

# ESTRATOS

MÁS DE 25 AÑOS DIVULGANDO CIENCIA

Salvamento Marítimo controla los vertidos contaminantes de los buques al mar

Javier Gómez-Elvira, director del Centro de Astrobiología:  
*“La NASA cuenta con la tecnología española para explorar Marte”*

Concluyen las obras del Vivero de Empresas y el Laboratorio Conjunto del ATC

El papel de los laboratorios de caracterización de arcillas del CIEMAT en el ATC

La naturaleza nos da su energía. Nosotros ponemos la nuestra para aprovecharla.

Así es como en Iberdrola Ingeniería y Construcción hacemos un trabajo respetuoso con el medio ambiente, comprometido con el futuro y con una capacidad técnica de primer nivel. La unión más natural.



**IBERDROLA**  
Ingeniería y Construcción

[www.iberdrolaingenieria.com](http://www.iberdrolaingenieria.com)

# UN AÑO IMPORTANTE

El inicio de un nuevo año es un tiempo propicio para hacer balance del finalizado. En Enresa, durante 2014 han ido tomando cuerpo las expectativas que la empresa mantenía en relación con los principales proyectos de la empresa. El proyecto del Almacén Temporal Centralizado ha tenido, como no podía ser menos, un protagonismo esencial. En enero de 2014, se iniciaba su proceso de licenciamiento con la solicitud de las Autorizaciones Previas de Emplazamiento y de Construcción y, en el mes de mayo, se envió al Ministerio de Industria, Energía y Turismo el preceptivo Estudio de Impacto Ambiental del ATC y su Centro Tecnológico, cumpliendo con los plazos previstos en el programa del proyecto. Paralelamente a estos procesos administrativos, se continuó trabajando en los estudios de caracterización de los terrenos que indican la viabilidad de los mismos para construir la instalación.

Hay que destacar en este proceso la estrecha coordinación y fluidez que Enresa y el Consejo de Seguridad Nuclear han mantenido en los diferentes trabajos previstos para el licenciamiento. El del ATC es el primer proceso de licenciamiento de una instalación nuclear que se produce en España desde la creación

de Consejo de Seguridad Nuclear, por ello, las sucesivas peticiones de información adicional (PIA) a la documentación presentada para, en su caso, subsanar o aclarar aspectos que se consideren importantes para que realicen la correspondiente evaluación técnica los técnicos del organismo regulador, forman parte de procedimiento habitual.

En el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera está a punto de concluir uno de sus principales retos técnicos: el corte de la vasija del reactor. Es la primera vez que se realiza en nuestro país, y una de las primeras en el mundo. Este proceso, como todo el proyecto de desmantelamiento, continúa siendo foco de atención internacional, como muestran las continuas visitas de delegaciones técnicas internacionales, y sitúa a nuestros técnicos en la vanguardia del desmantelamiento de instalaciones nucleares.

En cuanto a El Cabril y el Centro Tecnológico Mestral, ambas instalaciones han operado con normalidad durante el año. Enresa y la Universidad Rovira i Virgili (URV) de Tarragona presentaron en abril nuevos proyectos, para investigar la mejora de los procesos de desmantelamiento de instalaciones

nucleares, que se desarrollan en El Mestral, ubicado en la antigua central nuclear de Vandellós I.

Además, el año ha estado jalonado de múltiples encuentros técnicos e informativos en los que se presentaron las actividades de la empresa y los avances técnicos más significativos. El curso celebrado en la Universidad Menéndez Pelayo para analizar el carácter de proyecto de Estado del ATC, las jornadas de I+D que congregaron en Cuenca a cerca de un centenar de investigadores que trabajan en desarrollos del Plan de I+D de Enresa; las Jornadas de Pequeños Productores, celebradas en Córdoba, en las que participaron más de medio centenar de responsables de la gestión de residuos radiactivos generados en el ámbito hospitalario, industrial y de investigación. Los encuentros informativos con los medios han estado presentes en la agenda de actividades de la empresa. La presentación de los resultados de gestión de El Cabril; de los avances en el desmantelamiento de Zorita o las acciones formativas realizadas con los medios de Castilla-La Mancha para informar de las características y avances del proyecto ATC, son alguno de los ejemplos del compromiso de Enresa de informar a la sociedad de sus actividades. ■

## REVISTA ESTRATOS

**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

**Publicidad:** Corporación Asesora  
Hermosilla, 59 3º Izq.  
28001 Madrid  
Tel.: 91 432 44 73

**Realización:**  
Wolters Kluwer España S.A.  
C/ Collado Mediano, 9  
28231 Las Rozas (Madrid)  
916020008

**Consejero delegado:** Vicente Sánchez

**Jefe de Publicaciones:** Lourdes Marín

**Coordinadores:** Salomé González y Sergio Gavilán

**Redactores y colaboradores:**

Pablo Almera, Ana Ayala, Elena Blázquez, Francisco Javier Cantador, Regina de Miguel, Bruno Díaz, Ana Mª Fernández, Ester Gómez Belinchón, Mariano Molina Martín, Javier Palazón y Mª Victoria Villar.

**Diseño, maquetación, producción e impresión:**  
Wolters Kluwer España  
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.





PÁGINA 10



PÁGINA 21



PÁGINA 26



PÁGINA 38



PÁGINA 44

# SUMARIO

## EDITORIAL

Un año importante ..... 03

## ACTUALIDAD ESTRATOS

Concluyen las obras del Vivero de Empresas y el Laboratorio Conjunto ..... 05

Expertos internacionales exploran en Madrid mejoras en los sistemas de protección radiológica. .... 07

Enresa expone su sistema de gestión de residuos en un Foro del OIEA ..... 08

El desmantelamiento de Zorita alcanza el 65% de avance. .... 08

Enresa presenta la propuesta de un plan de residuos radiactivos para México. .... 09

## I+D

Laboratorios de caracterización de arcillas en el CIEMAT ..... 10

## INTERNACIONAL

La gestión de residuos radiactivos en Suecia. .... 15

## ENTREVISTA

Javier Gómez-Elvira, director del Centro de Astrobiología del CSIC-INTA. .... 21

## TECNOLOGÍA

Drones: mayor seguridad y menor coste en misiones aéreas. .... 26

## MEDIOAMBIENTE

Especies exóticas invasoras colonizan los ríos andaluces ..... 32

## SIERRA DE ALBARRANA

Fósiles únicos en Los Nublos ..... 38

Noticias de actualidad ..... 42

## SOCIEDAD

La lucha contra el vertido contaminante de los buques ..... 44

Patrimonio arqueológico subacuático, un tesoro bajo las aguas ..... 50

La iniciativa privada despega en el sector de los satélites. .... 56

Tratamientos personalizados, la gran baza de la biomedicina ..... 62

## PERFIL

Juan Carlos Lentijo, director de División del Ciclo de Combustible Nuclear y Tecnología de Residuos de la OIEA . 66

## ENRESA Y CSN TRABAJAN EN EL LICENCIAMIENTO DEL ATC

# CONCLUYEN LAS OBRAS DEL VIVERO DE EMPRESAS Y EL LABORATORIO CONJUNTO

Los edificios Vivero de Empresas y Laboratorio Conjunto incluidos en el proyecto del Almacén Temporal Centralizado de Villar de Cañas son ya una realidad. La entrega de obra a Enresa se realizará durante el mes de febrero, y en marzo se prevé hacer lo propio con la Nave Auxiliar (que se destinará a las necesidades de la obra del ATC).

El Vivero de Empresas, con 1.500 m<sup>2</sup> de planta, cuenta con un total de 2.000 m<sup>2</sup> que se reparten en una planta baja de 1.500 m<sup>2</sup> que acoge un *hall*, en el que se ubicará el nuevo Espacio Enresa, un auditorio con capacidad para casi 120 personas, diversas salas multiusos para las empresas que allí se instalen, y otros servicios auxiliares. La segunda planta,



Vivero de Empresas del ATC.

de 500m<sup>2</sup>, se distribuye en doce espacios destinados a empresas. Por su parte, el Laboratorio Conjunto tiene una superficie de cerca de mil metros cuadrados que se reparten en cuatro laboratorios, despachos y salas de reuniones.

### Licenciamiento

El licenciamiento del proyecto del ATC continúa su proceso, iniciado en enero de 2014 con la presentación de la solicitud de las Autorizaciones Previa o de Emplazamiento y de Construcción al Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

En el procedimiento de licenciamiento de una instalación nuclear como el ATC, es habitual que, una vez analizada la documentación recibida, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) emita sucesivas Peticiones de Información Adicional (PIAs) para la subsanación de aspectos que se consideren imprescindibles antes de iniciar la evaluación técnica de la misma. Una vez respondidas las PIAs, o en paralelo siempre que se trate de meras aclaraciones, es habitual mantener reuniones en las que se examinan los resultados y conclusiones. Con ello puede terminarse la evaluación técnica y permitir a los técnicos del CSN emitir sus informes de evaluación, y realizar la propuesta al pleno del CSN.

En el caso del ATC, la primera Petición de Información Adicional, la denominada PIA-0, se remitió a Enresa en marzo de 2014 y en ella se planteaban una serie de cuestiones generales a los documentos que acompañaban a las solicitudes de Autorización Previa y de Construcción.

Posteriormente, en septiembre de 2014, se recibió la PIA-AP sobre diversos aspectos de la solici-

tud de Autorización Previa, entre los que destacaban aquellos relacionados con la caracterización del emplazamiento, en concreto, los necesarios para justificar la idoneidad del mismo y los relacionados con los parámetros que permitan la construcción y operación segura de la instalación.

Enresa analizó los aspectos planteados por el CSN en esta PIA-AP y presentó al organismo regulador, el 15 de octubre del pasado año, un Plan de Acción, priorizado con fechas, que daba respuesta a las cuestiones planteadas.

El alcance de este plan contemplaba el envío al CSN de los informes generados por los trabajos de la segunda fase del Plan de Caracterización, finalizados en noviembre, la relación de trabajos de campo y laboratorio necesarios para el cumplimiento de la PIA-AP, así como las acciones necesarias de análisis, integración, síntesis y reelaboración de los resultados obtenidos en el Estudio de Caracterización.

Todos estos trabajos se han reflejado en informes específicos de soporte que se enviaron al CSN a largo de los meses de noviembre y diciembre, y en un Informe Resumen de Integración de la caracterización del emplazamiento, enviado el pasado 30 de diciembre, que se justifica la idoneidad del mismo aporta los datos de diseño y las soluciones constructivas que garantizan su seguridad.

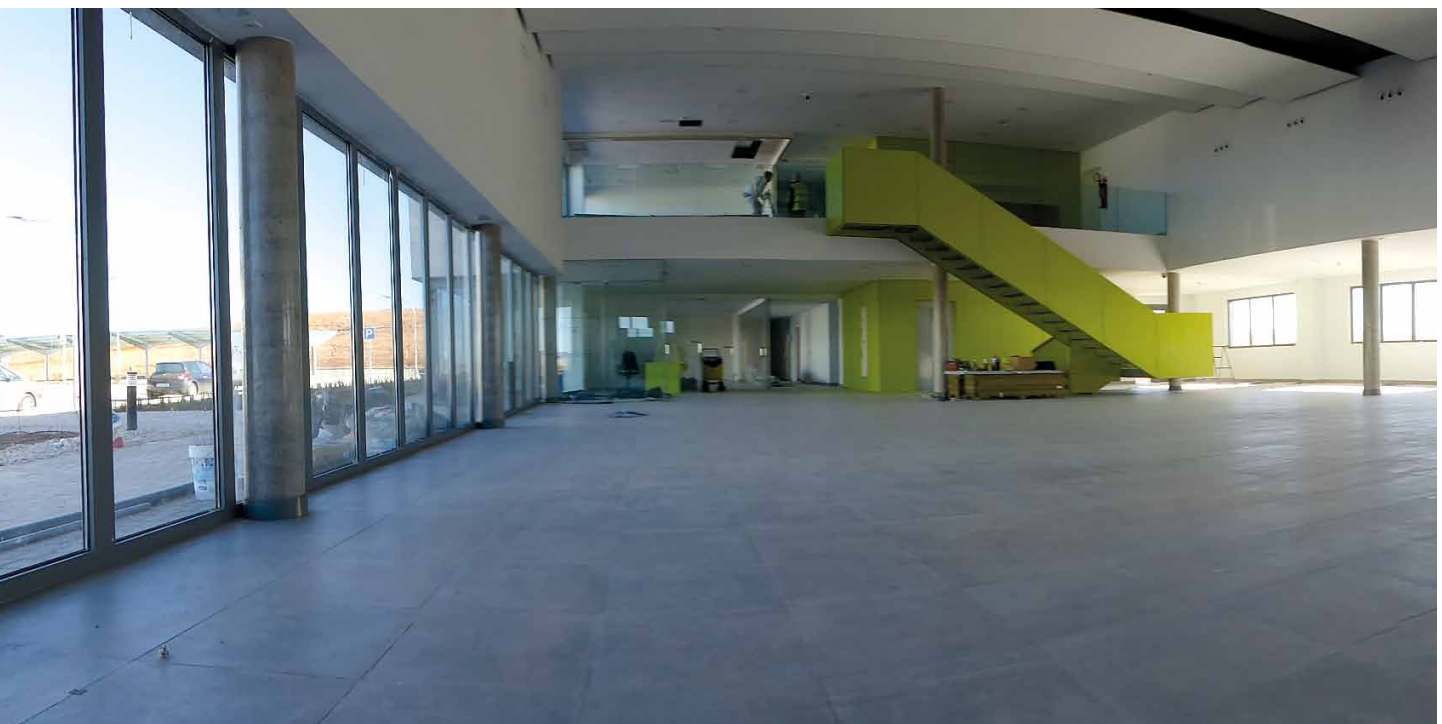
### **Declaración de Impacto Ambiental**

Por lo que se refiere a la Declaración de Impacto Ambiental, el CSN remitió el 31 de octubre de 2014 una PIA centrada en la evaluación radiológica de la instalación. Como respuesta a lo solicitado, el 28 de noviembre se remitió un Plan de Acción relacionado con los aspectos radiológicos, y actualmente se están produciendo los informes de respuesta para cumplir con lo solicitado por el regulador. Estos informes serán remitidos

al CSN en las próximas semanas.

Por otra parte, con respecto a la solicitud de construcción, se han recibido 3 PIAs adicionales a la PIA-0, que se centran en diversos aspectos del Estudio Preliminar de Seguridad. Por el momento, se han remitido ya los correspondientes informes de respuesta a lo solicitado en las PIAs 0, 1 y 2, y se está trabajando en la actualidad en los aspectos indicados en la PIA-3, recibida recientemente.

El cumplimiento de estas PIAs permitirá el desarrollo del licenciamiento del proyecto de acuerdo con los programas, tanto del CSN como de Enresa. Relacionado también con el proceso de licenciamiento cabe destacar que el 14 de octubre se obtuvo, por parte del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), tras el correspondiente proceso de evaluación por parte del CSN, la autorización de protección física asociada a la autorización de construcción. ■



La planta baja del Vivero de Empresas acogerá un hall, en el que se ubicará el nuevo Espacio Enresa, un auditorio para casi 120 personas, diversas salas multiusos y otros servicios auxiliares.

EN UNA REUNIÓN ORGANIZADA CON LA COLABORACIÓN DEL IRPA Y DE LA ICRP

## EXPERTOS INTERNACIONALES EXPLORAN EN MADRID MEJORAS EN LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



Comisión principal de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

Las Sociedades de Protección Radiológica de Francia, Reino Unido, Italia y España, con la colaboración de la asociación mundial de estas sociedades (IRPA) y de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) se reunirán en Madrid en febrero para analizar y debatir los fundamentos éticos y medioambientales del sistema de protección radiológica que se aplica en las actividades que comportan este tipo de riesgos. En esta reunión, continuación de la celebrada en 2013, se profundizará en tres ámbitos específicos que comportan riesgos radiológicos como son las actividades médicas, las energéticas y las de gestión de los residuos radiactivos.

Los sistemas de protección radiológica que se aplican en

la gran mayoría de países del mundo tienen una notable homogeneidad, ya que emanan de las recomendaciones que edita periódicamente la Comisión Internacional mencionada (ICRP), organización científica independiente que se creó en 1928. Estas recomendaciones son la base de la normativa que desarrollan y aplican los organismos internacionales más relevantes en la materia, tanto de Naciones Unidas como de ámbitos regionales -en el caso de Europa, la Comisión Europea- y que, posteriormente, son incorporados en las legislaciones nacionales.

Las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica se fundamen-

tan en la ciencia, la ética y la experiencia, y tratan de lograr un balance equilibrado y socialmente aceptable entre ellos. Pero, dado que el conocimiento científico avanza continuamente y que los valores sociales también van cambiando con el tiempo, es necesario abordar los nuevos retos y poner al día las condiciones de uso pacífico y beneficioso de las radiaciones ionizantes. Por todo ello, la ICRP, junto con sociedades de protección radiológica nacionales e internacionales, ha planteado este encuentro técnico, en el que la Sociedad Española de Protección Radiológica tendrá un papel relevante tanto en el ámbito médico, como en el de la gestión de residuos radiactivos. ■



© OIEA

Reunión del Foro Científico del Organismo Internacional de la Energía Atómica.

## ENRESA EXPONE SU SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS EN UN FORO DEL OIEA

Enresa presentó en un Foro Científico del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) en Viena una comunicación sobre su experiencia en la gestión y almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad (RBMA). El OIEA organizó

el 23 y 24 de septiembre la sesión anual de su Foro Científico bajo el título “Residuos radiactivos: aceptar el reto” con el propósito de ofrecer una completa panorámica sobre los retos y resultados asociados a esta cuestión. Este encuentro, que se celebró como

extensión de la Conferencia General del Organismo, reunió a un importante número de representantes de autoridades nacionales, organismos reguladores y organizaciones relacionadas con la gestión de los residuos radiactivos. ■

## EL DESMANTELAMIENTO DE ZORITA ALCANZA EL 65% DE AVANCE

Enresa continúa con el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, en donde los trabajos están centrados actualmente en el corte bajo agua de la vasija del reactor, una de las operaciones más importantes del proyecto, que se inició el pasado julio y cuya finalización está prevista para finales de marzo.

En paralelo a estos trabajos, en la vasija se ha finalizado el desmontaje de la bomba principal de la central, otro de los componentes del circuito primario de la planta. Las piezas de la bomba se han

descontaminado *in situ*, lo que ha permitido que sean clasificadas como residuos de muy baja actividad (RBBA).

Por otro lado, los trabajos de desmontaje del generador de vapor han alcanzado su última fase, y ya se actúa en el tramo inferior (la denominada “caja de aguas”), estando previsto que para abril finalicen estas labores.

El desmantelamiento de Zorita sigue suscitando un gran interés por parte de grupos técnicos internacionales. En este sentido



© Enresa

Los seleccionados en el programa Primer Empleo, de la Asociación de la Prensa de Madrid, conocieron los trabajos de corte de la vasija del reactor.

cabe destacar que durante los últimos meses han visitado las instalaciones delegaciones técnicas de Japón, Francia o Corea del Sur, entre otros países. A estas visitas, se unen las de colectivos nacionales, como la realizada en noviembre por el grupo de jóvenes periodistas seleccionados en el programa “Primer Empleo”, organizado por la Asociación de la Prensa de Madrid y que cuenta con el patrocinio de Enresa. ■

## ENRESA PRESENTA LA PROPUESTA DE UN PLAN DE RESIDUOS RADIATIVOS PARA MÉXICO

El consorcio internacional liderado por Enresa que durante los tres últimos años ha trabajado en un proyecto de cooperación para elaborar una política y estrategia de gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos en México presentó, a finales noviembre del pasado año, una propuesta de Plan de Residuos Radiactivos y Combustible Gastado a las autoridades de ese país.

El acto, que se celebró en las oficinas de la Secretaría de la Energía (SENER) en México DF, contó con la asistencia del subsecretario de Electricidad de este organismo, César Emiliano Hernández Ochoa, y representantes del SENER, del Instituto Nacional de Investi-

gaciones Nucleares (ININ) y de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS). Durante el acto se dio a conocer también un Plan de Optimización Tecnológica para la gestión de residuos en la central nuclear de Laguna Verde, de la Comisión Federal de Electricidad.

La propuesta de estos planes estratégicos constituye la última fase del proyecto que durante tres años ha venido realizando en México un consorcio de empresas, dirigido por Enresa, compuesto por tres ingenierías de base española, una empresa de residuos belga y la agencia holandesa de gestión de residuos radiactivos. El objetivo es mejorar el sistema de gestión de residuos de México.

Las principales recomendaciones se centran en la creación de una agencia especializada en la gestión de residuos radiactivos; la implantación de un centro para el almacenamiento definitivo de los residuos de baja actividad; el establecimiento de un fondo para financiar estas actividades; y el refuerzo de las medidas de información y participación de los públicos afectados.

Las propuestas de consorcio internacional contienen también una serie de actualizaciones legislativas para la consecución de estos objetivos, y una batería de medidas específicas para adoptar en la planta nuclear de Laguna Verde. ■



Representantes del consorcio, liderado por Enresa, en su última reunión de trabajo para la elaboración de una política y estrategia de gestión de combustible gastado y residuos radiactivos en México.

© Enresa



# LABORATORIOS DE CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS EN EL CIEMAT

El trabajo del Grupo de Caracterización termo-hidro mecánica y geoquímica de materiales geológicos es fundamental para la determinación de la idoneidad de emplazamientos para almacenar residuos, CO<sub>2</sub> y, en general, para la gestión sostenible del suelo. Los laboratorios del grupo están equipados para analizar dichos materiales en un amplio abanico de escenarios y condiciones.

TEXTO: **MARÍA VICTORIA VILLAR Y ANA MARÍA FERNÁNDEZ**

GRUPO CARACTERIZACIÓN TERMO-HIDRO-MECÁNICA Y GEOQUÍMICA DE MATERIALES GEOLÓGICOS. UNIDAD DE GEOLOGÍA AMBIENTAL APLICADA. DEPARTAMENTO DE MEDIOAMBIENTE, CIEMAT

FOTOS: **CIEMAT**

**L**a Unidad de Geología Ambiental Aplicada se dedica desde hace más de 20 años a la caracterización de formaciones geológicas, de materiales naturales o artificiales, y de los procesos involucrados en los potenciales emplazamientos geológicos profundos para el almacenamiento de residuos radiactivos. En los últimos años el conocimiento adquirido se ha aplicado a otros campos relacionados con la mitigación de problemas medioambientales causados por cualquier tipo de residuo industrial, minero o generado en la producción de energía, así como en la caracterización del emplazamiento del ATC.

En concreto, el grupo “Caracterización termo-hidro-mecánica y geoquímica de materiales geológicos” centra su actividad en la investigación de las características y comportamiento de los materiales utilizados como barrera, geológica y de ingeniería, en sus aspectos hidráulicos, térmicos, mecánicos y geoquímicos, así como del análisis de la interacción entre los mismos. El grupo dispone de instalaciones para la realización de ensayos en maqueta a gran escala, en los que se simulan las condiciones de la barrera de ingeniería de un AGP, y de varios laboratorios avanzados que se agrupan en dos grandes temáticas: Laboratorios de termo-hidro-mecánica y el Laboratorio de Aguas Intersticiales.

### **LABORATORIOS DE TERMO-HIDRO-MECÁNICA**

Estos laboratorios disponen de los equipos necesarios para trabajar con materiales de comportamiento particular, por ejemplo muy expansivo, como es el caso de las bentonitas, o en condiciones poco usuales, como puede ser la elevada temperatura o la elevada succión.

Se pueden emplear para el estudio de materiales de cobertera y confinamiento en almacenamientos y vertederos, de cimentaciones en suelos colapsables, de excavaciones de túneles en materiales con sulfatos, para el análisis de los efectos del cambio climático sobre la estabilidad de taludes y laderas, la subsidencia debida a la extracción de gas o petróleo o el secuestro de CO<sub>2</sub>. Gran parte de los equipos son modificaciones y adaptaciones de equipos estándar empleados rutinariamente en mecánica de suelos y geotecnia, entre los que se pueden destacar:

- Equipos para la medida de permeabilidad de materiales arcillosos y expansivos, es decir, de muy baja permeabilidad.
- Equipos para la realización de ensayos edométricos a alta temperatura. Estos ensayos permiten caracterizar la deformabilidad, capacidad de hinchamiento y permeabilidad de materiales arcillosos, características determinantes para evaluar el comportamiento de un material de barrera. La singularidad de estos equipos está en la posibilidad de realizar los ensayos a temperatura elevada, lo que es muy apropiado para simular las condiciones de una barrera de ingeniería para residuos emisores de calor.
- Ensayos edométricos con succión controlada. Respecto a los ensayos descritos en el párrafo anterior, los ensayos con succión controlada tienen la posibilidad adicional de permitir controlar la humedad a la que las determinaciones se realizan, con lo que se reproducen de manera más real las condiciones de materiales con acceso limitado al agua, es decir, no saturados.
- Equipo triaxial con succión controlada. Este equipo permite la realización de ensayos complejos para la determinación de las características de resistencia del material en condiciones de tensión triaxial y de succión controladas.
- Equipo de corte con succión controlada. Permite la determinación de parámetros y características análogos a los obtenidos con el equipo triaxial, pero en condiciones de tensión tangencial, lo que es de interés particular para el caso de materiales a utilizar expuestos a las condiciones atmosféricas, por ejemplo, terraplenes.
- Ensayos para la determinación de la capacidad de retención de agua en condiciones de confinamiento y temperatura elevada. Esta propiedad condiciona la velocidad de saturación de los materiales y su estado de equilibrio hídrico.
- Equipo para ensayos de transporte de gases en materiales de barrera, con posibilidad de medida de permeabilidad a gas bajo diferentes condiciones de contorno y determinación de presiones de paso.
- Ensayos termo-hidráulicos en celdas. Este tipo de ensayos se diseñan y ejecutan en función de los materiales a estudiar y de las condiciones que se deseen simular. Básicamente consisten en someter el material de barrera a los gradientes hidráulicos y térmicos esperados durante su funcionamiento y en observar su comportamiento mediante sensores y por análisis post mórtem. La interpretación de este tipo de ensayos incluye su análisis y modelización geoquímica. Otros ensayos en celdas realizados con hormigón o arcilla reproducen la evaporación o infiltración de estos materiales en condiciones atmosféricas.

## El uso de técnicas complementarias en colaboración con otros laboratorios permite la caracterización de los minerales de la arcilla y sus propiedades físico-químicas

### LABORATORIO DE AGUAS INTERSTICIALES

El Laboratorio de Aguas Intersticiales se habilitó en 1997 con el objetivo de caracterizar las aguas intersticiales de materiales arcillosos, y analizar y entender los procesos geoquímicos de interacción agua-arcilla-solutos que controlan los parámetros físico-químicos y la química del medio. El sistema agua-arcilla-solutos es complejo, por lo que se necesita una combinación de técnicas para abordar su caracterización, para

lo que se ha desarrollado una tecnología que incluye equipos, técnicas y experiencia para la investigación y caracterización (geoquímica, mineralógica, de propiedades físico-químicas y composición del agua intersticial) de distintos materiales arcillosos, tanto en ensayos *in situ* como en laboratorio. Esta información permite modelizar los mecanismos de transporte de solutos, así como calibrar y validar programas numéricos.

El laboratorio dispone de los siguientes equipos destacados:

- Cámara anóxica Jacomex BS531, que permite trabajar en una atmósfera controlada de  $O_2$  y  $H_2O$ . Las condiciones reducidas de los sedimentos arcillosos obligan a trabajar en condiciones anóxicas con muestras inalteradas para evitar la oxidación de la materia orgánica y minerales, lo que afectaría a la composición del agua intersticial y al complejo de cambio de las arcillas.
- Equipos para la extracción de aguas intersticiales por consolidación a alta presión en arcillas plásticas o consolidadas. El sistema consta de una máquina de compresión hidráulica, un sistema de medida de carga, deformación y control de ensayos, y un cilindro de compactación de acero inoxidable, que permite la extracción de agua en condiciones anóxicas hasta 200 MPa.
- Equipo TG-DSC Setsys Evolution 16 de Setaram para la realización de ensayos termogravimétricos, acoplado a un calorímetro diferencial de barrido. El equipo permite analizar procesos físico-químicos a partir de los cambios en masa y calor en función de la temperatura, así como la identificación mineral y cristaloquímica de arcillas. También permite la determinación de las propiedades termodinámicas de materiales: capacidad calorífica en función de la temperatura, entalpías y energía libre de Gibbs. Está acoplado a un generador (WETSYS) de humedad relativa, que posibilita realizar isotermas de adsorción/desorción de agua variando la temperatura, cinéticas de deshidratación, etc., con el objetivo de analizar los mecanis-



Equipo de análisis termogravimétrico y calorimetría diferencial de barrido (TG-DSC) acoplado al equipo WETSYS.

mos de adsorción de agua en arcillas y tipos de agua.

- Espectrofotómetro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), modelo Nicolet 6700 con detector DTGS KBr. El rango espectral incluye el IR cercano y medio. Los espectros se pueden obtener por tres técnicas en atmósfera purgada continuamente de agua y CO<sub>2</sub> atmosférico: transmisión sobre discos de KBr, reflectancia difusa (DRIFT) y reflectancia total atenuada (ATR). La técnica de FTIR es fundamental para conocer la estructura mineral, grado de regularidad, cristalografía y naturaleza de constituyentes isomórficos de arcillas, distinción del agua molecular del agua constitucional (-OH), presencia de impurezas cristalinas y no cristalinas, etc. El equipo puede

utilizar una cámara catalítica que permite realizar ensayos con presiones y temperaturas variables, así como, en una atmósfera determinada (acoplado al equipo WETSYS) para analizar los modos vibracionales O-H y H-O-H durante un ensayo de adsorción/desorción de agua, cinéticas de deshidratación, transiciones de fase, caracterización de adsorbatos, etc.

El uso de técnicas complementarias en colaboración con otros laboratorios permite la caracterización completa de los minerales de la arcilla y sus propiedades físico-químicas (composición, cuantificación, morfología, estructura, densidad de carga laminar, capacidad de intercambio catiónico, propiedades ácido-base, sales solubles, superficie específica, etc.).

## ACTIVIDADES Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las actividades de los laboratorios se llevan a cabo en el ámbito de proyectos nacionales, financiados por Enresa, e internacionales, principalmente financiados por la Unión Europea, y otros recogidos en Acuerdos de Colaboración con las principales agencias europeas para la gestión de los residuos radiactivos. Se realizan también trabajos y colaboraciones con diferentes empresas españolas y extranjeras.

Actualmente se participa en los proyectos financiados por la UE FORGE (*Fate Of Repository Gases*) y PEBS (*Long-term Performance of the Engineered Barrier System*). Se trabaja para Enresa en relación con las celdas de almacenamiento de El Cabril y sus coberteras, y con la evaluación de los poten-



Equipo de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier.

ciales materiales de barrera de confinamiento en un almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad, tanto en el campo cercano como el lejano. Recientemente, se ha iniciado la caracterización de materiales del sustrato geológico del Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC). Se participa también en el grupo de geoquímica de Mont Terri, en los proyectos HT “Hydrogen Transfer” y AP “Anion Accessible Porosity”.

Entre las actividades llevadas a cabo por estos laboratorios, destacan las siguientes:

- Análisis de la influencia de la temperatura en el hinchamiento, la permeabilidad y

la capacidad de retención de agua de materiales arcillosos (bentonitas y sus mezclas con arenas o limos), con vistas a su utilización como material de barrera.

- Caracterización THM y geoquímica de materiales a utilizar como coberteras superficiales de almacenamientos de residuos (arcillas y limos).
- Caracterización hidráulica, mineralógica y geoquímica de argilitas: Formaciones Opalinus Clay (Suiza), Callovo-Oxfordian (Francia) e Ypresian Clays (Bélgica), que constituyen el macizo rocoso en el que se excavan galerías de almacenamiento, y sirven como barrera geológica

natural, así como de sus aguas intersticiales.

- Determinación de la influencia de la humedad, densidad y de las condiciones de contorno en la permeabilidad al gas de materiales arcillosos, así como determinación de presiones de paso de gas en materiales expansivos saturados.
- Realización y análisis, desde el punto de vista hidro-mecánico y geoquímico (sólido y agua intersticial), de ensayos en celdas con materiales bentoníticos, con el objeto de simular sus condiciones en la barrera de un almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad y evaluar posibles procesos de alteración.
- En base a la información aportada por la caracterización mineralógica, físico-química y geoquímica de materiales arcillosos, se ha desarrollado una metodología para la estimación de la cantidad y composición de los diferentes tipos de agua de poro.
- Estudios sobre la cristaloquímica de los minerales de la arcilla, su cuantificación y modelización de espectros de DRX, y colaboración con el CSIC para estudios de mecánica cuántica y dinámica molecular.

A través de la aplicación de estas tecnologías, puede establecerse el funcionamiento de los materiales arcillosos, bien como barrera natural en los almacenamientos geológicos, o como material albergante y sustentante de instalaciones de almacenamiento temporal de residuos, como es el caso del ATC. ■



Componentes de las prensas para la extracción del agua intersticial por *squeezing* (500 y 250 mm de longitud y 45 mm de espesor).



Piscina de Almacenamiento Temporal Centralizado CLAB (Suecia).

LA POLÍTICA DE RESIDUOS RADIATIVOS  
EN LOS PRINCIPALES PAÍSES DE LA OCDE

# LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN SUECIA

Como ya indicábamos en el número anterior, iniciamos un recorrido informativo sobre las políticas de residuos radiactivos en los principales países de la OCDE. Comenzamos la serie con Suecia, uno de los países más avanzados en el campo de la gestión de residuos radiactivos y combustible gastado.

TEXTO: **MARIANO MOLINA**, DPTO. RELACIONES INTERNACIONALES, Y  
**ESTER GÓMEZ BELINCHÓN**, DPTO. INGENIERÍA DE SUELOS E I+D

**E**n 1970 Suecia dependía, en gran medida, de la combustión del petróleo de importación para suministrar energía eléctrica. Con el fin de disminuir esta dependencia, como la mayoría de los países de la OCDE, en la década de los setenta incorporó el uso de la energía nuclear. En los años ochenta, como consecuencia del resultado de un referéndum, se aprobó el abandono progresivo de esta energía, dando lugar al cierre de los reactores conforme cumplían su vida útil.

El parlamento sueco, por un estrecho margen, dio por concluida la moratoria nuclear en 2010, estableciendo que nuevos reactores fuesen reemplazando a los existentes aunque en el mismo emplazamiento.

Suecia es uno de los países con mayor consumo energético per cápita (15.000 kWh persona y año) y menor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, 5,1 t de dióxido de carbono por año frente a los casi 8 t de la Unión Europea y los 19 de los Estados Unidos.

Actualmente el parque nuclear sueco está compuesto por tres centrales y diez reactores -llegó a tener trece operativos- que proporcionan el 42% de la electricidad total que se consume en el país.

- Central de Oskarshamn (2.600 MW, 3 BWR).
- Central de Ringhals (3.550 MW, 3 PWR, 1 BWR).
- Central de Forsmarks (3.095 MW, 3 BWR).

En 1999 y 2005 se cerraron dos reactores de Barsebäck como consecuencia del referéndum de 1980.

Por lo que a la gestión de residuos radiactivos se refiere, Suecia dis-

pone de dos almacenes, CLAB y SFR, además de una fábrica de elementos combustibles en Västera, un laboratorio de prueba para componentes nucleares de Westinghouse, y un reactor de investigación en Studsvik.

## MARCO LEGISLATIVO

El marco legislativo de Suecia, en el campo de la gestión de residuos radiactivos, seguridad nuclear y protección radiológica, se desarrolla en cuatro leyes:

- **La Ley sobre Actividades Nucleares.** Recoge los requisitos de licencias para la construcción y operación de instalaciones nucleares así como de la manipulación y uso de materiales nucleares.
- **La Ley de Protección Radiológica,** que recoge los requisitos de licencias para la protección y trabajos radiológicos.
- **La Ley sobre la financiación de la gestión de productos residuales procedentes de actividades nucleares,** que trata sobre los principales aspectos financieros.
- **Código Medioambiental,** que regula la Declaración de Impacto Medioambiental que debe acompañar cualquier solicitud de licencia nuclear.

Las principales instituciones públicas relacionadas con las políticas sobre combustible gastado y gestión de residuos radiactivos en Suecia son:

- **El Ministerio de Medioambiente,** responsable de la elaboración e implementación de la legislación y financiación para la seguridad nuclear, incluyendo la protección física y radiológica así como la legislación sobre responsabilidad nuclear.
- **El Ministerio de Empresa, Energía y Comunicaciones,**

responsable de las materias relacionadas con los negocios, energía y desarrollo regional.

- **Agencia Sueca de Seguridad Radiológica (SSM),** dependiente del Gobierno, es el regulador de la seguridad nuclear y protección radiológica. La SSM supervisa y promueve la seguridad en las plantas e instalaciones nucleares de Suecia. Asimismo este organismo vigila todo lo referente a la protección radiológica.

Las organizaciones principales en materia de responsabilidad directa para el funcionamiento seguro de las instalaciones nucleares; la gestión y almacenamiento de combustible gastado y residuos radiactivos, incluido el desmantelamiento, son las siguientes:

- Las centrales nucleares, responsables, según la Ley, de la gestión y almacenamiento del combustible gastado de las instalaciones, así como del desmantelamiento de las mismas y las instalaciones asociadas, además de las estructuras para llevar a cabo el almacenamiento seguro y definitivo del combustible gastado y los residuos nucleares.
- La compañía sueca de gestión del combustible y residuos nucleares (SKB), la homóloga de Enresa, es una empresa privada, cuyo accionariado lo componen los distintos propietarios de las centrales nucleares. Es la responsable de poner en la práctica la gestión, el transporte y el almacenamiento definitivo del combustible gastado y residuos nucleares. También se encarga de la proyección y construcción de todas las instalaciones necesarias para la gestión, así como de los trabajos de investigación necesarios para la llevar a cabo su programa. SKB es además responsable de la coordinación

## En 2010 finalizó la moratoria nuclear sueca estableciéndose que nuevos reactores reemplazasen a los existentes, y en el mismo emplazamiento

e investigación relacionadas con los costes vinculados con los residuos nucleares y el futuro desmantelamiento.

- **Studsvik Nuclear AB**, de naturaleza público/privado, es el antiguo Centro de Investigaciones Nucleares de Suecia; es responsable de la gestión y almacenamiento de los residuos radiactivos que genera. También gestiona residuos no nucleares de instalaciones no nucleares y otras actividades.

### CENTRALES NUCLEARES

#### Central Nuclear FORSMARKS

Está ubicada en la costa este de Suecia, al norte de Estocolmo. El

propietario de Forsmarks es un consorcio formado por las compañías eléctricas Vattenfall (75%) y Mellansvens Kraftgrupp AB, siendo Vattenfall responsable de la operación. La central cuenta con tres reactores BWR (Boiling Water Reactor) que empezaron a operar en 1980, 1981 y 1985, y que actualmente producen 20-24 TWh al año, lo que representa entre el 15-20% de la producción de electricidad del país. Las Unidades Forsmark 1 y Forsmark 2 tienen el mismo diseño y construcción BWR con una capacidad de 970 MW cada una. Forsmark 3 es la unidad más moderna, con reactor tipo BWR, y una capacidad de 1.160 MW. En Forsmarks se prevé ampliar de 40 a 60 años la vida útil de los reactores.

#### Central Nuclear de Oskarshamn

Está ubicada en Simpevarp, en la provincia de Småland, a 25 kms de Oskarshamn. Esta central pertenece a OKG Akitiebolad (empresa participada por E.ON en un 54,5%) y a Fortum. La planta tiene tres reactores BWR con una capacidad total de 2.600 MW, siendo los más antiguos de todo el país (1974). Como otras centrales en Suecia, Oskarshamn tiene un almacén de poca profundidad para los residuos radiactivos de muy baja actividad.

#### Central Nuclear de Ringhals

Ubicada en el municipio de Varberg, en la península de Värö, al norte del país, esta planta pertenece a la compañía eléctrica Ringhals AB, cuyos principales accionistas son Vattenfall y E.ON. La central cuenta con cuatro reactores (tres BWR y uno Pressurized Water Reactor -PWR) y una potencia de 3.700 MW, siendo la mayor planta de todo el país. Como las demás, tiene un almacén de re-



El barco Sigrid, diseñado para transportar combustible gastado y residuos nucleares, entró en operación el año pasado, sustituyendo a su predecesor, el Sigyn.

residuos radiactivos de muy baja actividad.

## RESIDUOS RADIATIVOS Y COMBUSTIBLE GASTADO

En Suecia, como en el resto de la OCDE, los residuos radiactivos provienen de las plantas nucleares que generan energía eléctrica, de hospitales, industria e investigación.

La ley sueca exige que los propietarios de plantas nucleares se hagan cargo de su almacenamiento de los residuos. Para ello, cuentan con dos grandes instalaciones de almacenamiento, y con el barco Sigrid, especialmente construido y diseñado para transportar combustible gastado y residuos nucleares.

Las instalaciones de almacenamiento de residuos son el SFR, almacén definitivo de residuos radiactivos de media y baja actividad, ubicado en Forsmarks; y el CLAB, almacén temporal de combustible gastado de las

plantas nucleares, situado en Oskarshamn.

El coste de la gestión y almacenamiento de residuos nucleares se cubre con una cuota especial que se agrega al coste de cada kilowatio-hora de electricidad producida en una central nuclear. Este cargo es de aproximadamente 0.025 USD/KWH, que es aprobado y fijado por la SSM.

### a) SFR: Almacén Final de Residuos Radiactivos

El propietario de SFR es Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Su construcción se inició en 1983 y comenzó a operar en 1988. Es una instalación que almacena los residuos a una profundidad de 50 metros bajo el mar con una capacidad de almacenamiento de 63,000 m<sup>3</sup>. Está compuesto por secciones ubicadas en la superficie, como oficinas, taller, terminal para desembarco de los residuos y un edificio de ventilación; así como por secciones

subterráneas: cuatro bóvedas de roca para almacenamiento, un silo y el centro de operaciones. La operación y mantenimiento la lleva a cabo Forsmarks, bajo la responsabilidad de SKB.

### b) CLAB: Almacén de Combustible Gastado

Este almacén se localiza en Oskarshamn, en la costa sureste de Suecia. Su construcción se inició en 1980 y su actividad en 1985. Tiene una capacidad de almacenamiento de 8.000 toneladas de combustible gastado –están en curso trabajos para aumentar la capacidad de almacenamiento hasta 11.000 t, equivalentes a unos 20,000 elementos combustibles de tipo BWR y 2.500 elementos combustibles de PWR. Su capacidad de recepción es de 300 toneladas por año. El tiempo de almacenamiento para el combustible gastado es de aproximadamente 40 años. La instalación de CLAB está operativa las 24 horas del día e intervienen 100 personas



Transporte de combustible nuclear gastado desde el barco Sigyn al CLAB en Oskarshamn.

por turnos. Está construido a 25 metros bajo la superficie terrestre y dispone de cuatro piscinas de almacenamiento más una de reserva.

Transcurridos los 40 años de almacenamiento temporal, el combustible gastado se encapsulará, próximo a una planta en CLAB, en un contenedor cilíndrico de cobre (canister) con el fin de ser transferidos al almacén geológico profundo (AGP), proyectado en Söderviken.

### PROYECTO DEL AGP EN SÖDERVIKEN

La localidad seleccionada para la construcción del AGP es Söderviken, ubicada en la zona industrial de Forsmarks, junto a la central nuclear.

La instalación se inicia con cinco kilómetros de rampa que preceden a un sistema kilométrico de túneles y cavidades a 500 metros de profundidad donde se alojarán de forma vertical los contenedores de cobre (canister) que serán cubiertos totalmente con arcilla y bentonita. Uno de los requisitos más importantes es la fabricación del contenedor, que debe permanecer intacto en las condiciones ambientales que prevalecerán en el almacén profundo. El contenedor no debe ser atacado por la corrosión ni deformarse por los esfuerzos mecánicos presentes en la caverna de roca cristalina.

Uno de los hitos más importante que se esperan en torno a este proyecto es el anuncio de la concesión de la licencia de construcción este año. Si este calendario se cumple, los trabajos de construcción po-

drían iniciarse durante el 2019 y finalizarse en los años veinte, convirtiéndose en una gran obra de ingeniería sin precedentes en el mundo.

### El almacenamiento final

Los contenedores de cobre, una vez introducido el combustible gastado, se depositarán en el AGP con la ayuda de maquinaria operada por control remoto. Cuando el Almacén se encuentre en pleno funcionamiento, se estima que 250 personas de diferentes campos (investigación, ingeniería, seguridad, etc.) ejecuten su trabajo la mayor parte del tiempo en el subsuelo.

### El proceso de selección

El proceso de selección para el AGP ha llevado cerca de 20 años. El emplazamiento donde finalmente se va a construir debía cumplir dos requisitos fundamentales: contar con una formación rocosa que permita el almacenamiento final seguro en el largo plazo, y con el suficiente apoyo político y

popular, tanto en el municipio seleccionado como en los que le rodean.

A comienzos de 2000 se llevaron a cabo numerosos estudios en buena parte del territorio sueco que apostaron por dos exhaustivas investigaciones sobre dos áreas preseleccionadas: Forsmark (municipio de Östhammar) y Laxemar (municipio de Oskarshamn). Estas investigaciones concluyeron que disponían de información suficiente para comparar entre ambas opciones y elegir.

El resultado de una encuesta de SKB a los municipios preseleccionados concluyó que ambas candidaturas presentaban un apoyo popular y político de entre el 80 y el 90% de los votantes y, aunque finalmente el emplazamiento seleccionado fue Forsmark por razones técnicas, SKB mantiene proyectos y colaboraciones con ambos municipios.

Como dato curioso de buenas relaciones, SKB sometió a con-



Ilustración esquemática del CLAB.

sulta en los dos municipios que ambas partes aceptarían el resultado del municipio finalmente seleccionado.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (I+D)

La Ley de Actividades Nucleares sueca exige que el titular de la explotación nuclear deberá, en cooperación con el resto de titulares, establecer y llevar a cabo un programa de I+D orientado a la gestión y almacenamiento de los residuos radiactivos,

incluido su desmantelamiento. Cada tres años, SKB presentó al Gobierno, o en su caso a una autoridad asignada por él, el programa de I+D para su evaluación.

SKB ha construido tres instalaciones de investigación para tal fin en el municipio en Oskarshamn:

- Laboratorio de Äspö, donde se desarrollan métodos para la caracterización de los emplazamientos, excavación de túneles y pozos, así

como el comportamiento de los contenedores. Asimismo se investiga la forma de prevención de cualquier filtración a través de las barreras naturales y de ingeniería.

- Laboratorio de contenedores de cobre, donde se desarrollan técnicas de soldaduras y métodos de ensayos para evitar su deterioro.
- Laboratorio de bentonita, donde se desarrollan pruebas a gran escala de las propiedades de la bentonita. ■

	ESPAÑA	SUECIA
<b>INICIO PROGRAMA NUCLEAR</b>	<b>1968</b>	<b>1975</b>
Reactores en operación/ potencia MW instalada	7/ 7400 MW	10/9300 MW
Consumo de electricidad per cápita	5600 kWh	15000 kWh
Empresa Gestión Residuos Radiactivos	Pública/Enresa	Privada/SKB Mismas responsabilidades excluido el desmantelamiento
Almacenamiento final de residuos de media y baja actividad	El Cabril, en superficie	SFR, 50 metros bajo el mar
Almacenamiento temporal del combustible gastado	ATC, Villar de Cañas en construcción. Almacenamiento en bóvedas. Capacidad: 6.700 t	CLAB, Oskarshamn. Almacenamiento en piscinas. Capacidad: 8.000 t ampliables a 11.000
Almacenamiento Geológico Profundo	Por definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Designado emplazamiento en Söderviken</li> <li>■ Solicitud de la licencia de construcción durante 2011</li> <li>■ Estimación anuncio de la licencia de construcción</li> </ul>
Desmantelamiento	Dos reactores en proceso de desmantelamiento	Dos reactores en proceso de desmantelamiento
Financiación de la gestión de residuos radiactivos	Fondo externo a los productores	Fondo externo a los productores
Regulador	CSN dependiente a Parlamento	SSM dependiente del Gobierno



JAVIER GÓMEZ-ELVIRA, DIRECTOR DEL CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA DEL CSIC-INTA E INVESTIGADOR PRINCIPAL DEL PROYECTO REMS

## “LA NASA VALORA LA TECNOLOGÍA ESPAÑOLA PARA EXPLORAR MARTE”

Tratar de conocer el origen de la vida en el universo es el objetivo final de la astrobiología. En este sentido, la puesta en marcha de misiones espaciales es una pieza clave que permite explorar y aumentar los conocimientos en este campo. España colabora con la NASA, a través del Centro de Astrobiología, en diversas misiones. Por ejemplo, en el desarrollo de una estación medioambiental que opera en el planeta rojo y el análisis de los datos que se reciben de ella.

TEXTO: **PABLO ALMERA**  
FOTOS: **CÉSAR DE ECHAGÜE**

**J**avier Gómez-Elvira Rodríguez es doctor ingeniero Aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid. Inició su carrera profesional en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), en el Departamento de Materiales y Estructuras –donde desarrolló antenas, mecanismos, robótica e instrumentación espacial– hasta que se incorporó al Centro de Astrobiología (CAB) del CSIC-INTA, del que ha sido responsable del Departamento de Instrumentación, vicedirector y, desde 2011, director. En el CAB ha participado en diferentes proyectos de instrumentación para la exploración espacial, entre los que destaca la estación medioambiental REMS (*Rover Environmental Monitoring Station*) del *Curiosity*, actualmente en operación en Marte, del que es investigador principal.

### **¿Cómo se consigue llegar a dirigir el Centro de Astrobiología?**

Después de mucho trabajo... Comencé en el INTA en un campo muy distinto, pero lo que siempre me ha gustado desde que empecé mis estudios es el espacio. Por eso estudié ingeniería aeronáutica y trabajé en temas del espacio, aunque en estructuras y mecanismos y, al cabo de unos cuantos años, en robótica espacial. Cuando se creó el Centro de Astrobiología me ofrecieron la posibilidad de colaborar y participar en proyectos más ambiciosos de instrumentación y, además, se abrían las posibilidades de colaboración con la NASA. Surgió lo de la estación meteorológica REMS para el proyecto *Curiosity* y mi perfil encajaba muy bien. Fui jefe de departamento y vicedirector. Llegar a la dirección del CAB era un camino natural.

### **Un director que sigue investigando...**

Sigo investigando, pero mucho menos. El 80% del tiempo lo dedico a temas de gestión, relacionados con personal, con proyectos... El poco tiempo que me queda lo dedico a investigar, pero la actividad científica se ve muy mermada por la gestión.

### **¿España está en Marte?**

España está en Marte y, lo que es más importante, seguirá estando porque tenemos asegurada la permanencia por bastantes años. España tiene una estación meteorológica que lleva más de dos años funcionando en este planeta. En 2016, se lanzará la misión *Insight* que incorpora otra estación meteorológica y, en 2020, el *Mars 2020* llevará otra.

### **Aunque se programó para dos años, la operatividad del *Curiosity* ya lleva más de ese tiempo en funcionamiento ¿Siempre se calcula a la baja?**

Se calculan las expectativas más cortas. Las misiones las preparas pensando en las peores condiciones que se puedan dar y, normalmente, por eso, es posible alargarlas mucho más. La misión *MER (Mars Exploration Rover)* ya va para diez años y se pensó ¡para seis meses!

### **¿Cómo llegan investigadores españoles a participar en misiones espaciales?**

Por un acuerdo de alto nivel entre la NASA y el Gobierno español para colaborar en la misión *Mars Science Laboratory (MSL)*. Atendiendo a las necesidades del *Curiosity*, y lo que estaba previsto implementar, la sección

meteorológica entraba dentro de nuestras capacidades. Ésa fue nuestra primera misión, pero, por ejemplo, en *Mars 2020* nuestra presencia ya no es producto de un acuerdo gubernamental, ya que nuestro proyecto ha sido el elegido entre más de una treintena. La NASA hizo una convocatoria a nivel mundial, abierta a cualquier empresa o institución que presentara un buen proyecto de instrumentación meteorológica para el Rover y nuestra propuesta fue la seleccionada para la futura misión.

### **Habrà sido determinante la experiencia adquirida con *Curiosity* para conseguir el encargo para la *Mars 2020*...**

Efectivamente. Una de las condiciones para poder volar instrumentos era que tuvieran un desarrollo lo suficientemente evolucionado como para asegurar un funcionamiento correcto. Hay que tener en cuenta que es un proyecto a corto plazo. El trabajo más duro lo comenzaremos en 2015, y en 2020 tiene que estar lanzado. En cuatro años hay que desarrollar el instrumento. Algo que no es frecuente ya que en la Agencia Espacial Europea (ESA), por ejemplo, el tiempo de desarrollo del proyecto suele ser de diez años.

### **¿Qué diferencia hay con la estación meteorológica REMS?**

MEDA, que es el nombre de la estación del *Mars 2020*, es una evolución de REMS. Hemos solucionado los problemas que presentaba y desarrollado nuevos sensores ultravioleta, una cámara para medir el polvo en el ambiente, e incluso el sensor de temperatura de suelo ha sido mejorado... Hemos perfeccionado el equipo gracias a lo que hemos

## La dinámica de la temperatura marciana es como la terrestre: existen estaciones climáticas y la temperatura y la presión van subiendo o bajando gradualmente

aprendido y estamos aprendiendo con REMS.

### ¿Hay prisa para que el hombre llegue a Marte?

No. Hay un camino que poco a poco se va cubriendo. La NASA tiene un plan que va implementando que tiene como objetivo a medio plazo traer muestras de Marte. Algo complicado. Ahora mismo, las misiones se suelen realizar cada dos años para aprovechar la posición de los planetas y ése es el ritmo que trata de mantener la NASA: enviar misiones en ese periodo de tiempo para ir aumentando el conocimiento en este campo.

### Llama mucho la atención cuando se produce un amartizaje. Aparece en los medios de comunicación y se organiza un gran revuelo, pero ¿cómo es el día a día, una vez el instrumento está operando en Marte?

El seguimiento de la misión es más tedioso, muy costoso y poco vistoso. En nuestro caso, nos llegan datos todos los días y necesitamos a gente constantemente involucrada en la misión. Recibimos los datos, los analizamos y los expertos deciden qué se hace al día siguiente. Se planifica todo, teniendo en cuenta que no haya incompatibilidades con el resto de trabajos a realizar con la instrumentación del Rover, y se envía. Ese proceso dura siete u ocho horas, y lo tenemos que hacer con una diferencia de nue-

ve horas, pues debemos seguir el horario norteamericano. Es decir, nosotros tenemos que trabajar de noche.

### ¿Mandan órdenes de trabajo a diario?

Eso es. Y día a día, REMS envía a la Tierra el resultado del día anterior. En nuestro caso recibimos todos los datos de temperatura, presión, humedad, velocidad del viento, ultravioleta... Es tedioso porque no encuentras grandes variaciones. La dinámica de la temperatura marciana es como la terrestre: existen estaciones climáticas y va subiendo o bajando la temperatura y la presión, pero gradualmente. Eso sí, debemos destacar que la temperatura máxima que ha registrado REMS ha sido de 0° centígrados y la mínima, -140. Los resultados se suelen presentar en congresos de geología o de astrofísica, aunque sí, se están publicando artículos científicos constantemente.

### ¿Para qué conocer las condiciones climatológicas de Marte?

Para conocer las condiciones que tuvo y tiene Marte, para saber si el planeta rojo fue un planeta habitable y si puede haber vida en él. Y ¿por qué nos interesa si puede haber vida? Porque un ansia de conocimiento de la humanidad es saber si hay vida fuera de la Tierra. ¿Por qué Colón cogió la carabela y se fue en una dirección que él considera-

ba interesante? Por explorar, y llegó a donde llegó. Nosotros, en el fondo, lo que hacemos es lo mismo: explorar y llegaremos donde haya que llegar. En ese camino desarrollaremos objetos que a todos nos vengán bien para vivir mejor. Fruto de los primeros vehículos que se enviaron a la Luna y Marte son los teléfonos móviles, cuyo origen está en las investigaciones desarrolladas para mejorar las comunicaciones inalámbricas. A la larga, las misiones espaciales son beneficiosas para todos.

### Colón descubrió un nuevo mundo y generó una palabra: colonización ¿Al ser humano sólo le mueve la curiosidad?

Por ahora sí, aunque la bibliografía al respecto es muy variada. Las condiciones de Marte y de la Luna no son apropiadas para la vida, pero eso no quiere decir que las agencias espaciales no sigan investigando y desarrollando hábitaculos para, por ejemplo, vivir en Marte. Hay proyectos en marcha en este sentido.

### En 1969, el hombre puso un pie en la Luna ¿fue cuestión de osadía, de poderío...?

Fue una cuestión de orgullo patrio, por decirlo de alguna forma. Una demostración de que Estados Unidos tenía la capacidad para llegar a la Luna y hacerlo antes que la URSS. Se invirtió una cantidad de dinero enorme, pero sólo se llegó hasta ahí. El presidente Kennedy decidió lograr ese objetivo y Nixon dijo que tanto dinero no se podía invertir en la exploración del espacio. A partir de ahí, el asunto ha cambiado mucho. Ahora

## Estamos muy lejos de poder decir si existe vida en Marte o no. Si la descubrimos, lo más probable es que sean microorganismos, que es lo que plantea la astrobiología

mismo, en dólares constantes, el presupuesto de la NASA es un tercio de lo que se invirtió en ese momento.

**Entonces ¿es un problema económico?**

El desarrollo de tecnología cuesta dinero...

**Siempre hay voces en contra de las partidas económicas que se emplea en exploración espacial ¿Cómo se justifica la inversión?**

La inversión en el espacio, comparado con las de otros ámbitos, es ridícula. Lo que puede costar la estación meteorológica es menos que lo que cobra el futbolista Ronaldo en un año.

**¿Qué supondría descubrir vida en Marte?**

Creo que el gran público no se extrañaría. El cine y la literatura nos tienen muy acostumbrados y ya está asumido que hay vida fuera. Si ahora nos llegara una señal

desde no sé qué planeta no nos parecería raro. Lo que ocurre es que estamos muy lejos de poder decir si existe o no. Si encontramos vida en Marte, lo más probable es que sean microorganismos, que es lo que se plantea la astrobiología. Desde el punto de vista científico tendría gran importancia, porque sería la demostración de que puede existir vida fuera de nuestro planeta, pero para el gran público, quizá, el impacto sería menor.

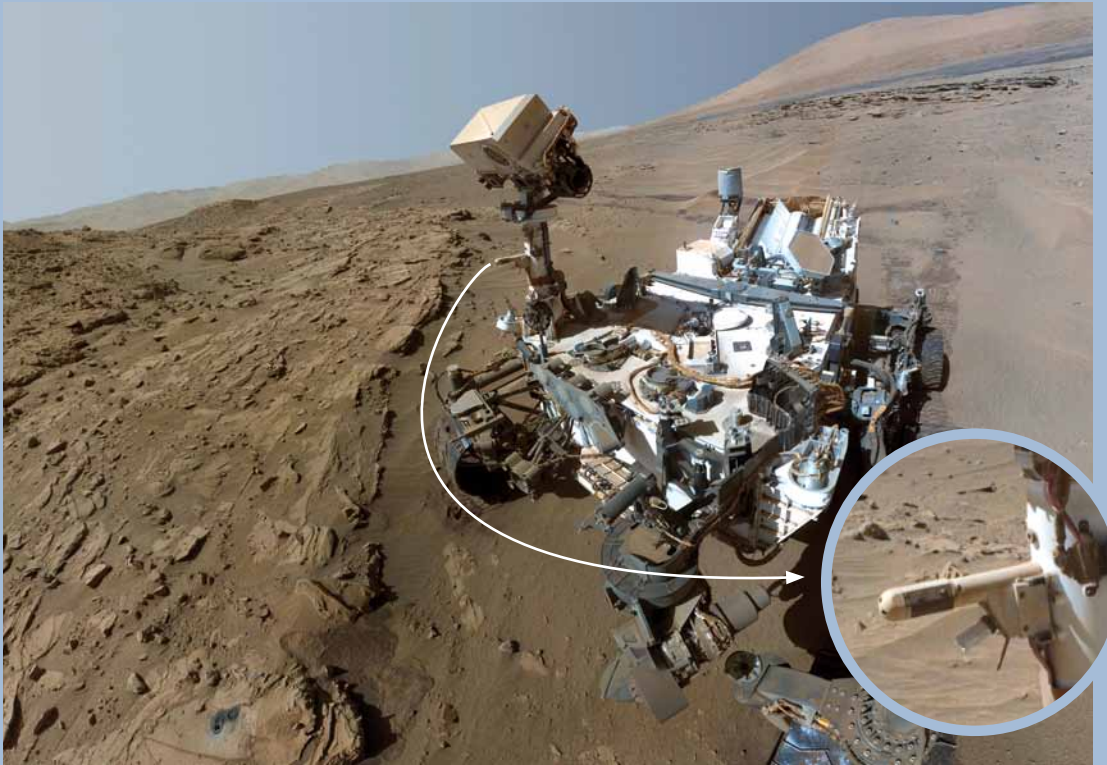
**¿Es necesaria una misión tripulada a Marte?**

Explorar sólo lo puede hacer un hombre. Hace falta capacidad de racionamiento, de reacción, de respuesta, intuición... La palabra exploración está asociada al ser humano. Para hacer ciencia, como



España está en Marte y, lo que es más importante, seguirá estando porque tenemos asegurada la permanencia por bastantes años.

## Tecnología 'made in Spain' en el *Curiosity*



El REMS, el instrumento que hace posible caracterizar el clima de Marte, ha sido diseñado, desarrollado y operado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).

La misión *Mars Science Laboratory* (MSL) de la NASA tiene cuatro objetivos: determinar si existió vida alguna vez en Marte, su geología, prepararse para la exploración humana de este planeta y caracterizar su clima. El instrumento que hace posible este último objetivo es el REMS, diseñado, desarrollado y operado por el Centro de Astrobiología, ha sido suministrado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), perteneciente al Ministerio de Ciencia e Innovación de España, a través del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). REMS utiliza sensores situados en el mástil, el interior y la cubierta del astromóvil o *Rover Curiosity* que miden la presión atmosférica, humedad, dirección y fuerza del viento, así como la temperatura ambiental y los niveles de radiación ultravioleta.

está haciendo *Curiosity*, se puede conseguir con una máquina. Explorar sólo lo puede hacer un ser humano.

### En este punto... ¿Qué es la astrobiología?

La astrobiología trata de conocer el origen de la vida en el universo. En

el fondo, averiguar cómo una molécula de hidrógeno va adquiriendo complejidad suficiente para formar una proteína o una molécula de ADN. Trata de averiguar cómo las moléculas de hidrógeno han formado estrellas que a su vez han creado elementos y esos elementos forman otras estrellas que han formado los elementos de la tabla

periódica. Trata de demostrar que hay nubes de polvo con todos esos elementos que forman sistemas planetarios y que hay sistemas con planetas que, por su distancia a la estrella, pueden tener agua líquida. Trata de descubrir la evolución de esos planetas hasta que dan lugar a la vida... Ese camino es el que trata de identificar la astrobiología. ■



© Singular Aircraft

El hidroavión Flyox I es un dron todavía en desarrollo que podrá participar en la extinción de incendios o realizar tareas de vigilancia y salvamento.

LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AERO TELEDIRIGIDA APORTAN INFORMACIÓN A VISTA DE PÁJARO Y EN TIEMPO REAL

## DRONES: MAYOR SEGURIDAD Y MENOR COSTE EN MISIONES AÉREAS

Cien años después del nacimiento de la aviación, ésta se minimiza y automatiza para prestar nuevos servicios. Los drones son pequeñas aeronaves pilotadas a distancia que permiten, entre otras posibilidades, detectar, observar y analizar zonas concretas, con un coste muy ajustado y facilitando valiosa información a vista de pájaro, en tiempo real y sin riesgo para las personas. Sus aplicaciones son innumerables: detección de incendios en zonas boscosas, observación de todo tipo de eventos deportivos o de ocio, operaciones de rescate en lugares de difícil acceso, control de cultivos o tareas de fumigación, proyectos publicitarios...

TEXTO: **GERMÁN HESLES**

**D**e alguna manera, los drones son tan viejos como la aviación. El modelaje a escala, desde el inicio de la industria aeronáutica, ha permitido verificar todo tipo de características de las aeronaves. Con el tiempo, estas mal llamadas maquetas se popularizaron como juguete o afición y cristalizaron en la figura del aeromodelista que volaba y controlaba a distancia y manualmente sus aeronaves. En definitiva, estos aparatos, según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) –dedicada a desarrollar los reglamentos de la aeronáutica mundial–, son cualquier máquina pilotada que se sustente en la atmósfera, independientemente de si va tripulada o no.

En la década de los 90, los avances de la microelectrónica y la necesidad de información de algunos gobiernos obraron el gran salto y, en la Primera Guerra del Golfo, los drones adquirieron pro-

tagonismo en el escenario bélico mostrando una gran utilidad a la hora de observar movimientos de tropas, definir objetivos o detectar heridos. La aeronave cumplía con su función sin poner en riesgo la vida del piloto, que permanecía en retaguardia dirigiendo el aparato por un enlace de radio.

Con el inicio del siglo XXI, la industria civil comenzó a vislumbrar nuevas aplicaciones y ventajas económicas, abriendo así un nuevo nicho de negocio.

### ALA FIJA O ROTATORIA

Drones o RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*). Independientemente de cómo se les denomine, se definen como tales las aeronaves pilotadas de forma remota con capacidad de vuelo automático, pero siempre con superposición de órdenes manuales. Es decir, la aeronave podrá despegar, volar la ruta marcada, filmar o fumigar, por ejemplo, un espacio geográfico determinado

y aterrizar. Pero siempre, y en cualquier caso, con un piloto que desde la estación remota podrá suspender el vuelo, reprogramarlo o hacerlo regresar en el momento que lo estime oportuno.

Ya sea aeronave de ala fija o rotatoria, su estación de control puede estar ubicada en un centro especializado, en un vehículo terrestre, en un ordenador portátil o hasta en una tableta digital. Dron y piloto están ‘unidos’ por el enlace de datos, vía por la que el primero recibe órdenes de vuelo o de trabajo y éste, a su vez, envía la información requerida al segundo.

La razón de ser de estos aparatos es su carga útil. Se suele conocer como la ‘bola’ y es donde se alojan la cámara o los grupos de cámaras, una convencional y otra de infrarrojos; la plataforma giroestabilizada para lograr imágenes precisas; el telémetro láser, para medir distancias; el sensor multiespectral, para, por ejemplo, detectar contaminantes en el océano; o, si así lo requiere la misión de



© Flightech

La estación de control de un dron puede estar ubicada en un centro especializado, un vehículo terrestre, en un ordenador portátil o hasta en una tableta digital. Dron y piloto están ‘unidos’ por el enlace de datos.

## Con el inicio de siglo XXI, la industria civil vislumbró posibles aplicaciones y ventajas económicas, abriendo así un nuevo nicho de negocio

vuelo, equipos de detección NBQ (nuclear, biológica y química). Los aviones pilotados a distancia destacan por ofrecer la oportunidad única de establecer un sistema de vuelos constantes, y su capacidad de observar en tiempo real cualquier área geográfica o instalación.

### INTA, EL DESARROLLO ESPAÑOL

En España, fue el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) el primer desarrollador de drones. Francisco Muñoz, director de Programas Aeronáuticos, recuerda que, a mediados de la última década del pasado siglo, se comenzó a trabajar en

un sistema completo de vigilancia aérea en el que participaron todos los departamentos del Instituto: “Realizamos los diseños aerodinámico y estructural, llevamos a cabo los ensayos aerodinámicos y estructurales, y el diseño de los sistemas embarcados y de aviónica. Fue un trabajo común en un proyecto de I+D desarrollado desde cero”.

Este primer proyecto, aún vigente y mejorado en sucesivas versiones, es el Sistema Integrado de Vigilancia Aérea, más conocido como SIVA. A partir de esta aeronave de gran versatilidad, su estación de control, sistema de enlace y control automático de vuelo –la pieza más importante

del puzzle– creció el catálogo de drones del INTA que a día de hoy cuenta con el Alo (Avión Ligero de Observación), una versión más ligera del Siva, y el Milano, en pleno desarrollo y concebido como sistema supertáctico o estratégico; con una tonelada de peso –frente a los 300 kilos del Siva y los 50 del Alo– y con capacidad para volar más allá del horizonte mediante enlace vía satélite.

La otra línea desarrollada en el INTA es la de los *aviones blanco* para entrenamiento de las defensas tierra y aire. Se trata de aparatos rápidos y precisos, sin carga útil, destinados a la vigilancia, con señuelos o señales de firma radar o de firma infrarroja con arreglo al sistema que se desea probar. El *avión blanco* imita a un avión intruso con determinadas características para que la artillería pueda entrenar. El primero de esta clase fue el Alba, una pequeña aeronave de hélice muy utilizada por las Fuerzas Armadas,



La mayoría de los usos que se está dando a los drones en el terreno civil son el cine, la publicidad y la ortofotografía.

## Diccionario básico

Dron es el término popularizado y difundido que se emplea habitualmente para referirse a estas aeronaves. Su traducción literal es zángano, es decir, la abeja macho de una colmena.

- UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) o vehículo aéreo no tripulado, con fines militares, es el término que se emplea para designar sólo a la aeronave.
- UAS (*Unmanned Aerial System*) o sistema aéreo no tripulado, en referencia a todo el sistema necesario para hacer volar a estas aeronaves.
- RPA (*Remotely Piloted Aircraft*) o avión pilotado de forma remota, para su uso civil. Hace hincapié en que son aeronaves pilotadas.
- RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) lo mismo, pero como en el caso de UAS incluye todo el sistema. En este momento es la acepción más correcta y la empleada en la Unión Europea y por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), una entidad dependiente de las Naciones Unidas que, desde su creación en 1944, estudia los problemas de la aviación, participa en su reglamentación y aboga por crear una norma aérea única a escala mundial.



UAS, cuando es para uso militar, y RPAS, en misión civil, son los sistemas aéreos no tripulados que hacen posible el vuelo de estas aeronaves.

© Catuav

y actualmente está en desarrollo el *Diana*, un turborreactor por el que ya han mostrado su interés varias empresas.

## PIONEROS CIVILES

En el año 2000, un equipo independiente de profesionales españoles comenzó a desarrollar tecnología aeronáutica para drones en el ámbito civil. Tras tres años de trabajo, constituyeron Catuav, una empresa que presta un servicio de observación de la tierra para aquellas compañías y entidades que necesiten para sus proyectos técnicos y científicos fotografías aéreas y ortofotos – fotos aéreas corregidas y libres de perspectiva para realizar un mapa de mediciones exactas–.

En Moià, a 45 kilómetros de Barcelona, tiene sus instalaciones

esta empresa decidida a buscar un nuevo hueco en el mercado. “Nos dimos cuenta de que la información de la tierra vista desde el aire, con satélites o aviones tripulados, no estaba del todo bien resuelta y que nosotros la podíamos complementar con más flexibilidad, resolución, inmediatez y un coste inferior”, afirma Jordi Santacana, director de Catuav.

Especializados en fotogrametría en distintas bandas espectrales, imágenes en canales visibles, en infrarrojo cercano, térmico y en modelos digitales de superficie, desarrollaron los drones para transportar y situar sobre los objetivos marcados sus equipos. Así vio la luz el *Atmos*, una aeronave, con cerca de mil horas de vuelo, de la que se ha fabricado su sexta versión. “Es nuestro utilitario: un aparato de dos kilos de peso, muy depurado

y desarrollado, capaz de trabajar en entornos muy distintos”, apostilla Santacana. Para la utilización de cámaras más pesadas o sensores hiperspectrales –que captan huellas a lo largo de todo el espectro magnético no visibles al ojo humano– han diseñado el *Argos*, que dispone, además, de una versión eléctrica.

## CONTRA LA DEFORESTACIÓN

El caso de la empresa Flightech, constituida a finales de 2006, responde a la inquietud de un grupo de inversores privados preocupados por la deforestación provocada por los incendios en Galicia. Su interés se centraba en la detección temprana de incendios forestales y su seguimiento, para favorecer la extinción y minimizar los daños. El equipo

## A la espera de un ordenamiento definitivo

Mientras se desarrolla y aprueba un reglamento específico para el vuelo de los drones, todos los agentes implicados deberán tener en cuenta el Real Decreto 8/2014, de 4 de julio, que supone el primer reglamento legal –eso sí, transitorio– que permite el empleo de drones en España. De esta manera establece las operaciones que se pueden realizar:

- Trabajos técnicos y científicos con sus vuelos de prueba.
- Vuelos de producción y mantenimiento.
- Demostraciones aéreas de público restringido.
- Vuelos de programas de investigación nacionales o europeos.
- Vuelos de prueba del desarrollo.
- Vuelos de I+D del fabricante.

Sobre quién puede pilotar un dron, el Real Decreto establece además que pueden hacerlo todos los pilotos con licencia en vigor o que la hayan tenido en los últimos cinco años. Asimismo tienen que disponer del certificado médico pertinente y la formación puntual sobre la aeronave a operar. Existe el certificado básico de drones, para operar aeronaves de hasta 25 kgs. en línea visual (VLOS: hasta 500 metros), o el avanzado, para operarlas más allá de la línea de visual (BVLOS).

de Flighttech dio forma y sentido al modelo *Altea-Eko*, un ala fija de 80 kilos y seis metros de envergadura, capaz de despegar en apenas cien metros, con una autonomía de vuelo de cuatro horas y 12 kilos de carga útil. No obstante, lo que destaca de esta aeronave –según señala David Fanego, gerente de la empresa– es que “es la primera de uso civil en toda Europa que ha obtenido el certificado de navegabilidad y ha sido matriculada (EC-LYG) como exige la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) –organismo que vela para que se cumplan las normas de aviación civil en España– y el Ministerio Fomento”.

El dron desarrollado por Flighttech se basa en cuatro pilares: una

red de aviones no tripulados, un sistema de captación de imágenes con gran capacidad de observación, un sistema de transmisión eficaz e instantánea de las imágenes a una unidad en tierra y vía internet a cualquier punto, y un sistema de análisis de las imágenes en tierra para facilitar la toma de decisiones en el caso de identificar cualquier incidencia.

## EL MÁS GRANDE

Y no sólo el primer dron certificado y matriculado en Europa es español, también lo es el más grande. La empresa Singular Aircraft ha creado el Flyox I, un hidroavión todavía en pleno desarrollo con una capacidad de

## Utilidades de los drones

- Fotografía, fotografía infrarroja, ortofotografía y videograbación aérea.
- Observación y vigilancia aérea de líneas de alta tensión, aerogeneradores, edificios, estructuras monumentales, tráfico rodado...
- Observación y vigilancia y análisis de grandes aglomeraciones o concentraciones multitudinarias (conciertos, manifestaciones, eventos deportivos).
- Observación y vigilancia marítima en naufragios, vertidos contaminantes, poblaciones marinas, tráfico marítimo.
- Observación y vigilancia de fronteras en colaboración con las fuerzas de seguridad del estado.
- Observación y vigilancia de zonas boscosas para detección temprana, seguimiento y extinción de incendios.
- Observación, vigilancia y exploración en lugares de difícil acceso y localización de accidentados y colaboración en salvamento con la posibilidad de enviar una primera ayuda de material de primeros auxilios.
- Observación y vigilancia agrícola para el control de subvenciones agrarias y detección de necesidades hídricas o nutricionales de las plantaciones.
- Tratamientos agrícolas aéreos de fumigación de precisión y control de plagas.
- Publicidad aérea y filmaciones para la industria cinematográfica.
- Misiones militares de vigilancia, entrenamiento, defensa y ataque.

El dron Altea-Eko, diseñado para la detección temprana de incendios forestales, es capaz de despegar en apenas cien metros y tiene una autonomía de vuelo de cuatro horas.



© Flightech

carga de más de dos mil kilos repartidos en 14 metros y, por tanto, con grandes posibilidades de personalización dependiendo del tipo de cliente. Así, por ejemplo, puede trabajar de forma semiautomática sin exponer al piloto a productos químicos nocivos en tareas agrícolas, participar en la extinción de incendios, ser capaz de transportar diferentes cargas a lugares lejanos, o realizar tareas de vigilancia y salvamento (envío de primeros auxilios a lugares de difícil acceso) con un tiempo de funcionamiento de 60 horas.

Xavier Martínez, directivo de Singular Aircraft, asegura que la idea surgió en el año 2010, después de un accidente forestal: “Ocurrió ese mismo verano en España, y decidimos hacer algo al respecto. Así nació la idea del Flyox I. La compañía puso en marcha el proyecto con la intención de ayudar en diferentes tareas, utilizando para ello aeronaves tripuladas a distancia. Singular Aircraft empezó a trabajar con el convencimiento de que si la tecnología había llegado a un grado de desarrollo

capaz de permitirlo, era fundamental poner fin a riesgos innecesarios”.

### CERTIFICADAS Y MATRICULADAS

Todas las partes implicadas siguen trabajando para sacar adelante la definitiva regulación jurídica. A la espera de que llegue ese momento, lo que sí deja claro el Real Decreto 8/2014, de 4 de julio, que afecta al vuelo de drones, es que las aeronaves de más de 25 kilos tendrán que ser certificadas y matriculadas

Manuel Oñate, presidente de la Asociación Española de Sistemas de Vuelo Pilotados de forma Remota (AERPAS) y director de Desarrollo y Navegación de Unmanned Solutions, destaca su uso en “filmaciones para cine y publicidad, pero la ortofotografía también ha cobrado una nueva dimensión. Por otra parte, la inspección de infraestructuras como los tendidos eléctricos es una exigencia legal para las empre-

sas del sector. Y cada vez serán más las necesidades que puedan cubrir los drones”.

Queda trabajo por hacer. Hay que robustecer las conexiones por satélite para volar fuera de línea de vista e implementar la detección de tráfico aéreo para aumentar la seguridad, pero el coste por hectárea es una ventaja que potencia el mercado, ya que los drones, según su tamaño, pueden actuar como una aeronave tripulada pero, al ser su volumen y peso inferior, el gasto y el mantenimiento se reducen significativamente. Mientras que una hora de vuelo de una avioneta o helicóptero ronda los 6.000 euros, la de un dron apenas 200.

Se habla hasta de usar los drones para el reparto de paquetería –como ha anunciado en clave de marketing la empresa Amazon– o todo tipo de ideas que aún suenan a ciencia ficción. De cualquier modo, los drones han llegado para quedarse por la seguridad que ofrecen. ■

## Centro de vuelos experimentales

No todo son los propios drones, también es necesario que existan instalaciones donde ponerlos a prueba. En este sentido, recientemente, en Villacarrillo (Jaén), ha abierto sus puertas ATLAS (Air Traffic Laboratory for Advanced unmanned Systems), un Centro de Vuelos Experimentales promovido por la Fundación Andaluza para el Desarrollo Aeroespacial (FADA), una entidad sin ánimo de lucro constituida en 2007 y cuyo fin es el

impulso, desarrollo y promoción de actividades de I+D+i para fomentar el avance del sector aeroespacial en Andalucía, así como la generación y explotación de nuevos conocimientos y tecnologías.

Jorge Cordero, responsable del Área de Nuevos Desarrollos del Centro Avanzado de Tecnología Aeroespacial que da soporte a Aviónica y Sistemas no tripulados, Simulación y Software, destaca

estas instalaciones por varios aspectos: “la climatología –tenemos muchísimos días de sol–, el escaso tráfico aéreo de la zona y disponer de tecnología punta”. Y es que, como en cualquier tipo de vuelo, contar con condiciones climatológicas óptimas es fundamental, y más si se trata de vuelos experimentales. Y lo mismo con disponer de un espacio aéreo segregado para volar estas aeronaves y que no se produzca ningún tipo de accidente.



EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN E INSTITUCIONES BUSCAN FÓRMULAS PARA ERRADICAR E IMPEDIR EL AVANCE DE ESTA PLAGA

# ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS COLONIZAN LOS RÍOS ANDALUCES

Más de 200 especímenes foráneos de fauna —como la pseurasbora parva o el cangrejo chino— y de flora han invadido y están amenazando la biodiversidad autóctona de los cauces fluviales de Andalucía. Una zona que por su clima benigno y por estar cambiando su ecosistema mediterráneo favorece la expansión de estos invasores.

TEXTO: ROSA MARTÍN  
FOTOS: APHANUS

**L**a biodiversidad fluvial andaluza está amenazada. Entre 200 y 300 especies exóticas, según expertos de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, se hacen fuertes en los cauces de los ríos y perjudican seriamente el sistema fluvial. La variedad total de ‘invasores’ de fauna y flora todavía está por determinar, pero tanto desde las instituciones como por parte de investigadores y grupos ecologistas se alerta de que la flora y fauna autóctona está en grave riesgo de sucumbir ante estos especímenes foráneos. De hecho, la consejera de Medio Ambiente de Andalucía, María Jesús Serrano, constató, en la presentación del estudio *Distribución y estado de conservación de los peces dulceacuícolas del río Guadalquivir* elaborado por el Grupo Aphanus, que en este río ya hay más especies exóticas que autóctonas.

Una de las últimas en colonizar estas aguas ha sido una almeja asiática (*Corbicula fluminea*), que ya ha sido vista en la cuenca Guadalete-Barbate (Cádiz), un molusco que se detectó por primera vez en 2007, que tapiza los fondos y que puede acabar con la almeja local. Erradicarla, como se está intentando también con el temible mejillón-cebra (*Dreissena polymorpha*) del Mar Negro, que afecta gravemente a los embalses de Iznájar (Córdoba) y Bermejales (Granada), no es un reto fácil.

Como en el resto del país, en Andalucía las confederaciones hidrográficas tienen las competencias sobre el control en sus cuencas. La del Guadalquivir y la Diputación de Córdoba firmaron en septiembre de 2014 un convenio destinado a acabar con el mejillón-cebra, del que cada ejemplar es capaz de tener un millón de larvas al año y destruir tuberías y sistemas de riego en

tiempo récord. En el caso de la almeja china, también presente en esa cuenca, de momento se ha constituido un grupo de trabajo por parte de la Confederación Hidrográfica para analizar la estrategia a seguir a la hora de erradicarlo, un proyecto en el que durante los dos próximos años se invertirán seis millones de euros.

Fernando Ortega, responsable de Biodiversidad en la Consejería de Medio Ambiente en la Junta de Andalucía, está al frente de un equipo de profesionales en una guerra donde la lucha contra cada enemigo requiere de un arma distinta y se dan especies invasoras que a menudo sólo son descubiertas cuando ya están bien instaladas en su nuevo entorno. “En el caso de la almeja china, detectada hace unos meses en Cádiz, las posibles soluciones para frenar su expansión son sacar a la autóctona y trasladarla a otro sitio o repoblar el río con bosques tupidos que no gustan a las foráneas. No existe otro modo”, explica Ortega.

### LA PSEURASBORA PARVA

También hace unos meses, investigadores del grupo Aphanus, de la Universidad de Córdoba (UCO), alertaron de la presencia de otro peligroso enemigo en los ríos gaditanos Hozgarganta y Guadiaro: la *pseurasbora parva*. Se trata de un pequeño pez de agua dulce perteneciente a la familia de los ciprínidos, también originario de Asia, que se nutre de otras especies y es un foco de parásitos, que, curiosamente, se introdujo según los responsables de Aphanus para alimentar a otros peces, también exóticos.

Este grupo de investigación, que dirige el catedrático Carlos Fernández-Delgado, lleva 20 años estudiando la biodiversidad de los

ríos andaluces y los peligros que comportan las especies invasoras. En relación con este tipo de amenazas advierte que “se podría hacer bastante más de lo que se hace actualmente, sobre todo en las primeras fases de colonización, cuando es más fácil erradicar a las invasoras. Con la *pseurasbora* se debería haber comenzado a actuar en abril de este año, pero no se hizo y es cuestión de tiempo que esté en todas partes, como ya ha ocurrido con el mejillón-cebra”, y añade que “el tiempo juega en contra y sale muy caro”.

### POR QUÉ LAS INVASIONES

¿A qué se debe este trasiego de vida de una punta a otra del planeta? La primera respuesta que a los expertos les viene a la cabeza es por la ‘globalización’. Hasta el 80% de las especies intrusas llega en barcos, o en aparejos y redes de pesca, a los que se adhieren con gran éxito. Es así como se cree que ‘inmigró’ otro gran enemigo: el cangrejo chino (*Eriocheir sinensis*), uno más de los que traen de cabeza a la Consejería de Medio Ambiente. “Estuvimos cuatro años erradicándolo porque es muy peligroso. Tan grande como un centollo, hace unas cavernas que socaban hasta los cimientos de los puertos. Llegó al Guadalquivir con el agua de lastre que sueltan los barcos que vienen de China. Es algo que no se ha logrado prohibir internacionalmente, pese a que ya hemos detectado hasta 50 especies exóticas en este río por culpa de esos desagües”, señala el responsable de Biodiversidad de la Junta.

No menos responsables de esta implantación son aquellos ciudadanos que compran especies ‘extrañas’ -peces como el carpín rojo (*Carassius auratus*) o la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*)- que acaban soltando en un cauce

## Según un informe del Grupo Aphanius, en el río Guadalquivir ya hay más especies exóticas que autóctonas

o un embalse. Para capturar 575 ejemplares de estas últimas en la Laguna del Portil (Huelva), hubo que idear un sistema de piedras artificiales y redes que, de momento, parece haberlas controlado. Eso sí, ahora han aparecido en las orillas de los ríos andaluces mapaches, capaces de competir con el precario linco, y hasta serpientes pitón.

Si ya es difícil sorprender en el momento a los autores de este tipo de sueltas ilegales, tampoco es fácil probar que también hay fugas desde industrias y piscifactorías, como se sospecha que ocurrió en un río granadino con el indeseable cangrejo señal (*Pacifastacus leniusculus*). “Esta especie acaba con nuestro cangrejo, porque lleva consigo un hongo contra el que el nuestro no tiene defensa. En ese

caso, logramos eliminar los grandes con redes, pero los pequeños permanecen”, comenta Ortega.

### PARA SER PESCADOS

Peligrosa también es la actuación de los pescadores interesados en que se introduzcan peces grandes para pescar en aquellas zonas a las que acuden por cercanía, algo que históricamente ha causado grandes estragos en la fauna fluvial. Es el caso de los siluros (*Silurus glanis*), un pez de centroeuropa muy voraz y ahora muy común en Iznájar (Córdoba), o el black bass (*Micropterus salmoides*). Ante la falta de control, estos depredadores acaban con los peces locales en poco tiempo, por lo que luego, según sospechan

organismos públicos y organizaciones ecologistas, son los propios pescadores los que se ven obligados a liberar en las aguas otros especímenes exóticos que actúan de peces-pasto, como el alburno (*Alburnus alburnus*). “El problema es que esos pescadores presionan a las administraciones para que no los eliminen. De hecho, lograron que se retirase del catálogo de especies invasoras el black bass, originario de Norteamérica”, explica Miguel Clavero, de la Estación Biológica de Doñana (ETB-CSIC), que durante muchos años ha investigado sobre este problema.

“Hay quien dice que triunfan porque antes se ha deteriorado el medio y han desaparecido las especies propias, pero no es así. Se ha comprobado que el efecto es directo. Lo preocupante es que muchas de las especies dañinas permanecen ahí porque no se ponen los medios para evitarlo. Como consecuencia, ríos como el Guadalquivir, que eran únicos, un día serán como los franceses o los chinos, todos iguales. Y especies como el jarabugo o la pardilla, que son endémicas, se extinguirán”, afirma Clavero.

### EL PAPEL DE LOS EMBALSES

Y si el clima favorece que, una vez aposentados en Andalucía los especímenes foráneos, se adapten, no menos ventaja encuentran en el cambio que la construcción de embalses ha generado en el ecosistema fluvial mediterráneo. Para Fernández-Delgado es un factor fundamental: “En el Mediterráneo, en verano, hay menos agua en los ríos y en primavera y otoño más; en ese medio evolucionaron nuestras especies, pero con los embalses se ha cambiado



Los ríos Bolonia (Cádiz) y Vélez (Málaga) han sufrido los estragos de la invasión del jacinto de agua.

## Entrevista

Carlos Fernández-Delgado, catedrático de la Universidad de Córdoba y director del grupo Aphanius

### “En poco tiempo no quedarán especies de peces autóctonos”

El biólogo Carlos Fernández Delgado es uno de los grandes expertos en el estudio de la ecología de los peces continentales andaluces y en el desarrollo de programas de recuperación de especies amenazadas y erradicación de las invasoras. En 1992 creó el grupo de investigación Aphanius con el que ha desarrollado hasta ahora cuarenta proyectos científicos sobre este tema.

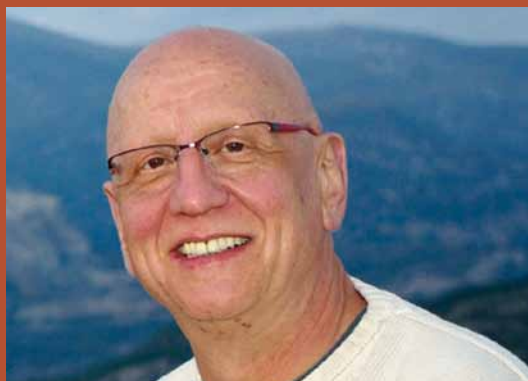
#### ¿En qué situación dejan a los ríos andaluces las especies exóticas?

Muy mal. Las autóctonas se extinguen porque las nuevas traen parásitos, les quitan el alimento, se las comen... En los cauces, sólo por encima del último embalse se podrán mantener algunas, porque hasta allí es más difícil que lleguen las de fuera y porque el hombre no ha alterado su ecosistema mediterráneo. Pero en todo lo demás, los ríos se degradan a pasos agigantados y dentro de poco tiempo no quedarán especies de peces autóctonas.

#### ¿Es la Sociedad consciente de la importancia de la biodiversidad autóctona fluvial?

No, y cada vez se destina menos recursos a este problema, que aumenta con la globalización. Nuestro equipo llegó a estar formado por 15 personas y ahora somos cinco. Esperamos que cuando se apruebe la nueva normativa europea de control de exóticas obligue a todos los agentes implicados a tomarlo mucho más en serio.

#### ¿Existe en Córdoba alguna ‘invasora’ especialmente preocupante?



Las especies no saben de límites provinciales y se expanden con rapidez por los cauces. Ahora en Córdoba hay un gran problema con el mejillón-cebra, en la cuenca baja del Genil. Hace 10 años que se sabía que estaba en la cuenca alta, pero ahora está en toda ella. Es una especie muy dañina que destroza los sistemas de riego y causa grandes pérdidas.

#### ¿Cree que hay solución?

Una vez asentada una especie es complicado erradicarla, pero se pueden emprender actuaciones, como controlar su trasiego o concienciar a la ciudadanía. También se puede intervenir con veneno que afecte a esas especies invasoras, como se ha hecho en la laguna de Zóñar, que ya se ha recuperado. Lo más importante es intentar erradicarlas cuando aún no son un problema. Si se controla el trasiego actual de especies, se aplican normativas más expeditivas y se aumenta la concienciación ciudadana, sí que habrá solución.

ese flujo, y eso también favorece a las exóticas, así que cada dos o tres años prolifera una nueva”.

Su equipo de Aphanius logró un gran éxito hace unos años en la laguna natural de Zóñar, al sur

de Córdoba, donde había sido introducida la carpa para la pesca. Muy voraz, en poco tiempo acabó con todos los peces y las algas de la laguna, y con ellos desaparecieron los macro-invertebrados (de mayor tamaño, como crustáceos o molus-

cos) y los patos que se alimentaban de ellos. “Dieron la vuelta al ecosistema. Como era una laguna cerrada, usamos veneno, eliminamos a todas y en unos meses volvió a su ser, pero no siempre es posible recurrir a ese sistema”, reconoce

el biólogo. De hecho, en la Laguna de Medina también lo intentaron, pero a la larga no funcionó, porque las carpas volvieron a acceder a través de un arroyo.

Prueba de que en estas guerras es más fácil prevenir que curar es el caso de la gambusia o pez mosquito (*Gambusia affinis*), que se introdujo en Andalucía desde Estados Unidos hacia 1920 porque se comía las larvas de los mosquitos que transmiten la malaria. Paludismo ya no hay, pero la gambusia está por todas las partes un siglo después. Fernando Ortega comenta que la única forma de luchar contra ella es desecando tramos de los ríos y llenándolos de nuevo. Una tarea ímproba que no logra tampoco su extinción.

## LA FLORA

En la flora, la situación no es mucho mejor. Especies como el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) procedente de América del Sur, o

la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), introducidas para la jardinería, crean auténticas alfombras sobre el agua que impiden el paso del sol y provocan la muerte de todo lo que existe bajo ellas. El río Bolonia (Cádiz) y el Vélez (Málaga) han sufridos sus estragos.

“No somos conscientes de que la Península, aislada de Europa, tiene muchas especies únicas, que no se podrán repoblar nunca; incluso hay diferencias genéticas de un río a otro, y eso es una gran riqueza que estamos perdiendo para siempre. Lo mejor es la prevención, y ser conscientes de que el coste económico de actuar a destiempo es muy elevado”, comenta Alejandro Ramos, de la organización Ecologistas en Acción de Andalucía.

Del mismo parecer es Miguel Clavero, investigador del CSIC, quien augura respecto a este fenómeno que se tiende en todo el planeta a la uniformidad: “Como consecuencia de la expansión de estas

especies alóctonas en ríos como el Guadalquivir, que eran únicos, un día todos los cauces serán iguales, estén en China o en España. Especies como el jarabugo o la pardilla, que son endémicas de Andalucía, se extinguirán si no ponemos remedio”.

Queda por hacer y se requieren muchos más medios, pero, vinculado con los efectos de las especies invasoras, se es consciente desde instituciones y organismos de la necesidad de actuar. La Junta de Andalucía aprobó, en 2012, diversas medidas para la recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos andaluces, que incluye ocho especies en peligro de extinción y seis vulnerables, y que tratan de mejorar los hábitats degradados. Además, el gobierno autonómico cuenta con dos centros de crías de especies autóctonas, dedicados a las que tienen interés comercial: la anguila plateada y la trucha común, esta última catalogada en peligro de extinción. ■



Aphanius trabaja en un plan para la recuperación de la anguila en el río Guadalquivir.

# SIERRA ALBARRANA

## El Cabril y su entorno



### HORNACHUELOS RECIBE EL PREMIO ANDALUCÍA EXCELENTE 2014

El galardón, otorgado en la categoría de Destino Turístico, destaca la excelente propuesta que hace Hornachuelos a sus visitantes con la amplia oferta de alojamientos turísticos y casas rurales que ofrece en su extenso término municipal.

Pág. 42



### NUEVA RUTA SENDERISTA

“Camino de la Encomienda Mellariense” es la nueva ruta que propone el Ayuntamiento de Fuente Obejuna. A lo largo de sus 106 kilómetros de recorrido, y durante cuatro jornadas, los caminantes podrán conocer los paisajes y la cultura de las 14 aldeas que componene esta localidad.

Pág. 43

### OTRAS NOTICIAS DE ACTUALIDAD

Págs. 42 y 43



### FÓSILES ÚNICOS EN EL YACIMIENTO DE LOS NUBLOS

Investigadores de la Junta de Andalucía, expertos paleontólogos y el Ayuntamiento de Hornachuelos trabajan para dar a conocer este yacimiento situado, en el término municipal de Hornachuelos, en lo que hace miles de años fue línea de playa y que conserva fósiles de rayas, pseudohorcas, almejas y erizos. Se trata de elaborar un mapa que preserve este valioso patrimonio y hacer de él un nuevo atractivo cultural para la zona.

Pág. 38



Eduardo Mayoral, catedrático de Dinámica y Paleontología de la Universidad de Huelva, señala un hueso de un cetáceo del Mioceno en la pared de la cantera romana en Los Nublos.

## YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE HORNACHUELOS

# FÓSILES ÚNICOS EN LOS NUBLOS

Investigadores de la Junta de Andalucía, expertos paleontólogos y el Ayuntamiento de Hornachuelos trabajan para dar a conocer este yacimiento situado en lo que hace miles de años fue línea de playa y que conserva fósiles de rayas, pseudohorcas, almejas y erizos. Se trata de elaborar un mapa paleontológico que preserve este valioso patrimonio y hacer de él un nuevo atractivo cultural para la zona.

TEXTO: **FRANCISCO JAVIER CANTADOR**  
FOTOS: **AYUNTAMIENTO DE HORNACHUELOS**



Hace algo más de una década, en una vía pecuaria conocida como la Cañada Real Soriana (Hornachuelos), un aficionado a la paleontología descubrió un fósil que le llamó poderosamente la atención. Ese descubrimiento y posteriores hallazgos han determinado que, hace unos siete millones de años, ese lugar era una línea de playa. “Una playa tropical con muchísima variedad de animales marinos, dados los

restos que allí hemos ido localizando, y que convierten a ese enclave en un patrimonio muy importante por conservar, proteger y explotar turísticamente”, explica el arqueólogo jefe provincial, Alejandro Ibáñez, quien desde el principio trabaja en el yacimiento junto a paleontólogos, la Asociación Andaluza de Desarrollo Rural y el Ayuntamiento de Hornachuelos.

Eloísa Bernáldez, paleontóloga del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH), dependiente de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía, fue la encargada de redactar un primer informe sobre Los Nublos destinado a impulsar su conservación: “Se trata de un yacimiento que data del Mioceno y único en el mundo, porque, por ejemplo, cuenta con restos de rayas que sólo se pueden encontrar en otro yacimiento de esa época ubicado en Nueva Zelanda”.

Esta especialista en cetáceos destaca también los fósiles de horcas y pseudohorcas que han sido descubiertos, además de los de almejas y erizos, entre otras especies del Mioceno. De hecho, como enumera Ibáñez, se han contabilizado restos de, al menos, seis esqueletos con conexiones anatómicas entre cráneo, vértebras y costillas, así como fósiles de malacofauna, equinodermos, equinoideos y estructuras diversas de bioturbación y bioerosión.

## CARTA PALEONTOLÓGICA

Para la puesta en valor del yacimiento, se vio la necesidad de realizar una carta paleontológica. “El objetivo es saber qué es lo que realmente hay en esa zona que fue una playa de apenas unos metros de profundidad, como se puede apreciar en el terreno. La carta es una especie de inventario de lo que se ha descubierto”, comenta Bernáldez. “En concreto, la función de ese documento, que se va a presentar y que ha financiado el Ayuntamiento de Hornachuelos, es la de identificar, documentar, diagnosticar y evaluar esos bienes que, conforme a la legislación vigente, forman parte de esta zona”, añade la paleontóloga. Un paso imprescindible para posteriormente gestionar ese patrimonio.

El encargado de elaborar esa carta ha sido Eduardo Mayoral, catedrático de Geodinámica y Paleontología de la Universidad de Huelva, quien insiste en la singularidad de Los Nublos tanto por la aparición de “las huellas dejadas por las rayas al posarse para comer pequeños crustáceos y organismos de fondo”, como “por el hallazgo de dos cráneos de pseudohorcas, que no es frecuente hallar en este tipo de yacimientos”. Y no sólo se han descubierto fósiles en los 10.000 metros muestreados, también en otras zonas cercanas. “Este en-

**Según los hallazgos realizados, hace unos siete millones de años este lugar era una playa tropical con una gran variedad de animales marinos**

## Mediante una aplicación el visitante podrá fotografiar el fósil con su teléfono o tableta y obtener en la pantalla una imagen reconstruida del espécimen al que pertenecían los restos

clave forma parte de una franja que se prolonga geológicamente hasta las provincias de Huelva y Jaén, aunque no haya los mismos tipos de fósiles. Tenemos acotadas muy pocas hectáreas... seguramente todo el frente de Sierra Morena fuese una playa”, dice Ibáñez.

### PROYECTO IPAC

La Asociación para el Desarrollo Rural de Andalucía pronto se mostró interesada en el yacimiento y el proyecto se vinculó a la Interpretación del Patrimonio Arqueológico Córdoba (IPAC). “A través del IPAC, se pretende tejer una red entre espacios culturales, por medio de propuestas

interpretativas cercanas y atractivas para diferentes públicos a los que ofrecer disfrute y aprendizaje, así como la oportunidad de contribuir con su compromiso a la conservación y difusión del patrimonio cultural”, explica Antonio Zafra, coordinador de dicho proyecto y técnico de la Asociación para el Desarrollo del Guadajoz y Campiña Este de Córdoba (Adegua).

Para cada enclave, el proyecto IPAC ofrece una propuesta interpretativa personalizada que combina documento de recomendaciones prácticas, vídeo y aplicación para dispositivos móviles. “En el caso de Los Nublos, se ha elaborado un vídeo de presentación como reclamo

para que quien lo visualice a través de redes sociales o Youtube tenga ganas de venir a conocerlo”, asegura Ibáñez. Respecto a la aplicación para Iphone y Android, está concebida para que el visitante, al fotografiar el fósil con su móvil o tableta, obtenga en la pantalla una imagen reconstruida del espécimen al que pertenecen esos restos.

“El usuario podrá elegir un perfil de descubridor, turista o investigador y, en función de eso, se le mostrarán unos contenidos distintos a la hora de realizar la visita. Video, audio, fotografías e itinerario de realidad aumentada se suman para ofrecer una nueva fórmula de interacción pionera en un proyecto cultural y turístico como es éste”, añade Zafra.

“Debemos transmitir al visitante los datos científicos que nos han trasladado los paleontólogos, utilizando técnicas interpretativas lo más atractivas para el público, que motiven su imaginación y que lo transporten



Fósil del esqueleto de un cetáceo *Pseudorca Crassidens* u Orca Bastarda en el que se puede apreciar el cráneo en posición invertida, las mandíbulas y varias vértebras.



Relieve de una estructura producida por erizos *espatangóideos* excavadores.

millones de años atrás, pero con mensajes precisos y rigurosos”, puntualiza Jorge Morales, asesor en interpretación del patrimonio para IPAC.

### ¿VISITAS AL YACIMIENTO?

La mayoría de los agentes implicados en el proyecto prevé “a medio plazo” el inicio de las visitas a Los Nublos. Queda por determinar, dependiendo de los fondos económicos con que se cuente, cómo se llevarán a cabo. La propuesta de Bernáldez es construir un museo pero mientras no se lleve a cabo propugna la construcción –donde hay una antigua cantera romana– de un observatorio paleontológico, un túmulo semejante a los de la Edad de Cobre, cuyo frente estaría acristalado a modo de las barbas de un gran cetáceo y que ofrecería una gran visión del yacimiento desde el interior del edificio. Este observatorio tendría réplicas en resina de las especies marinas que se vayan descubriendo.

La paleontóloga explica que los restos de Los Nublos no se pueden extraer del suelo, ya que se romperían: “Es necesario guiar al visitante para localizar los fósiles. Algo que se convierte en un aliado más, dado que se le da la

oportunidad de buscar fósiles que luego se incorporarán, en forma de réplica, al observatorio. Lo que hay que conseguir es que el centro sea un museo cambiante, un lugar nuevo para cada visitante y para cada vez que éste lo visite. ■

### Reclamo turístico para Hornachuelos

“De una u otra forma, el yacimiento de Los Nublos está llamado a ser, por su gran valor paleontológico, un gran reclamo turístico que sirva también de refuerzo a nuestra rica oferta patrimonial, cultural y natural”, defiende José Manuel Escobar, concejal de Cultura del Ayuntamiento de Hornachuelos, institución que se ha volcado en poner en valor al enclave y que ha sufragado tanto el primer informe como la carta paleontológica.

“Los Nublos es un ejemplo de que desde el Ayuntamiento apostamos por el turismo rural como fuente de riqueza. Incluso hemos impulsado en estos años además otros proyectos, como la Posada del siglo XVIII destinada a Centro de Interpretación Etnológica, o la rehabilitación del complejo de molinos del Cambuco”, comenta el concejal.

Por su parte, Alejandro Ibañez coincide en lo interesante que es poner en valor a Los Nublos: “Va a beneficiar tanto a Córdoba en general como a Hornachuelos en particular, ya que se trata de un patrimonio paleontológico único en el mundo”.



EN RECONOCIMIENTO A SU CALIDAD COMO DESTINO TURÍSTICO

## HORNACHUELOS RECIBE EL PREMIO ANDALUCÍA EXCELENTE 2014

El Ayuntamiento de Hornachuelos ha sido galardonado con el Premio *Andalucía Excelente 2014* en la categoría de 'Destino Turístico' por la calidad de su oferta turística. La gala de entrega tuvo lugar el 14 de noviembre en Marbella, en la que se dieron 30 premios a municipios y empresas andaluces en categorías como innovación, creatividad, responsabilidad social o internacionalización.

Estos galardones tienen como finalidad poner en valor el trabajo de emprendedores de diferentes sectores que trabajan por posicionar la marca España y el entramado empresarial español en niveles muy altos tanto aquí como fuera de nuestras fronteras.

El premio otorgado a Hornachuelos destaca la excelente propuesta que realiza la localidad a sus visitantes con una amplia oferta de alojamientos turísticos y casas rurales.

Los Premios *Andalucía Excelente* son una iniciativa de la empresa El Suplemento S.L. en su estrategia por expandir su presencia y por reconocer la labor y el talento de empresas y personalidades en la sociedad española. ■

HORNACHUELOS

## LA EMPRESA FAMILIAR Y EL MUNDO RURAL



Asistentes al seminario de CECO, patrocinado por Enresa.

El pasado noviembre se impartió en el Parque Natural de Hornachuelos el seminario *La empresa familiar en el mundo rural*. Organizado por el Centro de Estudios Económicos y Comerciales (CECO) y patrocinado por Enresa –dentro del convenio de formación e innovación para la mejora de las pymes suscrito por ambas entidades–, el evento contó con la participación de Ignacio Gallego, director de Cátedra Prasa de Empresa Familiar de la Universidad de Córdoba (UCO). El objetivo del seminario era mostrar las herramientas de las que pueden hacer uso las empresas familiares para asegurar su supervivencia. Este tipo de sociedades, como aseguró Gallego, tiene dificultades para llegar a la cuarta generación, algo que sólo consigue un uno por ciento. ■

FUENTE OBEJUNA

## ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA QUE UNE FUENTE OBEJUNA Y VILLANUEVA DEL REY

La junta de gobierno de la Diputación de Córdoba ha aprobado la adjudicación de las obras de reparación de la carretera CO-7403, que une los municipios de Fuente Obejuna y Villanueva del Rey, en la comarca del Alto Guadiato. Esta actuación, con un presupuesto de 413.048 euros, consistirá en la mejora del drenaje y aumento de la capa de rodadura. Esta carretera es de vital importancia ya que va paralela a la N-432, que une las aldeas de Fuente Obejuna y comunica municipios de Sevilla y Córdoba. ■

## II CONCURSO MIEL DE HORNACHUELOS

Organizado por la Asociación Apicomanía, en colaboración con el Ayuntamiento de Hornachuelos, se ha celebrado la segunda edición de este concurso que quiere dinamizar el uso de la miel a través de su empleo en recetas tradicionales o innovadoras. En esta ocasión se presentaron más de 70 platos –elaborados por cocineros profesionales o particulares– y cerca de 600 personas participaron en su degustación. La ganadora fue Pilar del Campo Herrera y su 'Vitorrillo', unos rollos de morcilla con miel. "Con esta iniciativa queremos darle un nombre a la miel de Hornachuelos, lograr que tenga su denominación de origen", afirma Fernando Morales, presidente de la asociación. Las recetas ganadoras se publicarán en un recetario para dar a conocer estas bondades gastronómicas y para que los establecimientos de hostelería de la zona puedan incluir estos platos en sus cartas. ■

## PEÑARROYA-PUEBLO NUEVO 'RECUPERADAS' LOCOMOTORAS DEL FERROCARRIL MINERO

Gracias a los esfuerzos de historiadores e instituciones por conservar el material industrial usado durante décadas en una de las zonas de España con mayor tradición minera, se ha logrado la cesión de tres locomotoras históricas que ya se encuentran en el Antiguo Almacén Central de la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya. Los equipos cedidos, como consecuencia del acuerdo entre el Ayuntamiento de Peñarroya-Pueblonuevo, la Fundación Cuenca del Guadiato y el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Córdoba, son tres locomotoras (Baldwin, de 1901; Couillet, de 1924; y Ferrotrade, de 1970) y cuatro vagones de la Corta Cervantes -una mina de carbón a cielo abierto en desuso-. Esta iniciativa se enmarca dentro del plan de conservación del patrimonio ferroviario del Valle del Guadiato, cuyas piezas están destinadas a formar parte también de su exposición permanente en el Museo del Ferrocarril. ■

## FUENTE OBEJUNA NUEVA RUTA SENDERISTA



La ruta "Camino de la Encomienda Mellariense" recupera los antiguos caminos entre aldeas.

kilómetros: Alcornocal - Cardenchoa; El Porvenir - Cuenca; Cuenca - Piconcillo; y Cardenchoa - Fuente Obejuna. En cada una de las 14 aldeas, los senderistas pueden sellar su credencial de caminante y, si se completan todas las etapas, obtener un pergamino acreditativo con el certificado "Yo hice el Camino de la Encomienda Mellariense". ■

El Ayuntamiento de Fuente Obejuna quiere rememorar el origen de las 14 aldeas que componen la localidad con la creación de la nueva ruta ecológica y cultural "Camino de la Encomienda Mellariense". Con esta iniciativa se quiere dar a conocer el rico patrimonio cultural y paisajístico de estos núcleos de población que, según la tradición popular, nacieron en el siglo XV cuando los vecinos de la zona se dispersaron para evitar los abusos de poder del comendador inmortalizado por Lope de Vega.

La ruta, de dificultad media, se ha organizado en torno a cuatro jornadas, que en total suman 106

## AZUAGA

## JORNADAS DE ESTRATEGIAS COMARCALES DE DESARROLLO

El Consorcio Centro de Desarrollo Rural Campiña Sur (CEDER) ha celebrado en Azuaga las jornadas técnico formativas "Presente, Pasado y Futuro de las Estrategias Comarcales de Desarrollo" para hacer balance del Programa de Desarrollo Rural (PDR) y conocer las directrices del nuevo PDR. Para M<sup>a</sup> del Rosario Blanco, gerente del CEDER Campiña Sur, "es necesario abordar la situación del desarrollo rural, evaluando el papel de los grupos de desarrollo local en la puesta en marcha de las estrategias comarcales emprendidas hasta el momento así como fijar un posicionamiento de cara al diseño de la nueva programación del periodo 2014-2020".

Las Jornadas se orientaron a ofrecer las capacidades necesarias para garantizar que el diseño, la aplicación y la gestión se adaptan al territorio, para lo que se contó con la experiencia de una veintena de ponentes en ámbitos como la responsabilidad social empresarial, participación, agenda digital o especialización inteligente. También se expusieron las nuevas vías de financiación del nuevo PDR.

Inauguradas por la vicepresidenta del GOBEX Cristina Teniente, las jornadas fueron clausuradas por el consejero de Agricultura y Desarrollo Rural, José Antonio Echávarri. ■

## PUEBLOS TURISMO DE ESTRELLAS



Municipios de Sierra Morena y Sierra Sur reciben la certificación Reserva Starlight y Destino Turístico.

Alanís, Hornachuelos y Las Navas de la Concepción forman parte de los 67 municipios andaluces, de Sierra Morena y Sierra Sur, avalados con la certificación *Reserva Starlight* por la calidad de sus cielos nocturnos para la observación de los astros. Lo otorga la Fundación Starlight, una entidad sin ánimo de lucro creada en 2009 por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) con el fin de difundir la astronomía. Con estas certificaciones, avaladas por la Unesco, se quiere ayudar a generar riqueza mediante la promoción de infraestructuras o actividades vinculadas a la contemplación e interpretación del cielo, con un 'turismo inteligente', al que se pueden asociar parques naturales, alojamientos rurales, campamentos para jóvenes, infraestructuras de divulgación, etc... ■



SOCIEDAD DE SALVAMENTO Y SEGURIDAD MARÍTIMA, ADEMÁS DE CONTROLAR EL TRÁFICO MARÍTIMO, LLEVA A CABO TAREAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN EN EL MAR

# LA LUCHA CONTRA EL VERTIDO CONTAMINANTE DE LOS BUQUES

El transporte marítimo juega un papel fundamental en la economía: más del 80% del comercio mundial de mercancías se realiza a través de esta vía. En ocasiones, estos desplazamientos dejan su huella en el mar en forma de hidrocarburo. A veces, por accidentes que sufren los buques, pero otras por los vertidos que se realizan de manera intencionada. Salvamento Marítimo tiene la misión de detectar y perseguir a estos infractores en aguas españolas.

TEXTO: ELENA BLÁZQUEZ  
FOTOS: SASEMAR

**L**os accidentes no son la principal fuente de contaminación por hidrocarburo en el mar. El mayor porcentaje proviene de las descargas operacionales que realizan los buques -por ejemplo, en los trabajos de limpieza de los tanques o en la eliminación de aceites usados- y que pueden producirse de manera acciden-

tal o intencionada. Según Salvamento Marítimo, cada año se detectan una media de 3.000 vertidos ilegales de petróleo en mares comunitarios. Casi el 50% se produce en el Mar Mediterráneo.

Los vertidos más frecuentes son los sentinazos, descargas oleosas procedentes de los espacios de máquinas que contienen más de 15 partes por millón de hidro-

carburos. Los responsables de estos buques suelen realizar estas operaciones en el mar para ahorrarse el coste de su limpieza en el puerto. Pero no son las únicas descargas ilegales. También lo son todas las que incumplen el Convenio internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL), conjunto de normativas internacionales de la Organización Marítima Internacional (OMI) que regula

## La principal fuente de contaminación de los buques proviene de los trabajos de limpieza de los tanques o por la eliminación de aceites usados

qué descargas al mar están autorizadas en función de factores como sustancia, tipo de buque, distancia a la costa, forma de descarga...

### ¿PORQUÉ SE REALIZAN DESCARGAS ILEGALES?

La posible falta de recursos en los puertos podría ser una de las explicaciones a este tipo de actuaciones. La Comisión Europea ya alertaba en 2002 de que, por ejemplo en el Mediterráneo, sólo existían 50 instalaciones receptoras para residuos de hidrocarburos, de las que 35 no superaban los estándares requeridos o no disponían de

la capacidad suficiente para gestionarlos. Y, en 2008, la UE recordaba que algunos países de la Unión seguían sin mejorar la disponibilidad y uso de este tipo de instalaciones.

“Hay buques que vacían sus aguas grises [de duchas, fregaderos....] en cualquier sitio. En parte se trata de falta de concienciación, pero también puede deberse a que hay puertos que no están preparados para recibir los residuos de los barcos, por lo que llegan con los depósitos llenos y encuentran que no tienen dónde vaciarlos”, afirma Silvia García, científica marina de Oceana, organización ecolo-

gista dedicada a la protección de los océanos.

### VIGILANCIA AÉREA

En España, de la prevención de la contaminación en el mar se encarga la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, creada en 1983, y más conocida como Salvamento Marítimo. Dependiente del Ministerio de Fomento, también tiene encomendados servicios de rescate, búsqueda y salvamento marítimo; control y ayuda del tráfico marítimo; asistencia y remolque a buques... Dispone de diecinueve Centros de Coordinación (distribuidos por toda la costa), un Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (en Madrid) y más de 1.500 trabajadores.

El Plan Nacional de Salvamento Marítimo 2006-2009 fue el primero en impulsar la tarea de luchar de forma más eficaz contra la



Las unidades aéreas y los centros de coordinación son los responsables de recoger las pruebas que identifican al presunto responsable de una descarga operacional prohibida.

contaminación y se adquirieron entonces los medios necesarios para el servicio, especialmente aviones de vigilancia. Y para su puesta en marcha se dirigió la mirada a los países del Mar del Norte, pioneros en vigilancia aérea. Se estudió la tecnología que emplean, sensores que utilizan, tipos de aviones, resultados... Según Laura de la Torre, Jefa de Área de Calidad y de Medio Ambiente de Salvamento Marítimo, “hoy no tenemos nada que envidiar a estos países. España tiene implantada la vigilancia aérea y está al nivel de los países punteros en esta materia en relación al equipamiento de los aviones, las horas de vuelo, la experiencia del personal...”.

La vigilancia aérea es una de las herramientas fundamentales para prevenir la contaminación de los mares, por su efecto disuasorio. “Este efecto es muy difícil de medir, pero se observa una tendencia a la baja en cuanto a infractores”, indica esta especialista. “Antes, un barco que procedía de los países del norte de Europa llegaba a España y contaminaba, pero ahora con este efecto se está reduciendo el número de infractores”. Los datos lo avalan. En 2013 se vigilaron más de 27.000 buques. El número de los que fueron sorprendidos *in fraganti* y reportados a la autoridad marítima, por cada 1.000 vigilados, fue 0,70 (equivalente a 19 buques). Los datos de años precedentes eran mayores. En 2012, 0,83 y en 2011, 1,05%.

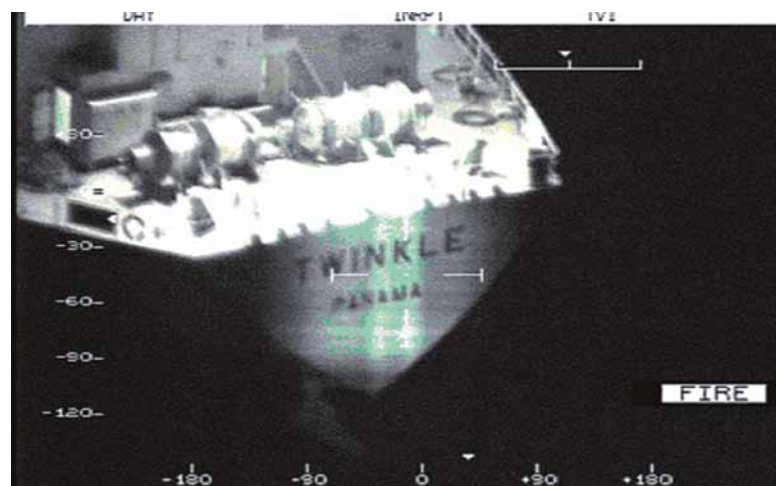
Para la contabilización de la detección de manchas, se usa un indicador por cada 100 horas de vuelo, el que utilizan los estados del Norte de Europa firmantes del Acuerdo de

Bonn, del que España es país observador y que se creó para la lucha contra la contaminación marítima. Con este promedio, las manchas localizadas fue de 3,38 en 2013; de 4,65, en 2012 y de 6,36, en 2011.

### AERONAVES Y EQUIPAMIENTO

Salvamento Marítimo cuenta con tres aviones Casa CN 235-300 y dedica más del 80% de las horas de vuelo a misiones de control

de contaminación. En 2013, barrieron una superficie de casi 14 millones de kilómetros cuadrados. Las aeronaves disponen de equipos de última generación: radar de barrido lateral (SLAR) que permite detecciones de largo alcance (10 millas náuticas a cada lado del avión) y calcula el área de la mancha; sensor infrarrojo y ultravioleta (IR/UV) que ofrece un análisis detallado y determina la superficie contaminada; sensor microondas (MRW) que mide el



Los aviones de Salvamento Marítimo están equipados con dispositivos como un radar de búsquedas y una cámara de altas prestaciones para tomar fotos y grabar imágenes diurnas y nocturnas.

## Las sanciones se imponen en función del daño producido al medioambiente y los costes de la operativa

sensor microondas (MRW) que mide el espesor de la capa de contaminación; y láser fluorsensor (LFS) que clasifica el vertido y calibra el espesor de películas finas.

Además, estos aviones incorporan un radar de búsquedas y una cámara de altas prestaciones para tomar fotos y grabar imágenes diurnas y nocturnas. Este equipamiento es de suma importancia: el primer semes-

tre de 2014, cerca del 85% de los buques sorprendidos *in fraganti* limpiando sus sentinas fueron detectados por la noche. En ese mismo periodo, el 52% de las manchas detectadas por vigilancia aérea (tanto por aviones como por satélite) se localizaron en horario nocturno.

Las aeronaves patrullan las aguas de acuerdo a programaciones de vuelo que se establecen en función de la densidad

del tráfico marítimo, zonas más vulnerables, franjas horarias... La tripulación está formada por dos pilotos, dos operadores de consola y un técnico de apoyo al vuelo. Los operadores de consola dirigen la misión y manejan los sensores remotos de recogida de datos, mientras que el técnico toma fotografías si se detecta algún vertido. Esta observación visual es suficiente para determinar si se ha incumplido MARPOL.

### VIGILANCIA SATELITAL

En otras ocasiones, las manchas son localizadas mediante las imágenes que llegan vía satélite a través del programa CleanSea-Net de la Agencia Europea de



Salvamento Marítimo cuenta con tres aviones que operan desde 2007 y dedican más del 80% de las horas de vuelo a misiones de control de contaminación.

Seguridad Marítima (EMSA, por sus siglas en inglés). Estas imágenes se reciben en los centros de coordinación de Finisterre, Valencia y Las Palmas, tres de los 19 centros de Salvamento Marítimo, donde están las bases de los aviones que cubren la vigilancia aérea nacional.

Cuando aparece una mancha aislada que no puede asociarse a la estela de un buque se hacen análisis que combinan estudios de modelos de deriva del vertido con el sistema automático de identificación (AIS), que hace un seguimiento en tiempo real de las posiciones de los barcos y proporciona información relevante (tipo de buque, eslora, destino...).

## Accidente de buques

Los petroleros tienen capacidad para transportar entre 50.000 y 500.000 toneladas en sus tanques. El mayor accidente de este tipo se produjo en 1979 en las costas de Trinidad y Tobago, cuando el *Atlantic Empress* derramó 287.000 toneladas de crudo.

En España, las operaciones más importantes por accidente que ha llevado a cabo Salvamento Marítimo son:

Prestige	2002	Atlántico
Sierra Nava	2007	Estrecho
New Flame	2007/2008	Estrecho
Don Pedro	2007	Mediterráneo (Baleares)
Fedra/Tawe	2008	Estrecho
Woodford	2012	Mediterráneo (Castellón)

Fuente: Salvamento Marítimo

## IDENTIFICACIÓN DEL BARCO RESPONSABLE

Cuando un avión detecta una mancha, lo notifica a uno de los centros de coordinación de Salvamento, y éste, a su vez, a la Capitanía Marítima correspondiente. Las unidades aéreas y los centros de coordinación son los responsables de recoger las pruebas que identifican al presunto responsable de la descarga. En la documentación se incluye la información relativa al buque, la sustancia descargada, los datos recogidos por los sensores, la distancia de la mancha a la costa, fotos, vídeos...

Si el buque se dirige a un puerto español se puede ordenar una inspección, retenerlo, establecer una fianza, o iniciarse el expediente sancionador. Incluso, si sólo está de paso, desviarlo si se tienen las pruebas concluyentes. La Capitanía Marítima tramita

el procedimiento y el director general de la Marina Mercante lo resuelve.

Sancionar no es fácil, ya que muchas de las veces el buque no se dirige a puertos españoles y, hasta que no acceda en otra ocasión a uno de ellos, no se puede iniciar el expediente y, por ejemplo, comprobar que no ha cambiado el propietario. Sin embargo, desde Marina Mercante no se cesa en el empeño.

Las sanciones se imponen en función del daño producido al medioambiente y los costes de la operativa. Hasta el momento, las cuantías impuestas oscilan entre 30.000 y 378.000 euros, según lo previsto en la normativa vigente. La sanción más elevada, según Marina Mercante, ha sido de 378.000 euros, correspondiente a la sentencia a un buque por la evacuación negligente de 2.460 litros de aguas oleosas. ■





Trabajos sobre los restos de un barco fenicio, de la segunda mitad del siglo VII a.C., encontrados en la Playa de la Isla de Mazarrón, en Murcia.

MILES DE PECIOS ESPAÑOLES, DE DISTINTOS PERIODOS HISTÓRICOS, PERMANECEN SUMERGIDOS EN MARES DE TODO EL PLANETA

## PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO SUBACUÁTICO, UN TESORO BAJO LAS AGUAS

Se trata sobre todo de fragatas y galeones hundidos que hacían la ruta de las Américas. Los pecios pertenecientes a España, ya sea en aguas nacionales o extranjeras, son numerosos y de una gran riqueza cultural, y económica como saben los cazatesoros. Cuatro instituciones públicas trabajan en la recuperación, protección y divulgación de los restos arqueológicos subacuáticos en España, que está considerada la primera potencia mundial en yacimientos de fondos marinos.

TEXTO: ROSA M. TRISTÁN

**E**spaña es el país con más patrimonio arqueológico subacuático en todo el mundo. Se calcula que varios miles de buques pertenecientes a España, de todos los periodos de la Historia, permanecen sumergidos en los océanos a lo largo y ancho del planeta, en aquellos lugares a los que temporales, batallas o piratas enviaron al fondo junto a sus tripulaciones y cargados de mercancías. Sólo en las costas españolas, con un litoral de 7.876 kilómetros, se esconden todo tipo de objetos pertenecientes a culturas que van desde la Prehistoria hasta la actualidad. Un imperio bajo las aguas que también se extiende a las costas americanas.

Rescatarlo del olvido es la tarea en la que se hallan inmersas unas pocas instituciones que sacan a flote sus misterios. Y cuyos responsables, los especialistas en la llamada arqueología subacuática, hacen hincapié en la necesidad de aumentar la divulgación y las inversiones en un área de la investigación y la conservación del Patrimonio que, curiosamente, alcanzó su mayor protagonismo por un gran expolio. Fue en el año 2007, cuando la empresa ‘cazatesoros’ norteamericana Odyssey anunció que había obtenido medio millón de monedas de oro y plata de un punto, en aguas internacionales, cercano a la costa sur portuguesa.

“Trataron de ocultarlo, pero se supo que era la fragata *Nuestra Señora de las Mercedes*, de 1786. Al final, Odissey tuvo que devolver todo a España, tras un juicio en la que fue condenada, pero el destrozo en el yacimiento fue enorme. Aquello sentó un precedente y las instituciones españolas se pusieron manos a la obra para que esto, que no era el primer expolio que se llevaba a cabo,

no volviera a ocurrir”, recuerda el arqueólogo submarino Carlos León, director creativo de la exposición sobre *La Mercedes* en el Museo Arqueológico Nacional.

### PLAN NACIONAL DE PROTECCIÓN

La primera consecuencia de aquel suceso fue el diseño del *Plan Nacional para la Protección del Patrimonio Nacional Subacuático*, un auténtico ‘libro verde’ elaborado en 2009 y pendiente aún de trasladar a la legislación, pero que ya ha ayudado a cambiar el panorama. Internacionalmente, la *Convención de la Unesco* de 2001 ya especifica que los países propietarios de los buques mantienen su “inmunidad soberana” sobre los mismos, estén donde estén hundidos, aunque los buscadores de tesoros no tengan remilgos para saltársela.

En el caso de España, sólo la Armada ha documentado 1.580 naufragios españoles, aunque nadie sabe la cifra exacta, que fácilmente podría multiplicarse por dos o tres. Pese a mantener esa propiedad legal sobre ellos, expertos como Carlos León reconocen que para excavar un pecio en aguas de otros países es preciso el permiso de los correspondientes gobiernos, lo que supone alcanzar acuerdos para su protección e investigación y que lo recuperado acabe repartido sobre todo en los museos de ultramar.

Son acuerdos similares al que se firmó en junio de 2014 entre el Ministerio de Cultura español y los responsables del Gobierno de México, en este caso para localizar y rescatar dos galeones de la *Flota de la Nueva España* de 1630-1631: el *Santa Teresa* y *Nuestra Señora del Juncal*, este último, un buque cargado con un millón de monedas de plata y reales. Y son sólo dos de los más de 300

barcos que se calcula que hay en aguas mexicanas.

“Somos un país inmensamente rico bajo el mar. *El Juncal* es uno de los miles que hay hundidos, porque fueron más de 200 años de monopolio comercial entre Europa y América. Muchos de esos barcos iban cargados de materiales valiosos y acabaron naufragando en el mar Caribe como consecuencia de temporales o por ataques de los piratas. Gracias a la información que se conserva en los *Archivos de Indias*, tengo documentados unos cien barcos fuera de aguas españolas que resultaría muy interesante excavar”, afirma Carlos León.

Un escaparate de esa riqueza se exhibirá en el futuro museo marítimo de Santo Domingo (República Dominicana), que impulsa el Banco Interamericano. Allí se podrán ver más de 1.000 piezas de 15 barcos españoles de la época del Imperio, la mayoría desenterrados por buscadores de tesoros entre los años



Campana de la fragata *Nuestra Señora de las Mercedes*.

© Carlos León

## Para evitar nuevos expolios como el de Nuestra Señora de las Mercedes se diseñó el Plan Nacional para la Protección del Patrimonio Nacional Subacuático

70 y 80 del siglo XX. Uno de ellos, el *Concepción*, llevaba a bordo una espectacular colección de cerámica Ming y una curiosa caja con esperma de ballena, utilizado en el siglo XVIII como cosmético. En otros, como el *Guadalupe* y el *Conde de Tolosa*, se encontraron piezas tan valiosas como una Cruz de Santiago de oro y diamantes. Incluso se ha documentado un pecio con los restos de un barco que iba cargado de osos. ¿Su destino? Todavía un misterio.

### MERCADO NEGRO

Pese a las normativas nacionales e internacionales existentes, los ‘cazatesoros’ siguen haciendo el ‘caja’. Para intentar dar un

halo más científico a su trabajo ahora suelen incluir en plantilla a un arqueólogo y hasta hacen cuadrículas en los yacimientos, pero la realidad es que piezas del patrimonio subacuático español y de otros países se continúan vendiendo en el mercado negro.

Si bien los pecios de barcos españoles en aguas extranjeras son muy codiciados, no lo son menos los descubrimientos en aguas propias, ya que, aunque con piezas menos deseadas por los modernos ‘piratas’, tienen un gran valor para el conocimiento del pasado.

En la actualidad, con las competencias en la materia transferidas a las comunidades autónomas, en toda la Península existen tres

centros específicos dedicados a la investigación de este Patrimonio: el andaluz, en la Playa de la Caleta de Cádiz, que se creó en 1997; el de la Comunidad Valenciana, que comenzó en Alicante en 1986 y ahora tiene su sede en el Puerto de Burriana (Castellón); y el catalán, en Gerona, fundado en 1992, aunque ya existía un departamento provincial desde 1981. La institución catalana es actualmente la única del país que dispone de un barco propio: el *Tethis*.

### CATALUÑA

Gustau Vivar es el responsable del Centro de Arqueología Subacuática de Cataluña, donde con el *Thetis* acaba de terminar una campaña de excavación. Su ‘carta’ arqueológica tiene localizados ni más ni menos que 820 yacimientos, desde estructuras neolíticas con 7.000 años, como el poblado sumergido de *La Draga*, a barcos romanos como el *Culip IV* o el *Cap de Volt*, este úl-



En las prospecciones promovidas por Arqua en la bahía de Mazarrón se encontró un barco de finales de la Edad de Bronce.

© Arqua



© Centro andaluz de Arqueología Subacuática

Desde el Centro de Arqueología Subacuática andaluz se investigan actualmente los barcos localizados en la obras de ampliación del Puerto de Cádiz: el Delta-1 (siglo XVIII), que llevaba a bordo lingotes de plata; y el Delta-2 (XVI), cargado de ánforas.

timo cargado de vino para los legionarios; o buques militares del siglo XIX, como el *Deltebre I*, hallado en el Delta del Ebro por unos pescadores.

“Tenemos que ser conscientes de que cada pieza nos da una información histórica. La cala de Aiguablava, en la Costa Brava, por ejemplo, se usó durante 23 siglos como fondeadero natural y en ella hay al menos cinco barcos hundidos. Tenemos tanto patrimonio que no damos abasto. De hecho, todo el Mediterráneo está lleno de pecios y muchos serían fundamentales para reconstruir nuestra historia. Bajo el mar, los arqueólogos hallamos objetos muy cercanos a las personas que los perdieron. Un naufragio es algo que pasa muy rápido y, por ello, podemos reconstruir perfectamente los últimos momentos antes del hundimiento, algo mucho más difícil en tierra”, explica Vivar.

Gracias a los trabajos bajo el agua de este centro, la excavación en el Cap de Volt, que ya

en los años 60 fue saqueada por buceadores belgas, ha servido para conocer la red de distribución y exportación del vino local entre el siglo I y II a. de C., y para documentar que los íberos eran capaces de grandes obras de ingeniería diseñando barcos que navegaban por las marismas, gracias a una quilla menos pronunciada y con menor calado.

“No existe especialidad de arqueología subacuática en ninguna universidad española. Los interesados o somos autodidactas o nos vamos al extranjero, no tenemos cultura marítima, pese a nuestro extenso litoral. Sin embargo, no podemos entender nuestra historia sin saber lo que pasó en los mares. Afortunadamente, en el Mediterráneo hay pocos ‘cazatesoros’, porque el oro está en las Indias, pero sí existe la figura del expoliador de fin de semana, que se lleva unas ánforas y hace mucho daño. Por ello hay que aumentar la vigilancia”, apunta el investigador catalán.

## COMUNIDAD VALENCIANA

En una casa cercana al mar del Puerto de Burriana (Castellón), se encuentra el Centro de Investigación Subacuática de la Comunidad Valenciana (CASCV). Dirigido por la arqueóloga Asunción Fernández, el centro gestiona el Patrimonio sumergido en 400 kilómetros de costa. “Necesitaríamos más recursos, pero con lo que hay seguimos con los proyectos en marcha e intentamos divulgar todo lo posible”, apunta Consuelo Matamoros, jefa de servicio de Patrimonio Cultural de la Generalitat.

En CASCV tienen hasta 136 fichas con localizaciones de restos arqueológicos y de veinte pecios hundidos, un mapa que mantienen en secreto para evitar expolios. En la actualidad, tienen cuatro proyectos en marcha. Por un lado, realizan un inventario documental de los barcos hundidos durante la Primera Guerra Mundial en la costa valenciana.

## La Armada ha documentado 1.580 naufragios españoles, aunque nadie sabe la cifra exacta, que fácilmente podría multiplicarse por dos o tres

Por otro, documentan una carta arqueológica de la Bahía de Alicante, después de que estudios previos concluyeran que allí pudo estar el puerto romano de *Lucentum*, el más importante que existió en Alicante desde el siglo II a. C. hasta el final del Imperio Romano y por el que pasaron todas las rutas comerciales de la antigüedad. Y el tercer proyecto sería la carta arqueológica subacuática de Dénia.

Desde CASC continúan además excavando en el pecio romano *Bou Ferrer*, que con sus 20 metros de eslora es, de su época, el barco más grande localizado en el Mediterráneo. Su excavación ha proporcionado datos fascinantes sobre los gustos gastronómicos

de aquel tiempo; cada una de las 200 ánforas encontradas contenía unos 40 litros de salsas de pescado a base de boquerón, caballa y jurel. Incluso llevaban el famoso *garum* y otras salazones de pescado, una de las mercancías más caras de la época, imprescindibles en la gastronomía romana.

Situado a 25 metros de profundidad, *Bou Ferrer* ha sido declarado este año *Bien de Interés Cultural* y es el único bajo el agua con visitas guiadas, explica Matamoros: “Comenzamos hace dos años y está teniendo un gran éxito. Es una forma de divulgar y poner en valor este patrimonio escondido bajo el agua, puesto que Unesco recomienda no sacar los barcos del fondo. Así, los visitantes pue-

den conocerlo, mientras seguimos con la excavación”.

### ANDALUCÍA

El Balneario Nuestra Señora de La Palma, en Cádiz, es la sede del Centro de Arqueología Subacuática andaluz. Al frente está Carmen García Rivero, que abarca más de 1.100 kilómetros bajo ‘su dominio’ científico. “Siempre he pensado que es una disciplina muy atractiva para el público generalista, pues está ligada a las aventuras, a los piratas. Pero habría que explotarla más. En Andalucía tenemos 1.100 naufragios documentados, gracias a los *Archivos de Indias* de Sevilla, y un total de 86 yacimientos que van desde los púnicos hasta épocas recientes. Algo impresionante”.

Tanto hay donde escoger y tanto aún por descubrir que la *Ley de Patrimonio* de la Junta de Andalucía optó por diferenciar entre las zonas arqueológicas (de las que hay 56)



Parte de las monedas que se encontraron en La Mercedes y que se muestran en la exposición ‘El Último Viaje de la fragata Mercedes’.

## Museo Nacional Arqua



Sala del Museo Nacional Arqua, creado en 1980 y dependiente del Ministerio de Cultura, dedicada a la exposición de patrimonio subacuático.

España cuenta con el Museo Nacional Arqua, creado en 1980 en Cartagena (Murcia), que depende del Ministerio de Cultura, si bien desde 2008 se mantiene inactivo su centro de investigación. “Estos últimos años Arqua se ha dedicado únicamente a ser sede de exposiciones, pero debemos volver a investigar, a excavar bajo el agua y a hacer prospecciones micro y macro espaciales para tener una radiografía de lo que hay en nuestro litoral”, afirma Iván Negueruela, director del Museo.

Entre los grandes hallazgos que fomentaron hace una década, el director de Arqua recuerda las prospecciones de 72.000 metros cuadrados en la bahía de Mazarrón, donde se encontró un valioso barco de finales de la Edad de Bronce. También en el Bajo de la Campana (La Manga) localizaron pecios fenicios, romanos y púnicos.

Asimismo, considera fundamental disponer de un medio para comunicar todo lo que se hace en este

campo: “Es importante tener una publicación para mantener nuestra presencia en instituciones internacionales y también para que los jóvenes arqueólogos publiquen sus investigaciones”.

Su tercer gran reto es promover la colaboración con las comunidades autónomas del norte e isleñas, que carecen de un departamento específico para la arqueología subacuática. “No sabemos cuántos pecios hay hundidos ni en nuestras costas ni en otras aguas. Las rías gallegas, por ejemplo, son muy ricas en Patrimonio Subacuático, y Baleares, y Canarias, pero no tienen centros de investigación. Desde Arqua podemos prospectar y buscar barcos con apoyo del Instituto Nacional de Oceanografía y de la Armada. Y en el Museo existen laboratorios para estudiar el material que se encuentre. Creo que las administraciones deben fomentar la excavación de galeones. Es costoso, pero cada día es más necesario porque, en otro caso, lo harán los buscadores de tesoros”, afirma Negueruela.

© Arqua

de las zonas de servidumbre (42), en las que podría haber pecios sin localizar. Es una forma de protegerlos contra expolios y contra obras que se realizan en el medio marino. Con esta ley, se obliga a los constructores a hacer un informe previo del lugar. Teniendo presente los restos de tres barcos en el Puerto de Cádiz, reconocidos como *Bien de Interés Cultural* y que forman parte de los contendientes en la famosa *Batalla de Trafalgar*. Para García Rivero, la seguridad es uno de los asuntos al que dedica parte de sus esfuerzos. De hecho, en 2005, antes de que saltara el caso ‘Odyssey’, la Guardia Civil desarticuló una extensa red de tráfico de material arqueológico que

había sido extraído ilegalmente del Golfo de Cádiz. Fue la ‘Operación Bahía’: “Hay en marcha una campaña en colaboración con los clubes de buceo y los arqueólogos para que avisen si ven barcos con un comportamiento extraño en zonas sensibles. Ahora, además, dentro del Sistema Integrado de Vigilancia Exterior (SIVE) de la Guardia Civil, aparte de vigilar el narcotráfico, también protegen estos yacimientos de los ‘cazatesoros’, que no ven los barcos como un contenedor de historia, sino sólo como un lugar del que sacar oro”.

En la actualidad, desde esta institución andaluza se investigan los barcos localizados a comienzos

de este año en la obras de ampliación del Puerto de Cádiz: el *Delta-1*, como se ha denominado provisionalmente, del siglo XVIII y que llevaba a bordo lingotes de plata; y el *Delta-2*, del siglo XVI, que iba cargado de ánforas con aceitunas, semillas y cochinilla (muy utilizada para tintes), por lo que se cree que era un barco de redistribución de productos por la costa.

García Rivero lo tiene claro: “La arqueología subacuática nos cuenta tanto grandes acontecimientos como otros hechos cotidianos del pasado, cada uno de los cuales tiene su interés. Ponerla en valor es una función gratificante”. ■



© Deimos

EL VALOR PARA EMPRESAS U ORGANISMOS PÚBLICOS DE IMÁGENES Y METADATOS DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA CAPTADOS DESDE EL ESPACIO

## LA INICIATIVA PRIVADA DESPEGA EN EL SECTOR DE LOS SATÉLITES

Disponer de imágenes cenitales tomadas de forma regular durante un periodo de tiempo o fotografías muy recientes puede tener un gran valor para la gestión de negocios, la investigación científica o la vigilancia con carácter medioambiental. Tanto para observar los cambios producidos como para conocer el estado actual de una zona del planeta. Los satélites privados —cuyo diseño, fabricación y control es más sencillo y económico que los de las grandes agencias espaciales— han puesto esa información al alcance de muchos.

TEXTO: **BRUNO DÍAZ**

**C**uando se habla de satélites, la primera reacción de muchos es todavía asociarlos de forma exclusiva a las grandes agencias espaciales o a la industria aeroespacial. Sin embargo, lo que hasta no hace mucho era una tecnología reservada a esas grandes corporaciones y, principalmente, a proyectos gubernamentales y de inteligencia militar, en la actualidad se ha puesto al alcance de pequeñas y medianas empresas que son capaces de diseñarlos, fabricarlos, lanzarlos y controlarlos. Y, a su vez, de ofrecer la información obtenida por sus dispositivos a clientes de todo tipo. Unos datos valiosos por su exactitud y actualización que hasta ahora estaban prácticamente vetados a la mayoría por lo costoso que era adquirirlos.

Hace ya más de 15 años que algunos visionarios, ingenieros con espíritu emprendedor o corporaciones como la británica Surrey Satellite Technology (SSTL), tuvieron el convencimiento de que era posible acceder comercialmente al espacio –y a todo lo que éste ofrece– de forma más fácil y económica. En definitiva, siendo rentable. Desde entonces, la iniciativa privada ha tomado fuerza y, aunque todavía no de manera generalizada, se ha apuntado a esta otra carrera espacial. Una nueva industria que llega con nuevas ideas y nuevos conceptos en la que las escalas económicas y los tiempos para realizar los proyectos se han reducido considerablemente.

“Lo que antes se introducía en un satélite de 3.000 kilogramos, en cuyo interior se ubicaban muchos experimentos, ahora es posible llevarlo a cabo con aplicaciones más sencillas y satélites más reducidos. Quizá no tan resisten-

tes, extremadamente fiables o duraderos, pero perfectos para resolver de forma mucho más inmediata lo que se plantee conseguir. En nuestro caso, nos permite lograr cumplir los plazos y los presupuestos. Ése es gran parte del éxito: no hacerlo mejor ni más difícil, sino buscar una solución práctica”, explica Enrique González, director de Sistema de Satélite de Elecnor Deimos, una empresa española pionera en este sector y que dispone de dos satélites en funcionamiento, Deimos-1 y Deimos-2.

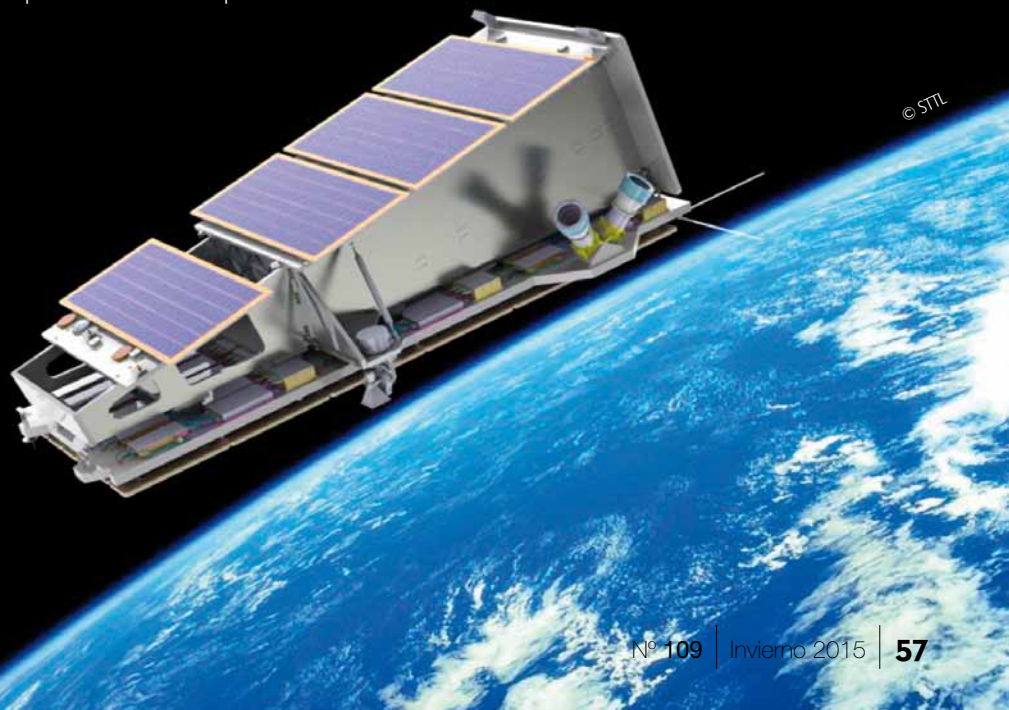
#### **EXPERIENCIA INTERNACIONAL**

Estados Unidos es el país más avanzado en este campo y donde más compañías están surgiendo. Un ejemplo significativo y reciente es el de Skybox Imaging, una empresa con apenas cinco años de vida y relativamente pequeña, pero que ha sido capaz de diseñar unos reducidos satélites de alta resolución, que Google ha comprado en junio pasado por aproximadamente 500 millones de dólares. “Los satélites de Sky-

box ayudarán a que las imágenes de Google Maps se muestren mucho más actualizadas. Con el tiempo, esperamos que el equipo y la tecnología de Skybox puedan servir para mejorar el acceso a internet y también sean de utilidad en el caso de desastres naturales”, explican responsables de Google. Por su parte, el equipo de Skybox valora la operación de compra para poder seguir experimentando en este campo: “Nacimos con el objetivo de revolucionar el acceso a la información de los cambios que ocurren en la superficie de la Tierra. Y unirse a Google supondrá acelerar y ampliar esa ambiciosa visión. Ambas compañías creemos en la importancia de la exactitud en la información geoespacial, y en que ésta resulte accesible y útil”.

Al igual que estos ‘imperios’ empresariales tecnológicos están apostando por los satélites privados, también hay casos llamativos de micro empresas con soluciones originales que tienen como clientes a universidades o incluso ejércitos. Como la colombiana Sequoia Space, especializada desde 2009 en misiones aeroespaciales

NovaSar, uno de los satélites diseñados por la compañía inglesa Surrey Satellite Technology con plataforma de radar de ‘apertura sintética’.



## Hay micro empresas con soluciones originales que ofrecen desde el diseño y desarrollo de mini satélites hasta la operación orbital

completas que engloban desde el diseño y desarrollo de unos mini satélites de apenas diez centímetros hasta la operación orbital. Sus satélites Nukak, con sus correspondientes paneles solares, pueden tener entre 1,3 y 16 kg. de masa y emplearse para observar la Tierra o para misiones de teledetección, demostraciones tecnológicas, pruebas de componentes o experimentación científica en microgravedad. Mientras, sus dispositivos suborbitales, que se emplean en rangos que van desde los 100 a los 15.000 metros

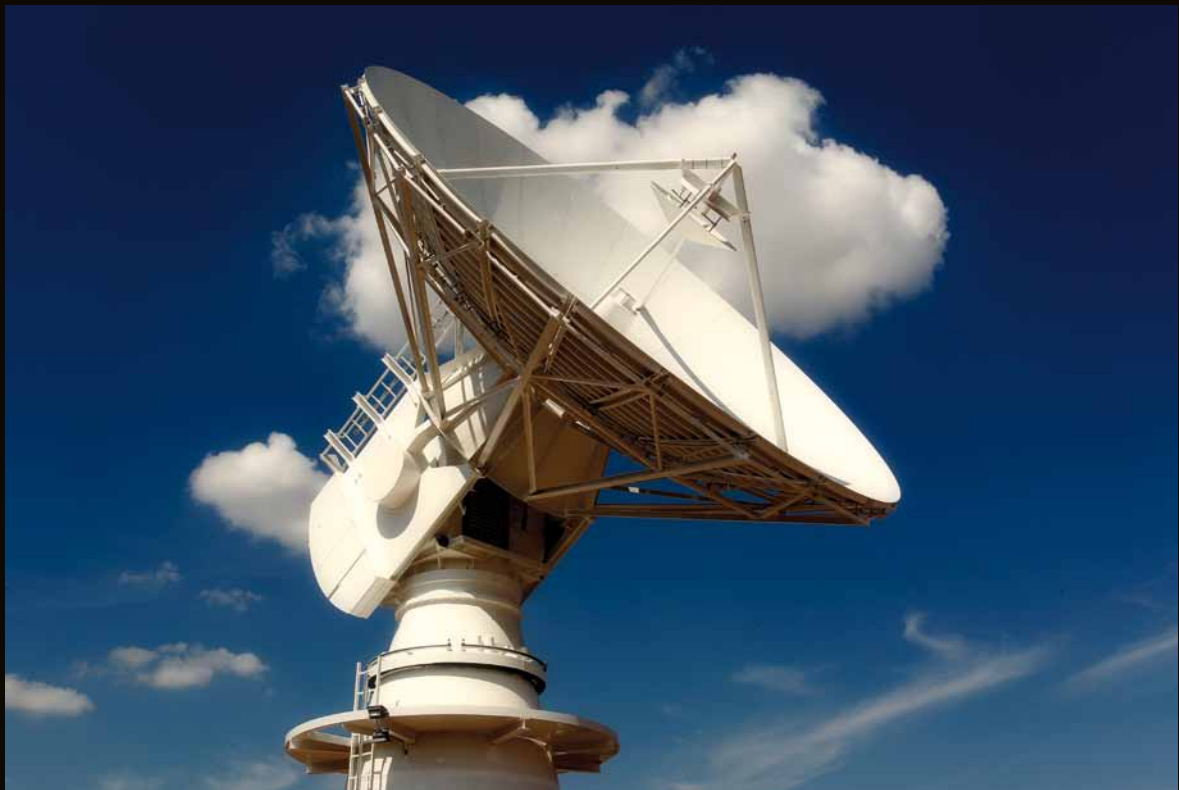
de altitud, incorporan aquellos sensores de temperatura, humedad, presión, etc., que el cliente requiera para sus investigaciones.

### PARA QUÉ USARLOS Y CÓMO ACCEDER AL SERVICIO

La observación de la Tierra desde el espacio tiene muchas aplicaciones: por ejemplo, análisis del terreno por donde se debe desplegar un tendido eléctrico, vigilancia de instalaciones que sufran robos

de material de forma periódica, control de incendios forestales, estudio del estado en que se encuentra la producción de cultivos que se hallen en lugares remotos del mundo, investigación de la evolución de la desertificación de una zona, trabajos cartográficos, control de fronteras, estimación de los daños ocasionados por desastres naturales...

La información asociada a estos fines ya puede comprarla incluso clientes 'minoristas' que sólo necesiten un número muy limitado de imágenes y de una zona concreta. Fotografías que pueden pedir por teléfono o comprar de un catálogo si no requieren que éstas sean excesivamente actuales. Si la necesidad y la actualización se incrementan, hay empresas que ofrecen al cliente



Antena de la Estación del Centro de Integración y operaciones de satélite de Elecnor Deimos en Puertollano (Ciudad Real).

© Deimos



© Deimos

Centro de control de Elecnor Deimos en Puertollano para operar sus satélites.

### 'Orbitando' alrededor de un satélite

La compañía española Elecnor Deimos es una de las pioneras en este sector. Entre sus clientes se encuentran empresas, universidades, instituciones u organismos como ministerios o gobiernos autonómicos. Y en sus planes barajan incluso la construcción de satélites para uso exclusivo del cliente: "Nuestro objetivo es demostrar que es posible rentabilizar proyectos de capital privado y estar atentos a lo que demanda el mercado para enfocar hacia ello nuestros esfuerzos", explica Enrique González.

Recientemente se ha puesto en órbita Deimos-2, un satélite de 300 kilos que incorpora cámaras de alta resolución que supera en este campo a su antecesor, Deimos 1 (con características de gran angular), que la empresa Elecnor Deimos tiene operativo desde hace cinco años. Deimos-2 puede tomar imágenes del terreno con una resolución de 75 centímetros. Es decir, captar detalles de ese tamaño.

Para llegar a ponerlo en marcha se han necesitado casi cuatro años, la dedicación exclusiva de tres profesionales al proyecto, la búsqueda de subvenciones, la construcción en Puertollano (Ciudad Real) del edificio principal y de la 'sala limpia' (donde se integran las piezas del satélite), el montaje del centro de control y de la antena (de 10 metros), la búsqueda de los fabricantes de las piezas que lo conforman y el ensamblaje del aparato en sí. Por supuesto, también asegurarlo, contratar a un lanzador (en su caso uno ruso, International Space Company Kosmotrasy, que emplea como base uno de sus misiles balísticos intercontinentales fabricado hace 30 años, Dnepr, y lanza desde un cosmódromo ucraniano), ponerlo en órbita, calibrarlo para que la información que recoja sea precisa y operarlo desde tierra.

La inversión total ha supuesto entre 50 y 60 millones de euros teniendo en cuenta la inversión y el gasto. De esa cifra, asegurar el satélite ha significado destinar el 15% del total de la inversión.

## **Las imágenes no son solo instantáneas. Son contenidos en diversas frecuencias, donde cada pixel está calibrado y se dispone de metadatos adicionales**

una aplicación para que él mismo haga peticiones de una cantidad concreta de fotos por un canal cifrado adecuado. “En nuestro caso, también hay clientes que nos solicitan el derecho de uso de una porción del satélite cuando se sitúa encima de un territorio y durante un tiempo concreto. Incluso nosotros estamos impulsando la posibilidad de ofrecer a aquellos que les interese el montaje de su propio centro de control, con su correspondiente antena, para que puedan recibir las imágenes directamente, en vez de por internet, y así procesar con más rapidez los datos”, explica Enrique González.

### **NORMAS DE CIRCULACIÓN Y LIMPIEZA**

Está claro que estas nuevas posibilidades de lanzar satélites privados al espacio harán, cuando la vida útil de los dispositivos termine, que se incremente la ya numerosa basura espacial que rodea al planeta: 20.000 objetos de más de 10 centímetros, 600.000 mayores de un centímetro, y más de 300 millones de partículas de más de un milímetro, según estima la Agencia Espacial Europea (ESA).

Sin embargo, hasta la fecha, y debido al gran coste económico que supone recuperar dicha chatarra (junto a la que generan cohetes y naves espaciales), todo son buenas intenciones pero pocas concreciones por parte de sus propieta-

rios, gubernamentales o privados. Además, las cuestiones militares o estratégicas de algunos países frenan en cierta medida el que se llegue a un acuerdo global. Sin olvidar que tampoco se cuenta en la actualidad con tecnología que permita destruir los fragmentos más grandes –se ha comprobado que intentar eliminarlos con misiles genera aún más basura espacial– o retirar piezas para su reutilización. Eso sí, proyectos los hay, como el diseñado por un ingeniero italiano llamado Marco Castronuovo para fabricar un satélite robotizado que, afirma, será capaz de recoger piezas, llevarlas a una órbita más baja, y que así se desintegren al entrar en contacto con la atmósfera.

Tampoco existen mecanismos legales para evitar la proliferación de la basura espacial ni para obligar a gobiernos o empresas privadas a que retiren sus dispositivos. Son el lanzador y el propietario del satélite los responsables de toda la operación y los que se encargan de situarlo en órbita y de estabilizarlo de forma correcta desde un centro de control en tierra, respectivamente. Eso sí, al igual que cualquier lanzamiento gubernamental, el privado debe regirse por las normas existentes sobre derecho espacial. Como lo estipulado en la Convención de Viena, de 1972 sobre indemnizaciones por daños, normas o recomendaciones de la Subcomisión de Asuntos Jurídicos de Naciones Unidas, que dispone de dos instrumentos para regir el espacio ultraterrestre: el Convenio

sobre la responsabilidad, que se refiere a los posibles daños que puedan ocasionar estos objetos y que establece que deberá ser asumida por el lanzador o el operador del satélite. Y el Convenio sobre el registro, que aboga porque cada estado u organismo que lanza un objeto al espacio proporcione información sobre el mismo (fecha, lugar de partida, parámetros orbitales y uso) y quede registrado en la Oficina de Asuntos de Espacio Ultraterrestre, perteneciente a la ONU.

En cualquier caso, el consenso internacional existe a la hora de impulsar que se tomen medidas que mitiguen el problema de la basura espacial. En 2012, Estados Unidos propuso a la Unión Europea crear un código de conducta para garantizar la seguridad y la sostenibilidad, y que este reglamento partiese de la iniciativa presentada por la UE en 2009 que fijó unas normas voluntarias para regular las actividades civiles y militares en el espacio.

Eso sí, debido a cómo podría afectar la acumulación de esta chatarra en los sistemas de comunicación de la Tierra, en 2013 la Comisión Europea anunció un plan de ayudas (de 70 millones de euros) para poner en marcha el Sistema de Vigilancia y Seguimiento Espacial (SST), cuyo objetivo es vigilar los miles de fragmentos que amenazan a los satélites en funcionamiento y alertar a agencias espaciales o empresas si uno de sus aparatos va a ser alcanzado por alguno de estos desperdicios. De este modo, sus propietarios pueden encender los propulsores para maniobrar los satélites y esquivar la basura. A cambio, claro, de consumir parte del combustible y, por tanto, acortar su vida operativa.

Otro proyecto previsto, en este caso de la ESA, es el de Conocimiento del Medio Espacial (SSA), pensado para no depender del sistema de EEUU (US Space Surveillance Network) y disponer de una red propia de observatorios y radares que avise de amenazas espaciales, como el impacto de meteoritos, pero también de posibles impactos de basura espacial con satélites en funcionamiento, ya que el sistema será capaz de detectar fragmentos de entre cinco y diez centímetros.

#### INFORMACIÓN MÁS PRECISA Y ACTUALIZADA

El objetivo final que se persigue con el desarrollo de estos satélites es ofrecer toda la in-

## Hay empresas que solicitan el derecho de uso de una porción de satélite cuando éste se sitúa encima de un territorio y durante un periodo concreto

formación de la superficie de la Tierra con más detalle y casi en tiempo real. No sólo la captada hace tres años, también en especial la de la semana pasada o incluso la de hace un par de horas. Información para todo aquel que pueda sacar valor de esas fotografías. Unas imágenes que no son simples instantáneas. Se trata de contenidos en varias frecuencias, donde cada pixel está perfectamente calibrado y dispone de un gran número de metadatos adicionales.

El futuro se vislumbra prometedor. Por la propia entrada de todos los recursos que puede aportar el capital privado y por las muchas aplicaciones –algunas todavía ni siquiera imaginadas– a los que los satélites pueden ser destinados. Hay incluso quien está interesado en desplegar una pequeña constelación de satélites que sirva para poner en funcionamiento una red internet espacial. La iniciativa privada en el sector aeroespacial, también en España, ya está en órbita. ■



Captura del satélite Deimos-2 de la ciudad de Doha en Qatar.



El proceso de elaboración y fabricación de un biofármaco oscila entre los doce y los quince años.

© Zeltia

EL SECTOR DE LA BIOTECNOLOGÍA PROTAGONIZA  
UN IMPORTANTE CRECIMIENTO EN ESPAÑA

## TRATAMIENTOS PERSONALIZADOS, LA GRAN BAZA DE LA BIOMEDICINA

Usar los mecanismos biológicos de los seres vivos para desarrollar medicamentos es el punto de partida de las bioempresas. Hasta un total de 449 proyectos sanitarios se desarrollaron en este campo el año pasado en el país. Un trabajo que resulta trascendental para, por ejemplo, la lucha contra el cáncer, aunque otras áreas terapéuticas—como la neurociencia, la dermatología o la oftalmología—también se están beneficiando del desarrollo de biofármacos para el tratamiento de diversas enfermedades.

TEXTO: **JAVIER PALAZÓN Y REGINA DE MIGUEL**



## Aplicaciones de la biotecnología

. Diagnóstico molecular: detección de infecciones y enfermedades genéticas, como el VIH o el virus de la hepatitis.

. Desarrollo de nuevos fármacos mediante proteínas para tratar infecciones, diabetes, enfermedades cardiovasculares y el cáncer. En este apartado se incluye la 'medicina personalizada'.

. Vacunas producidas mediante ingeniería genética que contienen moléculas aisladas que inducen a la respuesta inmune.

. Terapias avanzadas: la celular, basada en el uso de células madre para tratar enfermedades, y la tisular, que crea sustitutos biológicos de órganos y tejidos.

Fuente: Plataforma de Mercados Biotecnológicos

**E**l sector de la biotecnología ha protagonizado en los últimos años un importante crecimiento en España, tanto desde el punto de vista de las compañías que se dedican a ello -se contabilizan más de 600- como de la calidad de los proyectos realizados, que han sido reconocidos internacionalmente. De hecho, 2014 fue declarado Año de la Biotecnología en España. "Este 'milagro' se debe a múltiples factores y, en términos generales, puede considerarse un caso que demuestra las capacidades tecnológicas de España y reafirma nuestra legítima aspiración, aunque todavía lejana, de convertirnos algún día en una economía basada en el conocimiento", comenta Jorge Barrero, adjunto a la Presidencia de la Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO).

Como ciencia, la biotecnología utiliza los mecanismos biológicos de los seres vivos para producir bienes y servicios que se aplican a ámbitos tan variados como el industrial (biotecnología blanca), el agroalimentario (biotecnología verde) y el sanitario (biotecnología roja). Los avances en este último campo están potenciando cambios en la industria farmacéutica y ha supuesto que mu-

chas compañías hayan crecido de forma considerable gracias a la comercialización de todo tipo de fármacos. Como apunta la bióloga Eva Martín, en su libro *El sector biotecnológico español ¿Un diamante por pulir?*, "en 2010, cinco de los diez medicamentos más vendidos a nivel mundial fueron biológicos".

En el caso español, según ASEBIO, que publica cada año los avances más destacados en cada uno de los ámbitos de actuación de la biotecnología y la rama sanitaria, España se ha convertido en referencia al contabilizarse hasta un total de 449 proyectos. Éstos, a su vez, se dividen en diferentes

## En España existen diversas empresas que desarrollan biofármacos, algunas de las cuales también centran su actividad en biología molecular para la prevención y el tratamiento de enfermedades infecciosas, víricas, bacterianas y hereditarias

ámbitos de actuación: los hay dedicados a plataformas de investigación, avances tecnológicos, medicina personalizada y productos con unas determinadas indicaciones médicas en fase de investigación para tratar, entre otras, enfermedades relacionadas con el sistema inmunitario, el sistema nervioso central, el cáncer o la piel.

### ¿POR QUÉ BIOMEDICAMENTOS?

Para la biotecnología, no sólo son significativos los procesos de investigación, desarrollo y producción asociados a cualquier fármaco. También lo es alcanzar las reservas básicas para cubrir las necesidades de la población; y, en esa búsqueda de soluciones

alternativas que satisfagan la demanda, la biotecnología sanitaria tiene mucho que decir. Lo hace obteniendo productos naturales de forma segura y económica, porque, de manera indirecta, la producción de estos procesos a gran escala abarata costes. “Por ejemplo, para obtener medicamentos de la sangre para tratar hemofalias, como la proteína factor VIII que actúa como uno de los factores de coagulación. Hoy en día se utilizan células modificadas genéticamente que producen este factor sanguíneo”, explica Carmen Eibe, directora de Proyectos Biotecnológicos de Zeltia, un grupo de empresas químico-farmacéuticas fundado en 1939. En su opinión, el proyecto del genoma humano ha significado una revolución en biomedicina facilitando el conocimiento de

enfermedades y la posibilidad de desarrollar medicamentos para tratamientos específicos: “Estamos al comienzo de una nueva era, la de la medicina personalizada”, añade Eibe.

La oncología es la especialidad médica en la que más fármacos se están investigando y donde se han producido algunos de los avances más significativos de los últimos años. “Por primera vez, y como fruto de la investigación detallada en la biología del cáncer, se están consiguiendo tratamientos individualizados que permiten segmentar pacientes con unas determinadas características genéticas en sus enfermedades, un adelanto que les hace mucho más proclives a tratamientos concretos y donde la epigenética -estudio de los procesos químicos que transforman la actividad del ADN del organismo humano sin que su secuencia se transforme- está comenzando a jugar un papel relevante”, apunta Carlos Buesa, creador y consejero delegado de la firma Oryzon, empresa de genómica funcional con sede en Barcelona. En opinión de Buesa, se asistirá al auge de las terapias basadas en la inmunooncología: “Seremos capaces de desnudar los tumores y hacerlos visibles al sistema inmune en algunos casos, de manera que las defensas del organismo van a contribuir a retrasar o estabilizar enfermedades e, incluso, curarla en algunos pacientes”.

Otro de los avances logrados por la biotecnología sanitaria está relacionado con el conocimiento cada vez más profundo de la potencialidad y la biología de las células totipotentes en células madre pluripotentes inducidas (o IPS). Estas células se obtienen a partir de tejidos normales y su



Tras la oncología, el área terapéutica en la que mayor número de biomedicamentos se investigan es en neurociencia.

## Empresas de biotecnología sanitaria, últimos avances

- **Almirall:** Comercializa Eklira Genuair, un fármaco broncodilatador para tratar la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.
- **Vircell:** Ha lanzado VirClia Monotest, un producto de screening o de cribado que permite detectar de manera temprana los siete principales virus respiratorios en individuos sin síntomas. Está basado en tecnología de quimioluminiscencia y se recomienda para tratar la serología infecciosa.
- **Neuron Bio:** Los compuestos NST0076 y NST0078, patentados por esta firma, se utilizarían para retrasar el inicio de las enfermedades neurodegenerativas.
- **CIMA-Clínica Universitaria de Navarra:** Han descrito un biomarcador que podría ayudar en el diagnóstico precoz y pronóstico del cáncer de pulmón.
- **LIPOPHARMA:** Ha impulsado un estudio clínico para tratar el glioma y otros tumores sólidos.

Fuente: Informe Asebio 2013 situación y tendencias del sector de la biotecnología en España-

tratamiento permite regenerar lesiones. Así, las investigaciones llevadas a la práctica han confirmado un enorme potencial en enfermedades cardiovasculares, lesiones cardíacas o determinados tipos de ceguera por retinopatías. Tras la oncología, el área terapéutica en la que mayor número de biomedicamentos se investigan es en neurociencia, para el tratamiento de las enfermedades que atacan al sistema nervioso.



© Zeltia

Yondelis, un medicamento de origen marino creado por la compañía PhamaMar, empleado para tratar el sarcoma de tejidos blandos y el cáncer de ovario.

Otras especialidades como dermatología, sangre y sistema linfático, oftalmología y optometría, o infecciones también se están produciendo progresos.

### DESARROLLOS ESPAÑOLES

En España existen diversas empresas dedicadas al desarrollo de biofármacos, algunas de las cuales también centran su actividad en trabajos de biología molecular para la prevención y el tratamiento de enfermedades de tipo infeccioso, vírico, bacteriano, hereditario... Una de las referencias más importantes es Yondelis, un medicamento de origen marino creado por la compañía PhamaMar que se emplea para tratar el sarcoma de tejidos blandos y el cáncer de ovario. “El reto de los fármacos con este origen es garantizar la trazabilidad de las muestras desde su origen hasta su estudio final, unas muestras que se utilizan para preparar extractos que se evalúan en un panel de células tumorales”, apunta Eibe. A lo largo de este proceso también se estudia cómo el compuesto seleccionado mata una célula tumoral o si éste mejora su efectividad al combinarlo con otros fármacos.

Otro de los medicamentos creado por una empresa española es Ory-1001, un fármaco para la leucemia mieloide aguda que la compañía Oryzon vendió hace meses a la farmacéutica Roche, que será la encargada de comercializarlo. Ahora, Oryzon está investigando un fármaco para el Alzheimer y los resultados obtenidos en animales hasta la fecha han sido muy prometedores. “Estamos trabajando para determinar su seguridad toxicológica, que es lo que se conoce como fase pre-clínica o toxicología regulatoria”, matiza Buesa.

El proceso de elaboración y fabricación de un fármaco oscila entre los doce y los quince años, y aún llevará tiempo unificar los esfuerzos de la industria y las agencias reguladoras para que las fases de desarrollo de los biofármacos resulten más eficientes y los plazos inferiores. Mientras tanto, las empresas de biotecnología españolas continúan trabajando e invirtiendo esfuerzos para estar a la vanguardia. La posibilidad de ofrecer tratamientos personalizados es una de las bazas más destacadas que proporciona esta ciencia y los avances hasta el momento son sólo una pequeña muestra de las posibilidades para el tratamiento de enfermedades en el futuro. ■



## JUAN CARLOS LENTIJO

**DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DEL CICLO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR Y TECNOLOGÍA DE RESIDUOS DE LA OIEA**

TEXTO: ANA AYALA

Este vallisoletano –nacido en Pedrosa del Rey en 1959– seguidor del Athletic de Bilbao tiene más de 30 años de experiencia en el ámbito de la energía nuclear y la protección radiológica. Profesionally, comenzó a trabajar en el Consejo de Seguridad Nuclear en 1984 y en este organismo ha sido gerente de Proyectos de Centrales Nucleares con reactores de agua en ebullición, director adjunto para la Protección Ambiental de Radiación o director técnico de Protección Radiológica. Su formación académica le avala: licenciado como ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid y MBA adaptado para CSN altos directivos. También se ha formado como especialista en energía nuclear, seguridad nuclear, y protección de la seguridad y la radiación en diversas instituciones nacionales

e internacionales, entre ellas el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) de EE.UU., el instituto belga de investigación nuclear del Centro SCK-CEN, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) así como en la empresa de ingeniería Tecnatom.

En la actualidad, y desde hace dos años y medio, es el director de la División del Ciclo de Combustible Nuclear y Tecnología de Residuos de la OIEA, el Organismo Internacional de la Energía Atómica. Equipo del que dice sentirse orgulloso de formar parte: “Se trata de la organización mundial líder en el área de la energía nuclear y de las aplicaciones ionizantes de la radiación, y con la reputación de ser una de las más cualificadas en los sectores nucleares y radiológicos. Creo que los usos

pacíficos de la energía y de las radiaciones ionizantes nucleares sólo son posibles en un marco donde la seguridad y la protección radiológica son la primera prioridad”.

Antes de su nombramiento, conocía con detalle el trabajo que lleva a cabo este organismo, ya que participó, durante años, en reuniones, conferencias y misiones de expertos de la OIEA. De hecho, en 2011 él fue el jefe de Equipo de la misión internacional de expertos que llevó a cabo los programas de recuperación tras el accidente de la Central Nuclear de Fukushima. De igual modo, desempeñó un papel destacado en la Misión Reguladora Servicio integrado de examen (IRRS) de Rusia, y los IRRS y misiones de seguimiento a España como uno de los oficiales de enlace del regulador español, CSN. ■



## **Apostando por la tecnología e I+D+i**

Centro de Tecnología Avanzada en constante innovación

## **Pasión por la mejora continua**

Excelencia operativa, mejores prácticas y cultura de seguridad

## **Consolidando nuestra internacionalización**

Flexibilidad, exportada más del 85% de la producción

**Passion**<sub>for</sub>  
**improvement**

[www.ensa.es](http://www.ensa.es)



## EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

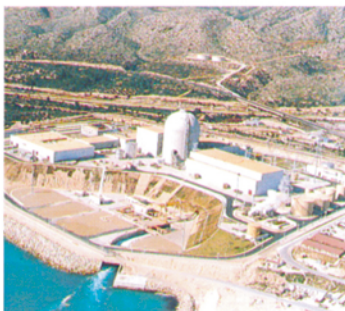
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

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

■ **Tecnología**

■ **Experiencia**

■ **Dedicación** ■



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

EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. es una Agrupación de Interés Económico (Ley 12/1991 de 29 Abril) constituida por GHESA, TRSA, IBERDROLA Ingeniería y Construcción S.A.U., TRPI y GAS NATURAL FENOSA ENGINEERING, S.L.U.

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