pero no es así y la cópula termina sin reproducción. Es lo que se conoce como la táctica de la “confusión sexual”, una sofisticada estrategia que parece estar dando frutos porque, está casi demostrado que lo más dañino, lo devastador, es que el enemigo, como sostenía Martin Scorsesse ayudado de Robert de Niro, sea *uno de los nuestros*... ■

*Una enfermedad siempre presente
en el género humano
y que muta cada poco tiempo*

Los muchos virus de la gripe

El otoño nos ha traído un virus, no ya nuevo, pero sí muy conocido y que ha hecho correr ríos de tinta. Las alarmas han saltado, pues la Organización Mundial de la Salud le otorgó el máximo nivel de alerta, que no quiere decir que sea grave, sino que afectará a casi toda la población mundial. Se trata de un virus muy contagioso, pero bastante benigno al que, afortunadamente, la ciencia ha cortado el paso atajándolo con unas cuantas vacunas que, parece, son efectivas. Por eso no hay que temerlo, aunque haya que tomar ciertas precauciones. ■ POR Manuel Toharia.

La pandemia de gripe A (H1N1), que tanto preocupa al mundo desarrollado, se debe a un virus que tiene una facilidad pasmosa para mutar. Por eso no hay una gripe, sino muchas; o, mejor dicho, no hay un virus de la gripe, sino muchos. Los virus son agentes infecciosos tan pequeños y elementales que los científicos creen que ni siquiera se les puede denominar ser vivo. Algunos son más dañinos para el

ser humano, otros son más livianos; la mayoría de ellos son contagiosos o muy contagiosos, aunque no pueden vivir por sí mismos, sino aprovechándose del metabolismo de una célula a la que infectan y de la que se nutren. En todo caso no es más temible el actual virus de la famosa gripe que los anteriores, o que los que vengan en el futuro. Porque, eso sí, como todos los virus de la gripe, puede mutar y hacerse más dañino... o no.

Lástima que Darwin no supiese nada de estos raros seres vivos tan elementales como potencialmente dañinos. Le hubieran servido para entender algunos aspectos concretos de su teoría evolucionista que hoy tenemos ya perfectamente asimilados y que él sólo pudo llegar a intuir. Porque los virus fueron probablemente una de las formas de vida primigenias del planeta y son hoy tan activos como lo fueron durante todo ese tiempo transcurrido: casi 4.000 millones de años...



Y es que Darwin, hace siglo y medio, no tenía ni idea de lo que eran los microorganismos, ni aun menos los genes y las macromoléculas de la vida, como el ADN, el ARN y las proteínas. Ni tampoco pudo saber lo que eran las mutaciones que, sin embargo, explican perfectamente lo que él observaba en la naturaleza.

Porque los virus son, precisamente, un excelente ejemplo de mutación adaptativa. Si hay algo que aterre a los cien-

tíficos expertos en pandemias es precisamente esa capacidad camaleónica de estos seres vivos —¿vivos?... hay quien lo duda— tan elementales. Porque siempre existe la posibilidad de que se transformen en algo diferente, quizá peor de lo que hasta ahora conocemos. De ahí la necesidad de seguirles la pista en su evolución. De hecho, las vacunas contra la gripe hay que renovarlas y adaptarlas a las nuevas cepas mutantes del virus de la gripe que, cada temporada, van apa-

reciendo. Es decir, la vacuna contra la gripe ha de cambiar en unos pocos años porque el virus se transforma, sufre mutaciones.

¿Conclusión? De momento, una bastante fundamental: desde el punto de vista biológico, las ideas de Darwin y Wallace —no olvidemos a este otro sabio, mucho menos famoso que Darwin pero no menos importante que él— acertaron plenamente en casi todo lo que expusieron a mediados del siglo XIX. Lo bueno es que aquellos aciertos fueron logrados ignorando muchísimas cosas que hoy sabemos y que confirman, con más contundencia aún, lo que ellos observaron, intuyeron y dedujeron, lo cual añade una buena dosis suplementaria de mérito, todavía más digno de admiración. Pronto dedicaremos en *Estratos* un trabajo a la obra de estos dos gigantes de la ciencia del siglo XIX.

En la evolución está la clave

El mecanismo por el que unas especies evolucionan en otras suele ser lento y progresivo, aunque a veces sufre desviaciones bruscas por mecanismos catastróficos de origen telúrico o cósmico. No es éste el caso de los virus de la gripe. Su evolución es rápida —no implica miles o millones de años, sino unos pocos años— pero muy progresiva; es decir, un virus de la gripe se parece mucho a otro virus de la gripe. Eso sí, en cuanto a sus efectos sobre los seres vivos que colonizan, la cosa puede variar mucho. El virus de la gripe aviaria, por ejemplo, al que más adelante nos referiremos porque fue el causante de la anterior alarma mundial en cuanto a pandemias de gripe —por fortuna, no confirmada posteriormente, aunque quién sabe...—, es muchísimo más dañino para los humanos que el actual virus de la gripe A (H1N1) que tantos ríos de tinta está haciendo correr en el mundo entero. De hecho, cunde la preocupación entre los expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) por si ambos virus, que comparten muchas cosas, pudieran generar un nuevo virus tan contagioso como el uno y tan dañino como el otro. Pero en esto como en

todo, estamos a expensas de... sí, de la evolución. Nada podemos hacer para frenar ésta u otras mutaciones genéticas, generadoras de nuevas especies, en este caso de virus.

Y, a todo esto, ¿qué es exactamente la gripe? De esta enfermedad conocemos bastantes cosas e ignoramos unas cuantas más, como suele suceder en ciencia. En cuanto al ser humano, se trata de una enfermedad de origen viral que procede de aves y mamíferos. Los virus responsables son de la familia de los ortomixovirus; la palabra gripe (como la francesa *grippe*) proviene del alemán *gripi* (que más o menos significa acurrucarse). En muchos países, incluso de habla hispana, se utiliza *influenza*, cuyo origen es evidentemente italiano y seguramente tiene que ver con la fácil influencia, o sea contagio, de esta enfermedad.

Es un mal que suele afectar a las vías respiratorias, de forma similar al resfriado o al catarro, aunque muchos de éstos son provocados por bacterias u otros virus. Eso suele ir acompañado de fiebre, dolor de garganta, estómago, cabeza y músculos en general (típico trancazo, con dolor de espalda y riñones), debilidad, tos generalmente seca, malestar general... Todo el mundo sabe lo que es la gripe. Sólo en los casos más graves puede complicarse originando males más graves como la neumonía, lo que puede llegar a ser mortal.

La transmisión entre humanos se hace por vía aérea. Los virus viven alojados en las células que, en gotitas de aerosol, proceden de la saliva o las secreciones nasal y bronquial emitidas por la tos o los estornudos, o bien transmitidas a través de las manos húmedas con las que nos hemos tapado la boca al toser. Por eso es conveniente mantener una higiene escrupulosa (como siempre, por cierto), sobre todo respecto a las manos. Y al toser o estornudar, hacerlo en un pañuelo desechable, o bien en la parte interior del codo (nunca en las manos).

Gripe estacional y pandemias

Los diferentes virus de la gripe, por su simplicidad estructural, resisten mal, por ejemplo, el calor seco. En cambio, infec-

tan mucho más cuando la temperatura desciende y el ambiente se hace más húmedo. Por eso la gripe suele ser “estacional”: rebrota todos los años con virulencia, sobre todo en otoño. De hecho, con uno u otro virus, la gripe es una enfermedad permanentemente presente en el género humano. Algo que parecemos haber olvidado debido a la histeria desatada con motivo de la reciente, y todavía incipiente, pandemia de gripe A (H1N1).

Durante el pasado siglo XX, esta epidemia prácticamente permanente desde siempre de gripe estacional (con virus que mutan cada pocos años) ha provocado, sólo en España, varios miles de víctimas al año, y muchos cientos de miles de contagios. Cada veinte años más o menos se produce una gran pandemia, es decir, una epidemia que afecta a prácticamente todos los países con el mismo virus. Entonces las cifras se disparan... La llamada gripe rusa ocasionó entre 1889 y 1890 más de un millón de muertes; era un virus A (H2N2). La famosa gripe española de 1918-1920 era A (H1N1), como la actual: causó de 40 a 100 millones de muertos. Por cierto, y no por falso patriotismo —ningún país tiene la culpa de que en su territorio aparezca un nuevo virus—, sino por respeto histórico, hay que decir que está documentado que esa gripe apareció por primera vez en los Estados Unidos, en Kansas, entre enero y marzo de 1918. ¿Por qué, pues, gripe española? Sencillamente porque al final de la primera guerra mundial, en la que no participamos, aquí no había censura, y sí en los países implicados, incluido Estados Unidos. Nuestros periódicos hablaron mucho de ella, los demás nada. O sea que sólo había gripe en España...

Otra pandemia, la de gripe asiática de 1957-58 —ésta sí nació en Asia, donde se generalizó enseguida— mató a casi dos millones de personas. Era un virus A (H2N2). La gripe de Hong-Kong, de 1968, mató en un año a un millón de personas. Era un virus A (H3N2). La gripe aviaria de origen chino se contagia muy poco entre humanos, algo afortunado porque es muy agresiva.

Por eso hay muchas menos víctimas de lo que se temió inicialmente; era A (H5N1). Uno de los peores temores de los sabios de hoy es que este virus, todavía activo en muchos sitios, pudiera unirse al de la nueva gripe para dar una nueva variedad muy contagiosa y mucho más dañina. Por ahora, no hay nada de eso.

Tratamiento y vacunación

Para tratar a los enfermos resulta esencial saber de qué tipo de virus se trata. Los laboratorios determinan en cada caso qué cepa de virus de la gripe es la activa en cada momento. Hay cinco géneros dentro de la familia de los ortomixovirus: de ellos tres son de la gripe, los Influenzavirus A, B y C. En cada uno de esos tres géneros hay subtipos en función de la respuesta a los antígenos Hemaglutinina y Neuraminidasa (HN). Es ésta una cuestión muy técnica, pero origina esos nombres extraños de los distintos virus; por ejemplo, la actual gripe A (H1N1) se debe al Influenzavirus A con los antígenos H1 y N1.

Es un virus muy similar al de la famosa gripe española, o más bien de Kansas. Aquella fue letal; la actual parece bastante poco dañina. El porqué de esta diferencia puede tener que ver con las condiciones sociales e higiénicas actuales, bien diferentes de las existentes al final de una guerra larga y cruel. Además, ya hemos visto que no es la gripe la que mata, sino las infecciones subsecuentes, muchas de ellas controlables hoy por ejemplo con antibióticos (que no existían a principios del siglo XX). Y las condiciones de higiene, desarrollo y cuidados hospitalarios y de medicina preventiva no tienen nada que ver con lo que había hace casi un siglo.

Todos los virus del tipo A afectan a los animales y pueden saltar al ser humano. En cambio los del tipo B únicamente afectan a los humanos y sólo se conoce otra especie afectada: la foca. Es mucho menos dañino que los virus A y produce muchas menos mutaciones; no suele, pues, originar pandemias. Finalmente, el virus de la gripe C lo comparten los humanos y los cerdos, y es respon-

sable de graves epizootias en los animales; en general es mucho menos frecuente que los virus A y B, y tiene muy escasas consecuencias sobre la salud humana.

Volviendo de nuevo a la gripe A (H1N1), parece demostrado que se originó a partir de una cepa aviaria, dos cepas porcinas y una humana. Ese virus pudo dar el salto entre especies, pasando del cerdo a los humanos, y propiciando luego un contagio bastante fluido entre nosotros. Al parecer, y a pesar de lo que se dijo en un principio, antes que en México ya se había producido algún caso en Texas. En junio de 2009 la OMS ya clasificó la pandemia como de nivel de alerta 6, el máximo. Esto de los niveles de alerta no tiene que ver con la gravedad de la enfermedad, sino con su extensión geográfica. Nivel 6 significa que hay casos en prácticamente todos los países.

En cuanto al tratamiento, es **Virus de la gripe.** similar al de las

demás gripes. La vacunación está especialmente recomendada a la población con riesgo, bien por su salud —ancianos, asmáticos, cardíacos, niños pequeños, personas inmunodeprimidas, etcétera—, bien por su ocupación —personal sanitario en general—.

Por lo que respecta a la vacuna, ya existen varios ejemplares en prueba, y parece que su eficacia es cierta. El 30 de septiembre dos de ellas fueron aprobadas por la Comisión Europea (pertenecen a los laboratorios Novartis y GlaxoSmithKline), tras la aprobación

días antes de la Agencia Europea del Medicamento (EMA). Una tercera vacuna del laboratorio Baxter será probablemente aprobada muy pronto. La campaña de vacunación podría, pues, producirse a lo largo del otoño en nuestro país.

Por cierto, la OMS ha pedido generosidad a los países ricos para que, como ha hecho la agencia sanitaria de Nacio-

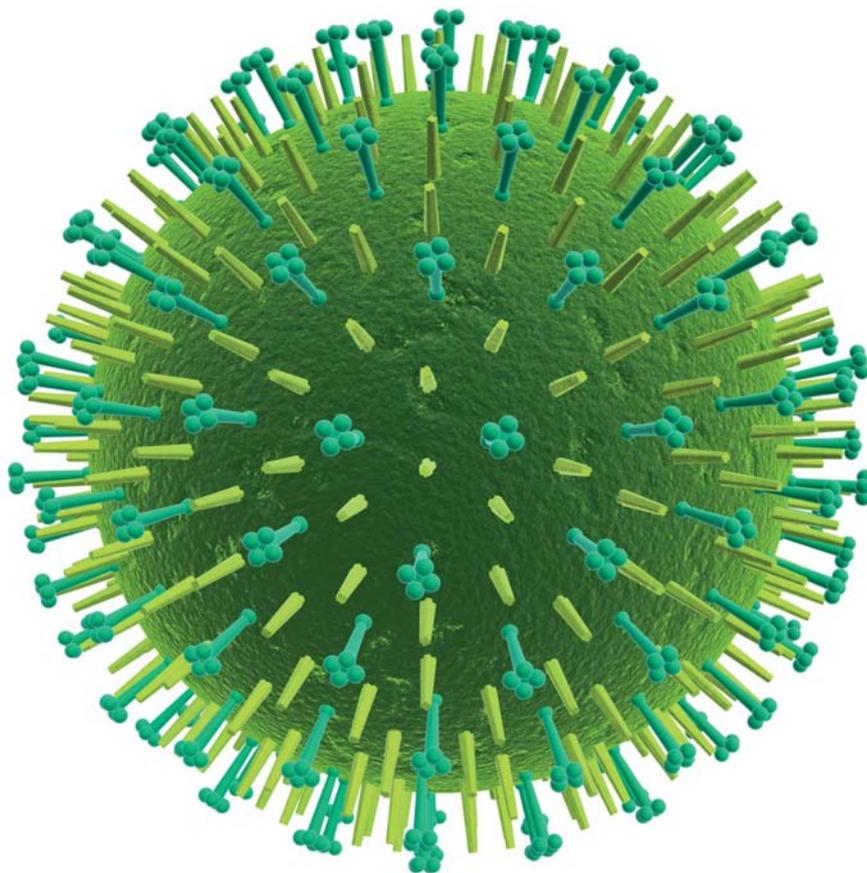
tos sólo están recomendados para personas de alto riesgo y no, como mucha gente pensó inicialmente, para la población en general. No curan la enfermedad pero, en general, disminuyen los síntomas y también la gravedad de las complicaciones, si surgen. La OMS indica que para la nueva gripe son efectivos en la mayoría de los casos el zanamivir por inhalación y el oseltamivir por vía oral.

En cambio, el virus es resistente a otros fármacos antivirales como la amantidina y la rimantidina.

En suma, estamos ante una pandemia de gran amplitud, aunque la enfermedad es bien conocida desde antiguo. La nueva variante resulta menos dañina que otras gripes, pero más contagiosa en líneas generales. Como es una cepa A (H1N1) es probable que las personas mayores tengan cierta inmunización por haber estado en contacto con virus anteriores de cepas similares; quizá por eso fue asombroso inicialmente el número

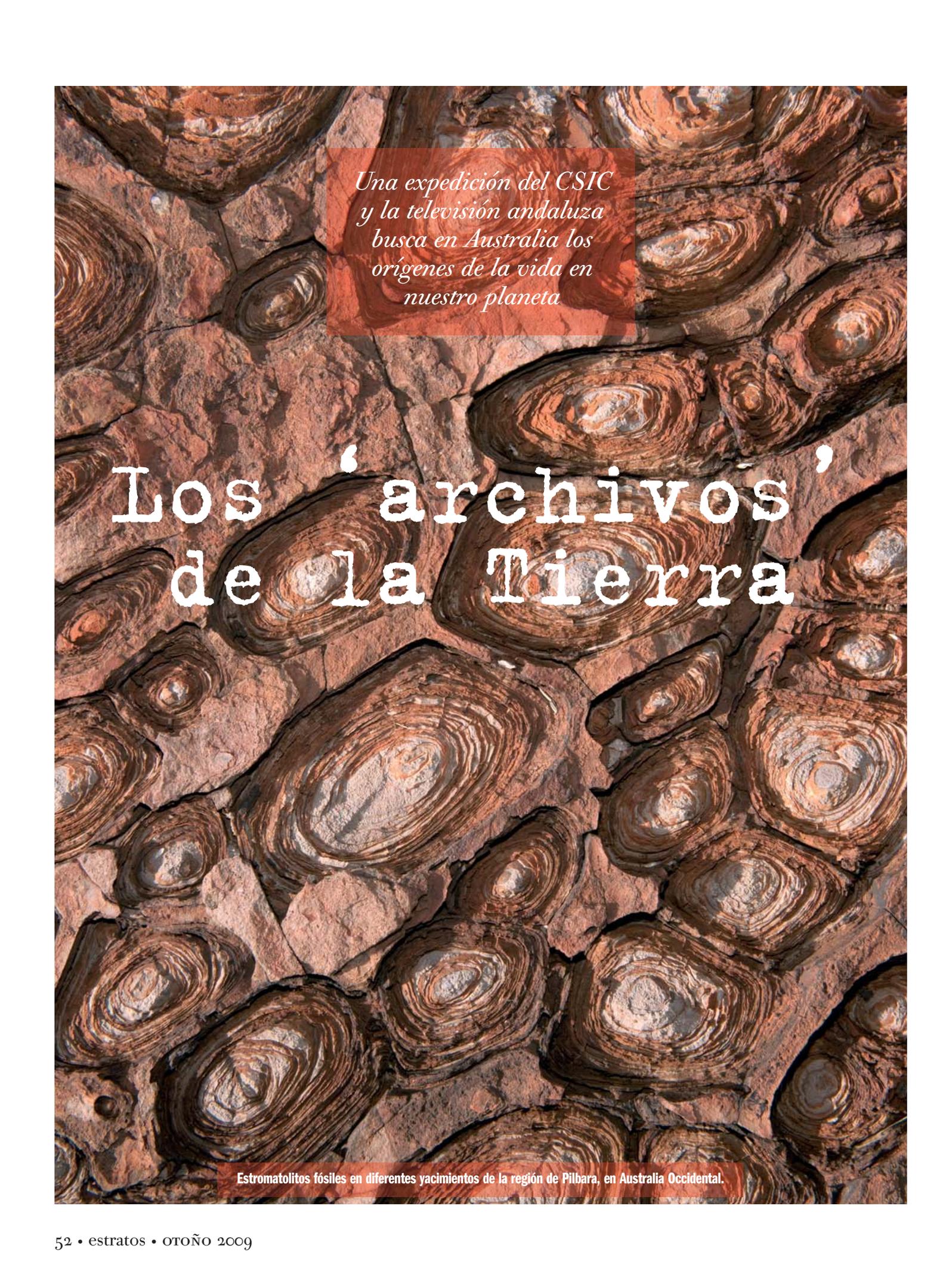
relativamente alto de infecciones en personas jóvenes en lugar de personas de cierta edad.

Lo que sí es obvio es que la alarma de los primeros tiempos, un poco absurda y hasta escandalosa, ha dejado paso a la racionalidad más estricta. La ciencia, entre tanto, ha hecho su labor descubriendo y fabricando, en un tiempo récord, una vacuna —bueno, varias— adecuada. Sería deseable que en esas cuestiones se le dejase la palabra a la ciencia y callase un poco más la política. Los hechos así lo señalan. ■



nes Unidas, den prioridad a sus grupos de riesgo en la vacunación y liberen parte de sus reservas para donárselas a los países más pobres. La OMS confía en poder distribuir las primeras dosis donadas a principios de noviembre y se estima que se podría contar con 300 millones para abastecer a más de 90 países del mundo pobre.

En cuanto al tratamiento con antiviricos, resultará cada vez menos relevante a medida que la vacuna vaya haciendo disminuir el número de contagios en los próximos meses. Estos medicamen-



*Una expedición del CSIC
y la televisión andaluza
busca en Australia los
orígenes de la vida en
nuestro planeta*

Los 'archivos' de la Tierra

Estromatolitos fósiles en diferentes yacimientos de la región de Pilbara, en Australia Occidental.

Desde 2002, la Estación Biológica de Doñana y la Radio Televisión de Andalucía colaboran en el desarrollo y difusión de expediciones científicas a diferentes espacios naturales que, más allá de la Península Ibérica, mantienen algún vínculo ecológico con nuestro país. De esta manera, y en una experiencia pionera en España, un equipo de televisión del programa *Espacio Protegido*, de Canal Sur 2, filma, en tiempo real, los avatares de un viaje de estas características, rodeado de dificultades, pero también abierto a sorprendentes descubrimientos científicos. La última aventura de este singular equipo de científicos y comunicadores ha tenido como escenario el continente australiano. ■ **POR José María Montero, PERIODISTA AMBIENTAL Y DIRECTOR DE *ESPACIO PROTEGIDO*. FOTOGRAFÍA: Héctor Garrido, EBD/CSIC.**

Hace más de 10.000 años, cuando en el norte de España los hombres del Paleolítico pintaban llamativos bisontes en la cueva de Altamira, en una remota colina del desierto australiano, conocida como Gallery Hill, los aborígenes también dejaban constancia de su profundo sentido artístico salpicando este paisaje mineral de petroglifos en los que no es difícil adivinar los trazos de una figura humana, de un canguro o de una serpiente.

Así celebraban el misterio de la vida, sin saber que en esas mismas rocas se escondían, precisamente, algunas de las claves para determinar cuándo y cómo surgió la vida en la Tierra. Las rocas cobrizas de Gallery Hill, en la remota región de Pilbara, tienen 3.000 millones de años y forman parte del impresionante archivo geológico que en Australia nos habla de los primeros momentos en la historia de nuestro planeta.

En las antípodas, el concepto del tiempo, de la historia, nada tiene que ver con las escalas que los europeos acostumbramos a manejar. La Australia aborígen, ignorada hasta hace bien poco, existe desde hace unos 50.000 años, pero la Australia blanca apenas tiene dos siglos. En 1788 llegaron los primeros colonos a la bahía en la que más tarde fundaron la ciudad de Sidney; 1.500 británicos de los que más de la mitad eran convictos. Y desembarcaron en un saliente de arenisca que

hoy, bautizado como The Rocks, se levanta entre los dos símbolos más poderosos de esta urbe: el puente de Harbour y la Opera House.

Este último edificio, con sus características bóvedas superpuestas con forma de concha, se inauguró en 1973, aun cuando nos pueda parecer que lleva siglos adornando la bahía. Todo es extremadamente nuevo en esta ciudad que, el pasado mes de abril, se convirtió en la primera escala de una compleja expedición científica española. Especialistas del Consejo Superior de Investigaciones Cientí-

cas (CSIC) y comunicadores del programa *Espacio Protegido* (Canal Sur 2) viajamos hasta el continente australiano para tratar de desvelar algunos de los secretos que giran en torno a la vida en la Tierra, una cuestión que, desde perspectivas diferentes, preocupa a los expertos que lideran la expedición: Juan Manuel García, director del Laboratorio de Estudios Cristallográficos, con sede en Granada, y Jordi Figuerola, científico titular en la Estación Biológica de Doñana.

En Sidney quien nos puede resolver los primeros interrogantes es Malcolm



En otro planeta

Australia es el sexto país más grande del mundo (7,6 millones de kilómetros cuadrados) y la isla más extensa; una isla que es al mismo tiempo un continente, y el único continente que también es un país. El 80% de las plantas y animales silvestres que habitan en Australia no se encuentran en ningún otro lugar del mundo. Al mismo tiempo, en los vastos desiertos que dominan este país-continente se localizan algunas de las rocas más antiguas del planeta, rocas que rozan los 4.000 millones de años de antigüedad. Y todas estas singularidades se manifiestan en una nación tremendamente joven y con una población mayoritariamente urbana.

Dos terceras partes de Australia son desérticas o semi-desérticas y experimentan una alta evaporación: sólo un 10% de las precipitaciones permanece en la superficie para abastecer a los ríos. Éste es el continente habitado más seco del planeta (le gana la Antártida, pero allí la única población es la de las bases de investigación, una población *nómada*). En el *outback* australiano apenas se registran precipitaciones medias de 150 mm/año, aunque también en esta variable hay un punto desproporcionado (de nuevo Australia nos sorprende con sus magnitudes): en las mesetas de Atherton, en el estado de Queensland, se recogen hasta 12.000 mm/año (seis veces lo que llue-

ve, de media, en la gaditana Sierra de Grazalema, el punto con mayor pluviometría de España).

Éstas son algunas de las paradojas, extremas, que sorprenden al viajero que llega a Sidney desde la vieja Europa. En lo que se refiere al medio natural, explica Juan Manuel García, “las notables diferencias que encontramos en Australia se deben a que este continente se desgarró de la Antártida y de América del Sur y desde entonces, hace 55 millones de años, la vida ha evolucionado en total aislamiento, creando, por ejemplo, una fauna diversa y única que no tiene paralelo en otras partes del planeta”.

Además de los marsupiales, como el canguro, o los monotremas, como el ornitorrinco, en estas tierras de las antípodas aparecen otras rarezas faunísticas no menos llamativas. Australia, por ejemplo, es el país con la mayor proporción de serpientes venenosas del planeta. El taipán del interior (*Oxyuranus microlepidotus*) produce un veneno 50 veces más potente que el de la cobra. Pero, además, hay cinco especies (la araña de tela de embudo, la medusa cofre, el pulpo de anillos azules, la garrapata paralizadora y el pez piedra) que son las más letales de su familia en el mundo. Y aún así, el número de muertes por picadura de serpiente (unas diez personas al año en todo el continente) es similar al de Europa y muy inferior al de Estados Unidos. Muchas más desgracias originan los ataques de tiburón o los del temido cocodrilo de agua salada. ■

Walter, director del Centro Australiano de Astrobiología, con el que nos encontramos en el campus de la Universidad de Nueva Gales del Sur. Ya en su despacho, Malcolm nos explica sobre un mapa el particular viaje en el tiempo que vamos a emprender. Tendremos que volar desde Sidney, en la costa este australiana, hasta Perth, en la costa oeste, un trayecto de más de 4.000 kilómetros que nos va a permitir conocer las rocas y los cristales más antiguos del planeta Tierra.

“En la zona este de Australia —explica Walter— las rocas tienen entre 500 y 1.000 millones de años de antigüedad, y a medida que viajamos hacia el oeste encontramos rocas de hasta 2.500 millones de años. Justo en el noroeste, en Pilbara, encontraremos las rocas más antiguas, que tienen unos 3.500 millones de años”. Pero nuestro particular *reloj* aún puede retroceder un poco más, porque si hablamos de cristales “hay una zona en donde se localizan circones con una edad de 4.400 millones de años, es decir, que

se formaron sólo 100 millones de años después de que la Tierra se enfriara”. Esto significa, concluye Walter, “que en Australia está codificada toda la historia de nuestro planeta: probablemente tenemos el registro geológico más rico de la historia primitiva de la Tierra”.

Sidney representa el lado más urbano y moderno de Australia, pero lo que hemos venido a buscar se encuentra muy lejos de esta ciudad. En realidad se encuentra muy lejos de cualquier ciudad.

Camino a Pilbara

Alcanzar la remota región de Pilbara no es fácil. Tenemos que cruzar Australia de costa a costa y así llegar a Perth, en las orillas del Océano Índico. Allí nos espera Libby Thomas, responsable de las complicadas tareas de logística que serán vitales en los inhóspitos territorios donde se va a desarrollar nuestro trabajo.

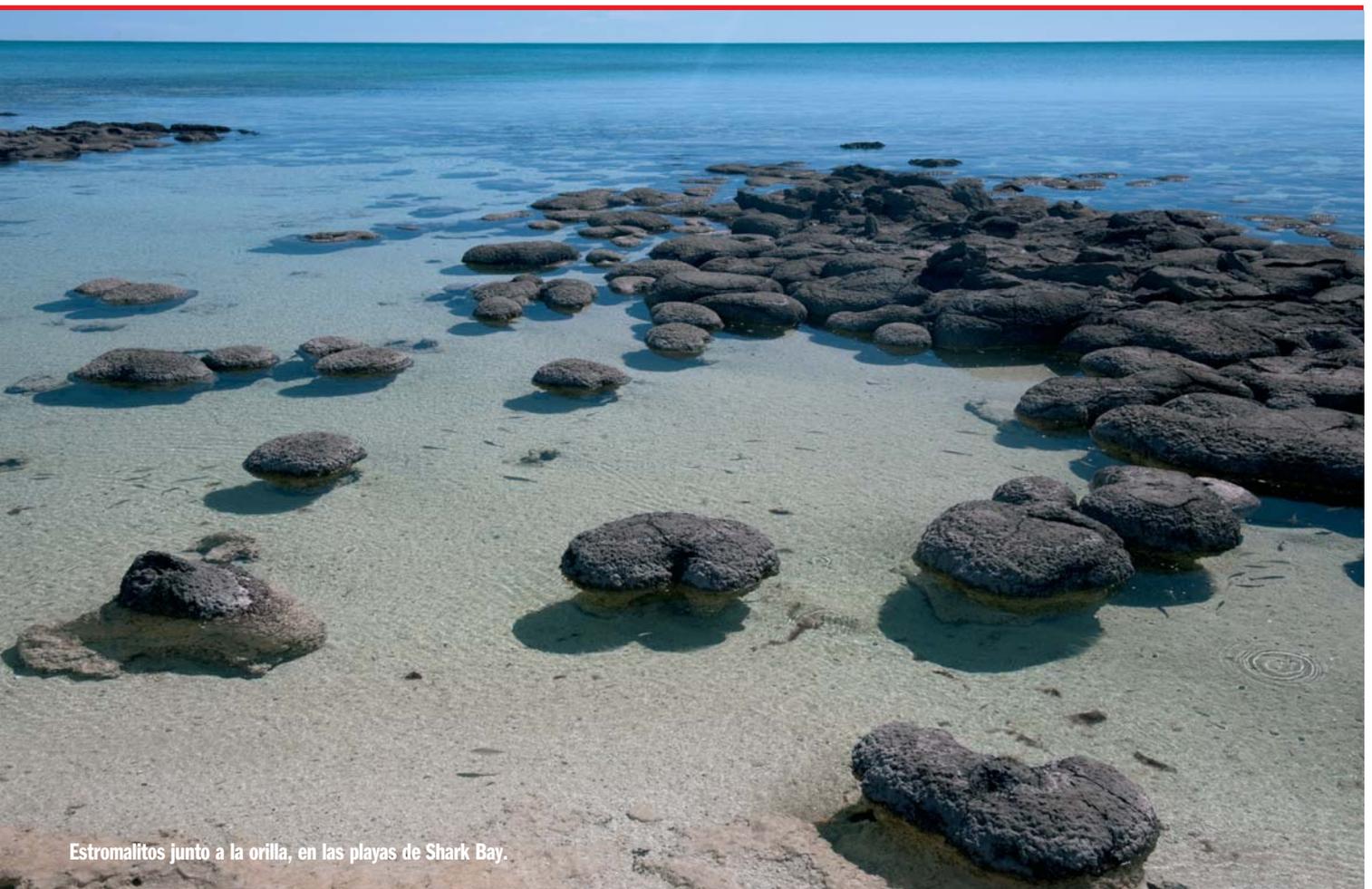
Desde Perth, un pequeño avión de hélice nos traslada hasta Carnarvon sobrevolando una línea costera de gran belle-

za e inusualmente deshabitada. A baja altura disfrutamos de un paisaje virgen que anuncia el territorio al que nos encaminamos. La civilización va quedando atrás.

Si desde el cielo apenas advertimos signos de humanización, a ras de suelo tampoco abundan. Nuestros vehículos todo-terreno se internan, por fin, en el *outback*, las solitarias tierras del interior australiano, parajes semidesérticos donde se encuentran algunos de los enclaves geológicos que hemos venido a estudiar.

Los territorios del occidente australiano, aquellos que se extienden al norte de la ciudad de Perth, constituyen la última frontera de un país inabarcable. La árida región de Pilbara permaneció inexplorada hasta finales del siglo XIX y aún hoy resulta complicado visitarla sin la ayuda de guías locales. La escasa población de este territorio suele concentrarse en las explotaciones mineras que se levantan en mitad de la nada.

Además de los mineros, en estas tierras vive un puñado de intrépidos gran-



Estromalitos junto a la orilla, en las playas de Shark Bay.

jeros que se dedican a la cría de ganado en fincas que suman miles de kilómetros cuadrados. En los viejos cobertizos de una de ellas, Carbla Station, conseguimos aposento, austero pero suficiente, para abastecernos de agua y reponer fuerzas.

A pocos kilómetros de esta hacienda se encuentra Shark Bay, el punto más occidental de Australia, una extensa bahía (1.800 kilómetros cuadrados) que fue declarada Patrimonio de la Humanidad en 1991 y que esconde algunas de las claves sobre el origen de la vida en la Tierra. Quizá hace miles de millones de años las peculiares características de Shark Bay eran las que dominaban en el planeta: aguas poco profundas, cálidas y saturadas de sal, un medio propicio para algunos primitivos organismos.

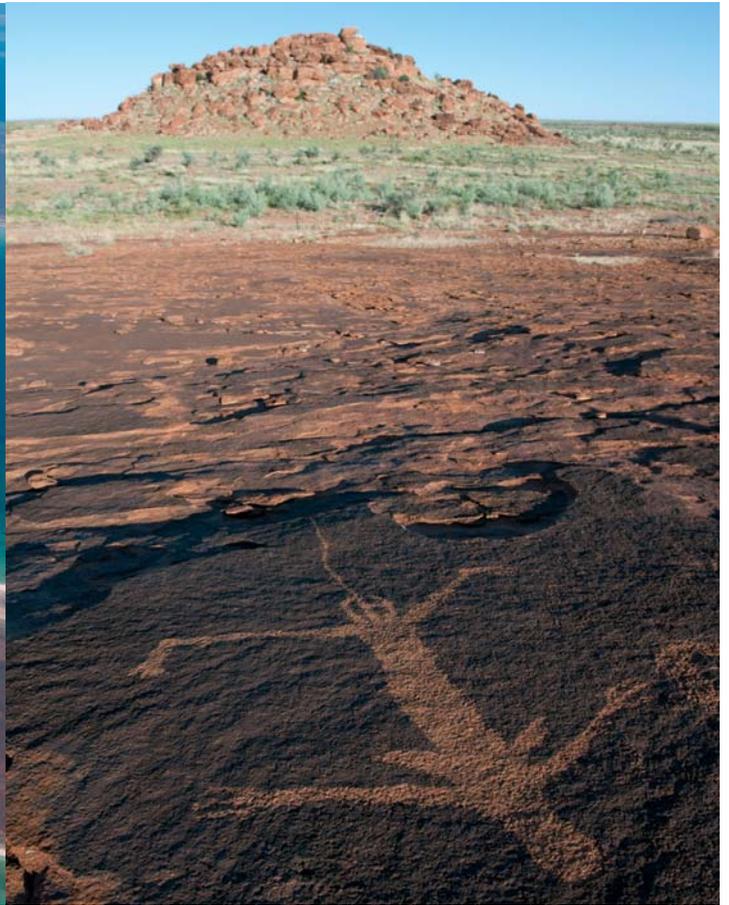
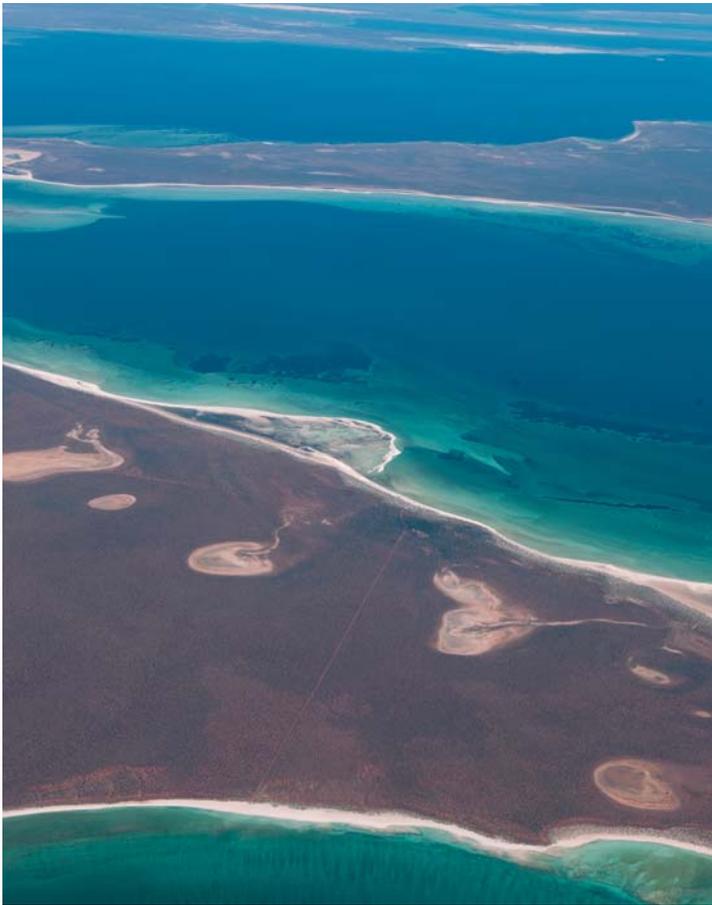
Con las primeras luces del día, el heterogéneo grupo de especialistas que se ha reunido en esta expedición recorre, con detenimiento, las blanquecinas playas de la bahía. Al equipo científico se ha sumado un geólogo, Martin Van Kranendonk,

del Geological Survey of Western Australia; un microbiólogo, Brett Neilan, de la Universidad de Nueva Gales del Sur, y un físico, Stephen Hyde, de la Universidad Nacional Australiana. Todos estamos interesados en examinar uno de los elementos más llamativos de esta reserva natural. Shark Bay es de los pocos lugares del planeta donde podemos encontrar estromatolitos vivos, unas curiosas formaciones originadas a partir de la acción de las cianobacterias. Estos microorganismos producen un material gelatinoso en el que quedan atrapados los minerales disueltos en el agua, de manera que todos estos sedimentos van creando láminas microscópicas superpuestas. Así se levantan unas estructuras parecidas a champiñones de gran tamaño que, desde hace unos 6.000 años, viven en las aguas de esta bahía.

Pero desde un punto de vista geológico 6.000 años son casi una anécdota, ya que estamos hablando de formaciones demasiado jóvenes que no parece

que puedan ayudarnos a desentrañar el origen de la vida en la Tierra. Lo realmente llamativo de estos estromatolitos es que su morfología es muy parecida a la que se encuentra en algunas rocas de más de 3.500 millones de años, y que también se localizan en suelo australiano. El parecido entre ambos elementos es el que desata la pregunta: ¿son rocas de morfología caprichosa o en realidad son fósiles que atesoran los restos de las formas de vida más antiguas del planeta? Éste es, justamente, el enigma que hemos venido a resolver.

“Vine a este lugar por primera vez hace 40 años —recuerda Malcolm Walter— porque como estudiante me interesaban las rocas que contenían microorganismos, con estructuras como éstas. Son estructuras muy complejas, mucho más complejas de lo que habíamos pensado al principio, pero muy interesantes para saber cómo pudo ser la Tierra primitiva, ese momento en el que comienza la evolución de la vida en nuestro planeta”.



Shark Bay desde el aire.

Pictogramas aborígenes en Gallery Hill.

En opinión de Juan Manuel García, “el interés que tienen estas estructuras, los estromatolitos de Shark Bay, es que son el modelo vivo de las estructuras que vamos a encontrar en las rocas más antiguas de la Tierra. Si esa morfología que vamos a ver en rocas de 3.500 millones de años se ha originado de la misma manera que estas estructuras, creadas a partir de la actividad biológica, entonces la vida se acunó en nuestro planeta hace 3.500 millones de años. Este es el debate que hay que resolver”, concluye.

Las bacterias que otorgan vida a los estromatolitos de Shark Bay son capaces de producir oxígeno, y otros microorganismos, las arqueas, también ligados a estas estructuras, producen metano, dos gases implicados en la aparición de la vida en la Tierra. Otro argumento a favor de aquellos que consideran que estos mismos estromatolitos ya estaban presentes en nuestro planeta hace más de 3.500 millones de años.

“Shark Bay es el mejor ejemplo que tenemos de cómo comienza la vida en la

Tierra —asegura Brett Neilan—, porque tenemos evidencias de que la vida que vemos aquí, ahora mismo, en las aguas de esta bahía, es exactamente la misma que la vida que hubo hace más de 3.000 millones de años. Los estromatolitos son un ejemplo excelente de cómo se conectan la biología y la geología”.

Sin embargo, el debate no puede resolverse de una manera tan sencilla, porque también cabe la posibilidad de que los supuestos estromatolitos fósiles, los que más tarde buscaremos en las tierras del interior, sólo mantengan un parecido estructural con estos otros, sin que en su primitiva formación estuviera presente ningún organismo vivo. Si Juan Manuel García ha viajado desde Granada hasta esta apartada bahía es precisamente porque los especialistas australianos han pedido su dictamen, necesitan las observaciones de este cristalógrafo para tratar de resolver el dilema.

“Es un debate tremendamente importante —asegura Juan Manuel García—, porque estamos hablando de cuándo apa-

rece la vida sobre la Tierra, de poner en el tiempo la evolución, y eso no se puede decir de la noche a la mañana”. Por eso el trabajo de este cristalógrafo consiste en hacer “un estudio muy concienzudo de los diferentes mecanismos capaces de originar estas estructuras. Uno, obvio, es el que encontramos en Shark Bay: la biología es capaz de producir este tipo de estructuras. Lo que no sabemos todavía es si hay algún tipo de mecanismo alternativo, inorgánico, en el que no esté presente la vida, que también produzca el mismo tipo de estructuras. Eso es justamente lo que estamos estudiando”.

Las autoridades australianas nos han dado permiso no sólo para visitar este santuario natural, al que únicamente pueden acceder investigadores acreditados, sino que también han autorizado la toma de muestras. Con sumo cuidado, los científicos pueden examinar los estromatolitos que se disponen cerca de la orilla y también los que permanecen sumergidos a poca profundidad. De algunos de ellos se recogen muestras para analizar-

Aventura y rigor

La alianza, o la simple *complicidad*, entre científicos y comunicadores es, en nuestro país, una de esas rarezas que hipotecan la divulgación científica a gran escala. Lo sorprendente de este desencuentro es que en ambos colectivos se manifiestan necesidades cuya satisfacción podría resolverse, en gran medida, con el establecimiento de ese, hasta ahora, raro entendimiento.

En este esfuerzo por construir una alianza honesta entre científicos y comunicadores es, justamente, en el que nos embarcamos los profesionales que trabajamos en el programa *Espacio Protegido* (Canal Sur 2) y los investigadores de la Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC). Después de más de una década de intensa relación que, lógicamente, había derivado en una notable confianza mutua, en 2002 decidimos dar un paso adelante y plantear una experiencia pionera en nuestro país.

Científicos y comunicadores nos hicimos la siguiente pregunta: ¿seremos capaces de elaborar productos de divulgación científica que sean atractivos desde el punto de vista televisivo y que, al mismo tiempo, sean rigurosos y puedan resultar de utilidad para los científicos? Y para resolver estos interrogantes, acordamos un territorio común en el que buscar las respuestas, un territorio en el que, a priori, ambos nos sintiéramos cómodos.

Ese territorio resultaron ser las expediciones científicas, por utilizar un término que todo el mundo identifica con facilidad, aunque en realidad se trate de esos viajes, casi cotidianos, que los científicos de la EBD deben realizar a distintos puntos del planeta para resolver sus proyectos de investigación.

La iniciativa, a la que también se ha sumado el Parque de las Ciencias de Granada y en la que resulta decisivo el

apoyo de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), se ha materializado, hasta la fecha, en tres series documentales emitidas en Canal Sur: *El jardín de los vientos* (expedición a Kazajstán, en junio de 2003); *Mauritania, tres colores* (expedición a Mauritania-Senegal, en diciembre de 2004), y *El sur infinito* (expedición a Argentina, en noviembre de 2006). *Planeta Australia* será, por tanto, la cuarta entrega de esta serie e incluirá, además del capítulo dedicado al origen de la vida en la Tierra, otro en el que nos ocuparemos de trazar algunos vínculos entre la conservación de la naturaleza en España y en territorios tan remotos como Tasmania.

La nuestra es una aventura con rigor, una información que no renuncia al espectáculo, pero que no se deja secuestrar por él. Y todo este esfuerzo, no lo olvidemos, lo estamos realizando desde instituciones públicas. En nuestro caso, desde la televisión pública andaluza que apuesta, con recursos propios, por un producto arriesgado pero comprometido. ■



La expedición al cruzar el Trópico de Capricornio, en Australia Occidental.

las en laboratorio y compararlas con las que más tarde obtendremos de las rocas que se asemejan a estromatolitos fósiles.

Todas estas evidencias pueden ser decisivas en este debate científico. Si el enigma llega a resolverse a favor de aquellos que consideran que los estromatolitos fósiles son los restos de las formas de vida más antiguas de nuestro planeta, habrá que reformular algunas ideas en torno a la Tierra primitiva, un escenario, quizá, menos hostil de lo que imaginamos.

Si admitimos que ya había bacterias capaces de producir oxígeno hace más de 3.500 millones de años, la vida, en sus formas aún más sencillas, debió aparecer

en la Tierra mucho antes de lo que hoy pensamos, porque el planeta se formó hace 4.500 millones de años, tan sólo mil millones de años antes que esas primitivas bacterias, y en esos primeros momentos la Tierra era, literalmente, una gran bola de fuego. Las condiciones hostiles debieron moderarse en un plazo más corto del que ahora consideramos o es posible, incluso, que la vida llegara desde el exterior, desde el espacio, porque quizá esos mil millones de años no hubieran sido suficientes para crear organismos tan complejos y evolucionados como estas cianobacterias que se esconden bajo húmedas capas de minerales en una apartada bahía australiana.

La colina de los andaluces

Después de trabajar en Shark Bay, la expedición vuelve a internarse en el *outback*, el inhóspito territorio en donde debemos localizar las estructuras que guardan esa curiosa similitud con los estromatolitos vivos que hemos examinado en el litoral. La búsqueda de este tipo de rocas va a resultar un poco complicada, aunque los geólogos que nos acompañan tienen las coordenadas de ciertos yacimientos. Para acceder al que nos parece más interesante, cerca de Knosos, nos vemos obligados a utilizar un helicóptero, la única forma de alcanzar, sin mucha dificultad, la cima de la remota colina en la que se encuentran los supuestos fósiles.



Formaciones de hierro bandeado (BIF) en el Parque Nacional Karijini.



Filmando al anochecer en los territorios desérticos de Pilbara.

Durante algunos minutos seguimos, desde el aire, a nuestros vehículos en los que se traslada el resto del equipo. Nos sirven de referencia las pocas carreteras que cruzan este apartado territorio o las vías por las que circulan los kilométricos trenes mineros. Poco a poco nos vamos alejando de todas estas señales hasta que, finalmente, sólo contemplamos un vasto y deshabitado paisaje mineral. Nuestro helicóptero sobrevuela estrechas gargantas y cumbres en las que afloran algunas rocas. Finalmente, nos posamos en la colina donde, al parecer, se encuentran los fósiles.

Sin embargo, el piloto ha equivocado las coordenadas. En realidad estamos en una colina inexplorada, a bastante distancia del yacimiento que buscábamos. Pero la suerte está de nuestro lado. A pocos metros del lugar donde hemos aterrizado aparecen docenas de rocas que, sin duda, nos recuerdan la estructura, en forma de láminas superpuestas, de los estromatolitos que vimos en Shark Bay. Martin, el geólogo que nos acompaña, se muestra entusiasmado ante el fortuito descubrimiento.

La morfología de estas estructuras rojizas, perdidas en mitad del desierto australiano, es muy parecida a la de los estromatolitos vivos que estudiamos en Shark Bay, pero lo cierto es que nadie ha encontrado hasta ahora restos de las pri-

mitivas bacterias que pudieron dar lugar a estas rocas. A pesar del optimismo de Martin el enigma no está ni mucho menos resuelto.

El acuerdo sí que es unánime a la hora de bautizar esta colina a la que hemos llegado por error y que no figuraba en los mapas: a partir de ahora será “la colina de los andaluces”. A Stephen Hyde, el físico que viaja con nosotros, le gusta esta denominación porque le gusta Andalucía. Desde hace tiempo trabaja con Juan Manuel en la resolución de una curiosa paradoja científica que en esta expedición va a resultar tremendamente útil. En su laboratorio de Granada, y con la colaboración de Stephen, Juan Manuel ha demostrado que algunos materiales cristalinos, denominados biomorfos de sílice, son capaces de imitar las estructuras características de la vida, aunque estén formados por elementos inorgánicos. Por tanto, la estructura de un supuesto fósil, su forma, no es un elemento de juicio suficiente para demostrar que fue originado por un organismo vivo.

“El asunto es demasiado complejo como para que un físico pueda venir a decir esto es vida y esto no es vida —advierte Hyde—. Tenemos que conocer mucho más sobre la historia geológica de estas rocas, sobre su geoquímica y sobre las condiciones atmosféricas que existían cuando se originaron estas

estructuras. Y una vez que sepamos todo eso es cuando entra la morfología, porque la morfología depende mucho de esas condiciones”.

La cuestión se complica, así es que debemos seguir buscando más evidencias de esa posible presencia bacteriana en otros yacimientos, como el de North Pole, donde la temperatura ambiente, a pesar del topónimo, supera fácilmente los 45 grados centígrados.

Hay que proceder con cautela, no sólo porque algunas de estas primitivas rocas son frágiles y podrían dañarse con nuestras pisadas, sino, como explica Martin, porque si manipulamos alguna de ellas sin tomar precauciones podemos encontrarnos con la desagradable sorpresa de que una serpiente o un escorpión la hayan elegido como refugio. Y en este país ambos animales, con independencia de la especie, suelen ser letales.

Durante varios días el equipo de científicos continúa examinando diferentes yacimientos en los que también se encuentran estromatolitos, algunos de ellos de hasta 3.700 millones de años. En Trendall, las rocas que nos interesan se disponen sobre una escarpada colina y, en algunos casos, aparecen mezcladas con cristales, lo que aporta nuevos interrogantes que dan lugar, como siempre, a un animado debate científico bajo el implacable sol australiano.



Estromatolitos fósiles en diferentes yacimientos de la región de Pilbara, en Australia Occidental.

En tierra aborígen

Australia cuenta con una extensísima red de parques nacionales. Sólo en la región de Pilbara encontramos cuatro de ellos, algunos situados en tierras que los aborígenes consideran sagradas. Precisamente en uno de estos enclaves, como Karijini, vamos a localizar otros elementos geológicos que también se usan como evidencias en este debate sobre el origen de la vida, elementos que no son de pequeño tamaño, ni se esconden entre la vegetación de una colina perdida.

Las formaciones de hierro bandeado, como la que aflora en la garganta de Dales, en el corazón del Parque Nacional Karijini, se extienden a lo largo de centenares de kilómetros y están originadas por capas milimétricas de hierro y sílice que se superponen de manera ordenada hasta formar bloques que fácilmente alcanzan los cien metros de espesor. Se originaron hace unos 2.500 millones de años, cuando la atmósfera de la Tierra comenzó a cambiar gracias a la mayor abundancia de oxígeno. Pero, ¿de dónde salió este gas, imprescindible para la vida? Nuestros estromatolitos, si es que entonces eran estructuras formadas por organismos vivos, vuelven a protagonizar una de las posibles respuestas, aunque no la única.

“El hierro y la sílice estaban disueltos en el océano de la Tierra primitiva,

un océano que era muy diferente al actual”, sostiene Martin Van Kranendonk. Y entonces, hace 2.500 millones de años, “ocurrió algo especial que provocó la precipitación de estos dos minerales. El mecanismo por el que se produjo esta precipitación tiene que ver con la existencia de microorganismos que vivían en la superficie de este océano, formas de vida capaces de crear el oxígeno que originó la sedimentación del hierro y la sílice”.

“Atribuir a las cianobacterias la precipitación del hierro —argumenta por el contrario Malcom Walter— es una explicación razonable, pero lo cierto es que no hemos encontrado fósiles de organismos vivos en estas rocas, en estas formaciones de hierro bandeado. Mucha gente ha buscado este tipo de microfósiles en estructuras similares no sólo de Australia, sino también de otros continentes, y no ha encontrado nada. Así es que lo cierto es que aún no sabemos muy bien cómo se formaron estas estructuras inusuales”.

Las preguntas se multiplican y por eso hay que seguir buscando respuestas. En nuestro viaje por este paraíso de la geodiversidad seguimos encontrando paisajes minerales extraordinarios, repletos de valiosa información, aunque no sea nada fácil acceder a ellos. Las agudas hojas de *spinifex* nos martirizan cuando

caminamos campo a través, y las moscas nos obligan a trabajar cubiertos por una tupida malla, a pesar de las altas temperaturas. A veces el escenario, extremo, y la indumentaria, cercana a una escafandra, parecen situarnos en un extraño planeta, en el que quedaron registradas las señales de una primitiva civilización.

Cruzamos el Trópico de Capricornio y celebramos la *hazaña*, sin saber que, en nuestro largo periplo por el oeste australiano, volveremos a cruzar esta línea invisible otra media docena de veces. Las tiendas de campaña se levantan en cualquier paraje y la cocina de campaña funciona aún en las peores circunstancias. A veces dormimos al abrigo de un bosque de eucaliptos, pero también hay que hacer noche en mitad de una pedregosa llanura.

Nuestras cámaras van atesorando horas y horas de grabación con las que, ya en España, podremos relatar esta aventura científica. Discutir a propósito de la aparición de la vida en la Tierra, aportando algunas claves que pueden contribuir a aclarar el enigma, es también una forma de llamar la atención sobre la tremenda fragilidad de la vida. Y no hay duda de que Australia es un magnífico laboratorio natural que nos ayuda a reflexionar sobre ambas cuestiones. ■

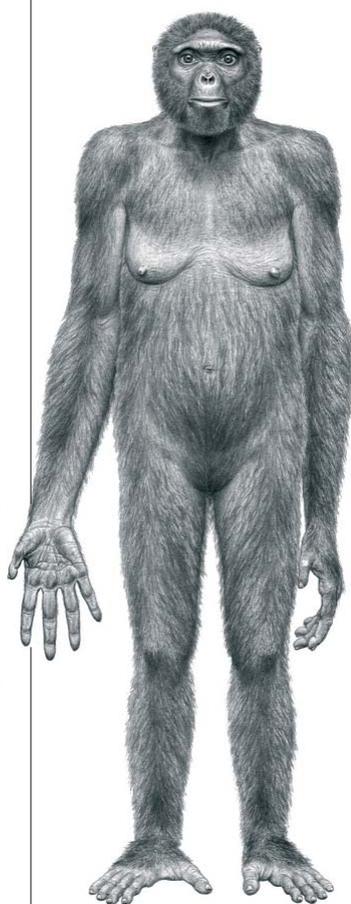
La nueva Eva africana

Es casi seguro que los antepasados comunes de los seres humanos y de los monos actuales más evolucionados —chimpancés y bonobos— vivieron hace 5 o 6 millones de años. El homínido más antiguo que se conocía hasta hace muy poco era Lucy, un *Australopithecus afarensis* hembra, que vivió hace 3,2 millones de años y cuyo fósil fue encontrado hace mucho tiempo, en 1974. El nombre de Lucy proviene de la canción que escuchaban los investigadores, dirigidos por el paleoantropólogo estadounidense Donald Johanson, durante la búsqueda de sus restos; era la famosa *Lucy in the Sky With Diamonds*, de los Beatles. Bien, pues gracias a Lucy sabemos que los homínidos andaban erguidos, incluso antes de que aumentara el tamaño de su cerebro, por lo que la gran pregunta que ha intrigado a la ciencia tiene que ver con lo que ocurrió antes de ella. ¿Andaban también erguidos, se apoyaban sólo en los nudillos de las manos, colgarían de las ramas de los árboles...?

Casi medio siglo después por fin aparece una respuesta, aunque como siempre en ciencia, incompleta y generadora de nuevas preguntas aún más apasionantes. Recién empezado el otoño de 2009 la revista *Science* publicó un número especial incluyendo los trabajos realizados por once equipos internacionales sobre el homínido, muy anterior a Lucy, denominado científicamente

Ardipithecus ramidus. El trabajo partía de un total de 110 piezas fósiles distintas pertenecientes a un mismo individuo.

El nuevo homínido también era hembra; medía un metro veinte y pesaba unos 50 kilos. Vivió, como Lucy,



Recreación de Ardi.

en la región de Afar, en Etiopía, hace unos cuatro millones y medio de años. Es, pues, un perfecto representante de esa época que va del antepasado común a los actuales simios y humanos hasta la propia Lucy. Estos fósiles habían sido encontrados durante los dos últimos decenios, pero los tra-

bajos de identificación han durado mucho tiempo hasta que, por fin, se ha podido hacer público el estudio.

Los científicos han presentado a Ardi —que es el nombre que se le ha puesto a esta primitiva homínida—, en sociedad cuando han estado seguros de poder contar algunas cosas aceptablemente verosímiles sobre ella y su entorno natural. Del análisis de los fósiles se deduce que se movía por los árboles a cuatro patas, pero andaba erguida sobre el suelo. Nuria García, de la Universidad Complutense de Madrid, es la única investigadora española que ha intervenido en estos trabajos; su participación se ha centrado en el entorno, eminentemente boscoso, en que vivió el *Ardipithecus ramidus* hace 4,4 millones de años.

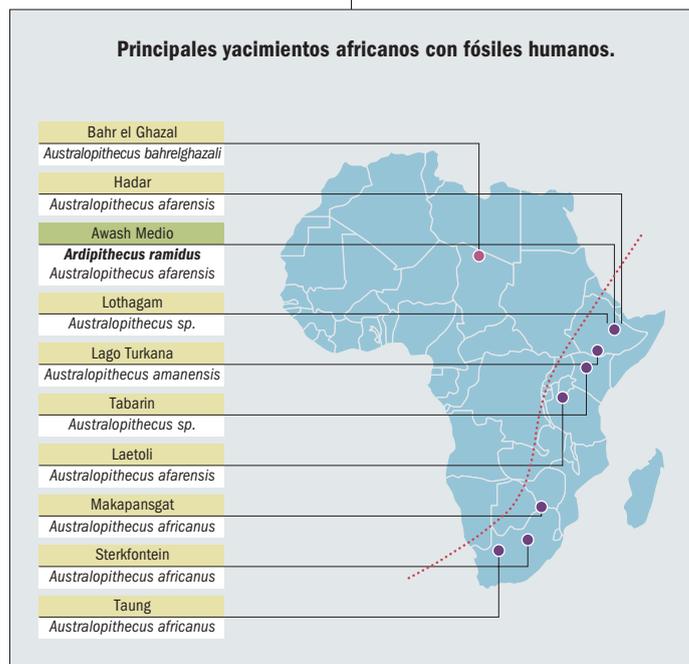
El fósil consta de las manos prácticamente al completo, un auténtico tesoro para los paleontólogos. De su examen se deduce con certeza que la manos eran ya relativamente hábiles para manejar objetos, quizá herramientas muy primitivas, y también que esas manos le permitían subirse fácilmente a los árboles pero no con la facilidad de muchos de los monos actuales. Quizá esto quiere decir que los antepasados lejanos de los monos actuales y de los humanos no eran tan ágiles en los árboles como lo son hoy muchos primates. Es probable que en su caso eso signifique una evolución

adaptativa, del mismo modo que los humanos pudimos evolucionar hacia conductas trepadoras más torpes pero, eso sí, un cerebro cada vez más inteligente.

Precisamente el cerebro de nuestro nuevo antepasado es de pequeño tamaño, bastante similar al de los chimpancés actuales. Tampoco hay muchas diferencias en cuanto al tamaño total de los machos y las hembras, y por la forma del cráneo y los dientes es casi seguro que tenían una cara más bien pequeña. Su com-

pus que le sucedería un millón de años después. Es como si fuera una criatura mosaico, algo a mitad de camino entre el chimpancé y el humano actuales.

Según Tim White, de la Universidad de California en Berkeley, que dirige uno de los equipos de científicos, "Darwin fue muy sabio cuando decía que no vale la simple deducción, sino que hay que buscar la prueba de la evolución en los animales, o en sus fósiles". Con Ardi, que vivió hace 4,5 millones de años, podemos deducir,



portamiento social no era agresivo, lo que se deduce, curiosamente, de la ausencia de un canino saliente en los machos. Quizá es que los conflictos entre machos eran menos frecuentes de lo que ahora lo son en otros primates evolucionados.

Según los investigadores, diríase que el *Ardipithecus ramidus* pudiera ser una forma no especializada y que no evolucionaba mucho en la dirección del *Australopithe-*

tal y como Darwin intuyó, que la evolución de los linajes de los simios y los humanos actuales avanzó de forma independiente desde la época en que ambas líneas confluían, o sea, desde el último antepasado común que compartimos. Hasta aquel remoto antepasado común aún faltan fósiles intermedios; pero de Lucy a Ardi nos hemos acercado al pasado en algo más de un millón de años... ■

Astronáutica

El astronauta que fue payaso de circo

A pesar de la crisis económica, las visitas a la Estación Espacial Internacional (ISS) se suceden más o menos según el calendario previsto. No es la primera vez que, previo pago de cantidades multimillonarias, se acepta a un "turista" espacial, que debe recibir la misma formación que los astronautas profesionales para poder realizar un corto viaje de unos días al espacio.

En esta ocasión el turista espacial es de lo más peculiar. Comparte con sus predecesores el hecho de ser inmensamente rico y poderse costear los millones de dólares que cuesta su capricho. Pero esa riqueza la ha acumulado haciendo, literalmente, el payaso, ya que se trata del fundador y primer artista de un circo. No cualquier circo, sino nada menos que el famoso Cirque du Soleil.

Se trata del canadiense Guy Laliberté, quien salió de la Tierra a bordo de una nave rusa Soyuz TMA-16 el último día de septiembre

y penetró en la ISS el día 1 de octubre. Laliberté, de 50 años, es el séptimo turista espacial de la historia, y le acompañaron en su viaje de ida el cosmonauta ruso Maxim Suráyev y el astronauta estadounidense Jeffrey Williams. Según parece, el "billete" le costó unos 35 millones de dólares, para una aventura de menos de dos semanas. Los dos astronautas profesionales se quedaron en la ISS 170 días, pero Laliberté bajó a tierra con los habitantes de la Estación Espacial, que llevaban allí varios meses.

El nuevo turista dijo que buscaría en la ingravidez del cosmos inspiración para un nuevo espectáculo. De paso, quiso promocionar una causa solidaria, la importancia del acceso al agua potable en el mundo; también puso en órbita nueve narices de payaso como símbolo de la paz y armonía entre humanos, y llevó a cabo una actuación que fue retransmitida en directo por Internet. ■



Guy Laliberté, fundador del Cirque du Soleil y séptimo turista espacial.

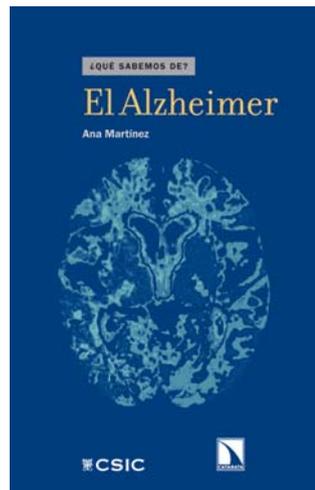
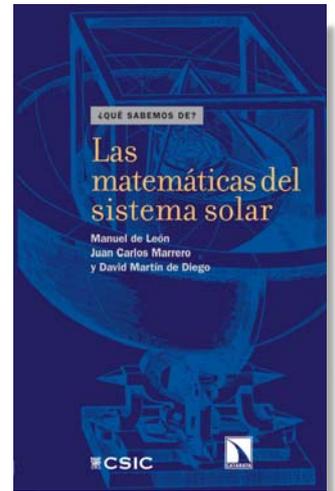
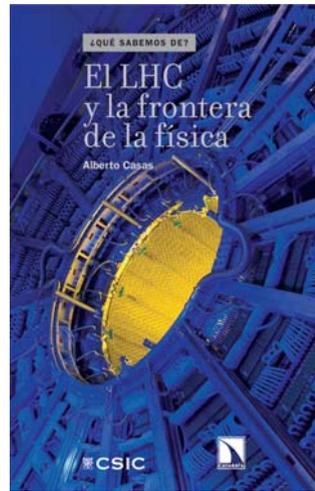
S O R T I D

por
Manuel Toharia

Nace una nueva colección de libros en el CSIC

¿Qué sabemos de?

Acaba de aparecer —cabría decir con exclamaciones ¡por fin!— una colección de libros de divulgación científica patrocinada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Es ésta una excelente noticia por varios motivos. En primer lugar, porque es el máximo organismo de investigación pública de España quien edita esta colección, en un momento económico en que las empresas privadas pasan por dificultades y tienen ciertos problemas para acercarse a la ciencia en sus colecciones. En segundo lugar, porque los autores no son extranjeros —que los hay, y muy buenos— sino españoles —que también los hay, e igual de buenos, si no mejores a veces—. En tercer lugar, porque estos autores son todos científicos del CSIC que han aceptado un reto secularmente rehusado por la mayor parte de los profesionales de la investigación: la divulgación de su ciencia al gran público y en lenguaje llano y comprensible para cualquier persona mínimamente culta. Y en cuarto lugar, porque en vez de empezar con uno o dos libros, han editado de una tacada —durante el verano— nada menos que seis de ellos, y de temas muy diversos. En breve aparecerá un séptimo volumen de la colección, *Los límites de la longevidad humana*, de Diego Ramírez. La idea del CSIC es editar ocho libros al año.

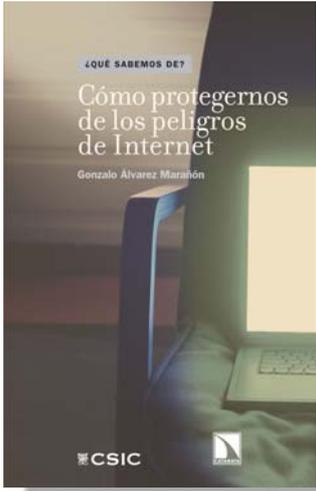


Cabría añadir un quinto motivo. Los libros son estupendos, muy bien escritos, fácilmente comprensibles a pesar de la aridez de algunos de los temas abordados, y de tamaño pequeño y, por tanto, perfectamente cómodos para ser leídos en el avión, en el tren, en el autobús, incluso en el metro... Quien firma estas líneas puede dar fe de ello.

En esta modesta sección dedicada a los libros de divulgación que desde sus inicios mantiene la revista *Estratos* en sus páginas finales no podemos, pues, más que celebrar este advenimiento y dedicarle el espacio debido. En este número hablaremos por tanto, y de manera excepcional, monográfi-

camente de todos los libros de la nueva, y bienvenida, colección *¿Qué sabemos de?*, que supongo que no casualmente recuerda mucho a la que quizá sea la más prestigiosa colección de libros de divulgación, escrita en francés y no en inglés como muchos podrían pensar, llamada *Que sais-je*, editada por PUF (Presses Universitaires de France).

El CSIC edita numerosas publicaciones, por cierto en general mal conocidas en España por el gran público, pero muy apreciadas por las minorías interesadas. Incluso ya existe una colección de libros de divulgación. Pero ésta que ahora comentamos sobresale de todas por el forma-



to y la inmediatez de los ejemplares, sin perder ni un ápice de rigor y amenidad.

Estamos convencidos de que los lectores que adquieran estos ejemplares en el CSIC nos lo agradecerán. Se pueden adquirir en el propio Departamento de Publicaciones o en la Librería Científica (calle Duque de Medinaceli, 6, de Madrid), además de las distintas delegaciones del CSIC y en cualquier librería. También se pueden pedir por Internet a publ@csic.es, o bien la tienda del BOE (<http://tienda.boe.es>) o en la Unión de Editoriales Españolas (www.une.es).

La colección la dirige Pilar Tígeras, vicepresidenta adjunta de Organización y

Cultura Científica del CSIC, y ha tenido una participación activa el editor de *Los libros de la Catarata*, Javier Senén.

Todos tienen un precio de 12 euros. A continuación reseñamos los datos más relevantes de cada libro:

—*El LHC y la frontera de la física*, de Alberto Casas, profesor de Investigación del Instituto del CSIC y director del Instituto de Física Teórica. 136 páginas.

—*El Alzheimer*, de Ana Martínez, profesora de Investigación del Instituto de Química Médica del CSIC. 126 páginas.

—*Las matemáticas del sistema solar*, de Manuel de León, profesor de Investigación del CSIC y director del Instituto de Ciencias matemáticas; Juan Carlos Marrero, catedrático de Geometría y Topología de la Universidad de La Laguna, y David Martín de Diego, investigador Científico del Instituto de Ciencias Matemáticas del CSIC. 116 páginas.

—*El jardín de las galaxias*, de Mariano Moles, profesor de Investigación del CSIC y director del Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón. 96 páginas.

—*Las plantas que comemos*, de Pere Puigdomènech, profesor de Investigación del CSIC y director del Centro de Investigaciones en Agrogenómica. 96 páginas.

—*Cómo protegernos de los peligros de Internet*, de Gonzalo Álvarez Marañón, ingeniero superior de Telecomunicación, doctor en informática y científico titular del CSIC. 120 páginas. ■

El embudo de la inteligencia y otros ensayos

Jorge Laborda
Editorial Azarbe
Murcia, 2008

Este libro es una recopilación de ensayos de divulgación escritos por el científico Jorge Laborda en distintos medios de comunicación. Abarca todo tipo de temas, aunque la mayoría versan sobre cuestiones relacionadas con el oficio del comunicador. Doctor en Ciencias Químicas e investigador del primer nivel en bioquímica, en organismos muy relevantes de Estados Unidos y, recientemente, en España, Laborda fue decano de la Facultad de Medicina en la Universidad de Castilla-La Mancha y ahora ejerce la política, como Concejal de Sanidad, Consumo y Ciencia del Ayuntamiento de Albacete. Su último cargo en América fue el de presidente del Comité para la Normativa del empleo de plantas transgénicas para producir fármacos. Y de eso van muchos de los trabajos que recopila el libro: de transgénicos, anticuerpos, cáncer, evolución, virus, engañosobos, alergias, vacunas, cambio climático, matemáticas, nuevos combustibles... De todo un poco, como puede verse. Y lo mejor es que no redacta desde lo alto de su alto magisterio, sino desde una perspectiva discursiva y, como buen científico, esceptica, intentando convencer, pero dejando siempre abierta la puerta a la reflexión constructiva del lector. ■

SUSCRIPCIÓNestratos

Nombre y apellidos

Domicilio

CP

Población

e-mail

Provincia

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

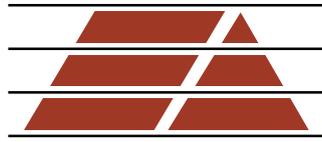


Un ejemplar de buitre leonado despliega sus alas (Puertos de Beceite y Tortosa, en Valderribles, Teruel).

El rey

DESPUÉS DE UN REFRESCANTE BAÑO MATUTINO EN UNA CHARCA cercana, y tras una pequeña reyerta con sus congéneres, este enorme buitre leonado (*Gyps fulvus*) se ha hecho con el mejor posadero para extender al sol sus 250 centímetros de envergadura. Su aspecto imponente sólo es superado por los casi tres metros que

puede alcanzar el buitre negro (*Aegypius monachus*). Tras un periodo de crecimiento poblacional en las dos últimas décadas, la estricta normativa adoptada por la Unión Europea respecto al abandono de ganado muerto en el campo, a raíz de la crisis de las vacas locas, plantea un oscuro futuro para el rey de la carroña. ■



EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

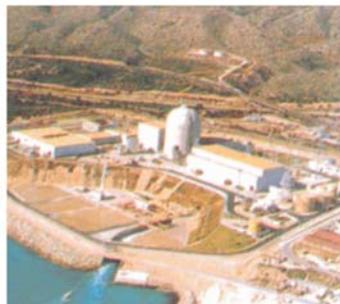
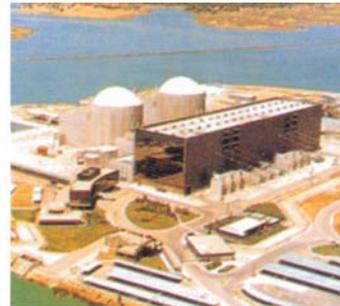
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

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

Tecnología

Experiencia

Dedicación



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

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

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

NO COMPANY IS

more focused on nuclear technology.



WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC

We recognize the challenges you face in operating your nuclear power plants, and we are committed to your success. This is why Westinghouse wants to be your choice for nuclear technology. We are the only company with a single focus on nuclear power, and our more than 11,000 employees worldwide provide a complete range of fuel, products, services, and new nuclear plant designs. And with the world's largest base of installed plants, no company has more nuclear experience.

Westinghouse nuclear technology will help provide future generations with safe, clean and reliable electricity.

Check us out at www.westinghousenuclear.com



A Toshiba Group Company

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



A subsidiary of Westinghouse
Electric Company LLC