

ESTRATOS

MÁS DE 25 AÑOS DIVULGANDO CIENCIA

Venenos que curan: del miedo a la esperanza

Vandellós I, el gigante dormido

Carlos López-Otín, bioquímico:
“Hay que esforzarse para
acercar los avances científicos
a la sociedad”

Euratom, origen y contenidos de Comunidad
Europea de la Energía Atómica



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_{for}
improvement

LA PROYECCIÓN INTERNACIONAL DE ENRESA

Aunque Enresa es una empresa que desarrolla su actividad técnica básicamente en España, sin embargo ejerce una posición destacada en el plano internacional en numerosas áreas de la gestión de residuos radiactivos. Para llegar a este punto, la compañía desarrolló, desde prácticamente sus comienzos, un amplio programa de actividades y presencia en foros internacionales, a los que inicialmente acudía para adquirir los conocimientos y la información, tanto en aspectos técnicos como de organización, de los que disponían otros países de nuestro entorno más adelantados.

La experiencia acumulada en aquellos años facilitó la puesta al día de sus equipos y la evolución de sus capacidades, adquiriendo poco a poco un papel protagonista en la escena exterior, por la imagen de solvencia técnica y capacidad que sus técnicos tienen fuera de nuestras fronteras. Enresa representa a España en las actividades de los organismos internacionales de mayor importancia en la gestión de los residuos radiactivos como la Unión Europea (UE), la Agencia de la Energía Nuclear o el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA). Una participación que, por una parte, facilita la transferencia de conocimientos y permite validar y contrastar sus actividades y proyectos con referencias internacionales solventes y, por otra, da la ocasión de colaborar e influir en los nuevos desarrollos y en las áreas de interés para la empresa.

Pero, además de esta presencia en instituciones supranacionales, Enresa mantiene una estrecha colaboración con otras agencias y organismos nacionales con responsabilidades similares en la gestión de residuos o el desmantelamiento de actividades en sus países. Estos contactos, ya sean bilaterales o multilaterales, se articulan mediante acuerdos de colaboración y asistencia mutua a través de grupos de trabajos y de actividades de investigación.

Otro ámbito de interacción entre Enresa y la Comisión Europea es la participación en el Programa Marco de Investigación y Desarrollo tecnológico, en el que la empresa se implicó de manera directa y activa desde el comienzo de sus actividades, lo que permitió a la compañía acceder a información básica para el desarrollo de su misión dado el valor estratégico de las iniciativas de la Comisión, que siguen determinando los desarrollos de las actividades de Enresa.

Esta interacción internacional ha convertido las instalaciones y actividades de Enresa en referentes internacionales. El sistema de gestión y almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad desarrollado en El Cabril y los proyectos de desmantelamiento que se realizaron en la central nuclear de Vandellós I (Tarragona) y que actualmente se llevan a cabo en la central nuclear de José Cabrera (Guadalajara) son seguidos con atención y despiertan el interés de

expertos internacionales por ser España un país que ha abordado con éxito proyectos de este tipo.

Esta posición de referente técnico viene refrendada por la decisión del OIEA de organizar en España, una vez más, una conferencia internacional sobre desmantelamiento de instalaciones y restauración de emplazamientos, de la que se informa en estas páginas. Una conferencia en la que participan la AEN/OCDE, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD), además Enresa, el Consejo de Seguridad Nuclear y UNESA, por parte de España. Anteriormente, el OIEA había celebrado una conferencia en el año 2000 sobre la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad en Córdoba, que incluyó una visita a El Cabril, en el año 2004, y también en Córdoba, un simposio sobre residuos de muy baja actividad, y otra en 2009 sobre el control y gestión de material radiactivo en chatarras, celebrada en Tarragona, en la que los asistentes conocieron el desmantelamiento de Vandellós I.

El protagonismo internacional de Enresa y el prestigio de sus técnicos es la recompensa al esfuerzo que se tuvo que realizar en su momento para adquirir la formación y capacidades técnicas necesarias para poner en marcha los desarrollos que nuestro país necesitaba, y el reconocimiento de la capacidad de la empresa para abordar nuevos desarrollos y proyectos de interés nacional. ■

REVISTA ESTRATOS

Edita: Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A. (Enresa)

Redacción: Emilio Vargas, 7.
28043 Madrid
Tel. 91 566 81 00

Suscripciones: registro@enresa.es

Correo electrónico: prensa@enresa.es

Página web: www.enresa.es

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

Consejero delegado Wolters Kluwer:
Vicente Sánchez

Jefe de Publicaciones Wolters Kluwer: Fernando Cameo

Publicidad Wolters Kluwer:
Juan Manuel Castro (jmcastro@wke.es)

Coordinadores Wolters Kluwer:
Salomé González y Sergio Gavilán

Redactores y colaboradores:

Pablo Almera, Bruno Diaz, Bárbara Gordo, German Hesles, Esmeralda Mardomingo, Sergi Margalef, Jakaranda Martín, Francisco Mediavilla, Laura Pajuelo, Nuria Prieto, Pura C. Roy y Rosa M. Tristán

Crédito imagen de portada:
Venomics

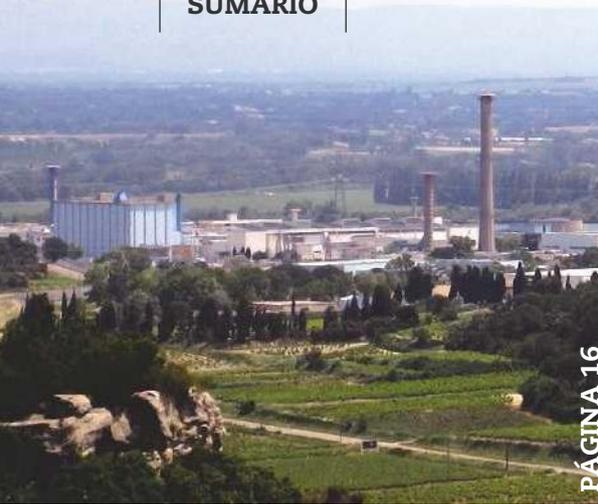
Diseño, maquetación, producción e impresión:

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.





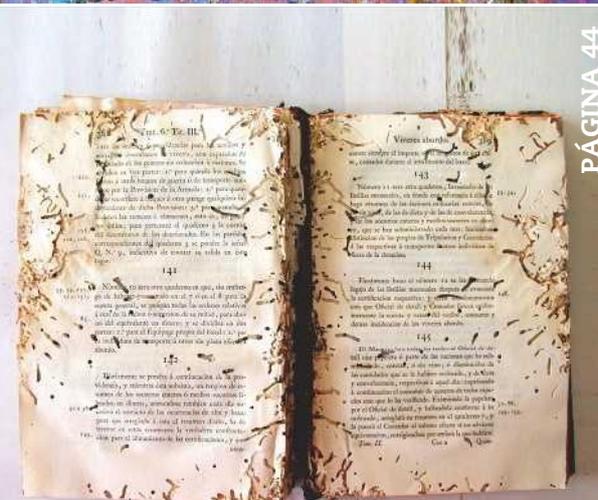
PÁGINA 16



PÁGINA 22



PÁGINA 32



PÁGINA 44

SUMARIO

EDITORIAL

Proyección internacional de Enresa 3

ACTUALIDAD ESTRATOS

El OIEA organizará en España una conferencia internacional sobre desmantelamiento 5

El presidente de Enresa expone en el Parlamento italiano la experiencia española en gestión de residuos radiactivos 6

Enresa explica sus proyectos de desmantelamiento en un encuentro en París . . . 6

Expertos de la NEA estudian en Enresa el reciclado de materiales 7

Técnicos de Enresa se reúnen con representantes de la central croata de Krsko 7

Enresa presenta su proyecto de comunicación del desmantelamiento de Zorita a comunicadores internacionales 8

Mas de 4.000 alumnos de primaria y secundaria de Córdoba conocen la actividad de Enresa en 2015 9

I+D

Vandellós I, el gigante dormido 10

INTERNACIONAL

Euratom, origen y contenidos de comunidad europea de la energía atómica . . 16

ENTREVISTA

Carlos López-Otín, codirector del equipo español en el Consorcio Internacional de los Genomas del Cáncer 22

RECURSOS NATURALES

El Arca de Noé de las semillas 26

MEDIO AMBIENTE

El oasis de biodiversidad en las montañas submarinas 32

SIERRA DE ALBARRANA

De la investigación científica a la rentabilidad social 38

El gran tesoro de la dehesa 40

Actualidad Sierra de Albarrana 42

TÉCNICA

Microorganismos e insectos, los enemigos del pasado 44

ANTROPOLOGÍA

Luces y sombras en la evolución humana . . . 50

MEDICINA

Venenos que curan: del miedo a la esperanza . . 54

TECNOLOGÍA

El cerebro humano en un ordenador 58

MICROBIOLOGÍA

Bacterias, unos inquilinos permanentes de la Estación Espacial 62

NOTICIAS CIENCIA 66

actualidadestratos

Con la colaboración del CSN, Enresa y Unesa, entre otros organismos

España acogerá en mayo una conferencia internacional del OIEA sobre desmantelamiento de instalaciones y restauración de emplazamientos

Madrid acogerá, del 23 al 27 de mayo, la Conferencia Internacional "Advancing the Global Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes" organizada por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), con la colaboración de la Comisión Europea (CE), la Agencia de la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (AEN/OCDE); el Banco europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD); Enresa, Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA)

Esta conferencia, que reunirá a cerca de medio millar de técnicos y expertos de un importante número de países e instituciones, constituye una oportunidad para compartir experiencias punteras en el campo del desmantelamiento de instalaciones nucleares y la restauración de emplazamiento, no solo en las áreas técnicas y tecnológicas, sino también en los aspectos regulatorios, económicos y sociales.

El programa de este encuentro incluye la presentación de las experiencias y avances técnicos en los proyectos más importantes en curso en el campo del desmantelamiento de instalaciones nucleares y restauración de emplazamiento, para compartir y examinar los retos, logros y lecciones aprendidas en este terreno durante la última década. El objetivo es elaborar, concienciar y brindar recomendaciones sobre las estrategias y enfoques que pueden habilitar y mejorar la aplicación

segura y efectiva de los programas nacionales e internacionales en las próximas décadas.

Las últimas grandes conferencias organizadas por OIEA sobre estos temas tuvieron lugar en Atenas (desmantelamiento, 2006) y en Astana (restauración ambiental, 2009). Desde entonces, se han producido avances significativos en estas áreas y, por lo tanto, resulta oportuno

discutir las implicaciones para los programas e intercambiar experiencias recientes sobre estos temas. La propuesta de combinar los dos ámbitos en una conferencia proporcionará, además, una importante señal a la comunidad internacional en el sentido que existen importantes sinergias entre ambas actividades que deben ser exploradas para fomentar y optimizar su ejecución en todo el mundo. ■

**International Conference on
Advancing the Global Implementation
of Decommissioning and
Environmental Remediation
Programmes**

23–27 May 2016, Madrid, Spain

Organized by the IAEA International Atomic Energy Agency

held in co-sponsorship with the European Commission

in cooperation with the OECD Nuclear Energy Agency and NEA Nuclear Energy Agency

and the European Bank for Reconstruction and Development EBRD

CH 236

Cartel anunciador de la Conferencia Internacional que se celebrará en Madrid.

Juan José Zaballa expone en el Parlamento Italiano la experiencia española en gestión de residuos radiactivos

El presidente de Enresa, Juan José Zaballa participó en el Seminario “La gestión de los residuos radiactivos y su sistema de control” organizado en Roma, el pasado 16 de febrero, por el Parlamento italiano. El encuentro tenía como objetivo el contraste de experiencias entre Francia, España e Italia y contó, además del presidente de Enresa, con la participación de Jean Christophe Niel del organismo regulador francés (ASN), de Massimo Garriba, director de Energía Nuclear de la Comisión Europea, Roberto Mezzanotte y Stefano Laporta del organismo regulador italiano (ISPRA) y Giuseppe Zollino de la agencia de gestión de residuos de Italia (SOGIN).

El seminario estaba destinado a aportar información y experiencia internacional a la Comisión Mixta Parlamentaria sobre actividades ilícitas del ciclo de residuos italiana. En particular, se pretendía proporcionar a las autoridades italianas una visión comparada sobre sistemas de gestión

de residuos que ayude al proceso para dotar a ese país de las instalaciones correspondientes.

En su intervención, Juan José Zaballa comenzó haciendo referencia a los principales pilares del sistema de gestión de residuos radiactivos en España, como son la existencia de un marco claro y estable de asignación de responsabilidades, un sistema de financiación, la solución puesta en práctica para cada tipo de residuo y su proceso de desmantelamiento, así como la gran experiencia de planificación desarrollada mediante los sucesivos Planes Generales de Residuos.

Su presentación se centró, a continuación, en el proceso de creación o desarrollo del Centro de Almacenamiento de Residuos Radiactivos de Baja y Media actividad de El Cabril. La instalación fue explicada en varias de sus principales facetas, con énfasis especial en sus aspectos tecnológicos, proceso de licenciamiento, impacto económico y condiciones de su aceptación social. ■

Enresa explica sus proyectos de desmantelamiento en un encuentro en París de la industria nuclear española y francesa

Enresa asistió el pasado 17 de febrero en París a un encuentro entre la industria nuclear española y la industria nuclear francesa, que tenía como objetivo dar a conocer la situación actual del sector energético en ambos países, y en concreto sobre las actividades de desmantelamiento que se están desarrollando. La jornada fue organizada por Foro Nuclear con la colaboración de ICEX España Exportación e In-

versiones, a través de la Oficina Comercial de España en Francia y la Embajada de España. Durante la jornada más de cuarenta empresas expusieron las capacidades industriales, de cara a intensificar las relaciones comerciales tanto en Francia como en España, o en terceros países.

El jefe del departamento de relaciones internacionales de Enresa, Mariano Molina, realizó, durante

su presentación, un recorrido por los distintos proyectos de desmantelamiento desarrollados en España por Enresa, desde pequeños reactores de investigación, hasta en proyectos de mayor envergadura como el desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I (Tarragona), o el que actualmente se lleva en José Cabrera (Guadalajara).

En su intervención Molina también hizo referencia a los distintos proyectos de restauración ambiental que ha desarrollado la empresa pública. Entre sus conclusiones destacó las “grandes capacidades creadas” a lo largo de todos estos proyectos en España.

Por su parte, el presidente de Foro Nuclear, Antonio Cornadó, afirmó, en la inauguración de la jornada, que la industria nuclear española “es prestigiosa, cualificada y solvente y está preparada para competir en un mercado internacional en desarrollo”. ■



Representantes de más de cuarenta empresas asistieron al encuentro de la industria nuclear española y francesa.

© Foro Nuclear

Expertos de la NEA estudian en Enresa el reciclado de materiales



Los miembros de la NEA pudieron conocer la metodología de desclasificación de materiales y superficies en sesiones prácticas.

Un grupo de la Nuclear Energy Agency (NEA), el *Task Group on recycling and reuse of materials*, es-

tuvo recientemente en España para profundizar en sus estudios relacionados con la recupera-

ción y reutilización de materiales. La primera de las tres jornadas de las que constó este encuentro se desarrolló en la sede de Enresa en Madrid para, posteriormente, desplazarse hasta las instalaciones de la central nuclear José Cabrera, Guadalajara.

Durante dos días, los participantes, procedentes de países como Francia, Bélgica, Estados Unidos, Suecia o Alema-

nia, conocieron de primera mano los detalles y el estado actual en el que se encuentra el desmantelamiento de la instalación. Además, profundizaron en el conocimiento detallado de la metodología de desclasificación de materiales y de superficies que se aplica en Zorita, cuestiones que, junto con los fundamentos teóricos, pudieron visualizar in situ en sesiones prácticas. ■

Enresa se reúne con representantes del Fondo para el Desmantelamiento de la central nuclear de Krsko (Croacia) para explorar formas de colaboración



Panorámica de la central nuclear de Krsko, en Croacia.

Técnicos de Enresa se reunieron en febrero en Madrid con representantes de Fondo para el Desmantelamiento de la central Nuclear de Krsko, cuya propiedad comparten los gobiernos de Eslovenia y Croacia. El objetivo de este encuentro fue intercambiar información sobre los marcos institucionales en los que desempeñan sus funciones, presentar sus actividades y

skos, esta institución afronta actualmente un proceso de transformación por el que, junto con su misión original, asumirá también la responsabilidad de la gestión de los residuos radiactivos generados por las aplicaciones de la radioactividad en los sectores de la medicina, la investigación y la industria en este país balcánico. ■

proyectos en los ámbitos de la gestión financiera y la gestión de los residuos radiactivos, así como explorar potenciales vías de colaboración institucional en base a la experiencia acumulada por Enresa en el desarrollo del programa español, así como por su participación como entidad asesora en la creación de agencias homólogas en otros países europeos.

Constituida por el gobierno croata con el objeto de crear y gestionar el fondo que financiará el futuro desmantelamiento de la central Kr-

Enresa presenta su proyecto de comunicación del desmantelamiento de Zorita a comunicadores internacionales



© Enresa

Mesa redonda con los representantes de Alemania, Francia y España sobre la política de comunicación en los planes de desmantelamiento.

Durante los días 15 y 16 de febrero se celebró en Bucarest, el Public Information Materials Exchange (PIME), el encuentro anual de intercambio de experiencias de comunicadores relacionados con el sector nuclear que organiza la Sociedad Nuclear Europea en colaboración con FORATOM y el Organismo Internacional de la Energía Atómica. Durante el encuentro,

técnicos de la Unidad de Comunicación de Enresa presentaron el proyecto comunicativo que la empresa ha adoptado en el desmantelamiento de la central alcarreña.

Esta intervención tuvo lugar en una mesa redonda en la que participaban además dos representantes de Alemania y Francia. Los intervinientes expusieron los planes de desmantelamiento a desarrollar en sus países y cómo encajaba la comunicación en ellos. A continuación se analizaron dos casos prácticos de planes de comunicación durante un proceso de desmantelamiento: el español en José Cabrera, y el de Marcoule en Francia.



© Enresa

Los asistentes al PIME siguieron con atención las distintas presentaciones y experiencias en Comunicación.

Esta mesa redonda sobre Comunicación y Desmantelamiento cerró dos jornadas de ponencias en las que se analizaron distintas realidades de la Comunicación en el sector nuclear, como el uso de redes sociales, la relación con los públicos objetivos o el lobby. También se celebraron distintos talleres que sirvieron para intercambiar experiencias sobre todos estos aspectos por parte de los países participantes. ■

Sus actividades educativas fueron muy bien valoradas por los profesores

Enresa divulgó en Córdoba su actividad a más de 4.000 alumnos de primaria y secundaria durante 2015



Desarrollo de una actividad educativa de Enresa en Córdoba.

© Enresa

Las actividades educativas que Enresa desarrolla en Córdoba para dar a conocer su actividad llegaron en 2015 a un total de 4.413 alumnos de primaria y secundaria de 96 centros escolares diferentes. A lo largo de todo el año se realizaron 188 actividades que permitieron a este segmento escolar conocer mejor los fundamentos de la radiactividad y cómo se realiza la gestión de residuos radiactivos en el Centro de Almacenamiento de El Cabril.

Estas acciones, impartidas por el Servicio de Comunicación Social de El Cabril con la colaboración de la empresa Sistemas Medioambientales, han sido valoradas por los profesores con una gran puntuación -4,9 sobre 5 puntos-, expresando en la mayor parte de los casos lo acertado de la metodología para que los escolares asimilen conceptos científicos y técnicos.

El programa de actividades educativas que Enresa desarrolla

en Córdoba permite explicar, de forma sencilla y adaptada, los fundamentos de su actividad a un grupo escolar que por su edad (pertenecen a primaria y secundaria) aún no visita la instalación situada en Hornachuelos.

El interés de esta actividad por parte de los centros escolares ha sido creciente en los últimos años, y casi la totalidad de los centros han expresado su intención de repetir la actividad en próximos ejercicios. ■

A FINALES DE 2015, EL CAJÓN DEL REACTOR PASÓ LAS PRUEBAS QUINQUENALES DE ESTANQUEIDAD

VANDELLÓS I, EL GIGANTE DORMIDO

Con la culminación del Nivel 2 de desmantelamiento de Vandellós I, la central nuclear ha alcanzado una fase en la que, liberada la mayor parte del emplazamiento, se mantiene en latencia a la espera de que la radiactividad de las estructuras internas del cajón del reactor decaiga a niveles aceptables para su desmantelamiento. Desde entonces, quinquenalmente se realiza una prueba de estanqueidad del cajón del reactor supervisada por el Consejo de Seguridad Nuclear para verificar el confinamiento estático de su atmósfera interna.

Texto: **FRANCISCO MEDIAVILLA (TECNATOM) Y**

SERGI MARGALEF (ENRESA)

Fotos: **ENRESA**



Enresa finalizó en 2003 el Nivel 2 de desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós I, en lo que constituyó una actividad pionera en nuestro país y una muestra de la capacidad de la industria española para resolver los desafíos que suscitan algunos de sus procesos y tecnologías. El Nivel 2 de desmantelamiento, según la terminología del OIEA, supone la liberación de la mayor parte del emplazamiento y el mantenimiento en latencia de la instalación a la espera de que decaiga la radiactividad de las estructuras internas del cajón del reactor. Durante este periodo, quinquenalmente, se realiza una prueba de estanqueidad del cajón del reactor, supervisada por el Consejo de Seguridad Nuclear, para verificar la ausencia de fugas.

Enresa desmanteló entre 1998 y 2003 la central nuclear de Vandellós I (Tarragona), en lo que supuso el primer desmantelamiento de una central nuclear española y una de las primeras en Europa. En el año 2000, se selló el cajón del reactor de la central, ya sin combustible nuclear, y, desde entonces, permanece en confinamiento estático y en condiciones de aislamiento con respecto a la atmósfera exterior hasta que finalice la etapa de latencia de la instalación, en 2028.

Se trata de una estructura de hormigón pretensado y constituye un recinto estanco que fue diseñado para trabajar bajo presión. Contiene, básicamente, el reactor y los cambiadores del circuito primario, además de otros elementos de menor entidad. La pared de hormigón del cajón se complementa con un elemento de hermeticidad, denominado *piel de estanqueidad*, que consiste en una chapa de acero que recubre las paredes interiores del recinto, garantizando la hermeticidad del mismo. La *piel de estanqueidad* está recubierta a su vez por una protección térmica interna que, durante la fase de operación, limitaba las temperaturas alcanzables en la piel y las pérdidas de calor.

PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

Las condiciones de aislamiento del cajón del reactor son comprobadas cada 5 años, desde el momento de su aislamiento en el año 2000. A tal fin, se mide el nivel máximo de fugas con el exterior, sometiendo al cajón a una prueba global de estanqueidad integrada a presión que permita, a partir de la medición de sus condiciones internas y de su evolución a lo largo del tiempo de prueba, determinar la tasa de fugas esperable bajo unas condiciones estándar de diferencia de presión.

Esta prueba consta de cinco fases que se realizan en un tiempo total de 24 horas. Estas fases son la de presurización, de estabilización, la prueba de verificación y, finalmente, la despresurización.

La estanqueidad del confinamiento es comprobada con un doble objetivo. Por una parte, como garantía de la bondad del confinamiento del material radiactivo remanente en su interior y, por otra parte, por la influencia que la tasa de intercambio de aire interior-exterior tiene sobre las condiciones de la atmósfera interior y, en consecuencia, sobre el comportamiento de las estructuras interiores.

La prueba de estanqueidad se considera aceptable si la tasa de fugas medida es inferior a un valor de 1 m³/h asociado a una diferencia de presión media interior-exterior de 100 mbar, equivalentes a una fuga, a la presión de prueba, de 0,4767% masa de aire/día. Si los resultados de la prueba cumplen el límite establecido, los estudios llevados a cabo sobre el cajón aseguran que no se producirán condensaciones sobre las estructuras metálicas del interior, y que la evolución de la temperatura interior evitará la posibilidad de formación de fenómenos de rotura frágil de metales.

La prueba de estanqueidad, que se realiza en 24 horas, consta de cinco fases: presurización, estabilización, fuga controlada, verificación y despresurización

El método de prueba que se utiliza para la ejecución de la prueba integrada es el denominado 'método absoluto', basado en la norma ANSI/ANS-56.8 2002 "Containment System Leakage Testing Requirements". Este método calcula las pérdidas de aire del interior del cajón del reactor en un período de tiempo, por medio de las lecturas de presión, temperatura seca y temperatura de rocío tomadas durante la prueba. Los valores de

temperatura de rocío se utilizan para hacer las correspondientes correcciones de presión parcial de vapor de agua en la lectura de presión total.

Para la realización de la prueba se consideran los siguientes criterios e hipótesis:

- La prueba se realiza por el 'método absoluto', asumiendo por tanto que el volumen libre interno permanece constante

durante la prueba. A efectos de cálculo, este volumen se estima en 6.800 m³.

- Se aplica la técnica de cálculo llamada de 'variación de la masa' de aire seco contenido en el recinto, a lo largo del período de prueba. La masa de aire se calcula mediante la ecuación de los gases perfectos.
- La tasa de fuga calculada (en porcentaje de masa y día) se considera constante, aplicándose para su cálculo el método de la recta de regresión.
- La recta de regresión se calcula por el método de los mínimos cuadrados, a partir de la nube de puntos representativos de la masa de aire contenida en el cajón a lo largo



Introducción de la instrumentación en el cajón del reactor.

del tiempo de prueba. La pendiente de la recta representa la tasa de fugas.

- Se toma el límite superior de confianza de la tasa de fugas como estimador de la máxima fuga real. El cálculo corresponde a una probabilidad del 95% de confianza, según la metodología de la norma ANSI/ANS 56.8 2002.

EQUIPOS

La instrumentación que se utiliza para la realización de la prueba consta de 10 sensores de temperatura seca, de 3 sensores de temperatura de rocío, de 1 manómetro de presión absoluta y de 1 medidor de caudal. Cada medida de temperatura seca y de temperatura de rocío tiene un

peso equivalente a la fracción del volumen del cajón del reactor que le ha sido asignado, de tal manera que quedan reducidas a un valor de temperatura que se utiliza para los cálculos. La medida de temperatura de rocío que queda es la que se transforma en presión parcial de vapor de agua. Al valor de presión total se le resta la presión parcial de vapor de agua, obteniéndose una presión parcial de aire seco del interior del cajón del reactor que se utiliza para los cálculos.

El sistema de adquisición de datos está configurado por un explorador-programador, por un convertidor analógico-digital, por un voltímetro digital, por una interfase y por un registro instantáneo de datos en disco duro. Este sistema está dispuesto

desde 24 horas antes del comienzo de la presurización para la lectura de los parámetros de la atmósfera del recinto del cajón, tomándose los datos durante este periodo en intervalos de dos horas con objeto de comprobar el correcto funcionamiento de la instrumentación.

El sistema de proceso de datos está compuesto por dos ordenadores, uno configurado como principal y el otro de respaldo, un switch de comunicaciones y una impresora. El programa software adquiere los valores de las señales eléctricas correspondientes a los parámetros temperatura seca, temperatura de rocío y la señal del manómetro, convirtiéndolo en unidades de ingeniería mediante los correspondientes polinomios de calibración obtenidos en los certificados.



Conexión de la instrumentación.

FASES DE LA PRUEBA

La prueba de estanqueidad se divide en 5 fases:

1. **Fase de presurización:** El sistema de presurización está formado por dos compresores, enfriadores posteriores, separadores de humedad y aceite y por una torre de secado. De esta forma se tiene en cuenta no superar el 80% de humedad relativa dentro del cajón del reactor.

Se registran los valores de temperatura seca, temperatura de rocío y presión cada 15 minutos y tiene una duración de unas 4 horas.

Cuando la presión del aire en el recinto del cajón alcanza el valor correspondiente a la presión de prueba (0,5 bar abs + 0,1) se detiene la presurización, cerrando la válvula de



Sistema de adquisición de datos.

aislamiento entre el cajón y el sistema de presurización.

2. Fase de estabilización de la atmósfera interna: Se toman

entradas de datos de presión, temperatura seca y temperatura de rocío cada 5 minutos y tiene una duración mínima de 4 horas.

3. Fase de prueba: Se toman entradas de los datos atmosféricos del interior del cajón cada 15 minutos, y tiene una duración mínima de 8 horas, transcurridas las cuales la tasa de fugas debe ser inferior a 0,4767% masa de aire/día.

4. Fase de verificación: Sirve para verificar la validez de la instrumentación. Se establece un caudal de fuga controlada del cajón, registrando los datos atmosféricos cada 15 minutos con un periodo mínimo de 4 horas.

5. Fase de despresurización: A través de una unidad de filtrado, se evacúa todo el aire del interior del cajón del reactor. Durante esta



Pozo de presurización del cajón del reactor.

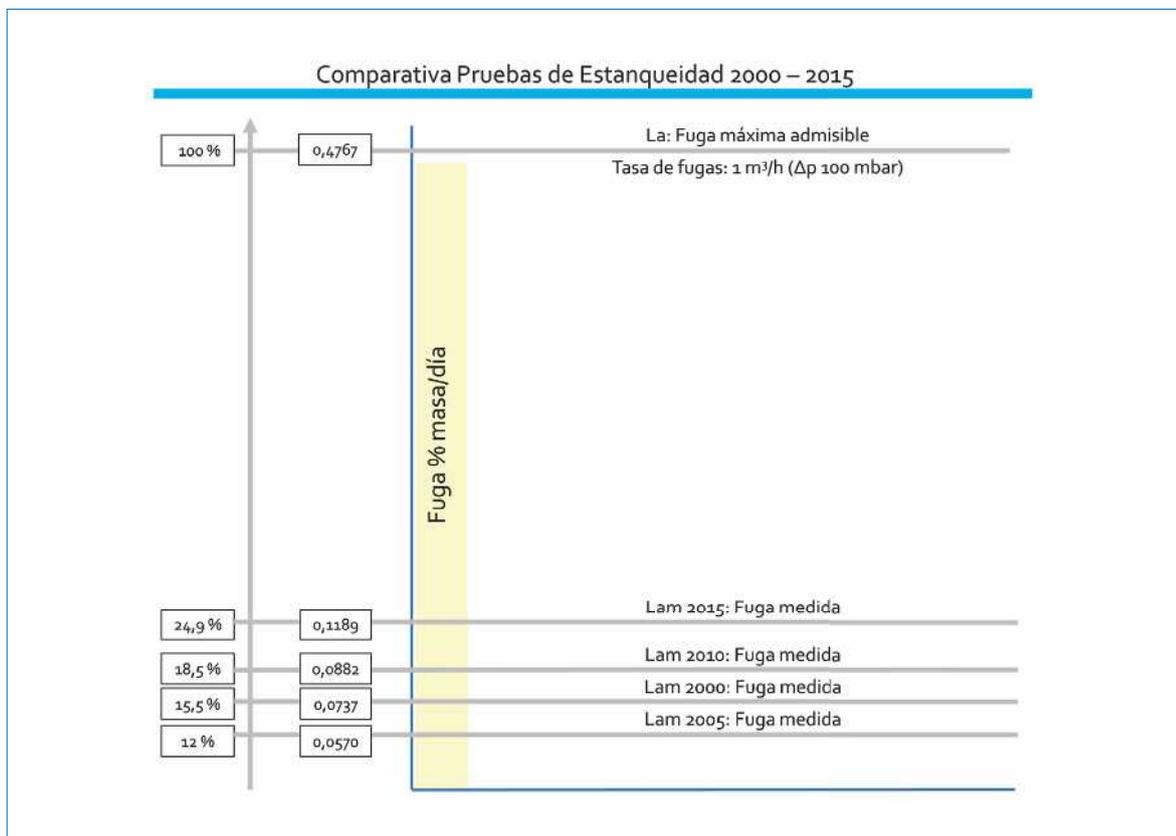


Sistema de extracción de gases.

fase de despresurización se realiza un seguimiento de la actividad del aire evacuado a través del sistema en continuo de vigilancia de efluentes gaseosos.

Al igual que en las tres ocasiones anteriores, en 2015, Tecnatom fue la empresa que realizó la prueba. En el gráfico se puede observar una comparativa de los resultados de las 4 pruebas

de estanqueidad realizadas hasta la fecha, concluyendo que las fugas del interior del cajón del reactor de la Instalación nuclear Vandellós 1 están muy por debajo del límite aceptable. ■





Complejo nuclear de Marcoule, en Francia.

EURATOM, ORIGEN Y CONTENIDOS DE COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA

Tras la creación, en 1951, de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (CECA), el primer paso para una Europa unida, Alemania Federal, Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo, y los Países Bajos firmaron, en marzo de 1957, los Tratados de Roma que establecían las bases para la creación de la Comunidad Económica Europea (CEE) y la Comunidad Europea de la Energía Atómica (CEEA o Euratom). Iniciamos con este una serie de artículos dedicados a presentar la gestación, los contenidos y la legislación emanada del Tratado Euratom, en particular en las áreas que más afectan a la gestión de residuos radiactivos.

Texto: **NURIA PRIETO SERRANO. DPTO. RELACIONES INTERNACIONALES DE ENRESA**



© kmaschke

nuclear. La frágil posición de Europa entre las dos superpotencias y la perspectiva dudosa de abrir una tercera vía, de dotar a los Estados europeos de una voz propia. La visión de la energía nuclear como la fuente que aseguraría el abastecimiento energético de esa nueva Europa en crecimiento.

Eisenhower había pronunciado en 1953 su célebre discurso *Atoms for Peace* ante la Asamblea General de la ONU, discurso que hoy evocamos como el inicio de una era de cooperación internacional en los usos nucleares civiles. Los acontecimientos se fueron precipitando hacia la creación de diversos foros e instituciones: el *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN) entre 1952 y 1954, la Conferencia de Ginebra en 1955, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) en 1957, y la Agencia de la Energía Nuclear (AEN), en el seno de la OCDE, un año después, entre otros.

Estados Unidos era el país que con mayor convicción impulsó este proceso de cooperación nuclear civil, en particular desde la promulgación de su ley nuclear de 1954. Al interés de las empresas norteamericanas por abrir mercados –y de la Administración Eisenhower por establecer en Europa alianzas políticas– hay que añadir el de los Estados europeos contemporáneos. Fuera de la Europa continental, Reino Unido ya operaba con éxito un reactor nuclear desde 1947. Se trataba de un reactor de investigación en Harwell, lugar que se convertiría cinco años más tarde en la sede de la *United Kingdom's Atomic Energy Authority* (UKAEA). A la altura de 1957, los británicos ya tenían cuatro reactores de pequeño tamaño en funcionamiento y uno a gran escala –Calder Hall, 1956–,

habían hecho detonar una bomba atómica en Montebello (Australia) y desarrollaban un programa militar termonuclear.

Francia, que no quería quedarse atrás ante la rapidez del desarrollo británico, era el país continental con más claro interés por desarrollar una industria nuclear nacional. El *Commissariat à l'Energie Atomique* (CEA) había sido constituido en 1945, por orden del General De Gaulle, y desde 1952 trabajaba en su primer reactor de investigación. El desarrollo alemán se produjo a paso más lento, pero decidido: su primer reactor de investigación se haría operativo en 1957, en Múnich. El resto de países de la Europa continental mantenía un perfil bajo en el desarrollo de actividades nucleares, con la excepción de Bélgica por sus lazos con Congo, exportador de mineral: en 1952 se estableció SCK-CEN, y en 1957 se inauguró Eurochemic, en Dessel, como un proyecto piloto de reprocesado en el que colaborarían diversos países de la OCDE, entre ellos España. Como una curiosidad: al año siguiente se celebraría en Bruselas la Exposición Universal de la que hoy aún podemos visitar el *Atomium*.

En este contexto, estadistas favorables a la integración europea supieron presentar el proyecto Euratom ligándolo a la creación de la Comunidad Económica Europea (CEE). La idea era sin duda la integración de los mercados, que conduciría a la unión política de Europa, el sueño de los padres fundadores Alcide De Gasperi, Jean Monnet, Robert Schuman, Paul-Henri Spaak o Altiero Spinnelli, entre otros. Hoy conocemos bien los procesos de ampliación y profundización europeos; sabemos que aquel Tratado CEE fue

Euratom es un tratado extraño, cuya existencia pasa desapercibida incluso para muchos expertos en Derecho Comunitario. Pareciera que sólo lo conocen quienes trabajan en el ámbito nuclear. Y, sin embargo, es uno de los tratados fundacionales de la Unión Europea, una rara joya que se ha mantenido casi como una fotografía sin apenas reformas desde que se adoptara en 1957. Si nos sumergimos en él, podemos encontrar aún vivo el espíritu de aquellos que, en la década de los cincuenta, pergeñaron el gran proyecto comunitario.

Para entender Euratom es necesario, más que con otros textos, figurarse las circunstancias que lo vieron nacer. El trauma de la Segunda Guerra Mundial; la reconstrucción y la Guerra Fría, marcada por el programa militar

El Tratado Euratom se redactó muy cuidadosamente como un sistema de equilibrio entre dos fuerzas opuestas: la promoción y el control de la energía nuclear en Europa

objeto de sucesivas reformas – Bruselas, Acta Única, Maastricht, Ámsterdam, Niza, Lisboa – a medida que las propias fronteras de la Unión crecían. Que esto fuera a ocurrir no era entonces ninguna obviedad. A menudo olvidamos que aquel proyecto iba acompañado de una integración sectorial en el ámbito de la energía que facilitó mucho que pudiera alcanzarse el objetivo principal. La integración energética era objeto de dos Tratados: CECA, estableciendo la Comunidad Económica del Carbón y del Acero, que se adoptaría en 1951 en París como un precedente de los Tratados de Roma; y Euratom, firmado conjuntamente con el Tratado de la Comunidad Económica Europea en 1957.

Los negociadores de los Tratados de Roma utilizaron la integra-

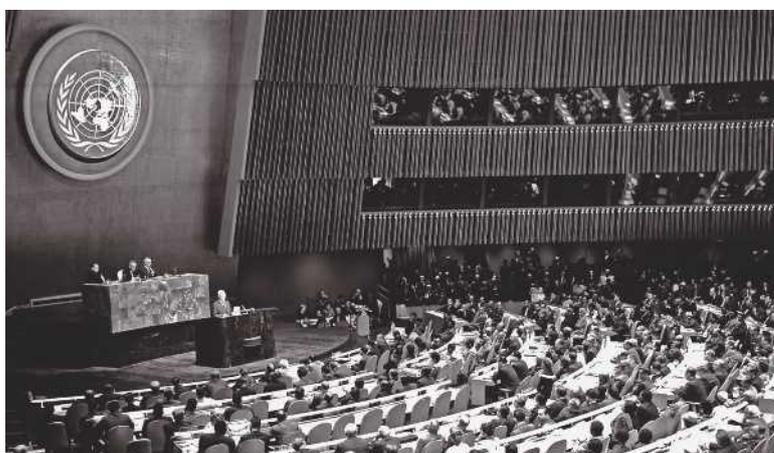
ción en el sector nuclear como un anzuelo para involucrar a Francia en el proyecto comunitario. Como se ha indicado, Francia tenía un gran interés en la colaboración técnica nuclear y en abrir un mercado de cooperación científica e inversiones comunes; sin embargo, en aquel momento tendía a una política proteccionista de su agricultura y su industria. El resto de países estaban menos interesados en la cooperación nuclear, enfocándose, en particular Alemania, en la liberalización de los mercados europeos. Durante las negociaciones, la crisis de Suez, en 1956, pondría de manifiesto los peligros de la dependencia energética respecto de Oriente Medio y convencería a la Europa de los Seis sobre la necesidad de crear una Comunidad de la Energía Atómica.

Un último apunte para diferenciar desde el inicio los Tratados CECA y Euratom: CECA regulaba un sector tradicional y básico en Europa desde el siglo XIX y más allá de su vida prevista (de 50 años) se consideró que no sería necesario perpetuarlo: por eso expiró en 2002. En cambio, Euratom se dirigía a una fuente de energía que se hallaba en sus primeros pasos y sobre la que recaían grandes esperanzas. El Tratado Euratom no tiene fecha de caducidad.

Las instituciones que trabajaban para CECA, Euratom y la CEE eran, al principio, independientes, existiendo sólo la Asamblea Europea –el Parlamento– como institución común. Es decir, había una Comisión de Euratom y un Consejo de Euratom distintos de la Comisión y el Consejo de las otras dos Comunidades. Testigos de aquellos primeros años cuentan de forma anecdótica que los funcionarios que empezaron a trabajar en las Comunidades Europeas con frecuencia consideraron Euratom como más prometedor para su carrera profesional, frente a las incertidumbres de la CEE –véase el documento que se cita como referencia-. Esta situación se prolongó hasta 1965, con el Tratado de Bruselas, también conocido como Tratado de Fusión, que dispuso la creación de una única Comisión y un único Consejo al servicio de las tres Comunidades.

LOS EJES DEL TRATADO: PROMOCIÓN Y CONTROL

El Tratado Euratom se redactó muy cuidadosamente como un sistema de equilibrio entre dos fuerzas opuestas: la promoción y el control de la energía nuclear en Europa.



Con el discurso 'Atoms for Peace' pronunciado por Eisenhower ante la Asamblea General de la ONU en 1953 se inicia una era de cooperación internacional en los usos nucleares civiles.

El carácter promocional del Tratado se advierte desde su misma enumeración de objetivos en los artículos 1 y 2:

“La Comunidad tendrá por misión contribuir, mediante el establecimiento de las condiciones necesarias para la creación y crecimiento rápidos de industrias nucleares, a la elevación del nivel de vida en los Estados Miembros...”

Deberá (...) facilitar las inversiones y garantizar, fomentando especialmente las iniciativas de las empresas, el establecimiento de las instalaciones básicas necesarias para el desarrollo de la energía nuclear en la Comunidad...”

Hay que señalar que las principales disposiciones promocionales son de seguimiento voluntario para los Estados miembros. Por lo tanto, el posible favorecimiento de la industria nuclear civil se debe a las decisiones de algunos Estados y no tanto a la acción benéfica del Tratado.

La parte promocional puede identificarse fácilmente en la estructura: los capítulos primero y segundo, destinados a desarrollar la investigación y asegurar la difusión de los conocimientos; el cuarto, sobre inversiones, y el quinto, sobre empresas comunes; y por último, el capítulo noveno, sobre mercado común nuclear.

Las disposiciones sobre apoyo a la investigación que aparecen en el Tratado Euratom son las primeras de tal tipo que históricamente se han regulado. En él se previó la creación de un Centro Común de Investigaciones Nucleares. Tal como el mismo Tratado permite, las actividades de este centro se repartieron en diversas sedes, que



El Tratado de Roma, en 1957, establece las bases para la creación de la Comunidad Económica Europea (CEE) y la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom).

hoy son Ispra (Italia), Mol (Bélgica), Petten (Holanda), Karlsruhe (Alemania) y Sevilla –el primero en constituirse fue el de Ispra–.

A estas disposiciones siguen otras sobre intercambio de la información, protección de la propiedad intelectual y aseguramiento de la confidencialidad. Se configura a la Comisión Europea como un órgano coordinador de la inversión en el sector nuclear y, lo que es más significativo, se propone la constitución de empresas comunes para facilitar la inversión en el sector, empresas que serán parcialmente financiadas por la Comunidad y seguirán las pautas determinadas por ella. El ejemplo más característico es *Joint European Torus (JET)*, la mayor instalación para la investigación de fusión, cuyos resultados han sido una base fundamental para *ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor)*.

El mercado común nuclear permitiría la libre prestación de servicios y la libre circulación de capitales, material nuclear y trabajadores. Este plan debía complementarse con la protección de la Comunidad de cara al exterior, es decir, con medidas intervencionistas para facilitar el acceso al material nuclear y

evitar la dependencia de un suministrador único.

En suma, la promoción sólo puede llevarse a cabo garantizando el control en una serie de áreas. Estas eran tres: el control de abastecimiento (capítulos sexto y octavo), el de salvaguardias (llamado en el Tratado ‘control de seguridad’, capítulo séptimo) y el control sanitario (capítulo tercero).

El control sobre el abastecimiento se centra en la creación de una Agencia de Abastecimiento Euratom y en el establecimiento de un derecho de propiedad de la Comunidad sobre el material fisiónable especial que se encuentre en ella. Originalmente, el Tratado preveía la instauración de un sistema monopolista de adquisición del material nuclear centrado en la Agencia de Abastecimiento Euratom (es decir, una especie de cártel de compras de material nuclear, del mismo modo que la OPEP, años después, se configuró como un cártel de ventas de crudo). La misión de la Agencia sería garantizar el abastecimiento de minerales y materiales nucleares de modo regular, es decir continuamente, y equitativo entre todos los Estados miembros, consagrando un principio de igual acceso a los recursos. Para llevar

©UE



En la década de los cincuenta, los británicos ya tenían cuatro reactores de pequeño tamaño en funcionamiento y uno a gran escala, Calder Hall, (en la imagen), que se inauguró en 1956.

37, único artículo del Tratado que se refiere explícitamente a los residuos radiactivos).

RAZONES PARA UN TRATADO LONGEVO

Como se ha indicado, a diferencia del Tratado CECA, Euratom tuvo la particularidad de que regulaba un tipo de energía que en tiempo de su redacción aún no se había desarrollado. Sus redactores hubieron de construir a menudo *puentes sobre el aire* para anticipar la regulación adecuada al sector. Con la información que tenían disponible, fue mucho lo que consiguieron.

Los puentes sobre el aire funcionaron bastante bien en muchos sentidos. En otros, las circunstancias desaconsejaron el seguimiento literal de las disposiciones de Euratom, por lo que existen artículos del Tratado que, o bien simplemente no se han utilizado, o bien incluso se han visto parcialmente contradichos por la práctica. Pueden citarse algunos ejemplos: el Tratado preveía la creación de una Universidad nuclear (art.9), que nunca llegó a constituirse entre otras razones por la buena marcha de CERN fuera del ámbito comunitario. Otro ejemplo: se dieron poderes a la Comunidad para regular en el área de la responsabilidad civil por accidente y seguros (art. 98), cosa que tampoco hasta ahora ha ocurrido (la legislación internacional en esta materia deriva de la acción de la AEN, o bien del OIEA). En el área del control, es aún más llamativo lo ocurrido con la propiedad sobre materiales nucleares y el procedimiento de comunicación a la Agencia para que esta ejerza sus derechos de compra anticipada y celebración

a cabo sus fines, a la Agencia se le dotó de dos instrumentos fundamentales, que son el derecho de opción y el derecho exclusivo de celebrar contratos. El régimen comunitario de propiedad sobre el material fisionable especial viene a reforzar los poderes de la Agencia.

El control de seguridad o salvaguardias, a diferencia del sistema regulado por el OIEA, no constituye un compromiso de renunciar al armamento nuclear, como evidencia la posesión de este tipo de armamento por Francia y Reino Unido. El compromiso que el Tratado establece es el de no declarar en falso acerca de la utilización del material. Cuando Francia y Alemania negociaron los términos del Tratado Euratom, el interés de Francia de desarrollar armamento nuclear hizo imposible que Euratom se convirtiera en una zona libre de armamento nuclear, ni que el Tratado Euratom precediera en este sentido al Tratado de No Proliferación. En virtud del capítulo séptimo del Tratado, se constituyó un cuerpo de inspectores que a la

postre realizaría funciones muy semejantes a los técnicos de salvaguardias del OIEA, con acceso a las instalaciones nucleares y los inventarios de material nuclear de los Estados miembros.

Respecto al control sanitario, recogido en el capítulo tercero, se establecieron una serie de previsiones que destacan por su carácter innovador en 1957. El capítulo tercero del Tratado empodera a la Comunidad para establecer normas básicas en el área de la protección radiológica, siendo asistida por un Comité de expertos nacionales. A este respecto, la Comisión puede acceder a las instalaciones de control de atmósfera, aguas y suelo de los Estados miembros. La Comunidad no tiene la facultad de prohibir la realización de experimentos peligrosos a los Estados miembros si estos no interfieren en el territorio de sus vecinos, manteniendo sólo su derecho a emitir un dictamen al respecto. Determinar una política de gestión de residuos radiactivos también es algo que compete a los Estados, que sólo han de comunicar a la Comisión sus planes al respecto (artículo

Las disposiciones sobre investigación han dado soporte a sucesivos programas marco, además de inspirar el capítulo sobre investigación del Tratado de la Comunidad Económica Europea, introducido tres décadas después

de contratos: las reservas de uranio superaron pronto y mucho la escasez que habían augurado los redactores de Euratom, lo que hizo perder virtualidad la idea de configurar a la Comunidad como un cártel de compra de materiales nucleares. El régimen de propiedad previsto en el Tratado no llegó a desarrollarse en la medida esperada, y los derechos conferidos a la Agencia se ejercitaron restrictivamente, en el sentido de controlar la Comisión la cantidad y origen del material nuclear importado.

Sería injusto señalar estas carencias o debilidades del Tratado sin hacer referencia a otros aspectos mucho más fructíferos. Por ejemplo, las disposiciones sobre

investigación han dado soporte a sucesivos programas marco Euratom, además de inspirar el capítulo sobre investigación del Tratado de la Comunidad Económica Europea (TCEE), introducido tres décadas después. Lo mismo ocurre con la protección medioambiental, presente en el capítulo sobre protección sanitaria de Euratom e introducida en el TCE mucho más tardíamente (1992). En estos dos campos, la regulación en el TCE toma prestadas ideas de Euratom tales como los programas multianuales, la financiación por la Comunidad, las empresas comunes, la coordinación de políticas nacionales, etc.

El accidente de Chernobyl, en 1986, fue un revulsivo para el de-

sarrollo del Derecho derivado en el área de protección radiológica sobre la base del capítulo tercero del Tratado Euratom. También con base en Euratom se realizaron acuerdos de cooperación con los futuros Estados miembros, así como con los nuevos Estados independientes surgidos tras la desintegración de la Unión Soviética. Recientemente este es el capítulo que se ha visto sometido a una interpretación más innovadora –aspecto que se tratará en otro artículo–.

Los detractores de Euratom critican la escasa implicación del Parlamento Europeo en la elaboración de Directivas y Derecho Derivado, ya que las decisiones con base en este Tratado se toman por mayoría cualificada en el Consejo. Esto es cierto y responde al hecho de que este era el procedimiento común en 1957. A lo largo de las últimas décadas, si bien el Parlamento Europeo ha ‘conquistado’ su derecho a intervenir en la elaboración de normas del TCE, hasta el punto de que la codecisión es hoy el mecanismo estándar, el Tratado Euratom ha quedado inalterado en este punto, pese a las quejas reiteradas del Parlamento. Cambiar este aspecto del Tratado supondría, como establece el Derecho Comunitario, convocar una Conferencia Intergubernamental y llegar a acuerdos que, en el contexto de los Estados miembros actuales, parecen inalcanzables. Por esta y por otras variadas razones, parece que aún tenemos Tratado Euratom para muchos años. ■

Para saber más... Parlamento Europeo: *The European Parliament and the Euratom Treaty: Past, Present and Future*; Bruselas, diciembre de 2001, PE-ENER 114 EN



Sede del Organismo Internacional de la Energía Atómica, en Viena (Austria).

CARLOS LÓPEZ-OTÍN, CODIRECTOR DEL EQUIPO ESPAÑOL EN EL CONSORCIO INTERNACIONAL DE LOS GENOMAS DEL CÁNCER

“HAY QUE ESFORZARSE PARA ACERCAR LOS AVANCES CIENTÍFICOS A LA SOCIEDAD”

Este especialista en bioquímica y biología molecular explica que la mayoría de los tumores malignos surge por alteraciones en el genoma, pero que no se heredan de los progenitores sino como consecuencia del diálogo del genoma con el ambiente, en el interior de las células y en el entorno del ser humano. Los tumores hereditarios se pueden reconocer con cierta facilidad y ofrecer medidas de intervención apropiadas. Para prevenir los que no lo son, lo fundamental es llevar una vida sana y equilibrada, no fumar, evitar la obesidad, no exponerse en exceso al sol... aunque todo esto, asegura López-Otín, no garantiza la invulnerabilidad.

Texto: **GERMÁN HESLES**

Fotos: **UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

Carlos López-Otín, catedrático de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad de Oviedo, compagina su labor docente con el desarrollo de líneas de investigación sobre cáncer, envejecimiento y análisis funcional de genomas y es el científico español más citado en su campo y el único entre los diez primeros de Europa. También es académico de la Academia Europea y de la Real Academia de Ciencias de España y doctor honoris causa por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo y por la Universidad de Zaragoza.

¿Cuál ha sido el descubrimiento más importante de su equipo?

En nuestro laboratorio hemos tenido la fortuna de participar en proyectos tan simbólicos como la anotación del genoma humano o el desciframiento de genomas de gran interés evolutivo como el del chimpancé. En el ámbito de la patología humana, hemos des-

cubierto y puesto nombre a más de 60 nuevos genes implicados en la progresión tumoral, hemos descifrado el genoma de centenares de pacientes con cáncer, hemos identificado nuevos genes causantes de progeria, muerte súbita y melanoma, y muy recientemente, hemos podido definir las claves moleculares del envejecimiento humano. Pero, en realidad, el mayor logro es el trabajo de cada día, independientemente de su repercusión.

Asegura que no hay dos cánceres iguales, por tanto no existen enfermedades sino pacientes ¿Es asumible social, sanitaria y económicamente la medicina personalizada?

Lo que no es asumible nunca es la ignorancia o la injusticia, así que habrá que esforzarse para encontrar soluciones que acerquen los avances científicos a toda la sociedad.

¿Llegará un momento en que el cáncer se podrá diagnosticar una sencilla prueba periódica?

Ya se hace en algunos casos, y los avances en biología molecular harán posibles nuevos y mejores métodos de anticiparnos al desarrollo de los tumores malignos.

¿Está todo escrito en nuestro genoma? ¿El cáncer es hereditario? ¿Qué se puede hacer para evitarlo?

Se suelen confundir los conceptos de genético y hereditario. Sólo algunos tumores son hereditarios, alrededor del 10% de todos los casos actuales, pero eso no significa que los restantes no tengan un origen genético. La gran mayoría de los tumores malignos surgen por alteraciones en el genoma, pero estas alteraciones no las heredamos de nuestros progenitores sino que las adquirimos como consecuencia del diálogo del genoma con el ambiente, tanto el del interior de nuestras células como el del mundo que nos rodea. Los tumores hereditarios se pueden reconocer con cierta facilidad, definir las mutaciones que los causan, y ofrecer a sus portadores el consejo genético y las medidas de intervención más apropiadas para cada caso. Para prevenir los tumo-



res no hereditarios, hay que seguir las recomendaciones habituales, vida sana y equilibrada, no fumar, evitar la obesidad, no abusar de la exposición al sol... aunque ello no garantiza la invulnerabilidad, pues nuestro diseño evolutivo nos predispone al cáncer con el paso del tiempo.

La inmortalidad celular es una realidad en algunos casos. ¿Hay forma de utilizarla en beneficio del ser humano?

Por definición, las células tumorales son inmortales, han superado las barreras biológicas intrínsecas que limitan el número de veces que una célula sana puede dividirse, para así evitar transformarse en tumoral. Del estudio de las células inmortales se aprenden grandes lecciones, pero, en nuestro caso, no para adquirir esta propiedad sino para evitarla. Tras leer *El Inmortal de Borges*, *Los viajes de Gulliver*, o *El retrato de Dorian Gray*, no creo que tenga mucho interés perseguir la inmortalidad, ni siquiera buscar ningún elixir de eterna juventud.

Provenimos de una única célula. Hace 700 millones de años las ganas de cooperar nos transformaron en pluricelulares, pero dejamos de ser inmortales. ¿Qué le sucedió a esa célula para que decidiera que era mejor cooperar con otras aun perdiendo su cualidad inmortal?

Fue por obligación, o se asociaban o no podían sobrevivir en un entorno complejo y difícil. Las células que lo consiguieron tuvieron una gran ventaja evolutiva que unos cuantos miles de años más tarde ha servido para traernos a todos hasta aquí.

¿Hasta qué punto el hombre es la acumulación de errores y fallos que se producen cada vez que replicamos su material genético?

Si no hubiera habido mutaciones, seguiríamos siendo microbios. Los errores cometidos durante la replicación del genoma nos han permitido evolucionar con un objetivo principal, la adaptación más adecuada a un ambiente cambiante.

El envejecimiento y el cáncer surgen de células progenitoras dañadas genética y epigenéticamente ¿Qué más tienen en común?

Muchas cosas: cambios metabólicos, disfunciones mitocondriales, pérdida de la proteostasis... en suma, ambos procesos son manifestaciones claras de la pérdida de la armonía molecular que hace posible cada instante de vida en cada organismo.

Si no hay dos tumores iguales ¿a qué se le llama cáncer?

Es un término genérico, demasiado ambiguo me atrevo a decir, hay más de 200 tipos de tumores distintos y cuando ponemos el foco molecular sobre sus genomas es cuando aprendemos que incluso dentro de cada uno de estos tipos de cáncer no hay dos tumores que porten las mismas mutaciones.

¿Se puede prevenir el envejecimiento?

El envejecimiento en la especie humana es un proceso natural

Del estudio de las células inmortales se aprenden grandes lecciones, pero, en nuestro caso, no para adquirir esta propiedad sino para evitarla

e inexorable, pero la longevidad es plástica y podemos intervenir sobre ella de varias maneras, aunque lo primero es tener unos buenos genes. Hay variantes génicas llamadas polimorfismos que nos predisponen a la longevidad. Los centenarios y supercentenarios suelen tener varios de estos polimorfismos, pero de nada sirven si el diálogo con el ambiente no es adecuado. En la mayoría de ellos están basados en el empleo de miméticos de restricción calórica que activan procesos protectores naturales como la autofagia o la hormesis.

“Suicidio celular por el bien común” es una expresión que usa...

Cualquier célula que ha sufrido daños irreversibles entra en un proceso denominado apoptosis o muerte programada que evita que se divida y transmita un genoma

defectuoso a sus descendientes. Las células tumorales se hacen resistentes a la apoptosis inactivando los genes responsables de este proceso de protección del organismo.

¿A qué se refiere cuando habla de células egoístas?

Se desentienden del bien común y su objetivo pasa a ser el dividirse sin control, las células tumorales son las campeonas del egoísmo en el mundo minúsculo.

Los oncogenes, los genes supresores y los genes de reparación pueden fallar, dejar de crecer, crecer más de la cuenta o migrar adonde no deben ¿El cáncer se produce por uno o varios de estos factores?

En la gran mayoría de los casos son necesarias muchas mutaciones para conseguir la transformación

celular. Cuando lees el genoma de un tumor te das cuenta de que está ante un auténtico naufragio genómico, por eso me suelen ofender los que proponen soluciones banales frente al cáncer.

“Cuanto más complejo se vuelve un sistema, más improbable resulta, más cosas pueden fallar y más esfuerzo conlleva su mantenimiento”. La afirmación es de un psicólogo, pero ¿se puede aplicar a la biología?

Absolutamente, somos seres improbables y complejos, y jugando con las palabras, nuestro cerebro es la máquina de pensar más impensable que pueda imaginarse, pero pese a todo funcionamos, alcanzamos de media 80 años y en ese largo tiempo tenemos de vez en cuando alguna oportunidad de ser felices, aunque no alcancemos el máximo permitido ‘14 días y no seguidos’. Para lograrlo, la evolución nos ha dotado de una copiosa colección de genes de reparación de daños genéticos que cuidan la estabilidad del genoma y evitan que nuestra vida sea más corta que la de una libélula. Lógicamente, esos mecanismos se desajustan con el paso del tiempo y finalmente envejecemos, a uno u otro ritmo, cada uno al suyo, pero envejecemos “hasta que nos disolvemos en el aire cotidiano” como diría el gran Ángel González.

¿El ser humano sigue evolucionando?

Sin duda, lo que sucede es que la evolución biológica es muy lenta, y en el caso de la especie humana está siendo superada por otra forma complementaria de evolución, que llamamos evolución cultural y que será la que acabará por dictar nuestro destino.



Carlos López-Otin y su equipo han identificado nuevos genes causantes de progeria, muerte súbita y melanoma. Además han definido las claves moleculares del envejecimiento humano.

¿Cómo se decidió que así fuera y cuál es el estado de la investigación?

Precisamente por eso, porque es una enfermedad muy frecuente y además muy heterogénea a nivel biológico y clínico. Hay pacientes con evolución indolente de su leucemia y otros con muy mal pronóstico y pensamos que eso debía estar escrito en el genoma, como así ha sido. Respecto al trabajo, recientemente, publicamos los resultados del análisis del genoma de 500 pacientes con leucemia linfática crónica y la identificación de nuevas mutaciones recurrentes, incluso en regiones no codificantes del genoma. En la actualidad, nos hallamos inmersos en el estudio funcional de estas mutaciones y en la evaluación de su relevancia clínica como marcadores para predecir el curso de la enfermedad y anticiparnos a las posibles recurrencias.

¿Las terapias genómicas pueden curar, frenar o revertir el cáncer?

En algunos casos ya se ha conseguido trasladar la información genómica al desarrollo de nuevos tratamientos. De hecho, este es el objetivo de la Oncología del futuro, una Oncología molecular y de precisión basada en tratamientos específicos para cada tumor. Estos tratamientos tendrán que apoyarse en definir el paisaje mutacional de los tumores y usar esta información genómica para escoger los fármacos más adecuados o para diseñar vacunas antitumorales específicas para cada caso concreto.

¿Si se bloquea una mutación no se abren otras puertas para que el genoma mutado interactúe o deje de hacerlo con otros que no debe o que debería hacerlo?

Los tumores son incansablemente adaptables y por ello, muchas veces aparecen resistencias a los tratamientos, ante esta situación solo cabe estudiar y adelantarse a estas resistencias usando nuevas estrategias como las biopsias líquidas o la secuenciación de subclones tumorales a alta resolución.

¿Cómo convive un investigador que trabaja en genética con los límites éticos, médicos, naturales o filosóficos que se plantean?

Con respeto máximo a todas las opiniones y a todos los planteamientos siempre que vengan acompañados del mínimo conocimiento biológico y molecular necesario para discutir de temas biológicos. Por ejemplo, hoy no se pueda dogmatizar sobre dónde empieza la vida sin saber en qué consiste la reprogramación celular.

¿Dónde empieza la vida?

Es una pregunta que hoy ya no admite una única respuesta, porque puedo tomar unas pocas células de mi mano, cultivarlas en el laboratorio, añadirles los cuatro factores proteicos de Yamanaka, y volverlas atrás en el tiempo hasta un estado casi embrionario pleno de juventud y pluripotencialidad bioquímica.

Seguramente recibirá peticiones desesperadas de personas enfermas o de sus familiares...

Todas las semanas dedico un día entero a recibir pacientes con casos difíciles o imposibles para intentar asesorar, ayudar, compartir, comprender y, por supuesto, investigar científicamente cada caso de acuerdo con nuestras posibilidades. En estas visitas, se reciben grandes lecciones acerca de la vulnerabilidad humana. ■

Una carrera de trabajos y premios

Carlos López-Otín ha desarrollado su labor profesional en el Hospital Ramón y Cajal y en el Centro de Biología Molecular Severo Ochoa de Madrid, y en las universidades de Lund en Suecia y Nueva York y Harvard en Estados Unidos.

El trabajo del grupo que dirige ha permitido la identificación de más de 60 nuevos genes humanos y el análisis de sus funciones en la progresión tumoral y en otros procesos normales y patológicos. También ha contribuido a la anotación y caracterización del genoma humano y de otros organismos de interés biomédico y evolutivo, desde el chimpancé y el orangután hasta las ballenas boreales.

Desde 2010, codirige la contribución española al Consorcio Internacional de los Genomas del Cáncer, que ya ha logrado descifrar el genoma de medio millar de pacientes con cáncer. Entre sus trabajos más recientes destacan el descubrimiento de un nuevo síndrome hereditario de envejecimiento acelerado, la identificación de nuevos genes causantes de muerte súbita hereditaria y melanoma hereditario, y la definición de las claves moleculares del envejecimiento humano. A lo largo de su carrera científica ha recibido diversas distinciones como el Premio Europeo FEBS de Bioquímica, el Premio Dupont en Ciencias de la Vida, el Premio Carmen y Severo Ochoa, el Premio México de Ciencia y Tecnología, el Premio Rey Jaime I de Investigación y el Premio Nacional de Investigación Santiago Ramón y Cajal.



EN ESPAÑA, EL CENTRO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS UBICADO EN ALCALÁ DE HENARES DISPONE DE 70.000 MUESTRAS CONGELADAS

EL ARCA DE NOÉ DE LAS SEMILLAS

La denominada 'Bóveda del Fin del Mundo', sita en el archipiélago ártico de Svalbard, reúne más de 860.000 muestras de semillas de todo el mundo. El objetivo de su existencia —como el de otros miles de bancos de este tipo en todo el planeta— es preservar la diversidad genética de los cultivos, gran parte de los cuales están desapareciendo en la actualidad. Un tratado internacional aprobado por la ONU, y en vigor desde 2004, permitió la construcción de este 'santuario' donde más de cien países mantienen sus propios bancos de semillas, congelándolas a 18 grados bajo cero para rebajar su actividad biológica.

Texto: **ROSA M. TRISTÁN**

La tumba de Tutankamón, muerto hace más de 3.500 años, es para algunos el primer banco de germoplasma conocido, pues cuando se encontró intacta aún guardaba en su interior semillas destinadas a la vida futura del faraón. En la actualidad, más de mil bancos de semillas distribuidos por el planeta intentan conservar, también para el futuro, una biodiversidad que se está perdiendo a pasos agigantados.

Podría decirse, que este afán de salvaguarda tiene su sede 'central' en una remota isla, Spitsbergen, cercana al Polo Norte y perteneciente al archipiélago noruego de las Svalbard. Un espacio que pretende ser un seguro de vida ante la posibilidad de una catástrofe, una guerra devastadora o un desarrollo agro-industrial que podría acabar con las plantas que desde hace más de 10.000 años han permitido a los seres humanos alimentarse, adaptándose, y

adaptándolas, a las necesidades del hombre.

Por fuera, la Bóveda Global de Semillas, como se la conoce oficialmente, apenas es un bloque de hormigón hincado en una montaña de arenisca, siempre nevada, en uno de los lugares de la Tierra más inhóspitos y también más seguros. Su sismicidad es mínima, nunca se inundará y el permafrost —el suelo permanentemente congelado pero no siempre cubierto de hielo o nieve— mantiene un frío glacial perfecto que la convierte en la mayor nevera del mundo.

200 MILLONES DE SEMILLAS

Inaugurada en 2008 en lo que era una antigua mina excavada a 130 metros de profundidad, su pequeña entrada exterior da paso a un espectacular túnel que acaba en tres grandes salas selladas con capacidad para albergar más de 4,5 millones de muestras, un

total de más de 2.000 millones de semillas. Todas, medidas en cajas negras de 500 unidades y perfectamente identificadas.

En los ocho años que lleva construida, ya son 104 los países que han aportado a este gélido banco muestras de los cultivos que a lo largo de milenios brotaron en sus territorios, dando lugar a una biodiversidad que parecía no tener límites hasta mediados del siglo pasado. Pero ya no es así, y después de confirmarse la pérdida del 90% de la diversidad agrícola en apenas unas décadas, la comunidad internacional optó por conservar todas las simientes posibles rebajando su actividad biológica con menos temperatura, humedad y oxígeno, es decir, congelándolas a 18°C bajo cero mediante energías convencionales. A día de hoy, sus depósitos subterráneos acumulan más de 860.000 muestras diferentes, cada una en su caja.

Hasta 2015, no había sido preciso abrir la bóveda para extraer parte de su tesoro, pero la guerra

Tras confirmarse la pérdida del 90% de la diversidad agrícola en apenas unas décadas, la comunidad internacional optó por conservar todas las simientes posibles congelándolas a 18°C bajo cero

que asola Siria ha dado pie a esa primera ocasión, después de que se destruyera el valioso banco de semillas que el Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas (ICARDA) tenía cerca de la ciudad de Aleppo, no lejos del llamado Creciente Fértil, justo

donde se cree que el ser humano dio origen a la agricultura. En septiembre, los científicos sirios, refugiados en Marruecos, pidieron al centro de Svalbard parte del material que habían depositado allí hacía unos años para poder seguir investigando sus propie-

dades: “El valor de este almacén no es sólo una previsión para una teórica crisis alimentaria, sino también nos permite seguir analizando las características de la biodiversidad cuando desaparece”, señaló entonces el responsable de la Bóveda, Cary Fowler.

MÁS COMIDA, MENOS GENES

El afán por conservar semillas con fines científicos, conservacionistas y alimentarios surgió en las últimas décadas del siglo pasado. Fue tras la II Guerra Mundial cuando el aumento de la población mundial hizo necesario incrementar la producción alimentaria gracias a lo que se llamó la Revolución Verde, que logró su objetivo, pero que tuvo como consecuencia una pérdida tremenda de especies al potenciar sólo las más productivas. Cultivos como el trigo o el arroz llegaron a duplicar sus cosechas en tiempo récord, eso sí con un coste muy elevado.

“Perdimos en un siglo en torno al 90% de la diversidad agrícola y con ella genes que podían ser útiles para la adaptación, la calidad nutricional o la resistencia a enfermedades de muchas plantas con un larga historia”, apunta el catedrático José Esquinas, ex secretario de la Comisión sobre Recursos Genéticos para los Alimentos y la Agricultura de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y uno de los mayores expertos mundiales en la materia. De hecho, fue Esquinas quien promovió la firma de un tratado internacional vinculante que pusiera remedio a esta oculta extinción: el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la



La Bóveda Global de Semillas ocupa lo que antiguamente fue una mina excavada a 130 metros de profundidad. Un bloque de hormigón sobre una montaña siempre nevada da acceso a las instalaciones.

Agricultura (TIRFAA), aprobado por la FAO en el 2001 y ratificado por el Parlamento español en el 2004.

Si bien en los años 40 la FAO ya había mostrado su preocupación por este asunto, hasta los años 70 y 80 no comenzaron las negociaciones para recolectar, conservar e intercambiar germoplasma a nivel mundial. La cuestión era que la mayor diversidad se encontraba en países en desarrollo (zonas tropicales y subtropicales), pero los bancos de semillas estaban sobre todo en los países desarrollados. Esquinas recuerda bien aquellas discusiones: “El problema era a quién pertenecía el material. Fue entonces cuando España propuso desarrollar un tratado internacional y un banco bajo jurisdicción de la FAO en donde las semillas se conservaran mucho tiempo”.

TRATADO Y FASE DE CONSTRUCCIÓN

El Tratado, que promovió el experto español, tardó décadas en ser aprobado y ratificado por 30 los países, hasta que entró en vigor en 2004 (ahora son 136), y el banco abierto en Svalbard, en el marco jurídico del Tratado, también tuvo un largo recorrido hasta ser realidad bajo las nieves permanentes del Ártico.

Para empezar, había que decidir dónde construirlo. Esquinas recuerda que en los años ochenta visitó varios posibles emplazamientos: en Jujuy (norte de Argentina), algunas cuevas bajo los glaciares de Perú y Svalbard, donde el gobierno noruego cedía unas antiguas minas, que finalmente fueron las elegidas. Aunque la construcción la financió Noruega –con un coste de 9 millones de

euros- estaba además la complicación del pago a perpetuidad de su mantenimiento, pues la FAO no disponía de presupuesto para ello. La solución fue optar por un instrumento financiero: los países o empresas depositantes prestan dinero al Global Corps Trust, que lo gestiona, y con los intereses generados se pagan los gastos.

“La idea original era que todo lo depositado allí fuera Patrimonio de la Humanidad, aunque al final es un depósito de semillas de cada uno de los países, pues siguen siendo tuyas. De hecho, según el Tratado hay 64 géneros de plantas que están en un sistema multilateral, lo que implica que están a libre disposición, pero otras están en un sistema bilateral en el que los países propietarios deciden para quién están disponibles. En Svalbard también hay semillas de países



Un espectacular túnel conduce a las tres grandes salas selladas con capacidad para albergar más de 4,5 millones de muestras.

La Bóveda se ha abierto por primera vez tras la destrucción por la guerra de Siria del valioso banco de semillas del Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas de Alepo

que no han firmado el Tratado y que no están disponibles para otros, o de empresas. Es decir, son como las cajas de seguridad de un banco, una copia de seguridad con dueños”, señala el catedrático, quien hace hincapié en que, con o sin banco bajo los hielos, el mejor método para conservar la diversidad agraria mundial es in situ, en la tierra, porque “es fruto de la adaptación al ambiente y la evolución no se puede congelar”.

En los años sesenta se descubrió que la vida de las simientes, que es de entre cuatro y 15 años, se duplica por cada 5°C menos y cada

1% menos de humedad. En ello se basa el banco polar y muchos otros. Una alternativa sería conservarlas en nitrógeno (-196°C), pero es un sistema demasiado costoso. También se sabe que hay semillas ‘recalcitrantes’ que no pueden congelarse, y por tanto en estos casos se conserva el brote de la planta in vitro.

CENTRO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS

En España, el frío también es la opción más aceptada. Así lo cree Isaura Martín, investigadora del

Centro de Recursos Fitogenéticos (INIA-CSIC), cuya sede en Alcalá de Henares es el mayor banco de semillas de España, con unas 70.000 muestras congeladas y, de ellas, unas 40.000 variedades españolas. La inmensa mayoría ya no crecen en este país. Sólo de trigo, hay en el banco del INIA más de mil especies diferentes, si bien hoy se cuentan con los dedos de la mano las que se cultivan.

El INIA es uno de los 30 bancos de semillas que hay en todo el territorio, dependientes de instituciones y comunidades autónomas. Es en este centro donde se lleva el inventario nacional, tal como precisó el Programa Nacional de Conservación y Utilización de los Recursos Fitogenéticos, aprobado por el Gobierno en 1993. Además, mantiene importantes colecciones activas y duplicados de seguridad de todas las colecciones de la red.

Parte de su colección de cereales y leguminosas fueron recogidas en la primer mitad del siglo XX, pero hace décadas que ya no existen in situ; otras muchas se las envían y también las recogen en expediciones que aún realizan los investigadores al mundo rural, a ‘la caza’ de ese agricultor que guarda unas semillas tradicionales para su autoconsumo, porque ese tomate o las acelgas de los antepasados son únicas. “En el banco tenemos semillas de más de mil tomates y mil lechugas diferentes y, como todas, están documentadas e inventariadas por si alguien nos las pide, porque cada vez hay más solicitudes”, señala Isaura Martín.

Y es que en los últimos tiempos, tras años de uniformidad, el impulso de la agricultura ecológica ha traído la puesta en valor de



El INIA, uno de los 30 bancos de semillas que hay en España, mantiene importantes colecciones activas y duplicados de seguridad de todas las colecciones de la red.

Pruebas de la pérdida de biodiversidad agrícola

De las nefastas consecuencias de la pérdida de biodiversidad agrícola hay pruebas históricas: entre 1840 y 1850 murieron de hambre en Irlanda dos millones de personas y otras muchas emigraron a Estados Unidos, después de que las patatas traídas de América se vieran afectadas por una plaga. Si hubiera habido más variedades, aquella hambruna no hubiera vaciado un país en tan poco tiempo.

También hay evidencias del interés respecto a lo que representan los bancos de semillas, como lo que ocurrió con la colección del Instituto Vavílov durante la ocupación nazi en Rusia: el biólogo Nikolài Vavílov había iniciado una colección de semillas que llegó a tener 300.000 muestras y los invasores incluso crearon un comando de las SS para apropiarse de esos recursos fitogenéticos.

Por último, se detectó que la pérdida iba in crescendo: si en 1949 China cultivaba 10.000 variedades de trigo, en 20 años habían pasado a menos de mil; México había perdido el 20% de sus variedades de maíz y en Estados Unidos quedaba apenas el 5% de las especies de manzanos que tenían a comienzos de siglo. "Alimentarnos con semillas comerciales mejoradas y uniformes acababa extinguiendo aquellas útiles para el propio mejoramiento agrícola", explica José Esquinas, ex secretario de la Comisión sobre Recursos Genéticos para los Alimentos y la Agricultura de la FAO.

aquel producto tradicional que se quiere recuperar, y los ecoagricultores acuden en busca de las semillas al INIA. "Les damos

50 o 100, lo suficiente para que puedan multiplicarlas. Además, aquí también hacemos multiplicación de las semillas, ponien-



En el banco hay semillas de más de mil tomates y mil lechugas diferentes, todas documentadas e inventariadas.

do cuidado en que tengan las mismas condiciones que en el pasado y en que nos se crucen genes de varias", precisa la investigadora.

Otras muchas peticiones llegan de empresas interesadas en la mejora genética de las especies, así como de científicos de diversas instituciones que trabajan en este mismo área de la ciencia agrícola en busca de genes y propiedades.

Una copia de todas estas semillas españolas no ha sido enviada aún a la Bóveda Global de Svalbard, para cuyo mantenimiento España aportó un millón y medio de euros, pero sí que existe la intención de hacerlo cuando los organismos científicos implicados en la tarea cuenten con recursos para ello.

En todo caso, el valor de estas iniciativas está hoy fuera de toda duda: "No debemos olvidar que de las semillas comemos cada día de nuestra vida y que con el cambio climático necesitaremos de ellas para adaptarnos a las nuevas condiciones. Tenemos que contar para el futuro con otras plantas que aguanten y si perdemos esa diversidad genética vamos a estar mal preparados para adaptarnos", afirma Martín.

José Esquinas, por su parte, recuerda que él mismo llevó al INIA su cajita con semillas de unas 380 variedades españolas de melón, recogidas en los años 70. "Ojalá un día, una copia de seguridad de todas ellas estén en Svalbard, y ojalá también la uniformidad y homogeneidad exigidas por la ley para las semillas comerciales no acaben con esos diez milenios de esfuerzo de la Humanidad". ■



En la región marina del Seco de los Olivos, al sur de Almería, se han localizado comunidades biológicas de gran interés como los arrecifes de corales blancos.

FORMACIONES GEOLÓGICAS CON CORALES, ESPONJAS O PECES DE PROFUNDIDAD QUE SIRVEN DE ZONAS DE ALIMENTACIÓN PARA ESPECIES MIGRATORIAS

OASIS DE BIODIVERSIDAD EN LAS MONTAÑAS SUBMARINAS

En su mayoría de origen volcánico, las montañas submarinas superan los mil metros de altura desde su base en el fondo oceánico. Estos singulares enclaves cuentan con una gran biodiversidad marina porque en su entorno se concentra gran cantidad de nutrientes que atrae a una de las faunas más ricas y diversas del planeta. En algunos casos habitan especies totalmente distintas a las que se encuentran en sus alrededores. No obstante, solo unos centenares de estos gigantes sumergidos —hay mapas de unas 10.000 de las 100.000 que se cree existen— se han podido estudiar en detalle por dificultades de visibilidad.

Texto: **ESMERALDA MARDOMINGO**



Aunque no se nos ocurra mirar al océano cuando nos referimos a las cumbres, hay montañas sobre la tierra, pero también sumergidas en el mar. Una montaña submarina (*seamount*, en su término en inglés) se eleva del fondo del océano sin llegar a sobresalir del nivel del mar. Por eso, la considerada como montaña más alta del mundo, el volcán Mauna Kea en Hawai -con una altura de más de 10.000 metros desde su base en el fondo del mar-, no le quita el récord al Everest ya que aunque sobrepasa en 4.205 metros la superficie del agua, está considerada como una isla y no como una montaña. “Las submarinas son montañas sumergidas aisladas topográficamente con una altitud de mil metros o más

sobre el fondo marino”, explica la doctora Eva Ramírez-Llodra, investigadora titular en el Norwegian Institute for Water Research de Oslo (Noruega). Si no llegan a esa altura mínima de los mil metros, se catalogan como colinas o montículos.

Aunque un buen número de montañas submarinas está en el Océano Pacífico, la mayor cordillera submarina, y la más extensa de la tierra, se encuentra en el Océano Atlántico. Es la Dorsal Atlántica, que se extiende a lo largo de más de 50.000 kilómetros a través de los fondos marinos, desde la dorsal Gakkel en el Ártico hasta el océano Austral.

En general, las montañas submarinas se formaron por procesos volcánicos en el fondo del mar. Son volcanes extintos o cráteres durmientes que se alzan abruptamente desde la corteza oceánica. Pueden estar aislados o formar parte de extensas cadenas montañosas submarinas. Suelen tener una superficie rocosa que los diferencia del substrato de sedimento que recubre el fondo marino que los rodea. Con frecuencia, sus cimas están a cientos o miles de metros de profundidad, “por lo que se les considera hábitats del mar profundo. A menudo, tienen formas más o menos cónicas, pero también pueden adoptar otras diferentes con amplias cimas relativamente planas”, comenta Ramírez-Llodra.

EN AGUAS ESPAÑOLAS

En algunos casos, como en el del banco de Galicia, su origen no es volcánico, sino tectónico, por movimientos en la corteza terrestre. Es un monte submarino profundo

localizado al noroeste de la península ibérica, a 180 kilómetros de la costa gallega. Su cima se encuentra a 650 m de profundidad, desde donde cae hasta los 1.500 metros de la meseta superior. A partir de este punto sus laderas descienden hasta las llanuras abisales situadas a 4.000 metros de profundidad.

También en aguas españolas, frente a la costa de Almería, otra elevación submarina singular -en este caso de origen volcánico- es el Seco de los Olivos. Conocida como macizo de Chella o banco de Chella, está situada a unos 16 kilómetros de la costa, al suroeste de Punta Sabinar. Compuesta por una estructura principal o guyot -elevación submarina de origen volcánico achatada en su cima-, en sus inmediaciones presenta además unas elevaciones menores o pináculos. Salvo algunas partes rocosas, sus laderas están formadas principalmente por materiales sedimentarios detríticos, es decir, densos y con ramificaciones. Al sur, estas laderas caen hasta los 700 metros de profundidad, mientras que al norte, donde las pendientes son más suaves, la superficie media está entre los 300-400 metros de profundidad.

LIMITACIONES EN SU ESTUDIO

El 71% de la superficie del planeta está cubierta por agua, de la cual el 97% es mar y, a pesar de ello, éste sigue siendo un gran desconocido. Las limitaciones existentes para cartografiar los fondos marinos -se tiene buena resolución en muy pocos lugares-, hacen que sea muy difícil determinar el número

En el mundo hay unas 100.000 montañas submarinas, que cubren un área de ocho millones y medio de kilómetros cuadrados, de las que solo se han cartografiado unas 10.000

exacto de montañas submarinas que existen. “Se calcula que en el mundo hay unas 100.000 montañas submarinas, cubriendo un área de ocho millones y medio de kilómetros cuadrados, equivalente al 2,6% del suelo marino, de las cuales tenemos mapas submarinos de tan solo unas 10.000, de las cuales, no más de trescientas han sido estudiadas en detalle”, señala Ramírez-Llodra.

El conocimiento del fondo marino es todavía escaso. “Sabemos

más acerca de la topografía de Marte de lo que sabemos sobre el fondo del mar”, ha llegado a afirmar el profesor de Geofísica en la Universidad de Sydney, Dietmar Müller. Uno de los problemas para la exploración de los fondos oceánicos es que el agua salada es opaca a todas las técnicas estándar que se utilizan para mapear las montañas en tierra. Por ello, el estudio de montañas submarinas profundas requiere del uso de multitud de técnicas y equipamiento específicos que permitan tomar datos de estas

zonas, por lo general inaccesibles con los métodos habituales empleados en las zonas costeras.

Para las campañas científicas dedicadas a la exploración de zonas profundas se realiza una exhaustiva planificación y se cuenta tanto con un equipo de profesionales especializado como de instrumental adecuado para trabajar en el espacio marítimo. Desde los buques de investigación, los científicos realizan estudios oceanográficos y de hidrodinámica, utilizando batisondas para conocer las propiedades físico-químicas de la columna de agua (temperatura, salinidad, fluorescencia, oxígeno, densidad y presión); estudios geológicos para el análisis de la geomorfología y del tipo de fondo, a partir de la interpretación de datos acústicos registrados con ecosonda, y estudios biológicos para el estudio de las especies que habitan sobre el fondo o enterrados en el sedimento.

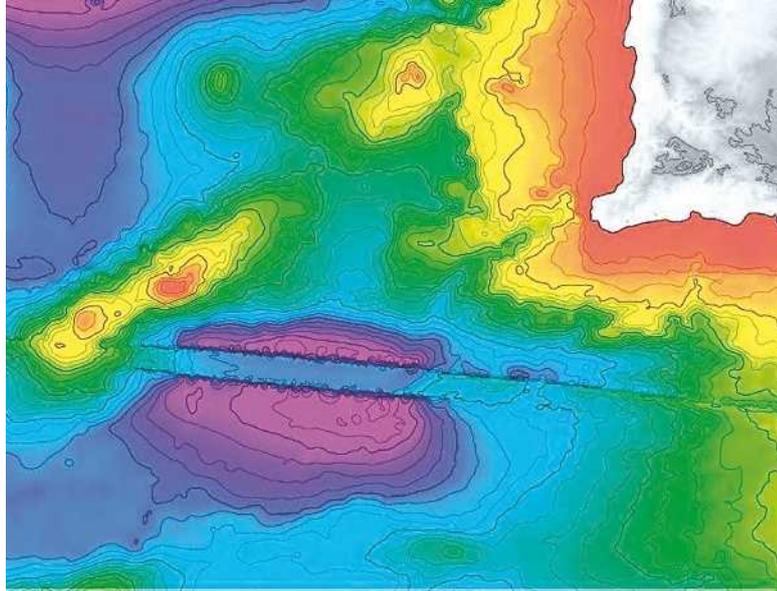


Con un vehículo operado a distancia se han conseguido las primeras imágenes de las montañas submarinas Dacia y Tritón, dos elevaciones de más de 2.000 metros situadas al norte de las Islas Canarias.

El buque científico Oceana Ranger, uno de los mayores catamaranes del mundo de dos palos, consiguió en 2014, mediante el empleo de un vehículo operado a distancia (ROV) las primeras imágenes de las montañas submarinas Dacia y Tritón, dos elevaciones de más de 2.000 metros de altura, situadas al norte de las Islas Canarias. Las imágenes obtenidas mostraron extensos bosques de corales negros en la cima de Dacia y una gran diversidad de esponjas en las laderas de Tritón, incluyendo las espectaculares esponjas cristal y esponjas carnívoras, además de diferentes gorgonias, corales, peces de profundidad, tiburones, etc. Dacia y Tritón forman parte de un conjunto de montañas situadas entre Canarias, Madeira, la península Ibérica y Marruecos, y sirven como puntos de conexión para las especies que viajan entre estas zonas.

OASIS DE VIDA

Conocer la ubicación de los montes submarinos es importante para la gestión de la pesca y la conservación. Estas formaciones propician unas condiciones oceanográficas y unos ecosistemas especiales y específicas que generan una insólita explosión de vida marina, favorecida por la acumulación de nutrientes en torno a su morfología. “En general, las montañas submarinas son puntos calientes de biodiversidad, porque ofrecen una variedad de sustratos en el que pueden instalarse especies formadoras de hábitats, como corales, esponjas, gorgonias, etc.”, explica Pilar Marín, científica marina de Oceana, organización internacional para la protección de los océanos que participa en el proyecto Life+ Indemares y



En general, las montañas submarinas tienen origen volcánico. Pueden ser montes aislados o formar parte de extensas cadenas montañosas.

ha realizado expediciones para el estudio de varias elevaciones submarinas.

Dependiendo de su origen y localización -normalmente abarcan un amplio rango de profundidades-, estas montañas albergan especies muy diferentes y sirven de zonas de paso o alimentación para especies migratorias (grandes cetáceos o tiburones). “Debido a su morfología modifican las corrientes ma-

rinas y producen afloramientos de nutrientes que a su vez atraen a más especies, incluso de interés comercial”, añade Marín.

De esta forma, la circulación local que se origina típicamente sobre los montes submarinos — ascenso de masas de aguas, giros y remolinos— favorece la retención de nutrientes y de larvas de diferentes especies que explican la existencia de la elevada biodi-



En torno a las formaciones montañosas marinas se da una gran biodiversidad, favorecida por la acumulación de nutrientes.

A 180 kilómetros de la costa gallega, bajo el nivel del mar, se encuentra el banco de Galicia, una montaña submarina que alcanza los 4.000 metros de altura

versidad en el banco de Galicia. En su cima y laderas habita una fauna muy diversa, con más de 790 especies de diferentes grupos: esponjas, moluscos, gusanos, poliuetos, corales, peces y erizos. Especies vulnerables como los tiburones, grandes depredadores de crecimiento lento, también son frecuentes en las aguas y fondos

Proyecto Life+ Indemares

En el año 2009 se inició el proyecto Life+ Indemares, una de las mayores iniciativas europeas para el conocimiento y la conservación del medio marino, que ha tenido como objetivo contribuir a la protección y uso sostenible de la biodiversidad en los mares españoles. El proyecto, cofinanciado por la Comisión Europea, ha tenido un enfoque participativo, integrando el trabajo de instituciones de referencia en el ámbito de la gestión, la investigación y la conservación del medio marino y a determinados agentes del mar, especialmente al sector pesquero.

La Fundación Biodiversidad, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ha sido la coordinadora del proyecto, en el que han participado nueve socios: el propio Ministerio, el Instituto Español de Oceanografía, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ALNITAK, la Coordinadora para el Estudio de los Mamíferos Marinos, OCEANA, la Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario, SEO/BirdLife y WWF España.

El proyecto se ha desarrollado en diez grandes áreas repartidas por las tres regiones biogeográficas marinas de España cuya selección se basó en su amplia representación natural, en la presencia de especies o hábitats amenazados y la existencia de áreas de alto valor ecológico, estudiando así una superficie de casi cinco millones de hectáreas:

- Región Atlántica: Banco de Galicia, Sistema de cañones submarinos de Avilés, Volcanes de fango del Golfo de Cádiz.
- Región Mediterránea: Sistema de cañones submarinos occidentales del Golfo de León, Canal de Menorca, espacio marino de Illes Columbretes, Sur de Almería-Seco de los Olivos y espacio marino de Alborán.
- Región Macaronésica: espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura y Banco de la Concepción.

de este monte submarino. En el área marina del Seco de los Olivos se han detectado comunidades biológicas especialmente vulnerables, los arrecifes de corales blancos de agua fría, prácticamente desaparecidos del Mediterráneo. Por ello, el Convenio sobre protección del medio marítimo del Nordeste Atlántico, conocido como OSPAR, un instrumento legal que promueve la cooperación internacional para la defensa del medio ambiente marino en el Atlántico noreste, ha catalogado este hábitat como amenazado o en riesgo, y recomienda su protección.

Oceana organiza también, desde hace años, expediciones marítimas con el objetivo de documentar las montañas submarinas y proteger la riqueza biológica de estos singulares enclaves marítimos. “Oceana lleva trabajando desde 2006 en las montañas submarinas de Baleares (Ausías March, Emile Baudot y Ses Olives), donde se ha comprobado que existe una gran riqueza de especies y hábitats de profundidad que nunca antes habían sido filmados. La constatación de que existe todavía mucho por descubrir de este valioso espacio ecológico y, por tanto, la necesidad de que se le proteja con las leyes que sean necesarias”, advierte Pilar Marín.

En este sentido, Ramírez-Llodra considera que la mayor amenaza para las montañas submarinas en la actualidad es la pesca, “ya que son hábitats muy productivos donde se concentran grandes cantidades de especies, incluidos peces de interés comercial”. Y aunque de momento no se ha dado, señala que “en el futuro es posible que algunas montañas sean explotadas por sus minerales, en particular por su cobalto, níquel y manganeso”. ■

SIERRA ALBARRANA

El Cabril y su entorno

EL GRAN TESORO DE LA DEHESA



© GDK

Desde 1995, el Grupo de Desarrollo Rural del Alto Guadiato busca el impulso económico de la zona poniendo en valor sus grandes recursos naturales y culturales. Su objetivo es cerrar su pasado minero y abrir un futuro encaminado a fortalecer la agricultura, la ganadería o el turismo.

Pág. 40

I CONCURSO DE REJAS Y BALCONES

El Ayuntamiento de Hornachuelos quiere reactivar su casco histórico y para ello ha convocado este concurso, que se desarrollará desde el 28 de marzo hasta el 7 de mayo y al que podrán optar los vecinos que engalanen sus rejías y balcones.

Pág. 42

'MUNICIPIO PILOTO' PARA PROGRAMA TURÍSTICO

La Junta de Andalucía va a iniciar con Fuente Obejuna una línea de colaboración en materia de turismo. La iniciativa consistirá en realizar una guía de los recursos existentes para, posteriormente, comenzar una campaña de promoción.

Pág. 43



© . Univ. de Córdoba

DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA A LA RENTABILIDAD SOCIAL

Sacar a la luz vestigios arqueológicos con el fin de que éstos puedan redundar en la mejora social, económica o cultural de los municipios en los que se encuentran es el objetivo primordial de un grupo de investigadores del Departamento de Historia del Arte, Arqueología y Música de la Universidad de Córdoba. Especializados en arquitectura y urbanismo de la época romana, uno de sus últimos trabajos ha consistido en mostrar la potencialidad arqueológica en el Alto Guadiato a través de la fotografía aérea.

Pág. 38

Entre los hitos de este Grupo se encuentran el descubrimiento de la antigua ciudad de Mellaria y la recuperación de la colonia roma de Torreparedones.



PAI HUM-822, GRUPO DE INVESTIGACIÓN DEDICADO AL ESTUDIO, RECUPERACIÓN Y FOMENTO DE LAS CIUDADES ANTIGUAS DE ANDALUCÍA

DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA A LA RENTABILIDAD SOCIAL

Sacar a la luz vestigios arqueológicos con el fin de que éstos puedan redundar en la mejora social, económica o cultural de los municipios en los que se encuentran es el objetivo primordial de este grupo de investigadores del Departamento de Historia del Arte, Arqueología y Música de la Universidad de Córdoba. Especializados en arquitectura y urbanismo de la época romana, uno de sus últimos trabajos ha consistido en mostrar la potencialidad arqueológica en el Alto Guadiato a través de la fotografía aérea.

Texto: **RICARDO TAPIA**

Fotos: **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

Fundado en 2009 por científicos que compartían unas líneas de investigación comunes como son la arquitectura y el urbanismo de la antigua Roma, este Grupo de Investigación llamado PAI HUM-822 se constituyó como tal con dos objetivos. El primero, por una cuestión logística: poder acceder a convocatorias o ayudas en Andalucía y tener mayores facilidades a la hora de participar en proyectos nacionales o internacionales. El segundo, por razones puramente científicas: recuperar el patrimonio arqueológico.

“La finalidad primordial es el estudio de la ciudades antiguas de Andalucía, para recuperar su patrimonio y mostrar su potencialidad a la hora de poder transferirlo a otros ámbitos de la sociedad, de la educación o de la divulgación. Buscamos sacar a la luz todo aquello que puede servir como recurso histórico, educativo y cultural. De ahí el lema ‘de la investigación científica a la rentabilidad social’. El fin

último de nuestro trabajo es que redunde en la mejora social, económica o cultural de esos municipios”, explica Antonio Monterroso, uno de los investigadores del Grupo.

MÉTODOS Y RECURSOS

Aparte de por contactos o por el propio interés de los investigadores, iniciar un trabajo surge, según Monterroso, gracias a una conjunción de instinto, ilusión, entusiasmo y posibilidad: “La arqueología no deja de ser una actitud instintiva. Hay que tirar de pistas de lo que a uno le gusta”. Y para ello hacen uso de todas las técnicas conocidas y de la tecnología que tienen a su alcance: fotometría tridimensional, geomorfología, prospecciones geomagnéticas, fotografía RGB, fotografía aérea mediante drones para vuelos térmicos o multispectrales, etc. “La arqueología aérea en el Alto Guadiato, en colaboración con el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC y gracias a un convenio con el Grupo de Desarrollo Rural, ha sido clave para la recuperación de su pasado histórico y que éste sirva como motor o complemento a las iniciativas empresariales de la zona”, comenta el investigador de PAI HUM-822.



La arqueología aérea en el Alto Guadiato ha sido clave para la recuperación de su pasado histórico y que éste sirva como motor o complemento a las iniciativas empresariales de la zona.

¿Quiénes lo componen?

Actualmente, el Grupo cuenta con cuatro miembros estables. Carlos Márquez, catedrático de Arqueología de la Universidad de Córdoba y quien lo dirige; Ángel Ventura, profesor de la Universidad de Córdoba; Antonio Monterroso, investigador por el Ramón y Cajal; y David Ojeda, el último fichaje e investigador por Juan de la Cierva. Junto a ellos hay otros componentes, como María del Camino Fuertes, responsable del Yacimiento de Ategua; José Antonio Morena, responsable del Yacimiento de Torreparedones; Antonio Peña, profesor de la Universidad Autónoma de Barcelona; así como la investigadora Isabel Sánchez, más un grupo de alumnos y doctorandos, que intervienen en función de cada uno de los trabajos, ya sea de corte académico o patrimonial, que son más técnicos.

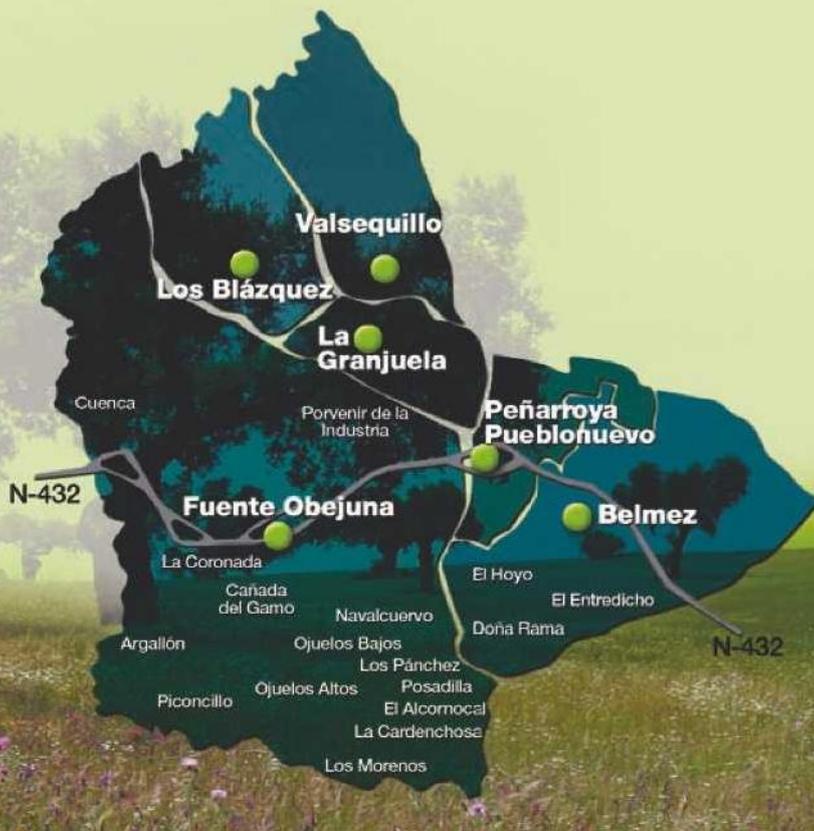
HITOS Y FUTURO

Entre sus hitos está la recuperación de la última colonia romana –de las siete que citó Plinio El Viejo– que faltaba por localizar en Andalucía, la de Torreparedones, en cuya excavación encontraron, gracias a la prospección geomagnética, monumentos de primera línea. También lo descubierto de la antigua ciudad de Mellaria, algo que se sabía que estaba ahí pero que hasta ahora nadie había descrito de forma tan completa gracias a un trabajo de investigación integral de todo el territorio y usando la más moderna tecnología. Y ya en el extranjero,

el estudio del Arco del emperador Septimio Severo en Roma a través de sus inscripciones, la investigación de la decoración de la villa de Adriano o la reconstrucción volumétrica y espacial del lugar donde murió Julio César.

“Para nosotros no son descubrimientos como tales, ya que nuestra tarea es estudiar los hechos que ocurrieron en ellos. Lo importante es entender que todo tiene su valor, tenga mayor o menor entidad monumental o haya un personaje de mayor o menor relevancia. Para un pequeño pueblo su patrimonio es suyo y tiene su entidad. Hay que adaptar el interés y la identidad del patrimonio allá donde esté. La cuestión es dar respuesta a lo que no conocemos para luego otorgarle una estructura socio económica y cultural que lo potencie, siempre en perfecta sintonía con los ayuntamientos de la comarca, que se muestran muy interesados en ello. Por ejemplo en el caso del Guadiato con Fuente Obejuna, Belmez, Pueblo Nuevo...”, afirma Monterroso.

Sus responsables ven el futuro del grupo moderadamente bien, teniendo en cuenta que es un campo en el que es complicado consolidarse y resulta muy exigente por la gran competitividad. Siguen creciendo y su potencialidad en el extranjero les permite incorporar más investigadores. ■



Mapa del área del Valle del Alto Guadiato.

EL GRUPO DE DESARROLLO RURAL VALLE DEL ALTO GUADIATO ESTÁ FORMADO POR AGENTES SOCIALES Y ECONÓMICOS

EL GRAN TESORO DE LA DEHESA

Situada al noroeste de la provincia de Córdoba y con una población de más de 22.000 habitantes, la comarca del Valle del Alto Guadiato cuenta con una superficie de 1.146 kilómetros cuadrados correspondientes a los municipios de Fuente Obejuna, Belmez, Peñarroya Pueblonuevo, Los Blázquez, La Granjuela y Valsequillo. Desde 1995, el Grupo de Desarrollo Rural, asociación privada sin ánimo de lucro, busca fomentar el progreso económico de la zona, poniendo en valor sus grandes recursos naturales y culturales, y cerrar su pasado minero abriendo un futuro encaminado a fortalecer la agricultura, la ganadería o el turismo.

Texto: **BÁRBARA GORDO**

Esta zona tiene una dehesa muy rica y con mucha diversidad, pero está escasamente aprovechada. Nuestro gran objetivo, marcado desde los orígenes del Grupo en su plan estratégico, es apostar fuertemente por ella, ya que es el escenario que nos acoge y nos ofrece todos los recursos: ganadería, agricultura, agroalimentación... todo se deriva de ahí. Queremos articular la economía social alrededor de ese recurso fundamental”, explica Paqui Vicente, gerente del Grupo de Desarrollo Rural.

En la actualidad, esta asociación, al igual que las del resto de comarcas de la comunidad autónoma, está en fase de dibujar su futuro para los próximos años tras la ayuda preparatoria concedida por la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía. Un periodo de reflexión para determinar cuáles son los grandes recursos de la zona, qué problemas más graves hay que solucionar y, por tanto, qué acciones se deben llevar a cabo, las líneas de desarrollo en las que conviene incidir. Mientras, por supuesto, se seguirá trabajando en lo ya comenzado.

“En los últimos años hemos iniciado una línea de trabajo de acompañamiento al sector primario, porque creemos que es imprescindible que se organice de forma más profesional y moderna. Es necesario que se agrupe, para, por ejemplo, comercializar de manera conjunta o formar a sus profesionales continuamente. La agricultura y la ganadería son dos actividades muy complicadas en las que se



© El Moralejo

La zona tiene una dehesa muy rica y ofrece grandes recursos, alrededor de los que el Grupo de Desarrollo Rural quiere articular una economía social.

requiere tomar decisiones con mucha frecuencia al estar a expensas de muchas variables y a las que les influyen mucho los cambios de precio. Por eso hay que dedicarle una atención especial y dotarle de herramientas útiles. El año pasado creamos una web específica para este sector agrícola-ganadero con información geográfica de la zona que le resultará de gran ayuda”, explica Vicente.

OTROS CAMINOS DE EXPANSIÓN

De cara al futuro, los responsables del Grupo de Desarrollo Rural creen que hay que potenciar el desarrollo de energías alternativas, como por ejemplo el aprovechamiento de la biomasa; seguir avanzando en los trabajos de depuración de las aguas de los pequeños municipios mediante un sistema sostenible, económico y efectivo como es el de los filtros verdes; o dedicar un capítulo significativo al turismo rural desde el punto de vista de sus recursos patrimoniales, de

sus singularidades. El Valle del Alto Guadiato tiene un atractivo entorno natural, unas aldeas muy pequeñas bien conservadas, un paisaje único como el que dejó la economía minera, o un patrimonio arqueológico, el del Imperio Romano, que es básico promocionar de cara a su posible aprovechamiento.

“Otra línea que hemos empezado a estudiar es la de lograr la calificación *starlight*, ya que por la baja densidad de población que tiene la comarca su contaminación lumínica es mínima y por tanto es una zona idónea para observar el cielo”, comenta la gerente de la asociación, quien señala algunos retos y dificultades con los que se encuentran. Entre los primeros, las tres grandes áreas de actuación: el medioambiente y la sostenibilidad, la creación de empleo y la mejora de la calidad de vida de la población. Sobre los segundos, combatir la, para ellos, desproporcionada burocracia que aún hay para tramitar ayudas o acceder a fondos públicos.

¿Y EL FUTURO?

Complicado, pero con esperanza. Así ven desde la asociación el futuro de la comarca: “Aunque estamos en un nuevo marco, vamos a seguir realizando las funciones fijadas hasta ahora, pero con el objetivo no sólo de participar en los fondos de agricultura. El Grupo tiene capacidad para trabajar con otro tipo de fondos de las administraciones y así poder cumplir mejor con la estrategia de desarrollo. Por eso en la actualidad se están abriendo los Grupos de Desarrollo a nuevas vías, para acceder a más líneas, para que los fondos lleguen a su destinatario final, la población. El futuro de la comarca está complicado. Se ha juntado la crisis que supuso el final de la actividad minera con la crisis global, pero tenemos confianza en que la zona va a saber aprovechar los otros recursos de que dispone. El modelo económico de la minería ha llegado a su final y al aceptar esa realidad todos los avances en otras líneas serán positivos”. ■

HORNACHUELOS

I CONCURSO DE REJAS Y BALCONES



Cartel anunciador del concurso.

El Ayuntamiento de Hornachuelos ha convocado el I Concurso de Rejas y Balcones al que podrán optar los vecinos que engalanan sus fachadas de manera que reúnan unas condiciones mínimas

de conservación y cuidado, y cuyas casas se encuentren en el centro histórico. La ornamentación tendrá que ser exclusivamente con elementos naturales.

Este concurso se desarrollará desde el 28 de marzo hasta el 7 de mayo, ambos inclusive. En abril se publicarán los participantes en un plano guía para hacerlo llegar a turistas y vecinos. Un jurado, presidido por el Delegado de Cultura, Miguel Carrillo Pérez, y compuesto por seis personas serán los encargados de fallar los premios en un acto público el 7

de mayo. El Ayuntamiento de Hornachuelos otorgará tres premios dotados con 400, 250 y 150 euros respectivamente, y todos los participantes no premiados recibirán un accésit de 30 euros. ■

REUNIÓN CON EMPRESAS LOCALES DEL PARQUE NATURAL

El delegado territorial de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía en Córdoba, Francisco de Paula Algar, acompañado por el presidente de la Junta Rectora del Parque Natural Sierra de Hornachuelos, Alfonso García-Ferrer, se ha reunido con empresas locales del Parque Natural en el Centro de Visitantes y Área Recreativa 'Huerta del Rey', con el objetivo de conocer de primera mano la realidad de las empresas cuya actividad se desarrolla en este espacio protegido. A este encuentro acudieron representantes de las empresas 'MyHornachuelos', dedicada al turismo activo; Moramiel-Oro que, además de enva-



Asistentes al encuentro en el Centro de Visitantes y Área Recreativa 'Huerta del Rey'.

sar miel, lleva a cabo actividades de educación ambiental sobre la apicultura; y Carnicaza, empresa transformadora de carnes procedentes en su mayoría de actividades de caza mayor.

El delegado también visitó los equipamientos de uso público de este espacio protegido, y pudo conocer la dotación interpretativa que informa sobre los valores del Parque, con especial relevancia en los usos tradicionales como los aprovechamientos cinegético, ganadero, del corcho o la apicultura. ■

PEÑARROYA —PUEBLO NUEVO

IMPULSO AL RECICLAJE ENTRE LOS HOSTELEROS

La Empresa Provincial de Residuos y Medio Ambiente de la Diputación de Córdoba (Epremasa) ha puesto en marcha, con la colaboración de Ecovidrio, una campaña para impulsar el reciclaje de ese material en el sector hostelero de Peñarroya-Pueblonuevo, a la que se han adherido más de 40 establecimientos. Para ello se han instalado doce contenedores 'que permiten el reciclaje de grandes cantidades de vidrio y cinco contenedores con bocas industriales. También se van a entregar 81 cubos con ruedas, de diversas capacidades, para facilitar el transporte de los residuos de vidrio y su posterior vaciado en los contenedores. ■

AVANZAN LAS OBRAS EN LAS VÍAS VERDES

Los trabajos que se están realizando en la Vía Verde de la Maquinilla, que comunica las localidades de Peñarroya-Pueblonuevo y Belmez, y la Vía Verde Fuente del Arco, que atraviesa el término de Fuente Obejuna, están ya a más del 80 por ciento de su ejecución, según informa la Diputación de Córdoba. Las actuaciones en Peñarroya-Pueblonuevo se han centrado en el bacheado de la vía, la construcción de merenderos, la colocación de bancos y papeleras, el desbroce y limpieza del parque periurbano, la limpieza de los márgenes y la reparación del vallado. En Fuente Obejuna se ha creado un nuevo tramo de vía verde y se han plantado nuevos árboles, se han colocado bancos y papeleras, se han limpiado los márgenes y colocado vallado de madera. ■

FUENTE OBEJUNA

ELEGIDO POR LA JUNTA COMO 'MUNICIPIO PILOTO' PARA UN PROGRAMA TURÍSTICO



El consejero de Turismo de la Junta de Andalucía en su visita a Fuente Obejuna con la alcaldesa Silvia Mellado y empresarios de la zona.

© Ayto. Fuente Obejuna

El consejero de Turismo, Francisco Javier Fernández ha anunciado que la Junta de Andalucía va a iniciar con Fuente Obejuna una línea de colaboración en materia de turismo. La iniciativa consistirá en realizar una guía de los recursos existentes para, posteriormente, iniciar una campaña de promoción que los ponga en valor. Aparte de, por supuesto, la representación de la obra Fuenteovejuna, se verá refleja-

do el aprovechamiento de los montes públicos, el potencial cinegético, el de la dehesa, el avistamiento de aves... Una muestra de lo característico de la Bética y la Sierra Morena que permitirá, tras la finalización del programa piloto, diseñar una estrategia de turismo de interior sostenible.

El encuentro entre Francisco Javier Fernández, la alcaldesa, Silvia Mellado, miembros de la corporación municipal y empresarios de la zona sirvió para intercambiar ideas, analizar la situación turística de la zona y estudiar vías de colaboración. ■

LAS NAVAS DE LA CONCEPCIÓN

INVERSIÓN EN SENDEROS Y ZONAS DE AUTOCARAVANAS

Las Navas de la Concepción –al igual que Alanís- es uno de los 21 municipios que han firmado un acuerdo con la Diputación de Sevilla para recuperar senderos, conservar los ya realizados, crear nuevas zonas para autocaravanas, así como la puesta en valor de fuentes y lavaderos en los municipios de la provincia de Sevilla.

Las actuaciones se llevarán a cabo a través del Programa de Fomento del Empleo Agrario y con un presupuesto de casi un millón de euros, procedentes del Servicio Público Estatal (SEPES), del Fondo Social Europeo, la Diputación y de la Junta de Andalucía, que hará posible esta iniciativa de ampliación y conservación de la red de senderos. ■

AZUAGA

EL PICUDO ROJO EN VIGILANCIA

Como el año pasado el municipio de Azuaga se vio afectado por una plaga de picudo rojo -un insecto coleóptero de origen asiático y con un tamaño de entre 2 y 5 centímetros de largo- que está dañando las palmeras de diversas localidades de Extremadura, este invierno se ha realizado un seguimiento y llevado a cabo podas en los meses fríos para controlar su aparición, ya que, según el Servicio de Sanidad Vegetal de Extremadura, es la época con menor actividad del insecto. El primer ataque de esta plaga fue en Andalucía, en 1995, cuando ejemplares de palmera datilera importados de Egipto se introdujeron en el país. En Extremadura el primer brote llegó en 2013. ■

ALANÍS

PACK TURÍSTICO ALANÍS

El Ayuntamiento de Alanís quiere crear el 'Pack Turístico Alanís' con el que se pretende unificar la amplia oferta cultural, natural, gastronómica y de alojamiento y así potenciar el turismo en el municipio de una forma más eficaz. Por esta razón están solicitando a todos los agentes sociales, empresariales y en general a todos los vecinos de Alanís colaboración en la elaboración de este pack. Esta puede llegar en forma de aportación de ideas, recomendaciones para viajeros, material fotográfico... ■

NUEVA DOTACIÓN PARA LOS PARQUES INFANTILES

El Ayuntamiento de Alanís y la Obra Social de la Caixa han firmado un convenio para dotar a uno de los parques de esta localidad con una serie de columpios adaptados para niños con discapacidad. Con este acuerdo la fundación social regalará el equipamiento, mientras la administración local se encargará de su instalación en el Parque Infantil del Abanico. ■

AZUAGA

CARRERA SOLIDARIA 'MISERICORDIA EN MARCHA'

El Grupo Ayúdame a Ayudar celebró el 19 de marzo en el parque Cervantes de Azuaga una carrera solidaria para recaudar fondos destinados a prestar ayuda a tres proyectos concretos: la escuela de secundaria en Kanyandavu (Zimbabue), seguridad agroalimentaria en Ahuachapán (El Salvador) y ayuda a cuatro mujeres en situación de gran exclusión (Badajoz). ■



Entre las plagas de insectos más agresivos con los materiales históricos destacan las peligrosas termitas.

BIÓLOGOS, FÍSICOS, QUÍMICOS, HISTORIADORES Y GEÓLOGOS
LUCHAN CONTRA EL BIODETERIORO DEL PATRIMONIO HISTÓRICO

MICROORGANISMOS E INSECTOS, LOS ENEMIGOS DEL PASADO

Para seguir disfrutando de centenarios y milenarios bienes culturales es necesario conservarlos en buen estado. Con el paso del tiempo, sus soportes —papel, pergamino, madera o lienzo— pueden biodeteriorarse por su propia composición o por las condiciones ambientales a las que están sometidos. Los daños podrían llegar a ser irreparables. Por eso, especialistas de todo tipo de ramas aúnan conocimientos e investigaciones para dar con las fórmulas capaces de paliar las alteraciones de las propiedades físico-químicas y mecánicas provocadas por la acción de organismos biológicos sobre estos materiales.

Texto: **PABLO ALMERA**

Texto: **N.V.**



Cómo salvaguardar la integridad del patrimonio histórico y de los bienes culturales? Lo primero y fundamental es generar protocolos de actuación concretos, como es el caso por ejemplo del manual Conservación preventiva y Plan de Gestión de Desastres en Archivos y Bibliotecas, impulsado por el Ministerio de Educación Cultura y Deporte en 2010, en la etapa de la ministra Ángeles González-Sinde. Protocolos en los que trabajan diversos equipos multidisciplinares para marcar, desde diferentes ámbitos científicos, las directrices a seguir.

El objetivo de ellos es tratar de prevenir y recuperar y, en ambos casos, se incide en la necesidad de analizar en general el medio ambiente del edificio en el que se encuentran y, en particular, el entorno y las salas de exposición en particular. Para ello hay que identificar y diagnosticar los deterioros de las colecciones, y luego determinar y evaluar las causas que amenazan las obras para poder cuantificar el riesgo y, así, establecer las medidas para frenar e invertir si es posible los deterioros de los objetos.

Nieves Valentín trabaja en el Área de Investigación de la Sección de Biodeterioro del Instituto del Patrimonio Cultural de España y en 2015, recibió el Premio Nacional de Restauración y Conservación de Bienes Culturales. Esta doctora en Ciencia Biológicas, especializada en microbiología, afirma que no se puede prolongar de manera

ilimitada la vida de un bien cultural, “pero los avances tecnológicos sí nos permiten aplicar técnicas adecuadas para optimizar su conservación”.

Gracias a los exhaustivos análisis se obtiene un conocimiento útil y profundo para mejorar el entorno ambiental de las obras. “A veces es suficiente esto, pero si la humedad ha dado lugar a hongos, y éstos a insectos, sabemos qué sistemas de desinfección o desinsectación, que no sean tóxicos para las personas ni deteriorantes para los soportes, hay que emplear”, subraya Valentín.

MICROORGANISMOS

Los hongos se desarrollan fácilmente a un pH entre 4-6, con una humedad relativa superior al 70% y a temperaturas entre 25-30° C y, al igual que muchas especies bacterianas, producen manchas de diferentes tonalidades, como resultado de los productos que excretan: enzimas como la celulasa o diferentes tipos de proteasas y ácidos orgánicos (oxálico, fumárico, acético, láctico, glucónico, glucurónico, etcétera) modifican las propiedades químicas del soporte deteriorándolo.

Las bacterias aerobias (necesitan oxígeno para desarrollarse) y anaerobias (no lo necesitan) se desarrollan a pH de 7-8 y temperaturas entre 25 y 38° C, aunque existen especies que soportan temperaturas inferiores a los 0° C, y otras que resisten a más de 45° C. Como los hongos, las bac-

terias también producen enzimas y ácidos orgánicos e inorgánicos que terminan degradando los soportes históricos.

A todo lo dicho hay que sumar las fluctuaciones de la temperatura, la luz, la presencia de polvo, el movimiento del aire ambiental y su grado de penetración en el objeto, y las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera como favorecedores de la actividad de bacterias y hongos.

“Pero si algo es importante en el crecimiento microbiano es la humedad. Muchas especies de hongos y bacterias comienzan su desarrollo en función del contenido de humedad sobre la superficie de un objeto, pero, además, los microorganismos, durante su desarrollo, producen agua metabólica, la cual incrementa el contenido en humedad, favoreciendo a su vez la multiplicación celular, explica Valentín.

A pesar de que pudiera parecer lo contrario, para prevenir el biodeterioro no es conveniente reducir excesivamente el grado de humedad, pues puede dar comienzo la reticulación o entrecruzamiento de las cadenas de celulosa, el endurecimiento y cuarteado del material.

PELIGROSOS INSECTOS

En España hay varios tipos de insectos implicados en el biodeterioro de los materiales históricos. De estas especies, sólo algunas están consideradas plagas capaces de destruir por completo los ma-

Se ha demostrado la eficacia de la ventilación sobre el crecimiento microbiano como método específico de control del biodeterioro en los materiales históricos

teriales atacados. Como asegura Nieves Valentín, “las termitas son sin duda el grupo más peligroso por su capacidad de destrucción y porque son muy difíciles de erradicar. Forman sus nidos primarios fuera del edificio, para luego acceder a través de tuberías o conducciones eléctricas e instalar sus nidos secundarios y llegar a los materiales celulósicos localizados en el interior del inmueble”.

La carcoma es un tipo de escarabajo muy peligroso en su estado larvario para las sedas, cueros, pergaminos, momias, plumas, adhesivos utilizados en la restauración y colecciones naturales. Las

larvas eclosionan del huevo por la zona de contacto con el soporte histórico y excavan galerías. Por último, destacar que las polillas son muy comunes en las colecciones textiles. Su desarrollo se ve muy influenciado por la temperatura. A 15°C los huevos eclosionan después de 24 días, pero este periodo se ve reducido a sólo siete si la temperatura es de 25°C.

MEDIDAS Y RIESGOS

Una vez conocidas las causas de la infestación, deberán establecerse las medidas preventivas para reducir o eliminar el riesgo

de nuevas infestaciones. El mantenimiento y la limpieza de los edificios es una tarea esencial de la prevención, pero también es imprescindible garantizar los parámetros óptimos de temperatura, humedad y ventilación.

Los sistemas de climatización son una buena opción, pero son difícilmente sostenibles económica y técnicamente. De ahí, que se combinen con fumigaciones ambientales para conseguir microclimas con temperatura y humedad controlada, libre de agentes biodeteriorantes. Para Valentín, “el problema es que muchos de los fumigantes químicos conllevan riesgos que pueden afectar a los materiales históricos y a los profesionales que trabajan con los mismos”.

DESINSECTACIÓN TÓXICA

Los tratamientos tóxicos que se utilizan para erradicar insectos



Mediante la anoxia, un tratamiento por el que se elimina el oxígeno, con generadores de nitrógeno, se consigue el 100% de mortalidad de los insectos.



Para conseguir la anoxia los libros se aíslan en una cámara o bolsa termosellada. El tratamiento dependerá de las condiciones ambientales y del tipo de insectos.

abarcán dos tipos de productos: los que actúan por contacto o los fumigantes. Suelen diferenciarse en que los de contacto son sustancias sólidas o líquidas y los fumigantes suelen ser gases o sólidos que subliman rápidamente.

La toxicidad para el hombre queda enmascarada si se respetan los umbrales de utilización y los efectos a corto plazo no son apreciables, pero todos o casi todos representan un grave riesgo para la salud a medio y largo plazo. La mayoría se han identificado como agentes carcinógenos, teratógenos o productores de enfermedades crónicas debido a su acumulación en el organismo. Es el caso del óxido de etileno y el bromuro de metilo. Además de su toxicidad, estas sustancias pueden reaccionar con los materiales de los objetos tratados pudiendo variar sus propiedades físico-químicas, producir cambios en pigmentos y tintes, corrosiones y manchas.

Las piezas tratadas pueden absorber o quedar impregnadas de residuos del producto (óxido de etileno y derivados del arsénico, por ejemplo), lo que hace peligrosa su manipulación sin una limpieza o aireación previa.

Dentro de los distintos métodos de desinfección y desinsectación de bienes culturales, el más común de ellos ha sido la fumigación en cámaras con óxido de etileno. Este producto puede ocasionar reacciones químicas que inducen deterioros significativos y es muy tóxico.

También se ha utilizado timol, que no siempre elimina las esporas de hongos ni las células bacterianas y que, además, puede ocasionar alergias e irritación en las vías respiratorias. Por su parte, el ortofenilfenol se ha utilizado como biocida, pero despolimeriza algunos adhesivos y deteriora los textiles y el papel produciendo cambios de color y envejecimiento de los materiales.

Por su parte, el formaldehído, el paraformaldhehído, pentaclorofenol o el etanol también se han empleado demostrando una eficacia limitada que no compensa los riesgos que conllevan. También existen tratamientos de desinfección no tóxicos con antibióticos y enzimas, pero su espectro de acción es muy pequeño.

SIN PELIGRO

Pero ya se están adoptando nuevos sistemas alternativos inocuos para los bienes históricos y para los conservadores y restauradores. Así, por ejemplo, se ha demostrado la eficacia de la ventilación sobre el crecimiento microbiano como un método específico de control del biodeterioro en los materiales históricos. Al aplicar un determinado número de renovaciones de aire por hora en un espacio cerrado, se inhibe el crecimiento de hongos y bacterias y se consigue decrecer su actividad tanto en ambientes

Tras determinar y evaluar las causas que amenazan las obras, se establecen los medios para frenar e invertir, cuando es posible, el deterioro de los objetos.



erradicar. Con estos compuestos se atrae al insecto hacia mecanismos letales o se dificulta el encuentro de los sexos. El principal obstáculo es su gran especificidad y la dificultad que implica su síntesis en laboratorio.

Más que para erradicar son un buen método de vigilancia y de localización de posibles focos cuando se sospecha del ataque de una determinada especie. Actualmente en Europa hay varias moléculas comercializadas para este fin, como el triflurmeturon y el lufenuron, que se usan para el control de cucarachas.

RADIACIONES

Otro método es emplear la radiación con rayos gamma o rayos x. Se esteriliza el objeto trata-

do, pero puede dañar el soporte al formarse radicales y otros productos, como el ozono, muy oxidante, y por tanto hacerle perder elasticidad y solubilidad. El papel sería el material más vulnerable a las radiaciones.

También se usan rayos beta o bombardeo de electrones. “La ventaja sobre los rayos gamma es que para conseguir la dosis deseada, el tiempo de irradiación es más corto, además de ser de fácil manipulación. La desventaja es la producción de gran cantidad de calor y un bajo nivel de penetración”, apunta Valentín. El papel, también es el material más sensible a este

contaminados como en los materiales históricos.

Como señala Valentín, “el uso de sistemas de ventilación pasiva, como alternativa al aire acondicionado y como tratamiento de control de biodeterioro, se está aplicando con resultados satisfactorios en museos y archivos ubicados principalmente en países de climas húmedos y cálidos que precisan un método seguro y de bajo coste para conservar sus fondos y colecciones”.

Otra alternativa es la utilización de métodos térmicos. Se somete a las piezas infestadas a temperaturas extremas para los in-

sectos. Normalmente suelen ser del orden de los 60°C en el caso de utilizar altas temperaturas y entorno a los -20 y -25°C para tratamientos por congelación. Los problemas son que en papel de mala calidad un incremento de temperatura de 5°C dobla su velocidad de deterioro. Asimismo, el frío produce endurecimiento y pérdida de flexibilidad.

HORMONAS VIGILANTES

También se utilizan moléculas sintéticas que imitan hormonas implicadas en la reproducción, el desarrollo o el comportamiento de los insectos que se intentan

Al aplicar un determinado número de renovaciones de aire por hora en un espacio cerrado, se inhibe el crecimiento de hongos y bacterias y se consigue decrecer su actividad

¿Hasta cuánto dura el papel?

La vida de los soportes de los bienes culturales no es eterna.

- Factores intrínsecos.** Son los que se encuentran en la propia naturaleza de las materias primas del papel y/o en los componentes (aditivos) que utilizados en su transformación en pasta papelera. En Europa se distinguen dos grandes periodos en la fabricación de papel. Durante el primero, que llega hasta mediados del siglo XIX, la materia prima fundamental fue el trapo procedente de fibra vegetal (lino, cáñamo, algodón). Ya a partir de la revolución industrial la madera pasó a sustituir radicalmente al trapo en la obtención del papel. Según el proceso de fabricación que se utilice resultará un papel de pasta mecánica, química o semiquímica.



- Factores extrínsecos.** Pueden ser de origen físico-mecánicos, físico ambiental, químico o biológico. Los factores físico-ambientales que afectan a la conservación del papel son fundamentalmente la humedad, la temperatura y la luz. El exceso de humedad reblandece los aprestos, favoreciendo la formación de sales y otros productos utilizados en la fabricación del papel o en la composición de las tintas. Las oscilaciones bruscas y continuadas de temperatura y humedad someten al papel a fuertes tensiones de contracción dilatación que quebrantan sus enlaces estructurales. Las radiaciones lumínicas más peligrosas para la conservación del papel son las de poca longitud de onda (luz ultravioleta). Por su parte los agentes biológicos que más afectan a la conservación son los roedores, insectos y microorganismos. También la acción de los microorganismos (hongos y bacterias) se traduce en un reblandecimiento de éste en la zona afectada y pérdida del apresto superficial.

Si alguno de estos factores interviene, lo que se ha mantenido casi intacto durante cientos o hasta miles de años –en China hay documentos en soporte papel con esa edad–, puede deteriorarse hasta su destrucción en apenas unos años.

tipo de radiación. Respecto a las radiaciones de baja energía, las microondas, éstas tienen un poder de penetración muy limitado y producen calor, calcinaciones y reblandecimientos.

ANOXIA Y ARTEMISIA

Nieves Valentín destaca que los procedimientos más efectivos libres de toxicidad son la anoxia y el tratamiento con plantas autóctonas. Para la eliminación de plagas y microorganismos se utilizan atmósferas inertes; un tratamiento seguro tanto para las piezas como para los manipuladores. “Lo que hacemos es eliminar el oxígeno, provocar anoxia, con generadores de nitrógeno en sistemas de grandes formatos o gran número de volúmenes; se pueden tratar estanterías enteras y se consigue el 100% de mortalidad en todos los estadios de desarrollo de los insectos, huevo, larva, pupa y adulto”. Para conseguirlo se aísla la pieza in situ dentro de algún tipo de cámara o bolsa termosellada. La duración del tratamiento depende de las condiciones ambientales y del tipo de insectos.

Más novedosa aún es la combinación de la anoxia con la aplicación de extractos naturales de plantas con actividad microbicida. “Utilizamos artemisia, una planta autóctona, porque hemos constatado que la eliminación de organismos es más efectiva si lo combinamos con bajas concentraciones de oxígeno”. Y es que, como subraya Valentín, en la actualidad, “se están aplicando los remedios de la abuela, pero empleando la tecnología más innovadora”. ■



El equipo de investigadores de Atapuerca excava en el yacimiento de Gran Dolina.

EN ATAPUERCA SE HA HALLADO UN BIFAZ TALLADO EN CUARCITA ROJA, EXCÁLIBUR, QUE PUEDE SER EL AJUAR FUNERARIO MÁS ANTIGUO ENCONTRADO

LUCES Y SOMBRAS EN LA EVOLUCIÓN HUMANA

En la Sierra de Atapuerca, en Burgos, están algunos de los más importantes yacimientos para conocer las claves en la evolución del hombre, ya que en ellos se han encontrado los restos humanos más antiguos hallados en Europa Occidental, de hace 1,2 millones de años. Un enclave que muestra cómo fue el homo antecesor: omnívoro, oportunista, recolector de raíces, frutos o setas, y que comía pescado o carne... incluso practicaba el canibalismo. Un individuo alto, diestro, fuerte, con una gran frente y una capacidad craneal mayor que la del hombre actual. Era inteligente. Podía crear herramientas con cierta complejidad y tener un pensamiento simbólico.

Texto: **JAKARANDA MARTÍN**

Situada entre los ríos Arlanzón, Pico y Vena, y entre el Sistema Ibérico y la Cordillera Cantábrica, se alza el único lugar en el mundo donde viajar a través de la evolución humana como quien lo hiciera dentro de un viejo ferrocarril. “En este lugar tienes la conciencia de la evolución. Aquí están algunas claves de la humanidad”, afirmaba recientemente en pleno periodo de excavaciones Eudald Carbonell, codirector de los yacimientos de Atapuerca.

A ambos lados de una vieja trinchera de tren construida por la compañía minera The Sierra Company Limited a finales del siglo XIX para transportar carbón -un proyecto que resultó un fiasco económico-, la montaña se quiebra en dos. A un lado y otro, se abren cuevas con rastro de distintas especies humanas, herramientas utilizadas por los primeros europeos, fauna extinta y fósiles de quienes reinaron aquí durante miles de años. “Es un lugar que atrapa”, explica el paleontólogo y doctor en Biología Ignacio Martínez Mendizabal, que investiga los hallazgos del yacimiento de la Sima de los Huesos desde que comenzara su carrera hace ya cerca de veinte años.

A pocos metros de la verja de entrada se alza la Sima del Elefante. En sus entrañas han dormido durante más de un millón de años algunos de los restos humanos más antiguos de Europa Occidental. Exactamente hace 1,2 millones de años, cuando los elefantes y rinocerontes campaban por estas tierras con tranquilidad, la mandíbula del humano de 20 años fue abandonada junto a restos de otros animales. En aquel

tiempo, en torno a las cuevas, habitaban hipopótamos, rinocerontes, osos, tortugas, castores, lince, hienas, macacos. Y águilas pescadoras surcaban el cielo.

GRAN DOLINA Y EL NIÑO DEVORADO

Hay que seguir el camino marcado por el ferrocarril para encontrar el yacimiento de Gran Dolina y en ella al Homo Antecesor, la especie homínida que habitó las tierras europeas hace 800.000 años. Situado tras un andamiaje gigantesco, Gran Dolina guarda enormes secretos de aquellos inicios de la humanidad.

Creemos que todas las especies deben proteger con sumo cuidado a los suyos, pero en este espacio la memoria de la evolución está teñida de rojo por la tragedia que parece ocurrió.

Hombres y mujeres

¿Existió mucha diferencia de roles entre hombres y mujeres en Atapuerca? Los fósiles encontrados en la Sierra de Atapuerca no demuestran que los sexos tuvieran diferentes roles, más allá de las diferencias impuestas por la maternidad y el tamaño de los cuerpos. Pero es difícil determinar si un hueso fósil perteneció a un hombre o a una mujer, salvo que se trate de una parte anatómica con rasgos sexuales muy determinados. El dimorfismo sexual de las otras especies humanas encontradas en la Sierra es muy semejante al del ser humano moderno.

Hace ochocientos mil años un niño fue devorado por sus seme-



© Jordi Mestre

Gracias a los fósiles encontrados en la Sierra de Atapuerca se sabe que los heidelbergensis eran altos, fuertes y con una capacidad craneal en algunos casos mayor que la del hombre actual.

En la Sima del Elefante se han encontrado algunos de los restos humanos más antiguos de Europa Occidental

jantes a la entrada de la cueva. Nadie sabe exactamente cómo ocurrió. Algunos investigadores consideran que pudo morir accidentalmente y sus seres cercanos comieron sus restos para que siempre estuviera con ellos, pero muchos otros piensan que pudo ser un acto de guerra entre clanes. Sea como fuere, la primera especie europea practicó el canibalismo. No es extraño. Las especies humanas tienen un hábito común que les ha permitido sobrevivir y llegar hasta nuestros tiempos. Para salir adelante, necesitaron cumplir el primer gran mandamiento que, según los especialistas, dicta la supervivencia: aprovecha los recursos a tu alcance. Si hay carne y tienes hambre, come.

El niño de La Dolina se convirtió en comida para sus semejantes, al igual que lo fueron otros individuos de su especie, que también acabaron devorados como si se tratase de carne de caballo o ciervo. Golpeaban los huesos, extraían los tuétanos y comían sus cerebros. Los restos encontrados del Niño de la Dolina han inmortalizado sus costumbres. Aquellos primeros humanos eran omnívoros, oportunistas, recolectores de raíces, frutos, setas, pescado y todo tipo de carne que caía en sus manos. Los antecesores podían caminar 40 kilómetros al día para encontrar un buen lugar, acampar cerca de los ríos, aprovechar los recursos de las riberas y por la noche deleitarse a observar las estrellas.

EN LA SIMA DE LOS HUESOS

El paisaje desde arriba de la colina no ha cambiado mucho en los últimos miles de años. Sobre las moles de tierra caliza crecen las encinas y los robles, aún pastan corzos o viven lobos. En torno a las cuevas, el gran número de mariposas y abejas muestra la gran diversidad que existe. El respiradero de la Sima de los Huesos, que se hunde a unos 13 metros de profundidad, es el que permite el acceso, con arneses y casco. Se trata de uno de los lugares más enigmáticos de toda la Sierra. Desde hace unos 400.000 años, los restos acumulados de unas 28 personas descansan aquí, y nadie sabe con certeza el por qué. ¿Se trata de un enterramiento? ¿Es casual tal cantidad de fósiles humanos juntos? Lo cierto es que este yacimiento es el más rico del planeta en fósiles humanos de la especie llamada *heilderbergensis*, y también el que hasta ahora más respuestas ha traído sobre la vida de los humanos europeos de entonces.



© Alberto Rodrigo

A través del respiradero de la Sima de los Huesos, que se hunde a unos 13 metros de profundidad, se puede acceder a una zona en la que se han encontrado fósiles humanos de 28 personas.

Gracias a los fósiles encontrados en la Sierra de Atapuerca se sabe que eran personas altas, diestras en su mayoría, fuertes, con una gran frente y una capacidad craneal en algunos casos mayor que la del hombre actual. Inteligentes. “Una persona *heilderbergensis* no era muy diferente a nosotros. Llevamos muchos años trabajando en este yacimiento y siempre he tenido claro que eran muy parecidos. Pensaban y sentían como nosotros”, dice Ignacio Mendizábal. De hecho, a juzgar por los fósiles extraídos, aquellas gentes ya podían hablar y tener emociones. Podrían también pensar en su propia muerte, calcular estrategias de caza, crear herramientas de piedra con cierta complejidad y tener un pensamiento simbólico.

En la Sima de los Huesos se ha descubierto algo que parece marcar un antes y un después en la evolución humana. En 1998 el equipo de investigadores se topaba con un bifaz único, tallado en cuarcita roja, y que fue bautizado con el nombre de Excálibur en recuerdo de la espada mágica de la leyenda del Rey Arturo. Tras estudiarlo, se dedujo que aquel objeto tenía una dimensión simbólica, y podía ser el primer ajuar funerario humano de todos los que se han encontrado. Y es que, lo curioso, es que no había sido utilizado, siendo los bifaces la herramienta que usaban normalmente para trabajar con materiales como madera, hueso, pieles de la caza, descuartizar animales o cortar carne.



© Jordi Mestre

La Sima de los Huesos es el yacimiento más rico del planeta en fósiles humanos.

La fauna y flora en la Sierra

Hace un millón de años, el diente de sable convivía con jaguares, hienas, panteras, lobos y osos. También había armiños, marmotas, castores, puercoespines, bisontes, jabalíes, ciervos, gamos y hasta rinocerontes. Medio millón de años después, el paisaje es mediterráneo, y mientras llegan a Europa nuevas especies animales procedentes de África y Asia, otras desaparecen. Jamás volverá a caminar por la sierra un tigre diente de sable. Fue así como los leones se convirtieron en los reyes de la Sierra. También los lince, lobos, ciervos, gamos, bisontes, caballos y hasta osos de las cavernas. No debió ser demasiado fácil sobrevivir allí.

La Sima de los Huesos ha traído más: Miguelón, Agamenon y Benjamina son los nombres que los científicos han dado a los restos encontrados de tres individuos que llamaron poderosamente su atención. Gracias a ellos se sabe, entre otras cosas, que hace 500.000 años estos individuos ya cuidaban de sus enfermos. De hecho Miguelón -conocido como cráneo 5- tiene un golpe en el lado izquierdo de la cara, que le rompió un diente y debió producir una infección en la encía. Aquel hombre heidelbergensis sólo pudo masticar y, por tanto, sobrevivir con la ayuda de sus coetáneos. Benjamina es otro de los ejemplos de solidaridad humana de hace 400.000 años. Perteneció a una niña aquejada de craneosinostosis que, seguramente, caminaba con la cabeza ladeada y tenía problemas psicomotores. Murió a los 10 años, pero si sobrevivió fue gracias a la ayuda de su comunidad.

EL MISTICISMO DE PORTALÓN Y LA GALERÍA DEL SÍLEX

En la Sierra de Atapuerca también está presente la impronta mística y religiosa. En el yacimiento de Portalón están las huellas del Neolítico y la Edad del Bronce. El lugar fue un espacio sagrado durante miles de años, un santuario, usado como zona de enterramiento, en el IV-V milenio antes de Cristo, y que está plagado de cerámicas, hueso tallado, piezas agrícolas de piedra y hasta de metal. A pocos pasos está el acceso a la Galería del Sílex. Descubierta por el grupo espeleológico Edelweis, está decorada con arte rupestre.

Galería, el Mirador o Valle de las Orquídeas son los nombres de otros yacimientos de la Sierra, todos suponen verdaderas naves del tiempo que atrapan quizá porque también tienen las contradicciones humanas; nuestra luz y nuestra oscuridad. ■



Ya en la década de los sesenta un médico clínico inglés descubrió que la protenina ancrod del veneno de serpiente eliminaba una fibroproteína de la sangre, impidiendo así la coagulación.

CARDIOTOXINAS O HEMOTOXINAS PUEDEN SERVIR PARA
DESARROLLAR MEDICAMENTOS VINCULADOS A FUNCIONES
CARDÍACAS O CÉLULAS SANGUÍNEAS

VENENOS QUE CURAN: DEL MIEDO A LA ESPERANZA

Para la mayoría de las personas los venenos resultan mortales, pero algunos equipos de investigadores siguen constatando que ciertas toxinas pueden servir para el tratamiento de enfermedades. Las toxinas animales son especialmente valiosas para la biomedicina como modelo para desarrollar nuevos fármacos. Y es que, aunque los venenos de algunos especímenes contienen neurotoxinas que invaden al sistema nervioso de la presa a la que atacan, por separado y en dosis precisas podría servir para el tratamiento, entre otras afecciones, de las cardiopatías, el cáncer, la diabetes o el dolor.

Texto: **PURA C. ROY**
Fotos: **VENOMICS**



del lagarto monstruo de Gila y ayuda a controlar la diabetes tipo 2, ya que contiene similares aminoácidos a la incretina humana.

Desde hace décadas hay constancia de la posibilidad de convertir una toxina venenosa en un fármaco. Por ejemplo, el Captopril, una molécula derivada del veneno de una víbora del Brasil, se emplea para tratar la hipertensión y produce un volumen de ventas de millones de dólares anuales. La ciencia de transformar los venenos en tratamientos nació en la década de 1960, cuando un médico clínico inglés llamado Hugh Alistair Reid sugirió que el veneno de la víbora de fosetas malaya podría tener aplicación en caso de trombosis venosa profunda. Había descubierto que una de las toxinas de la serpiente, una proteína llamada ancrod, elimina una fibroproteína de la sangre, impidiendo así la coagulación.

PROYECTO VENOMICS

Hasta ahora se habían identificado cerca de dos mil de estas proteínas venenosas, pero el proyecto Venomics, impulsado por corporaciones de diversos países europeos, ha añadido otras diez mil a la lista con fines terapéuticos. Ya que estos péptidos pueden llevar consigo gran potencial farmacológico para tratar

la obesidad, diabetes, patologías cardiovasculares y patologías autoinmunes entre otros usos. El consorcio Venomics ha estado compuesto por empresas biotecnológicas pequeñas y medianas (Sistemas Genómicos de Valencia, NZYTech de Lisboa y ZealandPharma de Copenhague) y laboratorios académicos (Universidad de Lieja, Universidad de Marsella y CEA en París) y fue coordinado por Absiskey, con sede en Grenoble.

Este proyecto, que finalizó en octubre de 2015, contó con diversas áreas de investigación. La primera estuvo dedicada a la obtención de muestras de veneno y glándulas de distintas especies. Se estima que hay más de cien mil animales venenosos y unos 40 millones de proteínas de tóxicos. En un principio, distintas expediciones, en los años 2012 y 2013, a la Guayana Francesa, Isla Mayote y a la Polinesia posibilitaron la recolección de diferentes venenos gracias a la gran diversidad de la fauna de estos lugares, pero también se contó con la empresa belga AlphaBiotoxine, especializada en

Existen más de cien mil especies de animales venenosos, cada uno con un veneno compuesto por un combinado de hasta mil moléculas tóxicas, la mayoría de ellas en forma de miniproteínas denominadas péptidos. El ziconotide, uno de los péptidos venenosos que produce un caracol marino del Pacífico, se utiliza desde hace algunos años como un potente analgésico. Fue aprobado como medicamento por la FDA (Food and Drug Administration) en diciembre del 2004 (EEUU) y en febrero del 2005 (UE) y se ha comercializado bajo el nombre Prialt. La exenatida, que se distribuye con el nombre de Byetts, y proviene de la saliva



La base de datos de Aracoserver almacena seis mil toxinas solo de arácnidos.

El proyecto Venomics almacena más de 25.000 secuencias de toxinas sintéticas, y 4.000 ya secuenciadas, de 203 especies animales, con fines terapéuticos

la cría de animales venenosos, ya que disponía de especies poco comunes.

Además de animales ‘clásicos’ en este ámbito, como serpientes, escorpiones, arañas y caracoles, también se han analizado escolopendras, peces, una especie de lagarto venenoso que no se había estudiado nunca, pulpos, e insectos como avispas, abejas, o abejorros y hormigas rojas. Estas últimas contienen un químico letal, llamado piperidina, presente también en la cicuta, el veneno utilizado por Sócrates. Aunque esta sustancia provoca intenso prurito e irritación, sus compuestos pueden ser útiles como estimulantes de la función cognitiva en el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer.

TECNOLOGÍAS ÓMICAS

El segundo ámbito de trabajo de este consorcio estuvo centrado en los equipos de transcriptómica de novo y proteómica para secuenciar los venenos y las glándulas de forma paralela de los distintos animales. Esta innovadora metodología, la transcriptómica de novo, permite obtener la identidad y la expresión de las toxinas sin necesidad de tener un conocimiento previo sobre el organismo estudiado.

Cuando se gestó el proyecto Venomics, una de las claves era conseguir un proceso de análisis de las muestras mucho más rápido que los que hasta la fecha usaban los laboratorios farmacéuticos.

De modo que se buscaron empresas que permitiesen la utilización de las últimas tecnologías en secuenciación masiva y la aplicación de nuevos protocolos para secuenciar el ADN y el ARN con una mínima cantidad de material biológico de partida.

“Lo que se ha demostrado es que el potencial de las tecnologías ómicas aplicadas en este estudio reduce en gran medida el tiempo necesario para obtener moléculas con actividad farmacológica. Sin estas tecnologías determinar los péptidos habría sido un reto imposible de abordar en el marco de los cuatro años en los que se ha desarrollado nuestra investigación”, cuenta la doctora Rebeca Miñambres, responsable del departamento de proyectos de Sistemas Genómicos, empresa española que ha participado en Venomics con sus herramientas y conocimiento.

“La transcriptómica de novo es una herramienta muy potente. Gráficamente, se podría decir que es como montar un puzzle de



El ziconotide, uno de los péptidos venenosos que produce un caracol marino del Pacífico, se utiliza como un potente analgésico.

500.000 piezas sin tener el dibujo de referencia. De las 203 especies analizadas en el proyecto, no teníamos el genoma de referencia y ése era el reto de nuestra parte, analizarlo todo. Y se ha conseguido, es algo que hace cinco años hubiera sido impensable”, sostiene la doctora Miñambres.

PÉPTIDOS FRENTE A ENFERMEDADES

Finalmente, la última parte del trabajo consistió en someter los péptidos a *screening* para ver si son activos frente a alguna enfermedad. Las 4.000 toxinas se están secuenciando en un panel de cuatro ensayos. Dos de ellos son ensayos celulares para identificar *hits* que puedan convertirse en fármacos para enfermedades inflamatorias, diabetes u obesidad. Otros dos son ensayos de unión entre moléculas donde los *hits* analizados podrían llegar a convertirse en fármacos para enfermedades inflamatorias o autoinmunes.

El éxito obtenido en estas investigaciones permite al consorcio pensar en mantener la alianza: “Es importante seguir unidos a esta iniciativa que desde un trabajo cooperativo ha dado unos resultados excelentes cubriendo las máximas expectativas en un proyecto que ya de partida era ya muy ambicioso”, afirma Miñambres. El plan fue financiado con fondos europeos y contó con un presupuesto de 9,1 millones de euros, de los cuales 6 son financiados a través del Séptimo Programa Marco.

OTRAS BASES DE VENENOS

En la historia de la farmacología ya había ejemplos de fármacos

Transformar toxina el fármaco

Ya han sido estudiados una gran variedad de venenos provenientes de distintas especies y, al comprobar sus posibles efectos beneficios, ha animado a los científicos a seguir investigando en este campo:

- Arvin, un anticoagulante derivado del veneno de la víbora, llegó a los hospitales europeos en 1968. En la actualidad ha sido reemplazado por otros anticoagulantes a base de veneno también de víbora.
- Las malbalginas, proteínas aisladas del veneno de la mamba negra, actúan sobre unos determinados canales neuronales presentando un efecto analgésico similar a la morfina pero sin signos de toxicidad.
- Hay ensayos clínicos con medicamentos basados en toxinas anticoagulantes como las presentes en la saliva del vampiro común (*Desmodus rotundus*) y de otros organismos hematófagos, para el tratamiento de personas que sufren un accidente isquémico.
- Las anémonas marinas poseen unos tentáculos dotados de nematocistos que inyectan un veneno que aturden a la presa. En la década de 1990 investigadores de la Universidad de California descubrieron unas toxinas que actúan como potentes inhibidores del canal de potasio Kv1.3 de linfocitos T, cuya desregulación funcional está implicada en el desarrollo de enfermedades autoinmunes. La industria biotecnológica está tratando de utilizar esta toxina para desarrollar drogas para combatir enfermedades autoinmunes como la esclerosis múltiple.
- TM-601, una forma modificada de una clorotoxina del escorpión *Leiurus quinquestriatus* que bloquea canales de cloro, se encuentra en ensayo clínico (fase II) para tratar gliomas (un tipo de tumor).

aprobados y usados terapéuticamente para el tratamiento de enfermedades que están basados en venenos. Incluso, desde hace tiempo, se cuenta con dos grandes bases de datos de toxinas: Conoserver, con datos de caracoles venenosos y unas mil toxinas, y Aracoserver, de arácnidos, con unas seis mil. Ahora, gracias a Venomics, la información se ha ampliado significativamente, ya que almacena en su base de datos más de 25.000 secuencias de toxinas sintéticas, y 4.000 ya

secuenciadas, de 203 especies animales.

Ese terror que siempre acompañó a los humanos a ser víctimas del veneno –muchas veces mortal– de algún animal ha devenido en la búsqueda y análisis incansable de este tipo de toxinas para usar como tratamiento contra todo tipo de enfermedades y dolencias. En una esperanza que permitirá cambiar en el diccionario del significado de ‘veneno’. ■

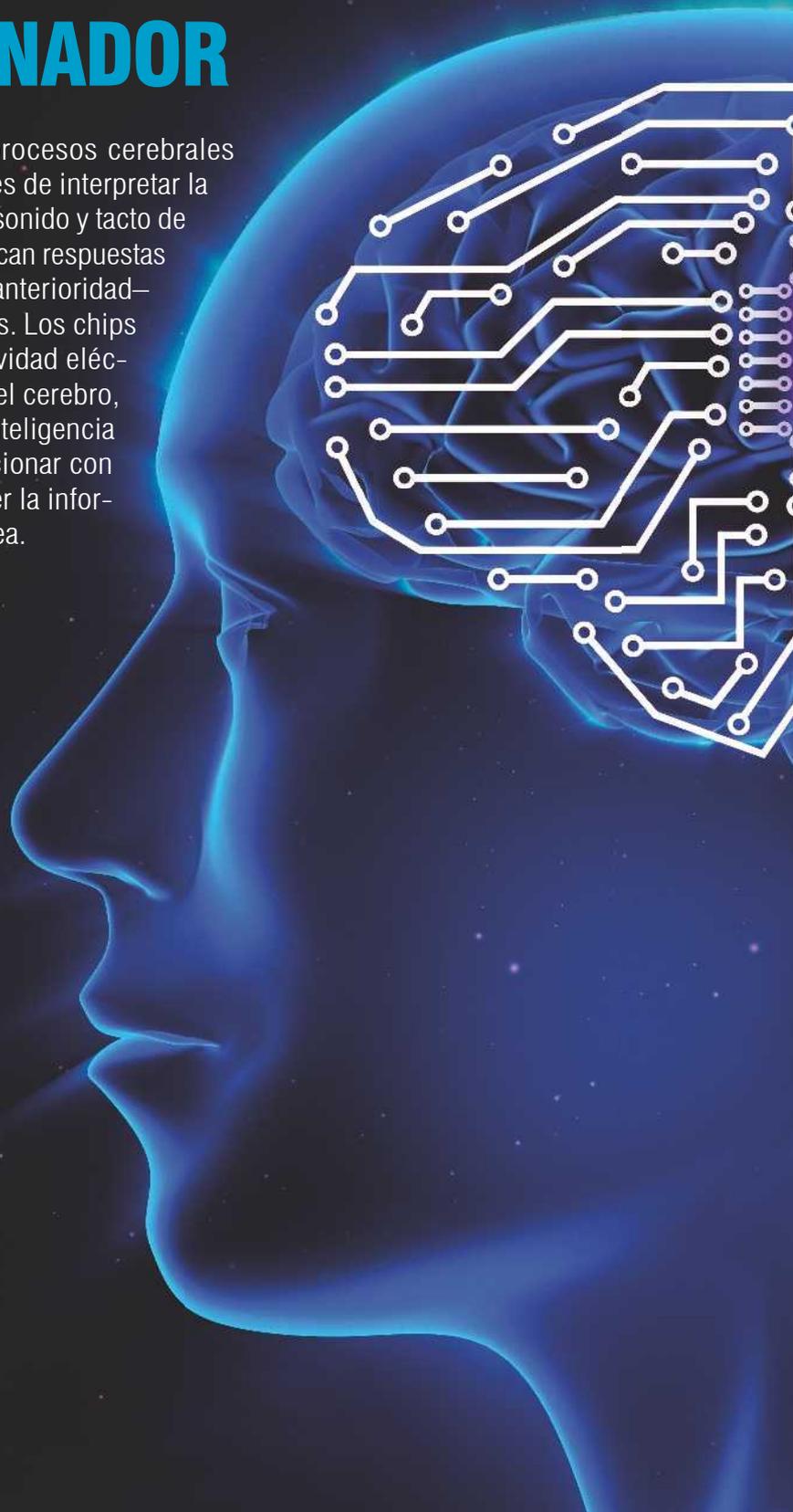
EL DISEÑO DE LOS CHIPS NEUROMÓRFICOS BUSCA PROCESAR LA INFORMACIÓN COMO LO HACE LA MENTE

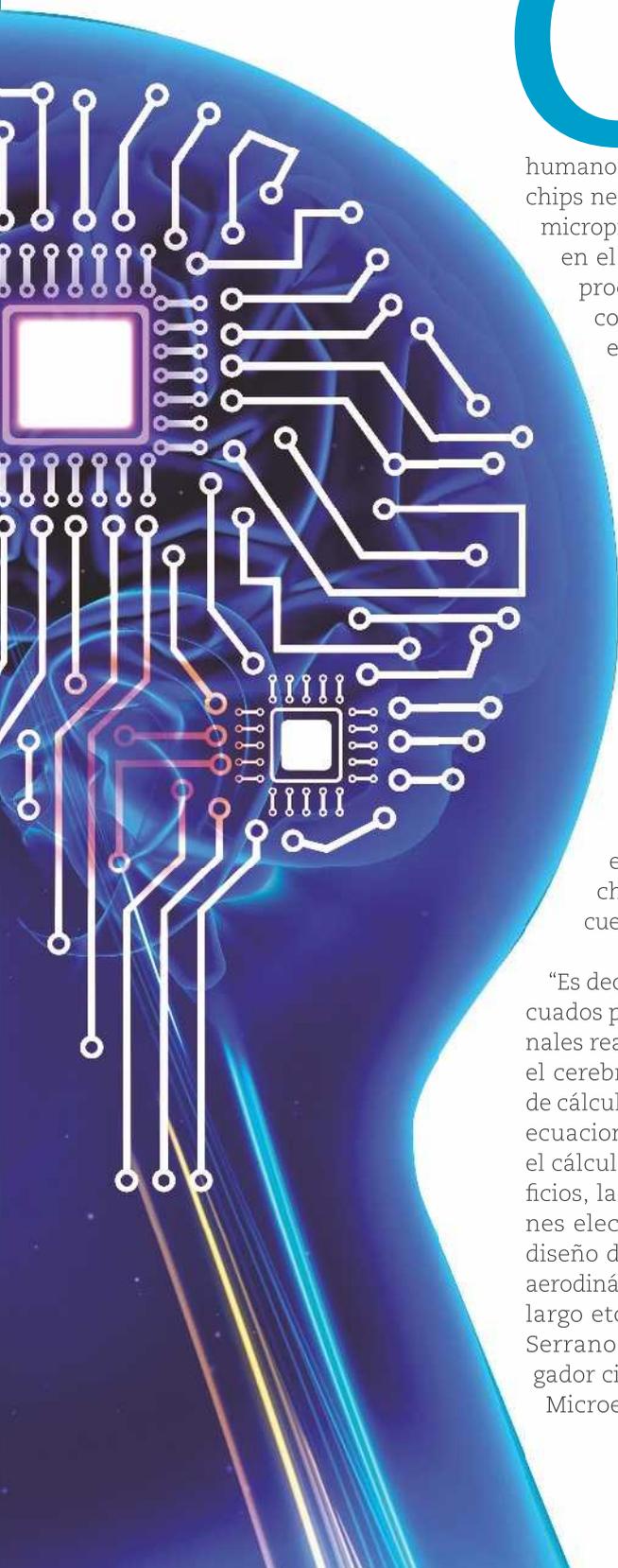
EL CEREBRO HUMANO EN UN ORDENADOR

Desarrollar chips que imitan los procesos cerebrales ayudará a crear ordenadores capaces de interpretar la información procedente de imagen, sonido y tacto de tal manera que sea posible que ofrezcan respuestas inteligentes —no programadas con anterioridad— en función de esos datos sensoriales. Los chips neuromórficos podrán imitar la actividad eléctrica de las neuronas y la sinapsis del cerebro, y serán clave para los sistemas de Inteligencia Artificial (IA) que requieren interactuar con el entorno siendo capaces de extraer la información cognitiva de lo que les rodea.

Texto: **LAURA PAJUELO**

Mientras los ordenadores convencionales realizan las operaciones de forma secuencial y ordenada a gran velocidad, el cerebro humano realiza una computación paralela y distribuida.





Crear dispositivos capaces de procesar la información del mismo modo que lo hace el cerebro

humano. Ése es el objetivo de los chips neuromórficos, un tipo de microprocesador que se inspira en el cerebro biológico para procesar datos sensoriales como son las imágenes y el sonido, y responder a ellos de forma no programada previamente.

La diferencia con los sistemas de computación actuales es abismal, ya que estos se han creado siguiendo las normas de la computación tradicional que derivan de las calculadoras: recurren a lo que se conoce como arquitectura von Neumann, que se caracteriza por transportar los datos entre el procesador y los chips de memoria en secuencias lineales de cálculo.

“Es decir, los actuales son adecuados para tareas computacionales realmente complejas para el cerebro humano: algoritmos de cálculo como la resolución de ecuaciones, el cálculo integral, el cálculo de estructuras de edificios, la resolución de ecuaciones electromagnéticas para el diseño de antenas, los cálculos aerodinámicos para aviones y un largo etcétera”, explica Teresa Serrano Gotarredona, investigador científico del Instituto de Microelectrónica de Sevilla y

miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

SENSADO COGNITIVO

Por eso, pese a que los sistemas de computación actuales son muy superiores a la capacidad del cerebro humano en cuanto a velocidad y precisión del cálculo, para trabajar de forma fluida y flexible con el sensado cognitivo (visión cognitiva, audición o tacto) es necesaria una alternativa que, además de ofrecer posibilidades más amplias, reduzca significativamente el consumo energético. Esta alternativa son los chips neuromórficos, un término acuñado en un artículo publicado en 1990 por Carver Mead, profesor en Caltech (Instituto de Tecnología de California), una de las principales instituciones mundiales dedicadas a la ciencia, ingeniería e investigación.

Con este nombre, Mead hacía referencia a los chips que podían imitar la actividad eléctrica de las neuronas y la sinapsis, el mecanismo que conecta las neuronas entre sí y permite que la información se transfiera de unas a otras. Este tipo de chips son, precisamente, un elemento clave para que los sistemas de inteligencia artificial puedan interactuar con el entorno de manera inteligente, extrayendo la información cognitiva de lo que les rodea. “Los chips neuromórficos pueden mejorar la inteligencia artificial al ser un hardware más apropiado y eficiente -en cuanto a velocidad y consumo de potencia- para extraer la información cognitiva del entorno”, explica Serrano.

Los chips neuromórficos pueden utilizarse en múltiples campos, como la conducción automática, vigilancia inteligente o robots autónomos en entornos hostiles y no comunicados

La clave está en cómo imitan el funcionamiento del cerebro. Y es que, mientras los ordenadores convencionales tienen un número limitado de procesadores que realizan las operaciones de forma secuencial y ordenada a gran velocidad, el cerebro humano realiza una computación paralela y distribuida. “Las unidades de procesamiento son las neuronas, mucho más lentas que un procesador convencional, ya que sus tiempos de respuesta son del orden del milisegundo, pero son muchas y están altamente interconectadas. El cerebro humano está formado por 10^{11} (cien mil millones) de neuronas y cada neurona tiene del orden de 10^3 interconexiones.

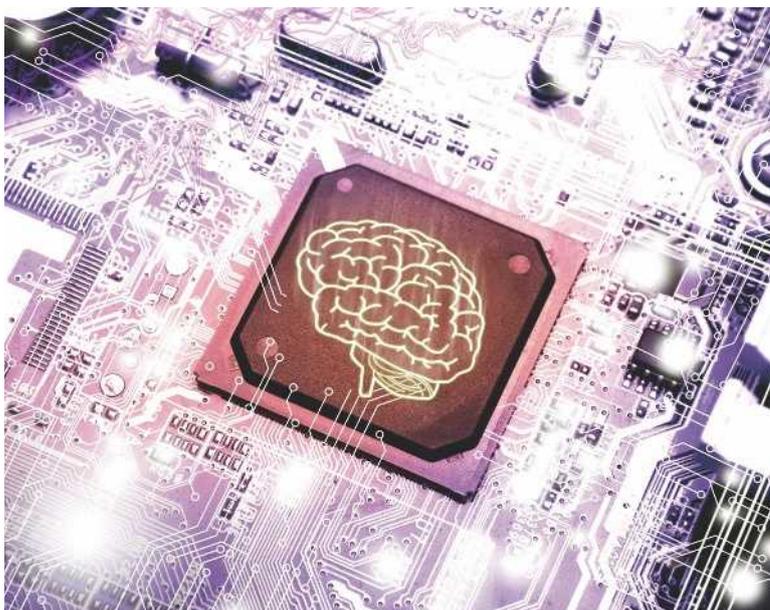
Esta arquitectura paralela hace al cerebro mucho más apropiado para el procesamiento masivo de datos tal y como nos llegan de los sensores procedentes del mundo real”, dice Serrano. Por lo tanto, los chips neuromórficos disponen de un gran número de neuronas de procesamiento en paralelo altamente interconectadas, que intercambian y procesan la información mediante impulsos eléctricos en tiempo continuo.

MULTITUD DE PROYECTOS

Actualmente, existen varias plataformas de procesamiento de hardware neuromórficas. Una de

ellas es SpiNNaker, enmarcada en el proyecto financiado por la Unión Europea conocido como *The Human Brain Project* (HBP). Su objetivo es interconectar 1.000.000 de procesadores ARM mediante el intercambio de impulsos eléctricos, cada uno emulando el comportamiento en tiempo real de 1.024 neuronas. Gracias a este proyecto también se ha desarrollado la plataforma BrainScale, que pretende emular en tiempo acelerado sistemas formados por pocos millones de neuronas.

Por su parte, TrueNorth, de IBM, tiene como objetivo a largo plazo crear un chip con diez mil millones de neuronas y cientos de billones de sinapsis consumiendo un kilovatio y ocupando un volumen inferior a dos litros. Tras varios prototipos, en 2014 lograron un chip con un millón de neuronas y 256 millones de sinapsis construido con tecnología de 28 nanómetros y un total de 5.400 millones de transistores que crean una red de 4.096 núcleos neurosinápticos, y que además posee un consumo de 70 milivatios. “Es una iniciativa pensada para abandonar el paradigma von Neumann, que ha guiado la arquitectura de los ordenadores durante más de medio siglo. Las futuras aplicaciones de la computación demandarán cada vez más funcionalidades que no se consiguen de forma eficiente con una arquitectura tradicional. Por eso, estos chips son un paso significativo en la evolución de los ordenadores, desde calculadoras hasta sistemas de aprendizaje, y marcan el principio de una nueva generación de equipos y aplicaciones en negocios, ciencias e, incluso, para los gobiernos”, afirmaba Dharmendra S. Modha, científico y director del área de computación inspirada en el cerebro de IBM.



Los chips neuromórficos disponen de un gran número de neuronas de procesamiento en paralelo altamente interconectadas, que intercambian y procesan la información mediante impulsos eléctricos en tiempo continuo.

© Fotolia

En los últimos años también se han diseñado varios prototipos de sensores de visión, audio o táctiles de bajo consumo; los más avanzados han sido desarrollados por equipos europeos, como el Grupo de Hardware Neuromórfico del Instituto de Microelectrónica de Sevilla (CSIC), cuyos sensores destacan por su bajo consumo de potencia y por su capacidad para reaccionar ante cambios en la señal sensada y comunicarlos a las siguientes etapas de procesamiento en microsegundos.

DIVERSIDAD DE APLICACIONES

Como el campo de aplicación de los chips neuromórficos es el sentido cognitivo (la interpretación inteligente de la realidad sensada y la interacción inteligente con el entorno mediante el control de las reacciones y el movimiento), pueden utilizarse en múltiples campos, tal y como destaca Serrano:

Se han diseñado varios prototipos de sensores de visión o audio, los más avanzados desarrollados por equipos europeos como el Grupo de Hardware Neuromórfico del CSIC de Sevilla

no: “Desde conducción automática hasta vigilancia inteligente o robots autónomos en entornos hostiles y no comunicados, por poner algunos ejemplos”.

También para el reconocimiento de rostros y personas en una fotografía, la creación de equipos médicos capaces de realizar un seguimiento de los pacientes y su respuesta a los tratamientos o el diseño de sistemas que tienen en cuenta los patrones de viento, las mareas y otros indicadores para predecir tsunamis. Incluso tendrá aplicaciones para los particulares, por ejemplo, en los teléfonos inteligentes que se usarán en el

futuro: podrán prestar atención a las acciones del usuario y a su entorno para aprender hábitos o proponer alarmas y avisos pertinentes.

Para Serrano, además, es previsible que explotando el alto paralelismo de los chips neuronales y la mayor velocidad de cómputo y de comunicación de los microchips (respecto a las neuronas biológicas) se lleguen a conseguir velocidades de respuesta superiores a las del ser humano: “Esto podría dar lugar a nuevas aplicaciones hasta ahora impensables en campos como la balística, el estudio del mundo microscópico...”. ■

CEREBRO HUMANO

- La información se transmite gracias a un proceso químico mediante débiles señales eléctricas que son las que permiten las comunicaciones entre las partes del sistema.
- Computa en paralelo debido a que sus células eléctricamente activas le permiten operar de forma simultánea y sin descanso.
- Es libre, ya que usa el razonamiento y el sentido común para funcionar.
- Su capacidad de evolución es extremadamente lenta: los científicos han verificado que apenas ha cambiado en cien mil años.
- Tiene dificultades para llevar a cabo varias tareas a la vez, a excepción de los automatismos fisiológicos.
- Con capacidad de aprender y entender nuevos conceptos.
- Siempre está presente un elemento emocional y no es posible desactivarlo.
- Es capaz de interpretar el mundo exterior y generar ideas.
- Es un sistema complejo con más de cien billones de neuronas que forman billones de conexiones.

CHIP CONVENCIONAL

- El ordenador genera unos potentes impulsos eléctricos artificiales que circulan por cables y que permiten que la información fluya de forma más rápida.
- Lleva a cabo procesos lineales simultáneos.
- Está ‘atado’ a las instrucciones y los patrones que le envía y marca un programador humano.
- Tiene capacidad de evolucionar.
- Es muy rápido para hacer tareas simultáneas y complejas.
- Sólo aprende si así se lo ordena un programador.
- No tiene emociones, es pura lógica, y se puede programar su apagado.
- Depende de algoritmos asociados a ideas existentes.
- Sólo está compuesto por unos cientos de millones de transistores y circuitos.

ASPIRADORES QUE OPERAN AL VACÍO O TRAPOS CON ETANOL SON LOS PRODUCTOS DE LIMPIEZA DE LOS ASTRONAUTAS

BACTERIAS, UNOS INQUILINOS PERMANENTES DE LA ESTACIÓN ESPACIAL

¿Hay espacios herméticos totalmente esterilizados? Parece que no, ni siquiera en la Estación Espacial Internacional (ISS). Cuando se trata de bacterias, éstas son capaces de viajar más de 400 kilómetros alojadas en los trajes, cuerpos e interior de los propios astronautas e instalarse en un espacio cerrado donde —al contrario que en una ‘sala blanca’ terrestre— el aire no se recicla. Un estudio de la NASA ha dado con una abundancia de bacterias ‘oportunistas’ que, aunque inocuas en la Tierra, sí podrían ocasionar infecciones que derivasen en inflamaciones o irritaciones de la piel. Sin olvidar aquellos hongos que podrían dañar o afectar a los equipos de esta infraestructura espacial.

Texto: **BRUNO DÍAZ**
Fotos: **NASA**



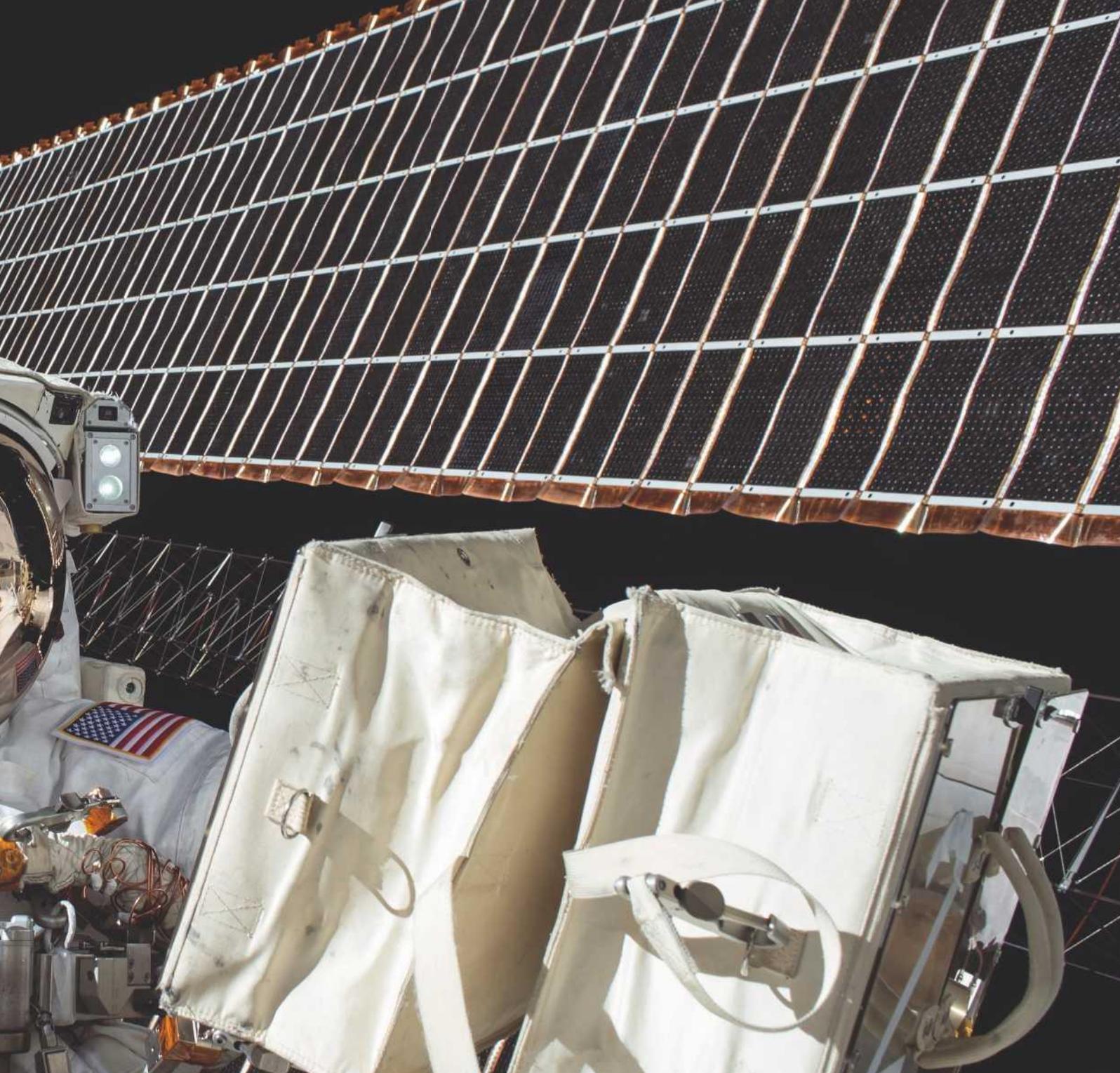
En la infraestructura espacial se ha detectado población actinobacteria y bacterias oportunistas capaces de causar infecciones en los oídos o pulmones.

Obsérvese que las partículas de polvo y suciedad que en la Tierra se depositan en el suelo, en una nave espacial flotan continuamente en el aire. Recuérdese que la limpieza en condiciones de microgravedad tiene sus particularidades. Súmese a ello el que en el espacio exterior el sistema inmunitario de las personas queda debilitado,

y aparecerá un problema para todas las agencias espaciales: la posibilidad de que los astronautas tengan algún tipo de infección. Una situación grave para la salud de los tripulantes de la ISS, pero ¿y si le ocurriese en plena misión a alguno de los integrantes de un futuro viaje a Marte o a planetas mucho más lejanos?

Esta preocupación ha llevado a una serie de científicos del Laboratorio a Propulsión a Chorro

de la NASA a realizar un estudio que determine qué microorganismos —bacterias, virus u hongos terrestres— habitan en la ISS y si son o no patógenos. Para ello se recogieron muestras de polvo obtenidas de los filtros de aire y de las bolsas del aspirador de la Estación, con el objeto de ser analizadas y comparadas con las de una *sala blanca* ubicada en la Tierra. A priori, una habitación con un entorno controlado y ‘cerrado’ muy similar en parámetros



de limpieza al de la ISS, pero con las diferencias de que la presencia humana en la Estación es constante, el aire no se recicla, se está más expuesto a la radiación espacial y los niveles de dióxido de carbono son más elevados.

SECUENCIACIÓN DE ADN

Ya se habían realizado pruebas de microbiología con técnicas tradicionales, como el cultivo de

hongos y bacterias en un laboratorio, pero para llevar a cabo este nuevo estudio se han empleado las más avanzadas técnicas de secuenciación de ADN, capaces de determinar con gran precisión la composición de cada microorganismo. Básicamente, cada muestra recogida se pasa por un haz de luz UV procedente de un láser de argón. La fluorescencia emitida por cada fragmento de ADN es recogida por una cámara CCD y, posteriormente, un soft-

ware asigna a la fluorescencia emitida la base correspondiente.

Los genes de muchos microorganismos comparten estos rasgos: distribución amplia (abundancia de unidades en pequeño espacio), tener un tamaño microscópico (abarcable para analizar en su conjunto), completar un ciclo vital en un periodo corto y de forma simple comparado con organismos más desarrollados, vivir en colonias y reproducirse de forma

¿Qué es...?

- **Actinobacteria:** bacteria gram-positiva muy frecuente en los suelos o en cualquier superficie natural capaz de producir esporas externas, descomponer moléculas orgánicas y favoreciendo por tanto la formación de humus. Alguna de sus variantes puede ocasionar graves enfermedades al ser humano.
- **Bacillus:** un tipo de bacteria en forma de bastón bastante resistente a las altas temperaturas y a los desinfectantes químicos convencionales. Son capaces de contaminar el agua o los alimentos.
- **Bacteria oportunista:** es aquella que no produce enfermedades en una persona sana, pero que sí puede ocasionar una infección severa en un individuo con deficiencia inmunitaria, ya que suele ser resistente a los antibióticos.
- **Hongo:** organismo que puede vivir en los tejidos muertos del cabello, uñas o capas externas de la piel, y que puede aparecer por la humedad retenida en las prendas de vestir, por ejemplo. Puede ocasionar tiña corporal, dermatofitosis del cuero cabelludo o el doloroso llamado pie de atleta.
- **Staphylococcus:** bacteria estafilocócica que está presente en la mucosa y la piel de los humanos, mamíferos y aves. Puede producir en el individuo diarrea, vómito, náuseas, dañar la piel, generar impétigo ampolloso o forúnculos, e incluso la muerte –en el caso del *staphylococcus aureus*– debido a una insuficiencia cardíaca motivada por una endocarditis.



En la ISS la presencia humana es constante, el aire no se recicla, se está más expuesto a la radiación espacial y los niveles de dióxido de carbono son más elevados.

abundante. Gracias a todo esto es posible obtener con gran rapidez y precisión su secuencia de ADN, realizar un análisis detallado sobre cómo muta, cuál es su expresión génica o su variabilidad genotípica (las mutaciones en la información genética) y fenotípica (las características visibles de un organismo resultado de la interacción entre el genotipo y el ambiente).

En cualquier caso, al tratarse de un estudio genético, en el Laboratorio de Propulsión a Chorro no se ha podido determinar si las bacterias encontradas son potencialmente dañinas para los astronautas. Ni tampoco ha sido posible especificar en qué medida concreta podrían los microorganismos corroer o inutilizar piezas o equipos de la estación espacial. “Las secuencias genéticas asociadas a algunos tipos de bacterias que fueron obtenidas de la Estación Espacial han demostrado que causan biodeterioro. Por ejemplo, la degradación del metal. Por lo tanto podrían ocasionar ciertamente daños en la estructura. Sin embargo, teniendo en cuenta los estudios genéticos realizados, sólo en una de las pruebas no se pudo concluir que no sean peligrosos en la actualidad. Aparte de las características propias de degradación del metal, habría que analizar cuál es la capacidad real de estos microorganismos y en qué cantidad podría resultar una amenaza. Para determinar todo esto, tendríamos que hacer estudios adicionales”, explica Kasthuri Venkateswaren, investigador de la NASA JPL y director de la investigación.

Lo que los investigadores sí han encontrado es una gran diferencia entre ambos entornos, la ‘sala blanca’ en la Tierra y la ISS. La diferencia radica en que en la infraestructura espacial existe una

Algunos tipos de bacterias obtenidas en la Estación Espacial pueden degradar el metal, por lo que podrían ocasionar daños en su estructura

población mucho más numerosa de actinobacteria, un microorganismo muy relacionado con la piel del ser humano. Junto a ella también han hallado dos tipos de bacterias oportunistas, capaces de causar infecciones, así como bacillus, staphylococcus y hongos vinculados con infecciones producidas en el oído o en los pulmones.

PASAR LA ASPIRADORA

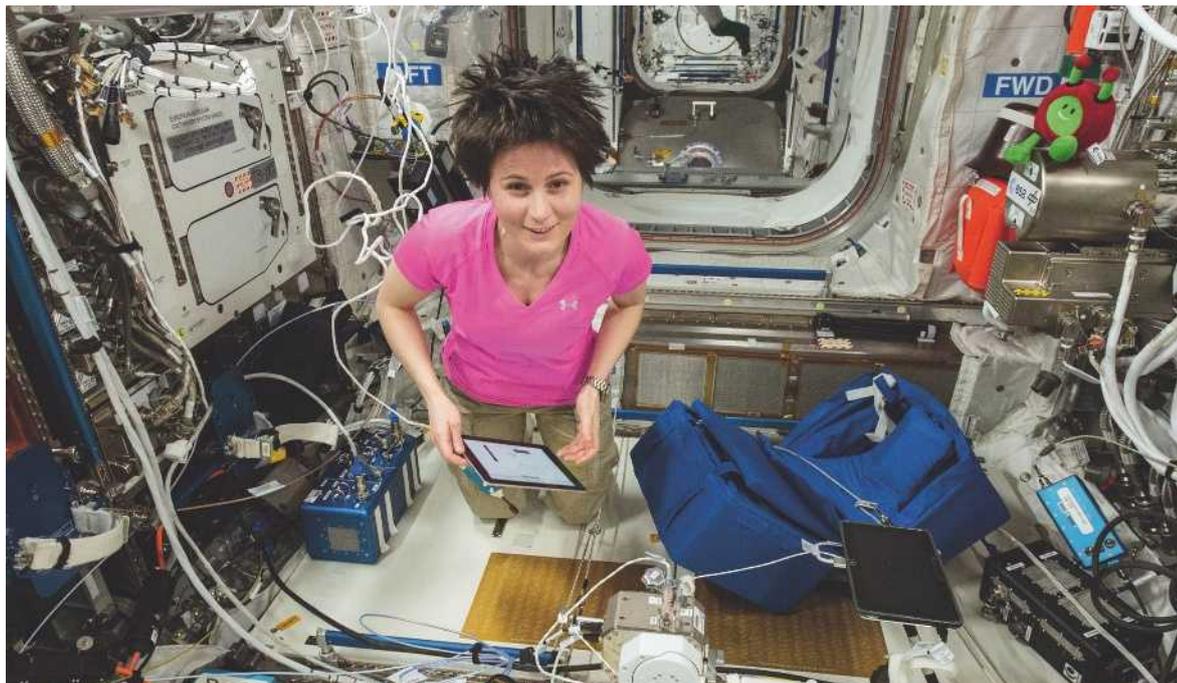
Aparte de las comprobaciones que hacen los astronautas de forma diaria sobre la calidad del agua y del aire, comprender la

naturaleza de las comunidades de microbios, el microbioma, es básico para gestionar la salud de los tripulantes de la Estación o de cualquier nave espacial. Por eso los hallazgos de este estudio van a permitir hacer un seguimiento riguroso del grado de limpieza que hay que alcanzar y conocer en qué áreas de la infraestructura se necesita llevar a cabo una limpieza mucho más profunda.

“La NASA ha fijado una serie de prácticas de higiene que deben llevar a cabo los astronautas, pero no realizamos ningún proceso concreto para la eliminación de

las bacterias. Éstas están ahí y lo que se puede hacer es intentar mitigar sus posibles efectos negativos. Eso sí, para la limpieza del habitáculo de la ISS nuestra organización ha diseñado productos pensados para usar al vacío, como aspiradores especiales, así como el empleo de desinfectantes idóneos para el entorno, como es el caso de toallitas que contienen un 70% de etanol en su composición”, comenta Venkateswaren.

Es decir, toca, como se haría en cualquier casa, pasar la aspiradora para retirar el polvo del interior de los equipos científicos y de todos los ‘rincones’, así como limpiar, por ejemplo, con servilletas empapadas con agua oxigenada, más de 100 metros cuadrados de superficie para evitar que en los paneles se acumule no sólo el polvo, también el moho que producen tanto los equipos al funcionar como la propia actividad humana. ■



Para la limpieza del habitáculo de la ISS se han diseñado productos pensados para usar al vacío, como aspiradores especiales, o el empleo de toallitas que contienen un 70% de etanol en su composición.

LA ARENA DEL DESIERTO PODRÍA ALMACENAR ENERGÍA TÉRMICA

La arena del desierto de los Emiratos Árabes Unidos podría ser utilizada en instalaciones de energía solar concentrada para almacenar energía térmica de hasta 1.000 grados Celsius. El proyecto de investigación 'Sandstock', que impulsa el Masdar Institute, está tratando de desarrollar un sistema de recepción y almacenamiento sostenible y de bajo coste, usando partículas de arena como colector de calor, transferencia de calor y medio de almacenamiento de energía térmica.



© Masdar Institute

La composición química de la arena revela el predominio de cuarzo y materiales de carbonato.

Los análisis mostraron que es posible utilizar la arena del desierto como material de almacenamiento de calor alternativo al aceite sintético y sales fundidas que puede alcanzar entre los 800 y 1000°C. La composición química de la arena ha sido analizada con técnicas de fluorescencia de rayos X (XRF) y difracción de rayos X (XRD), que revelan el predominio de cuarzo y materiales de carbonato.

La reflectividad energía radiante de la arena también se midió antes y después de un ciclo térmico, ya que puede ser posible utilizar la arena del desierto no sólo como un material de almacenamiento térmico sino también como un absorbedor solar directo bajo flujo solar concentrado. ■

DESCUBIERTO EL NOVENO PLANETA DEL SISTEMA SOLAR

Konstatín Batygin y Mike Brown, dos científicos que trabajan en el Instituto Caltech de Estados Unidos han hallado evidencias de lo que podría ser el noveno planeta del Sistema Solar. Ubicado en su más profunda e inexplorada región, y con una masa diez veces superior a la de la Tierra, este planeta gigante orbita unas veinte veces más lejos de Sol de lo que lo hace nuestro planeta. Es decir, que tardaría entre 10.000 y 20.000 años en dar una vuelta completa al Sol.

En un estudio publicado en The Astronomical Journal, estos investigadores detallan que no han observado este planeta de forma directa, sino que lo han identificado mediante una simulación matemática y un modelado a partir de las órbitas de otros planetas enanos y de diversos tipos de objetos que han sido recientemente descubiertos. Todo parece indicar, por el tamaño que tiene, que se trata de un planeta y, por tanto,



© CALTECH

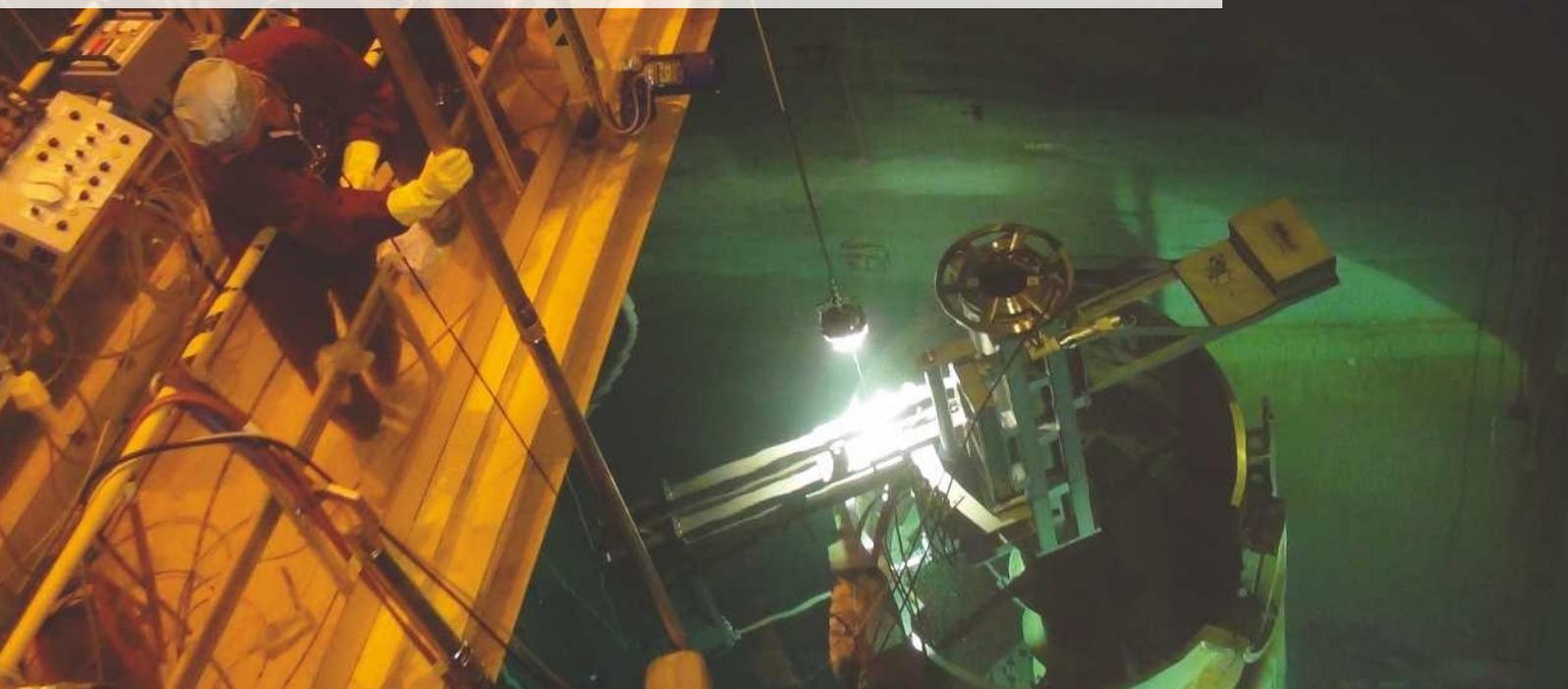
que una vez confirmado por la comunidad científica pasaría a ser el 'novenno planeta del Sistema Solar'. ■

POSIBILIDAD DE OBTENER PARTÍCULAS DE MAJORANA EN GRAFENO

Un estudio internacional en el que ha participado el CSIC ha logrado demostrar por primera vez la posibilidad de obtener partículas de Majorana en grafeno lo que puede suponer un avance en el campo de la computación cuántica. Los investigadores exponen que si una capa de grafeno (carbono puro de un átomo de grosor) es sometida a altos campos magnéticos y se acopla con un material superconductor es posible conseguir que aparezcan partículas de Majorana. Este tipo de partículas fueron descritas por primera vez en 1937 por el físico italiano Ettore Majorana y tradicionalmente se han definido como un fermión, partícula y antipartícula al mismo tiempo. Pero en este caso, las partículas superconductoras son anyones. "Es un tipo de estado cuántico cuya función de onda no se comporta ni como la de un fermión ni como la de un bosón. Esta propiedad carece de análogo en el Modelo Estándar de física de partículas y podría dar lugar a una forma de computación cuántica más robusta, denominada computación cuántica topológica", concluye el investigador del CSIC Ramón Aguado. ■

WESTINGHOUSE DECOMMISSIONING
AND REMEDIATION SERVICES

GLOBAL PROJECT EXPERIENCE
ADVANCED TECHNOLOGY

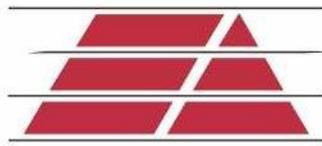


Westinghouse provides comprehensive, integrated services and solutions to the decommissioning and dismantling (D&D) and waste management industries. We have extensive experience in the dismantling of nuclear installations, from uranium mill plants to nuclear power plants. We provide state-of-the-art solutions for spent fuel services and for the treatment and handling of radioactive waste. Westinghouse offers proven solutions for the interim storage and final disposal of low-, intermediate- and high-level waste.

Our dedication to a cleaner environment extends to servicing existing nuclear power plants and managing by-products in an environmentally responsible manner.

For more information, visit us at [www.westinghouse**nuclear**.com](http://www.westinghousenuclear.com)





EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

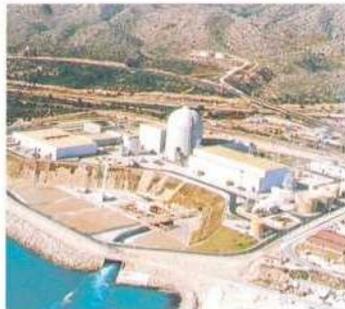
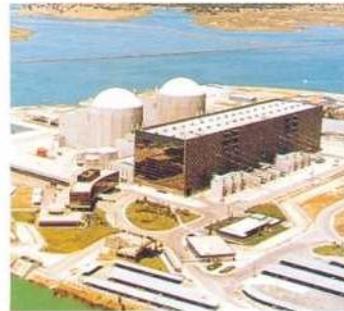
En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

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

■ Tecnología

■ Experiencia

■ Dedicación



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

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

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