

ESTRATOS

MÁS DE 25 AÑOS DIVULGANDO CIENCIA

**El Cabril,
25 años de
servicio a la
sociedad**

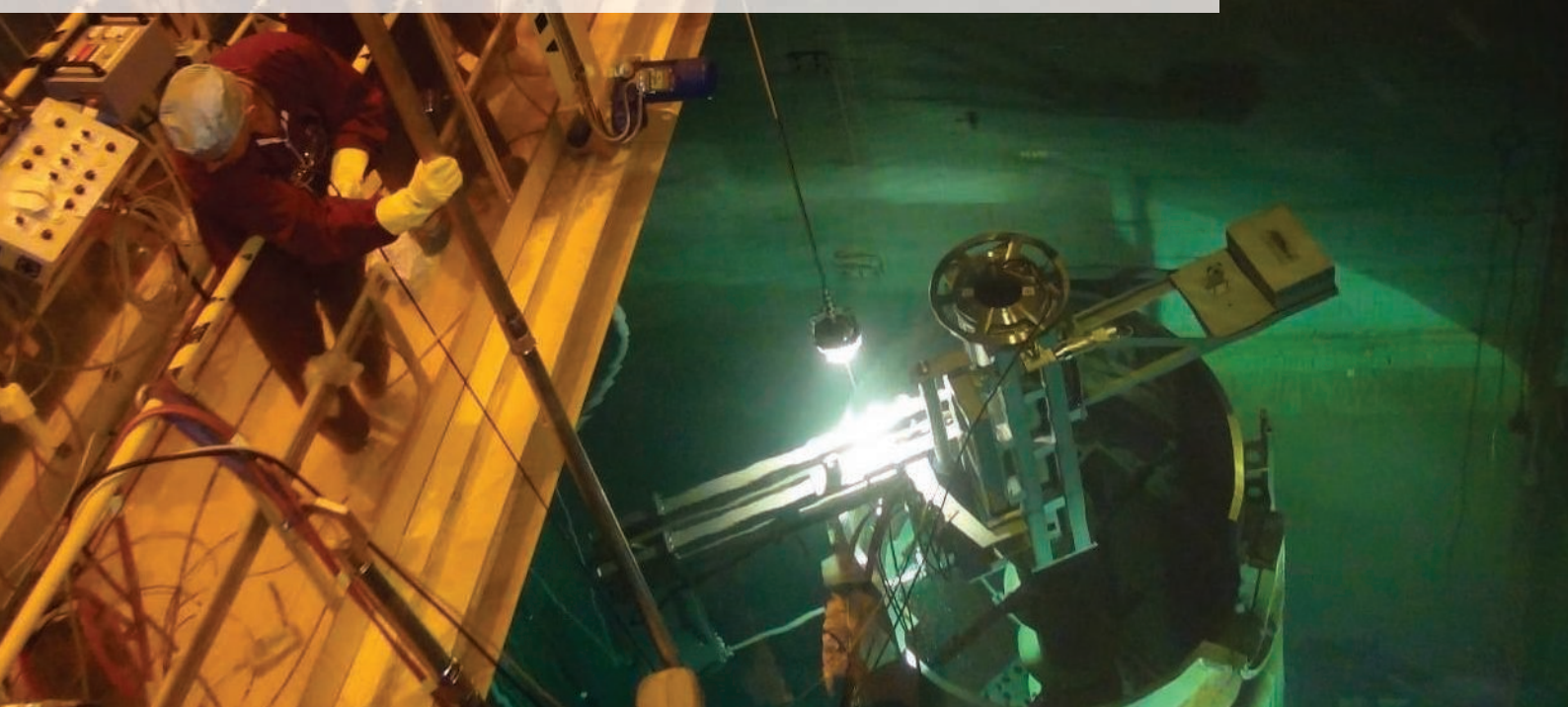
**Retos a los que se
enfrenta el bosque
mediterráneo**

**José Ángel Ávila, Premio
al Inventor Europeo 2017:
“La precisión de Galileo
es superior a la de GPS”**



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)



UN CUARTO DE SIGLO DE HISTORIA CONJUNTA

El Cabril acaba de cumplir veinticinco años de operación. Un cuarto de siglo de servicio público a la sociedad española de una instalación modélica que ha sabido ir adaptándose a las necesidades que han ido surgiendo y seguir adoptando las tecnologías más avanzadas en el campo de la gestión de residuos radiactivos de baja y media actividad, en un ejercicio de mejora continua.

El diseño, desarrollo y puesta en marcha de una instalación que resolviese de manera definitiva la gestión de los residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad en España fue uno de los primeros objetivos que se marcó Enresa. Se analizaron y estudiaron los sistemas de almacenamiento y las tecnologías de gestión que se aplicaban en los países más avanzados y, con todos los conocimientos adquiridos, se diseñó un centro de almacenamiento que fue calificado por la Nuclear Regulatory Commission (NRC) estadounidense como uno de los más modernos del momento.

Pero, además de un proyecto técnico, Enresa tuvo que afrontar la batalla de la opinión pública para conseguir la aceptación de la instalación por su entorno. La empresa estableció una política de puertas abiertas de manera que un lugar poco visitado comenzó a recibir a alcaldes, concejales, parlamentarios, periodistas, ecologistas, técnicos internacionales y, sobre

todo, a los vecinos de las poblaciones cercanas. De esta manera, con paso firme, la empresa fue tejiendo una relación con el entorno que se organizó sobre la sencillez, la permanencia a largo plazo, la implantación de trabajadores de la zona en todos los puestos posibles, las puertas abiertas, la seriedad, la sinceridad y la solvencia técnica. Valores que, a largo plazo, han dado resultado y han conseguido un notable cambio en la percepción de El Cabril por su entorno.

Hoy, es de dominio público lo que representa: una instalación que soluciona la gestión segura de los residuos radiactivos de baja y media actividad que se generan en España. Y todo ello con las máximas garantías de seguridad y protección radiológica tanto para sus trabajadores como para la población y el entorno natural.

Pero aquel Cabril de los inicios es muy diferente al actual. Las instalaciones industriales tienen que adecuarse y adoptar las nuevas tecnologías que surgen. Y eso es lo que ha tenido lugar en El Cabril durante estos cinco quinquenios, un proceso constante de adecuación y mejora de la instalación. En 2001 se pusieron en marcha nuevas instalaciones y laboratorios en la planta de hormigones, además de otros edificios auxiliares destinados a actividades administrativas y sociales. Ese mismo año se obtuvo la autorización para construir un edificio

auxiliar de acondicionamiento de residuos de muy baja actividad, y dos años después, en 2003, el Ayuntamiento de Hornachuelos concedió la licencia urbanística para una instalación complementaria de almacenamiento de este tipo de residuos. Más tarde, en 2011, la instalación renovó y actualizó su sala de control, el alma máter desde la cual se realizan todas las actividades de tratamiento y acondicionamiento de residuos. La original fue sustituida por una mucho más avanzada, con puestos multidisciplinarios que mejoran su efectividad y seguridad, ya que desde cada uno de ellos se puede acceder a todos los sistemas remotos.

El Cabril sigue siendo hoy un foco de atención técnica internacional y un modelo a seguir en el campo de la gestión de los residuos radiactivos. Después de tantos años, su relación con el entorno camina por los terrenos de la colaboración y la comunicación que se forjaron a lo largo de todo este tiempo.

Y es justo finalizar destacando y reconociendo la labor profesional de los trabajadores de El Cabril, muchos de ellos fueron pioneros de una actividad que no entendía la gente de sus pueblos, y hoy su actividad es valorada y vista como lo que es: gestionar de manera eficiente y segura unos residuos que la sociedad produce como consecuencia de actividades de las que todos nos beneficiamos. ■

REVISTA ESTRATOS

Edita: Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E., M.P.
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, Pura C. Roy, Bruno Díaz, César de Echagüe, Elena García, Bárbara Gordo, Germán Hesles, Patricia Mármol, Rosa M. Tristán, Mariano Molina, Ricardo Tapia y José Sánchez.

Crédito de portada:

Enresa

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 18



PÁGINA 24



PÁGINA 44



PÁGINA 54

SUMARIO

EDITORIAL

Un cuarto de siglo de historia conjunta 3

ACTUALIDAD ESTRATOS

El Cabril cumple 25 años de vida operativa 5

Zorita contará con un nuevo almacén para residuos radiactivos de muy baja actividad 6

El Consejo de Administración de Enresa se reúne en Zorita 7

Enresa participa en la 43ª reunión anual de la Sociedad Nuclear Española 8

Finaliza la I edición del curso Gestión y Tratamiento de residuos radiactivos en la UCO. 9

Técnicos de Croacia y China conocen en las instalaciones de Enresa el sistema de gestión de residuos radiactivos español 10

Enresa participa en la revisión de la estrategia de EDF para el desmantelamiento de reactores a presión 11

ACTUALIDAD

El Cabril, 25 años de servicio a la sociedad 12

INTERNACIONAL

La gestión de residuos radiactivos en Canadá . . 18

ENTREVISTA

José Ángel Ávila Rodríguez, premio al inventor europeo 2017: "La precisión de Galileo es superior a la de GPS". 24

MICROBIOLOGÍA

Extremófilos: Vida insospechada y adaptada a ambientes hostiles 28

MEDIO AMBIENTE

Retos a los que se enfrenta el bosque mediterráneo 32

SIERRA ALBARRANA

El Almacén Central de Peñarroya-Pueblonuevo cumple un siglo 38

Un mirador para ver la ciudad de Mellaria 40

Actualidad de Sierra Albarrana 42

TRANSPORTE

La movilidad del futuro se queda 'en el aire' . . . 44

ARQUEOLOGÍA

Hallada la ciudad perdida de Caraca 50

GENÉTICA

A la búsqueda del sabor perdido del tomate . . . 54

SALUD

Terapia: Animales capaces de sanar a los humanos 58

NOTICIAS CIENCIA 62

actualidadestratos

El Cabril cumple 25 años de vida operativa

El Centro de almacenamiento de residuos de baja y media actividad de El Cabril cumplió en octubre veinticinco años de vida operativa. Con su puesta en marcha en 1992, la instalación de Enresa en la Sierra Albarrana cordobesa vino a dar una solución definitiva a la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad en España. Desde el inicio de sus actividades hasta el 31 de diciembre de 2016, El Cabril ha recibido un total 43.029,84 m³ de residuos, de los cuales 34.190,67 m³ son de baja y media actividad (RBMA) y 8.839,17 m³ son de muy baja actividad (RBBA). Además, la instalación da trabajo directo a cerca de 300 personas.

Tras la creación de Enresa en 1984, uno de los primeros obje-

tivos que se marcó la empresa fue dotar a España de un modelo de gestión y almacenamiento de los residuos radiactivos de baja y media actividad que se generaban en las centrales nucleares, hospitales, industrias y centros de investigación. Tomando como referencia los centros de almacenamiento franceses, los técnicos de Enresa proyectaron una instalación de almacenamiento en plataformas de hormigón con los procesos automatizados y manipulados a distancia. El Ministerio de Industria concedió en 1989 la autorización de construcción del nuevo Cabril. El 9 de octubre de 1992, tras realizar las pruebas correspondientes, el Ministerio de Industria y Energía

otorgó el permiso de explotación. Los primeros residuos se trasladaron a las plataformas en abril de 1993.

En este cuarto de siglo, el centro de almacenamiento ha experimentado una mejora continua. Se construyeron nuevos edificios auxiliares para mejorar y adaptarse a las nuevas tecnologías. La sala de control original se sustituyó por una más avanzada con puestos multidisciplinares y cámaras de alta definición que facilitan las tareas de almacenamiento. El objetivo es seguir disponiendo de una instalación y un sistema de gestión caracterizado por la excelencia y operado por un equipo de profesionales. ■



Vista parcial de las instalaciones de El Cabril.

© Enresa

ZORITA CONTARÁ CON UN NUEVO ALMACÉN PARA RESIDUOS RADIATIVOS DE MUY BAJA ACTIVIDAD



© Enresa

El pasado mes de noviembre finalizaron las obras de construcción de un nuevo almacén que albergará residuos de muy baja actividad (RBBA) de la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara). De esta manera, el proyecto dispondrá de un amplio espacio en el que depositar esta tipología de residuos que se generará en esta última fase del desmantelamiento. El mayor volumen de los mismos provendrá de las tierras y de los escombros que se generarán en las actividades de descontaminación, excavaciones y demoliciones.



© Enresa

La instalación, ubicada en la explanada donde se situaban las torres de refrigeración de la central, ocupa una longitud de 130 metros de largo por 16 metros de ancho, y la superficie útil es de aproximadamente 1.900 m². En su interior, se disponen un total de 16 celdas de almacenamiento en tres niveles en su lado norte y una zona diáfana en su lado sur, donde se almacenarán contenedores CMB, Big-Bags así como bidones de 220 litros.



© Enresa

Estado que presentaba el nuevo almacén de RBBA de Zorita durante los trabajos de construcción y estado final de las mismas.

Una vez que el Consejo de Seguridad Nuclear conceda la correspondiente autorización, la nueva

instalación se espera que entre en funcionamiento en los primeros meses de 2018. ■

EL CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN DE ENRESA SE REÚNE EN ZORITA



© Enresa

La jornada concluyó con una visita a los trabajos de desmantelamiento de la central.

La central nuclear José Cabrera ha sido el marco elegido por el Consejo de Administración de Enresa para celebrar su reunión mensual. Los consejeros se desplazaron hasta la central alcarreña para mantener su reunión ordinaria correspondiente al mes de octubre.

Tras esta, los miembros del Consejo tuvieron ocasión de conocer el alcance y el estado actual de las actividades de desmantelamiento que Enresa realiza en Zorita. Los consejeros, acompañados

por directivos de Enresa, visitaron, entre otros, los trabajos que se desarrollan tanto en el interior del Edificio de Contención como en el Edificio Auxiliar de Desmantelamiento y en el área de desclasificación de materiales.

Al finalizar el recorrido por las diferentes zonas, los Consejeros mostraron su satisfacción por las explicaciones recibidas y el avance de los trabajos, y agradecieron la atención del personal de Enresa que desempeña su labor en José Cabrera. ■

ENRESA PARTICIPA CON DISTINTAS PONENCIAS TÉCNICAS EN LA 43ª REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA



Enresa presentó un poster sobre el uso de cámaras gamma en caracterización de residuos radiactivos.

Enresa participó desde del 4 al 6 de octubre en la 43ª reunión anual de la Sociedad Nuclear Española celebrada en Málaga. A lo largo tres días, técnicos de Enresa han presentado once ponencias en las distintas sesiones paralelas que han tenido lugar en este encuentro anual que ha reunido en la capital andaluza a más de 600 profesionales del sector nuclear.

Uno de los aspectos en el que Enresa participó más activamente fueron las sesiones relativas al desmantelamiento, compartiendo trabajos sobre descontaminación de materiales en el proyecto de Zorita. En este sentido, la ponencia del jefe de protección radiológica del desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, Óscar González, sobre descontaminación de paramentos, fue reconocida como la mejor de la sesión.

También el centro de almacenamiento de El Cabril fue objeto de análisis a través de una ponencia en la que se recogían los 25 años de operación eficiente del almacén.

El Almacén Temporal Centralizado y la salud laboral fueron otros de los temas en los que expertos de Enresa compartieron experiencias con otros profesionales del sector.

Además de participar en las sesiones paralelas, Enresa expuso mediante posters el desarrollo de drones para la desclasificación de edificios y cómo se van a utilizar cámaras gamma en la caracterización de residuos radiactivos en la central nuclear José Cabrera .

A lo largo de esta reunión anual se presentaron más de 330 ponencias técnicas agrupadas por áreas: ingeniería, I+D, seguridad nuclear, mantenimiento, operación, medicina y comunicación entre otras. Este encuentro, se completó además con una exposición comercial, así como con sesiones plenarias y de networking que han servido a los profesionales para actualizar sus conocimientos y conocer de primera mano los próximos retos a los que se enfrenta el sector nuclear. ■

FINALIZA EL CURSO DE EXPERTO EN GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS RADIACTIVOS ORGANIZADO POR ENRESA Y LA UCO



Entrega de los diplomas a los alumnos de la primera promoción del curso.

Los 24 alumnos de la primera promoción del Título Propio de Experto en Gestión y Tratamiento de Residuos Radiactivos, que imparte la Universidad de Córdoba (UCO) con la colaboración de Enresa, recibieron, el pasado 31 de octubre sus diplomas acreditativos en un acto celebrado en el rectorado de la universidad cordobesa.

La entrega de las certificaciones de esta primera edición contó con la presencia de Julieta Mérida García, vicerrectora de Estudios de Postgrado y Formación Continua de la UCO; Carlos Rodríguez Aznar, jefe del Departamento de Responsabilidad Social Corporativa de Enresa; Eugenio Domínguez Vilches, director de la Cátedra Enresa de la UCO y M^ª de los Ángeles Martín Santos, directora académica del Título, entre otras autoridades académicas.

Los participantes en el curso superaron las evaluaciones y la realización del trabajo de fin de estudios, adquiriendo con ello los conocimientos y habilidades necesarios para el desarrollo de programas y acciones de gestión y tratamiento

de residuos radiactivos, de protección radiológica relacionada y aplicación de la legislación y normativa a los distintos escenarios.

Este curso se imparte on line y tiene una duración de ocho meses. En su primera edición, participaron alumnos de toda España y de Sudamérica. Actualmente está en marcha la segunda, que ha aumentado el número de alumnos con respecto a la edición anterior. El personal docente está compuesto por técnicos de Enresa, y especialistas del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Ciemat, Foro Nuclear, Universidad Politécnica de Madrid y de las Universidades de Huelva, Sevilla, Málaga y Córdoba.

El curso persigue aportar al sector de la gestión de los residuos radiactivos personal técnico cualificado para sus cuadros profesionales y laborales que contribuyan con el desarrollo y la mejora de los sistemas y de las técnicas de gestión y tratamiento de residuos radiactivos en entornos tanto nacionales como internacionales. ■

TÉCNICOS DE CROACIA Y CHINA CONOCEN EN LAS INSTALACIONES DE ENRESA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS ESPAÑOL

Delegaciones de China y Croacia visitaron España para conocer a través de Enresa, cómo se gestionan los residuos radiactivos en nuestro país. La sede social de Enresa en Madrid, la central nuclear José Cabrera y el centro de almacenamiento de El Cabril fueron el escenario para el desarrollo de las reuniones.

Los técnicos croatas, que visitaron tanto Zorita como El Cabril, estudian actualmente la creación de una agencia de gestión de residuos que será también la encargada de gestionar el fondo económico para el desmantelamiento y la gestión de los residuos radiactivos de la central nuclear de Krsko, explotada por la compañía NEK, cuya propiedad es compartida por empresas eléctricas de Croacia y Eslovenia. Krsko está situada en Eslovenia, a 40 kilómetros de la frontera con Croacia, y empezó a funcionar en 1984, cuando ambos países formaban parte de la antigua Yugoslavia. La planta genera aproximadamente el 25% de la electricidad que consume Eslovenia y el 15% de la de Croacia.

Por otro lado, y de la mano de Tecnatom y del Consejo de Seguridad Nuclear de España, técnicos

del organismo regulador de China realizaron una visita a la central José Cabrera. El objetivo de la misma era, entre otras cuestiones, el de mejorar las capacidades del país asiático para regular adecuadamente el desmantelamiento futuro de sus centrales nucleares. ■



La delegación croata del Fund for Financing the Decommissioning of Krsko NPP a las puertas de Zorita junto a personal de Enresa en la instalación.



El director de instalación, Manuel Ondaro, con los miembros del regulador chino y personal de Tecnatom.

ENRESA COLABORA CON EDF EN LA ESTRATEGIA PARA EL DESMANTELAMIENTO DE REACTORES DE AGUA A PRESIÓN

Enresa ha colaborado durante este año con la empresa Electricité de France (EDF) en dos ejercicios de expertos para la revisión del programa de la empresa gala sobre el proyecto genérico de desmantelamiento de dos reactores de agua a presión de 900 MW. Esta colaboración ha permitido a ambas empresas reforzar su cooperación con el objetivo final de permitir la transferencia de la experiencia adquirida por Enresa en el desarrollo del proyecto de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera.

En la actualidad, Enresa y EDF afrontan desafíos similares en sus programas de desmantelamiento desde un punto de vista de técnico, regulatorio, ambiental, social y económico, que ofrecen una oportunidad para configurar un espacio de colaboración de mutuo interés. Ambas organizaciones mantienen



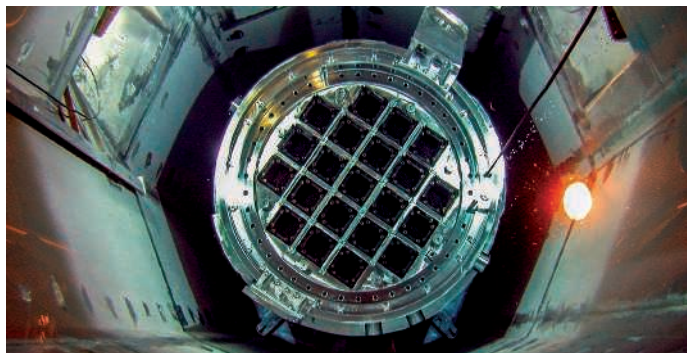
Central nuclear de Chooz (Francia). El primer reactor de agua a presión que se desmantela en el país gallo.

una continua y fructífera cooperación en el ámbito del desmantelamiento a través de reuniones periódicas y visitas técnicas en el marco del acuerdo de colaboración entre ambas organizaciones. ■

ESPAÑA PRESENTA AL OIEA EL SEXTO INFORME NACIONAL DE LA CONVENCION CONJUNTA SOBRE SEGURIDAD EN GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS

El Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD) remitió, el pasado 16 de octubre, el Sexto informe Nacional al Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), para dar cumplimiento a las obligaciones adquiridas como país miembro de la Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de residuos radiactivos.

Este informe será examinado en la reunión de revisión de las Partes Contratantes, prevista en la propia Convención, que se celebrará en mayo de 2018 en Viena. En su elaboración han participado el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD), el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y Enresa. En este



Almacenamiento de combustible gastado en un contenedor metálico.

informe se resumen las acciones implantadas, principalmente desde el 1 de enero de 2015 hasta el 1 de junio de 2017, si bien la información y datos contenidos en él se refieren a los disponibles a 31 de diciembre de 2016. ■

Con esta instalación se dotó a España con un sistema de vanguardia

EL CABRIL, 25 AÑOS DE SERVICIO A LA SOCIEDAD

El 9 de octubre de 1992 el Ministerio de Industria y Energía concedió el permiso de explotación provisional para las nuevas instalaciones de El Cabril. Las plataformas de almacenamiento suponían la solución definitiva a la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad en España. Desde entonces, han pasado ya 25 años de un cambio en la forma de gestionar estos materiales, una solución de Enresa que apostaba por convertir las instalaciones de Hornachuelos en un referente internacional.

Texto: **ENRESA**



© Enresa

Vista panorámica de las instalaciones de El Cabril frente a un cartel explicativo.

Hace ahora 25 años, en octubre de 1992, empezaban a funcionar las nuevas plataformas de almacenamiento del centro de almacenamiento de El Cabril, en Córdoba, que suponían la materialización de una nueva forma de gestión, desarrollada por Enresa siete años antes. Con el almacenamiento en plataformas de hormigón de esta tipología de residuos radiactivos España se dotaba de un sistema de vanguardia reconocido como uno de los más modernos del mundo.

Pero llegar hasta ese momento no fue fácil. El 13 de diciembre de 1985, una Orden Ministerial transfería las instalaciones de El Cabril, en la localidad cordobesa de Hornachuelos, de la Junta de Energía Nuclear (JEN) a una

neonata Enresa que debía hacer frente a un gran reto: la renovación de la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad. Tal y como recuerda Ignacio Alonso, primer director de El Cabril, al principio la Junta de Energía Nuclear decidió almacenar estos materiales en una antigua mina de uranio situada dentro de la finca de El Cabril. Pronto, recuerda Alonso, “los problemas de humedad interna de los bidones y la saturación de la mina hicieron necesario pensar en una nueva alternativa que fue el almacenamiento en superficie en unos módulos”. Y este fue el sistema que se encontró Enresa y sobre el que, basándose en los modelos de gestión franceses, planteó una nueva solución.

“La principal dificultad fue el reto de conseguir un almacenamiento definitivo” asegura Alonso, quien

añade que otra de las dificultades a las que se enfrentaron en esos primeros tiempos fue “el gran desconocimiento que había en la sociedad sobre los residuos radiactivos y su gestión”.

La construcción del nuevo Cabril, que apostaba por el almacenamiento en plataformas de hormigón con procesos robotizados, daría trabajo a unas 300 personas y suponía una inversión de 7.500 millones de pesetas más otros 2.000 millones en obras de infraestructura viaria en los alrededores. Andrés Guerra-Librero, director de la instalación entre 1988 y 2005 explica que la actuación de Enresa se realizó a tres niveles: “por un lado el proyecto técnico para conseguir un almacenamiento definitivo de gran capacidad, por otro lado el mantener y mejorar el valor ecológico de las mil hectáreas de finca, y finalmente la firme



© Enresa

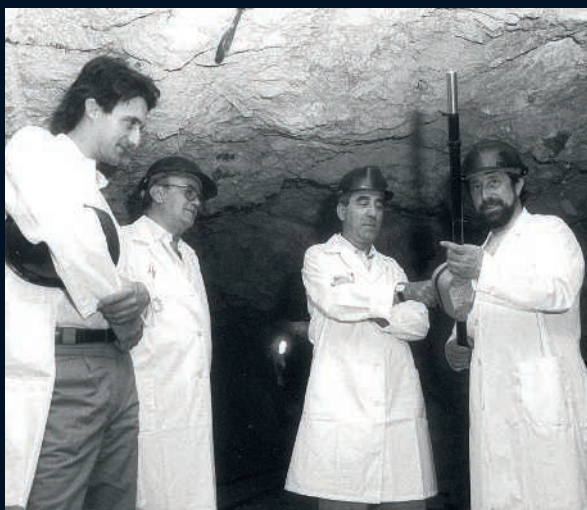
Interior de la Mina Beta, que acogió los primeros residuos radiactivos que se almacenaron en España.

decisión de participar en el entorno a todos los niveles (social, institucional, mediático etc). “ El crecimiento de las instalaciones debía compaginarse con el crecimiento de todo lo necesario para su correcto funcionamiento: recursos humanos, infraes-

estructuras de apoyo a la nueva situación y procedimientos de funcionamiento”

El 9 de octubre de 1992, realizadas las pruebas correspondientes, se otorgó el Permiso Provisional de Explotación para la nueva instala-

ción. Los primeros residuos se trasladaron a las plataformas en abril de 1993; para entonces, recuerda Guerra- Librero, se habían llevado a cabo infinidad de pruebas para determinar las zonas radiológicas y “engrasar” una máquina que debía funcionar a la perfección.



© Ignacio Alonso

A la izquierda, Ignacio Alonso, primer director de El Cabril, con otros directivos de Enresa en la Mina Beta en 1996; y dibujo esquemático de las instalaciones primitivas de El Cabril.

Porque la concepción de El Cabril no es la de un mero centro de almacenamiento. En las instalaciones de la Sierra Albarrana se dispone de todo lo necesario para que este proceso se realice con las máximas garantías de seguridad. Así, el centro cuenta con distintos laboratorios de verificación de la calidad de los residuos (activos y no activos) para comprobar que lo que llega es acorde con los criterios de aceptación aprobados y que los residuos puedan ser almacenados.

Otra de las señas de identidad del centro de almacenamiento es su ubicación, en la Sierra Albarrana cordobesa, a las puertas del parque natural de Hornachuelos. La “perfecta convivencia” en un entorno natural de estas características es otro de los méritos del almacén, subraya Guerra-Librero.



© Enresa



© Enresa

Trabajos de fabricación de la estructura metálica de los contenedores de hormigón en la Nave de Fabricación de contenedores.

ADAPTACIÓN A NUEVAS NECESIDADES

En los años 90 tuvieron lugar distintos incidentes en acerías españolas que generaron gran cantidad de residuos con escasa contaminación radiológica pero que debían ser gestionados como residuos radiactivos. Según destaca Carlos Pérez Estévez, director de EL Cabril entre 2005 y 2010, esta circunstancia, unida a los primeros datos disponibles de generación de residuos en los desmantelamientos, “puso

de manifiesto la necesidad de disponer de un modelo de gestión acorde a estos materiales y que no ocuparan las estructuras de El Cabril diseñadas para residuos con mayor actividad radiológica”.

Por ello, tras las resoluciones aprobadas en el Congreso de los Diputados entre 1999 y 2002 que recogían la necesidad de una gestión específica para este tipo de residuos, Enresa se fijó el objetivo de diseñar una instalación complementaria, tec-

nológicamente diferente, pero con los mismos estándares de seguridad, destinada al tratamiento específico de los residuos radiactivos de muy baja actividad, cuya primera estructura, conocida como “Celda 29” empezó a funcionar en octubre de 2008. Meses antes, alcaldes, empresarios, vecinos y prensa compartieron un almuerzo con los técnicos de Enresa en el interior de la nueva estructura. “De la épica a la lírica”, rezaban los titulares de aquella presentación en referencia al cambio experimentado en esos años, desde el desconocimiento y miedo a lo desconocido de la etapa inicial hasta el momento actual, en el que antes de empezar a funcionar el entorno ya es partícipe de las nuevas soluciones.

Tras las actuaciones llevadas a cabo en los últimos años puede afirmarse que El Cabril ha sabido adaptarse a los tiempos. Su premisa de mejora continua ha dado como fruto la adaptación tecnológica de los distintos aspectos de la gestión a las nuevas realidades, por lo que sus sistemas en nada se parecen a los de los años noventa, como puede comprobarse, entre otros procesos, en la renovada sala de control, en la que los puestos multidisciplinares y los propios equipos poco tienen que ver con aquellos otros, punteros para el momento, con los que se empezó a trabajar hace 25 años.

Hoy el Cabril recibe más de 4.000 visitas al año, es una instalación abierta a su entorno, y su actividad, antaño cuestionada, ahora está normalizada.

Cada año se reciben más de 1.500 m³ de residuos radiactivos que generan centrales nucleares,



Hasta 1992, los residuos radiactivos de baja y media actividad se almacenaban en los módulos de almacenamiento.

© Enresa

hospitales, industrias y centros de investigación de todas las provincias de España.

Este servicio público se ha desarrollado durante este cuarto de siglo con las máximas garantías de seguridad, siempre vigilado por el organismo regulador y demostrando, año tras año, con sus mediciones en el entorno, que su actividad es perfectamente compatible con el imponente entorno natural de la Sierra Albarrana

Tras un cuarto de siglo de funcionamiento modélico, El Cabril tiene todavía mucho futuro por delante. Cuando se complete la capacidad de almacenamiento de la instalación, afirma Eva Noguero- directora del centro desde 2010- se construirá la cobertura definitiva, una barrera más para asegurar el confinamiento de los residuos que permitirá, además, la restauración ambiental del entorno. La vigilancia de la instalación se extenderá “ explica



Los residuos se introducen en contenedores de hormigón que se inmovilizan con hormigón antes de ser depositados en las plataformas.

Noguero- hasta que la actividad de los residuos almacenados sea similar a la natural: unos 300 años en el caso de los residuos de baja y media actividad y 60 años en el caso de los de muy baja actividad.

Hasta entonces, y como se ha hecho hasta ahora, El Cabril sabrá adaptarse a las necesidades de gestión, garantizando siempre la seguridad de las personas y del entorno. ■



De izquierda a derecha, Andrés Guerra, Carlos Pérez, Eva Noguero e Ignacio Alonso, directores de El Cabril en distintas etapas.



Central nuclear de Bruce.

© Ontario Power Generation (OPG)

LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS EN CANADÁ

Desde la segunda mitad del siglo XX, Canadá asumió una decidida política nuclear. Como consecuencia, este país obtiene en la actualidad un 16 por ciento de sus necesidades de electricidad gracias a los 19 reactores nucleares con los que cuenta. Casi en paralelo, al comienzo de la expansión de estas infraestructuras —y del desarrollo tecnológico e industrial aparejado a ellas— se empezó a diseñar y llevar a cabo la tarea de gestionar sus residuos, que es competencia del Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, cuyo objetivo principal es que esta labor no suponga riesgos para la población y el medio ambiente y se eviten las cargas indebidas a las generaciones futuras.

Texto: **MARIANO MOLINA, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RELACIONES INTERNACIONALES DE ENRESA**

Canadá es el país que cuenta con más centrales nucleares del continente americano después de los Estados Unidos. Con 19 reactores en operación, la energía nuclear proporciona un 16 por ciento de las necesidades de electricidad de un país que, a su vez, es el segundo productor de uranio del mundo. Canadá ha tenido una política nuclear decidida desde la segunda mitad del siglo pasado que ha hecho posible el desarrollo de una tecnología de reactores propia, basada en el empleo de uranio metal como combustible. Como consecuencia, cuenta con una potente infraestructura de generación e investigación nuclear radicada principalmente en el estado de Ontario.

La gestión de residuos radiactivos surgió pronto, en paralelo al desarrollo tecnológico e industrial de las centrales nucleares. Hasta comienzos del siglo XXI, la mayor parte de las tareas y actividades para la puesta en marcha de instalaciones de gestión de residuos ha estado organizada en torno a Atomic Energy of Canada Limited (AECL), el gran conglomerado de laboratorios e institutos de investigación de carácter público, que inició la búsqueda de emplazamientos para la disposición definitiva de los diferentes tipos de residuos. Hoy en día, las responsabilidades de gestión están más diversificadas, y en el aspecto de implementación de las estrategias sobre el combustible gastado destaca Nuclear Waste Management Organization (NWMO).

POLÍTICA Y ORGANIZACIÓN DE LA GESTIÓN

La política de gestión de residuos radiactivos, restauración de an-

tiguos emplazamientos, residuos históricos y gestión del combustible gastado es competencia del Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, que también establece la política energética del país. El objetivo principal es la disposición final de cada tipo de residuo de manera que se hagan mínimos los riesgos a la población y al medio ambiente y se eviten las cargas indebidas a las generaciones futuras.

Los responsables de la gestión son los productores de residuos; así, los de baja y media actividad son almacenados en cada una de las centrales, y, en el caso de las centrales pertenecientes a Ontario Power Generation, el mayor productor de electricidad de origen nuclear, en la Planta Occidental de Gestión junto a la central nuclear de Bruce. Por su parte, Canada Nuclear Laboratories (CNL), sucesor de AECL, es responsable de la gestión de los residuos provenientes de la investigación nuclear en los laboratorios e instalaciones de esta última así como de cualquier otro residuo histórico. La financiación de estas tareas corresponde al gobierno canadiense y abarca tanto a los residuos históricos provenientes de la investigación como a aquellos otros producidos como consecuencia del refinado y tratamiento de radio y otros isótopos radiactivos.

Para la gestión del combustible gastado, la ley de residuos nucleares de 2002 requiere que las instalaciones nucleares creen y mantengan una organización con el mandato de presentar al Gobierno propuestas para la gestión a largo plazo del combustible nuclear gastado, e implementar la opción seleccionada. La ley requiere también la creación de los fondos necesarios para financiar dicha solución. Siguiendo lo dispuesto en esta ley, a finales

del año 2002 los productores de residuos crearon la Organización para la Gestión de Residuos Nucleares (NWMO).

Las tareas de regulación de la seguridad nuclear de todas las tareas asociadas a la gestión son llevadas a cabo por la Comisión de Seguridad Nuclear Canadiense (CNSC). También intervienen en la supervisión, el Ministerio de Recursos Naturales de Canadá, a través de la Agencia de Residuos del Combustible Nuclear, y los organismos correspondientes de Salud, Transportes y Evaluación Ambiental.

LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD

La gestión de los residuos de baja y media actividad procedentes de la operación de las centrales nucleares y del desmantelamiento de las mismas es responsabilidad de sus propietarios. En el caso concreto de Ontario Power Generation (OPG), la compañía puso en marcha en 2005 un programa para la construcción de un almacén definitivo en forma de repositorio geológico a 700 m de profundidad en la localidad de Kincardine, cerca del lago Ontario, en el emplazamiento de la central de Bruce. El objetivo es disponer allí unos 200.000 m³ de residuos de baja y media actividad, originados en las centrales del grupo eléctrico. Hasta la fecha el proyecto ha recibido el respaldo mayoritario de las comunidades cercanas y el visto bueno de un panel de revisión medioambiental, equivalente a un informe favorable de Declaración de Impacto Ambiental, lo que facilitaría la concesión de la correspondiente licencia de construcción. La decisión final del gobierno, sin

embargo, ha sido pospuesta en dos ocasiones desde la emisión del informe favorable del panel, a finales de 2015. El retraso se produce después de la toma de posesión de un nuevo gobierno federal y de una sonora campaña de oposición por parte de los representantes políticos de varios estados americanos situados al sur de la frontera, y limítrofes con el lago. Desde 2009, NWMO apoya con su experiencia técnica los esfuerzos de Ontario Power Generation (OPG) para conseguir el licenciamiento de este repositorio geológico, aunque esta tarea está separada de los cometidos de NWMO en relación con la Gestión Adaptativa y por Fases (APM) del combustible gastado. Si el trámite regulatorio tiene éxito, NWMO gestionará el diseño y construcción de este proyecto. OPG tomara a su cargo, la operación del repositorio de baja y media actividad.

AECL, por su parte, gestiona su producción de residuos de baja y media actividad en el emplazamiento del laboratorio de Chalk

River y facilita, también, servicios de almacenamiento para productores institucionales.

LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD Y EL COMBUSTIBLE GASTADO

El combustible gastado se almacena inicialmente en las piscinas de cada central nuclear. Tras un período de 5 a 10 años suele ser trasladado a contenedores en seco de hormigón, metálicos o de hormigón/metal, que se colocan también en los emplazamientos de las centrales. Los ATIs más importantes son los situados en las centrales de Bruce, Pickering y Darlington, todas ellas en Ontario. Estas instalaciones funcionarán hasta la designación de un emplazamiento en donde consolidar o centralizar todo el combustible y en donde, posteriormente, se construirá un repositorio geológico en profundidad.

La ley del Combustible Nuclear gastado requirió que para la dis-

posición definitiva del combustible gastado se estudiaran al menos tres métodos específicos: disposición geológica profunda en el escudo geológico canadiense, almacenamiento en los emplazamientos de las centrales nucleares, y almacenamiento centralizado, en superficie o subterráneo, en cualquier lugar de Canadá. Después de tres años de estudio, quedó claro que cada una de las opciones anteriores tenía ventajas únicas, pero también limitaciones importantes. Por esta razón los expertos involucrados en el estudio se mostraron partidarios de buscar otra aproximación que reuniera los objetivos que la población había manifestado que eran importantes: seguridad nuclear, seguridad física, protección del medioambiente, bienestar de la comunidad de acogida, equidad, y viabilidad económica. La conocida como Gestión Adaptativa por Fases (APM) es la solución que surgió de la participación de los ciudadanos en el curso del estudio.

APM consiste en la disposición del combustible en un reposi-



Nuclear Waste Management Organization (NWMO) se encarga del diseño de instalaciones donde almacenar residuos.

© OPG

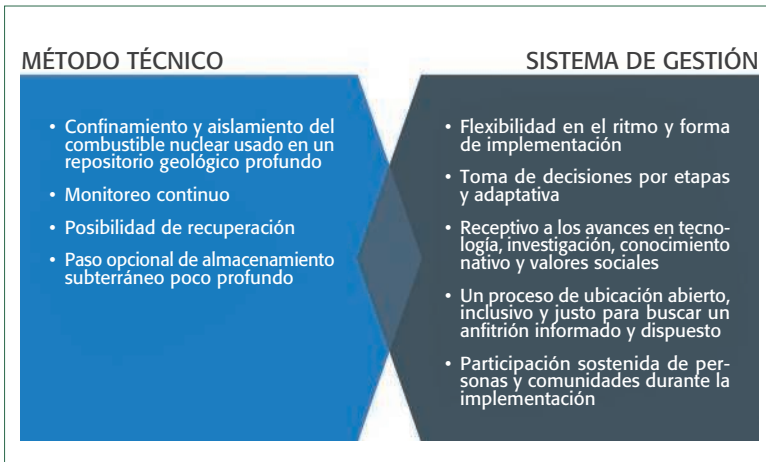


Figura 1. Características del proceso APM de implantación de un almacén geológico profundo.

torio geológico profundo con la posibilidad de recuperación de los residuos y de disponer de una instalación de almacenamiento intermedio a baja profundidad. NWMO plantea un repositorio situado entre 500 y 1000 metros en roca cristalina o sedimentaria que permita emplazar contenedores

con el combustible gastado recubiertos de bentonita. En principio los contenedores estarían manufacturados en cobre o titanio. Su implantación sólo puede hacerse en una comunidad o municipio voluntario y se debe poner mucho énfasis en su flexibilidad, de forma que pueda ajustarse a diferentes

contextos espaciales y temporales de tecnologías y situaciones sociales. (Ver Figura 1).

La puesta en marcha de APM se ha realizado tras varias iniciativas de diálogo y consulta pública destinadas a elaborar mejor la orientación del proceso y, por supuesto, tras la aprobación del gobierno federal en 2007. De esta manera, la invitación a participar a distintas comunidades fue realizada en 2010, mientras que el trabajo de evaluación técnica y socioeconómica de 21 posibles candidatos comenzó en 2012. El número de emplazamientos se redujo a 9 en el año 2015, y posteriormente, en 2017, a siete, tras varios trabajos de evaluación geológica y social en gabinete. El número de regiones a explorar quedó en cuatro. En la actualidad se continúa trabajando en estos lugares. (Ver Figura 2).



Figura 2. Comunidades que han solicitado voluntariamente participar en el proceso APM.

Las principales responsabilidades históricas provienen de instalaciones nucleares en desuso y de infraestructuras asociadas a una gran variedad de residuos enterrados o almacenados, así como a suelos contaminados. Se estima que el coste para hacer frente a estos pasivos alcanza los 6.600 millones de euros

A futuro, NWMO confía en que la designación del emplazamiento para el repositorio se pueda hacer en torno a 2023. Si fuera así, la instalación podría estar en funcionamiento alrededor del año 2043.

RESIDUOS DEL PASADO

Las principales responsabilidades históricas provienen de instalacio-

nes nucleares que se encuentran en desuso, de las infraestructuras asociadas a una gran variedad de residuos enterrados o almacenados y suelos contaminados, todos ellos en los emplazamientos de investigación de AECL y en sus reactores prototipos. Se estima que el coste de hacer frente a estos pasivos alcanza la cifra de 10.000 millones de dólares canadienses (6.600 millones de euros, aproximadamente).



Un operario de Ontario Power Generation (OPG) en tareas de inspección.

En 2006, el Gobierno adoptó una estrategia a largo plazo para gestionar estas obligaciones mediante el establecimiento de un programa 'ad hoc', el Programa de Responsabilidades del Legado Nuclear (NLLP). Como una de las principales medidas, el programa ha comprometido una financiación de 1.000 millones de dólares canadienses por parte del Gobierno. El NLLP se está poniendo en marcha mediante un Acuerdo Marco entre el Ministerio de Recursos Naturales y AECL. El Ministerio es responsable de la dirección y supervisión, incluyendo el control del gasto, y AECL es responsable de la puesta en práctica de las medidas técnicas.

La otra parte importante de las obligaciones históricas de Canadá son los residuos de baja actividad y larga vida existentes, en forma de suelos contaminados, en las comunidades de Port Hope y Clarington, al sur de Ontario y que provienen del funcionamiento de una planta de refinado de radio y uranio que existió en los años treinta del siglo pasado. El proyecto de restauración del emplazamiento comenzó en 2001 y se espera que esté completado en torno a 2022. Se estima que se manejarán un total de 1,7 millones de m³.

DESMANTELAMIENTO

La regulación canadiense requiere que la parada y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares se efectúen de acuerdo con planes aprobados por el regulador CNSC. Esta institución se ocupa también de exigir que los licenciatarios proporcionan las garantías financieras necesarias para la financiación de las actividades de desmantelamiento.

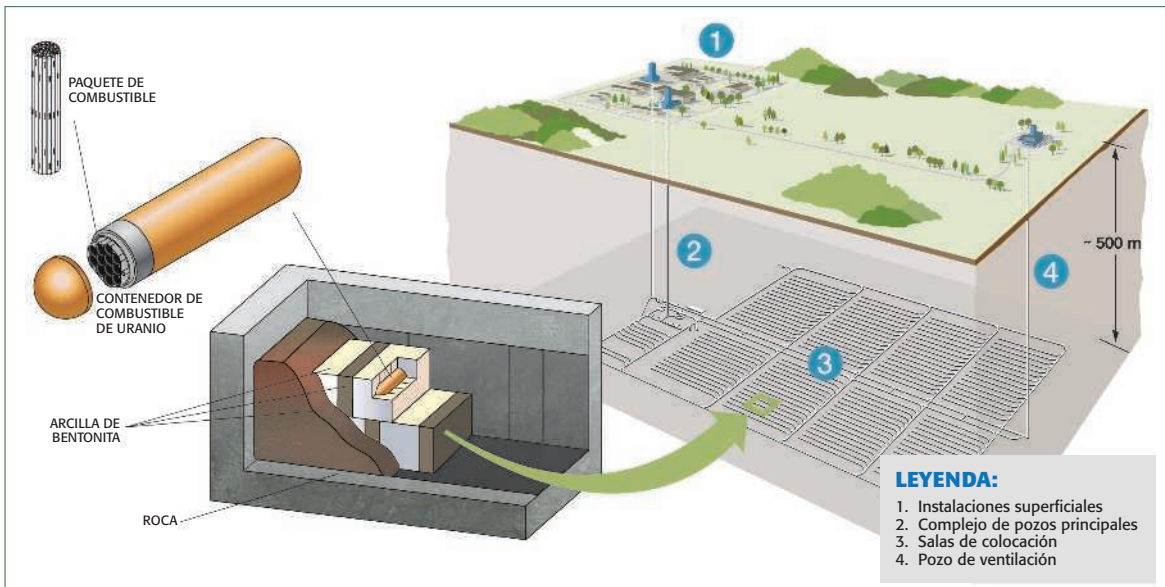


Figura 3: Diseño conceptual de un repositorio geológico en Canadá.

Hay proyectos de desmantelamiento en curso en los laboratorios de AECL en Whiteshell y Chalk River, en dos reactores prototipo y en el reactor comercial Gentilly 1 en Quebec. Los reactores indicados están actualmente en fase de latencia.

FINANCIACIÓN

Como principio general, la ley canadiense obliga a cada licenciataria a proveer garantías financieras para garantizar que sus operaciones se efectúan de una manera responsable y ordenada, tanto en

el corto como en el largo plazo. En el caso de que el propietario de un residuo no pueda ser identificado, localizado o no pueda pagar, la responsabilidad recae en el gobierno federal o en los gobiernos provinciales, como responsables últimos.

La ley exige garantías financieras para cualquier tipo de producción de residuos de baja y media actividad. De esta manera, todas las grandes instalaciones nucleares de Canadá deben proveer fondos suficientes para cubrir todos los costes de la gestión de residuos radiactivos. En

esta categoría de instalaciones están incluidas los reactores comerciales y de investigación, las instalaciones de fabricación de combustible, las instalaciones de conversión de uranio, las de tratamiento de radioisótopos y las de gestión de residuos. La financiación de las obligaciones derivadas de la gestión de residuos históricos corresponde directamente al Gobierno.

La ley del combustible nuclear gastado de 2002 estipula que cada compañía propietaria de instalaciones nucleares, incluyendo a AECL, debe establecer fondos externos de tipo fideicomiso (trust funds) para pagar todos los costes debidos a la gestión completa y a largo plazo del combustible gastado. Los fondos deberán emplearse para la construcción y operación de la instalación definitiva de disposición. Sólo podrán ser tomados por NWMO, y solo después de que se hayan otorgado las licencias de construcción y operación del repositorio por regulador CNSC. En la actualidad el montante de los fondos asciende a aproximadamente 3.500 millones de dólares canadienses (2.300 millones de euros). ■



Vista general de los depósitos de almacenamiento en una instalación de Ontario Power Generation.

© OPC



© Galileo

JOSÉ ÁNGEL ÁVILA RODRÍGUEZ, PREMIO AL INVENTOR EUROPEO 2017 POR LAS SEÑALES DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN EUROPEO

“LA PRECISIÓN DE GALILEO ES SUPERIOR A LA DE GPS”

José Ángel Ávila Rodríguez, ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid y miembro de la Agencia Espacial Europea (ESA), recibió el pasado mes de junio (en la categoría de Investigación) el Premio Inventor Europeo 2017 de la Oficina Europea de Patentes (OEP) por su contribución al proyecto europeo Galileo. Un reconocimiento a la tecnología de señalización desarrollada por este investigador y su equipo, indispensable para el funcionamiento del sistema de navegación europeo, que operará a pleno rendimiento en 2020, y que mejorará al tradicional GPS, dotando al continente de una independencia y autonomía de la que hasta ahora carecía.

Texto: **GERMÁN HESLES**

Este madrileño –al que ya desde pequeño le gustaba mirar las estrellas– siempre estuvo tentado de estudiar ingeniería aeroespacial, pero al final se hizo ingeniero de Telecomunicación porque descubrió que en la navegación por satélite había una combinación de ambas disciplinas y porque también tendría que entender de órbitas, de la física de la atmósfera, del efecto de la relatividad en los relojes, así como comprender cómo se comportan las plataformas donde se aloja la carga útil de los satélites.

¿Qué supone para la UE contar con un sistema de posicionamiento global como Galileo?

Sobre todo, independencia. La navegación por satélite se ha convertido en algo esencial de las infraestructuras críticas y vitales de Europa: redes de telecomunicación o energéticas e infraestructuras bancarias o gubernamentales dependen del preciso conocimiento del tiempo y la posición. Si no tenemos la independencia para proveernos de estos servicios, las repercusiones, económicas y políticas, serían muy importantes. Es fundamental tener un sistema de navegación con el que asegurar nuestra autonomía en la toma de decisiones políticas y económicas internacionales. Galileo incorpora todos los avances recientes en el campo de la navegación por satélite – es pionero en el uso de relojes atómicos de hidrógeno–, lo cual nos permitirá ser más precisos que sus ‘hermanos mayores’, el norteamericano GPS, y el ruso Glonass. Galileo es la demostración de que los europeos somos más fuerte juntos. En estos días en que algunos cuestionan el proyecto europeo, logros como este deben animarnos a seguir en el camino de la integración europea.

En caso de algún conflicto comercial o político ¿A Europa se le podría denegar la señal de GPS?

No necesariamente está relacionado con la posibilidad de tener un conflicto directo con Estados Unidos o Rusia. Basta con no compartir intereses en otras regiones del mundo donde Europa tenga infraestructura crítica. Se trata sobre todo de resiliencia. No hay que olvidar que los sistemas son sensibles y que los de navegación por satélite empiezan a ser objetivo de crecientes amenazas, como los *jammers* ilegales que distorsionan o interfieren sus frecuencias de uso. Es fundamental tener un sistema de reserva. Si los otros sistemas cayeran, por razones técnicas o políticas, o se nos denegara el acceso a señales que llevamos utilizando durante tantos años, sería una catástrofe para la economía europea. La navegación por satélite se ha convertido en esencial para nuestras vidas, y no somos conscientes de cuánto dependemos de ella.

¿Qué diferencia a Galileo de GPS, Glonass o de Beidou?

Galileo es el único sistema global que es civil. Fue diseñado teniendo en cuenta la necesidad del usuario civil. Cualquier persona tiene acceso a sus señales abiertas. Son bienes públicos que se ponen al ser-

vicio de toda la sociedad y no solamente en Europa, sino en el mundo entero. Además, Galileo proveerá a Europa de señales gubernamentales con un encriptado para que acceda solo quien así autoricen los Estados Miembros. Por el contrario, GPS, Glonass y Beidou –el sistema chino en desarrollo actualmente– han salido de presupuestos militares. Los objetivos y las necesidades de sus usuarios son en primer lugar militares y luego, civiles.

¿Cuándo entrará en operación?

Desde el 15 de diciembre de 2016, ya está en funcionamiento ofreciendo servicios básicos, porque la constelación de satélites no está al completo todavía. Se cuenta ya con 18 y próximamente funcionarán otros cuatro. A medida que se vaya completando la constelación, alcanzaremos los objetivos de precisión y disponibilidad fijados. Eso ocurrirá en 2020 y para entonces Galileo se convertirá en el sistema de navegación más preciso jamás construido. Sin embargo, ya puede usarse, porque el sistema está en operación. En la actualidad, el 95 por ciento de los chips que se fabrican y todos los móviles co-

¡Aún no ha llegado a su destino!

Este madrileño, José Ángel Ávila, cursó Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad Politécnica de Madrid, donde se especializó en radiocomunicaciones. Su proyecto de fin de carrera versaba sobre un tema en ese momento muy novedoso, la compatibilidad e interoperabilidad entre un sistema de navegación europeo del que casi nadie había oído hablar, Galileo, y el GPS, tan bien conocido por todos. El problema sobre el que investigaba Ávila era sobre cómo operar en la misma banda de frecuencias sin interferir en el servicio que ofrecía el gigante norteamericano. Este proyecto fin de carrera lo terminó en 2003. Ese año trabaja para la Universidad de Múnich, con Günter Hein, catedrático de Navegación por Satélite, único europeo en ganar el premio Kepler, la máxima distinción en este campo.

Ávila se doctoró con una tesis que versaba precisamente sobre nuevas señales para navegación y esas nuevas señales, en 2005, se tradujeron en las patentes que son la esencia del plan de señal del sistema Galileo. Desde 2010, presta sus servicios en la Agencia Espacial Europea, en Holanda, en el Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial, en Noordwijk, Países Bajos.

mercializados recientemente están equipados con él. Y a medida que los integradores de móviles usen sus señales, también irán apareciendo aplicaciones.

¿De cuántos satélites va a estar formada la 'constelación'?

De un total de 30 satélites orbitando en tres planos a la altura de órbita media terrestre (Medium Earth Orbit), a unos 23.000 kilómetros de altura. Están equipados con relojes atómicos extremadamente precisos que transmiten las señales por las que hemos sido galardonados. Son los mejores relojes atómicos jamás volados hasta ahora: los más precisos de hidrógeno. Somos pioneros, ya que ningún sistema se ha atrevido a emplearlos. La utilización de esta tecnología, junto con esas señales precisas, permiten alcanzar una precisión y una robustez que no ha alcanzado nadie hasta ahora.

¿Cuáles son las características de esos relojes atómicos?

Podemos imaginarnoslos como faros en el cielo que nos ayudan a orientarnos, de los que conocemos su posición con gran precisión

y que emiten unas señales muy precisas. Estas señales ofrecen la información sobre el lugar y el momento en que se emiten. Con esos dos datos, el receptor puede estimar la distancia hasta el satélite midiendo el tiempo que ha transcurrido entre el envío y la recepción. Si la información proviene de tres satélites sería posible triangular la posición calculando la intersección de tres esferas, pero eso exigiría tener un reloj muy preciso en el receptor y sincronizado con los satélites. Lo cual es prohibitivo para la mayoría. Por eso, un satélite adicional es necesario para estimar el desfase temporal con los relojes atómicos del satélite.

Porque las señales viajan a la velocidad de la luz...

La navegación por satélite supone una de las demostraciones más claras de la teoría de la relatividad de Einstein y de cómo su validez tiene aplicación en el día a día. Los relojes que orbitan en el espacio a bordo de los satélites corren más despacio respecto a un observador inercial en la Tierra, por efecto de la Relatividad Especial. Sin embargo, desde el punto de vista de la teoría de la

Relatividad General, al encontrarse alejados de la tierra, y sometidos por tanto a un campo gravitatorio menos intenso, el tiempo pasa relativamente más rápido respecto al reloj del receptor en la tierra. Son efectos que van en sentido contrario y no se ajustan a la altura en la que están los satélites. Domina ese error debido a la relatividad general.

Entonces, ¿qué sucede si hay un error de microsegundos?

Un error así parece mínimo, pero los relojes de los satélites tienen que ser extremadamente precisos, porque, sin esa precisión, al cabo de un día se acumularía un error de 30 ó 40 microsegundos, que se traduciría en errores en la posición de unos diez kilómetros respecto a nuestra posición real en la Tierra. Los relojes son el corazón del sistema y por ello los satélites van equipados con varios de reserva para cualquier contingencia. En nuestro caso, dos relojes atómicos de hidrógeno y otro dos de rubidio. Aún cuando uno fallara, el sistema seguiría funcionando y a los usuarios no les afectaría.

¿De qué precisión se trata?

Con el GPS, de metros, dependiendo de las condiciones y de la aplicación en particular. Con Galileo, en las mismas condiciones, de decímetros cuando se hace uso de ciertas señales, como AltBOC. Galileo será más preciso que en la actualidad GPS. Pero, y muy importante, Galileo ha sido diseñado desde el comienzo para ser interoperable con GPS. Es decir, un receptor puede combinar las señales de los satélites de los dos sistemas y percibirlos como si de uno solo se tratase. Esto permitirá reducir considerablemente los errores en la posición.



El equipo de Galileo. De izquierda a derecha, de pie: Guenter Hein, Laurent Lestarquit, José Ángel Ávila Rodríguez y Lionel Ries. En la parte inferior: Jean-Luc Issler.

© Galileo

Galileo, el sistema de navegación global europeo

- En 2003 se anuncia la puesta en marcha del proyecto
- Está diseñado por la UE en colaboración con la Agencia Espacial Europea, aunque también participan otros países, como Suiza o Noruega.
- Se trata de un proyecto bajo control civil y no militar como GPS
- El presupuesto total todavía no se ha fijado, pero ya se han invertido más de 10.000 millones de euros, a los que deberán sumarse 1.000 millones más anuales para mejorar sus prestaciones.
- En 2020 estará totalmente operativo
- Se estima que su uso reportará a la UE unos 90.000 millones de euros durante los primeros 20 años

¿Cómo se consiguen esas señales tan sensibles y precisas?

Las dos señales por las que hemos sido galardonados se llaman AltBOC y CBOC. AltBOC tiene el mayor ancho de banda con el que jamás se ha transmitido en la navegación por satélite. Cuando mayor es el ancho de banda, mayor la cantidad de frecuencias que tiene la señal y mayor la precisión con la que podemos estimar la distancia al satélite. La información espectral adicional permitirá un cálculo más preciso de la posición y aplicaciones, como el seguimiento del movimiento de las placas tectónicas, contribuyendo así a la mejor comprensión de fenómenos sísmicos o para mejorar la precisión en técnicas para la observación de la tierra y evolución del clima, donde la precisión requerida llega al centímetro o incluso el milímetro. La otra señal es CBOC y consiste en una manera muy eficiente de combinar dos componentes. Una con un ancho de banda estrecho, menos precisa pero a la vez más fácil de procesar, y otra mucho más exacta, con mayor ancho de banda pero capaz de responder a las necesidades futuras de los usuarios.

¿Es una mejora respecto al GPS?

Lo supera en cuanto a precisión y disponibilidad, y además asegura la autonomía, porque ha sido

diseñado para poder operar con GPS, pero sobre todo en solitario. Hay aplicaciones en las que los europeos solo podemos contar con nosotros mismos.

Es decir, que entran en juego la tecnología que cada uno diseña y los intereses de cada estado.

Asegurar que diferentes sistemas que ocupan las mismas frecuencias puedan coexistir exige de trabajo de ingeniería, pero también destreza en geopolítica. Al final, los umbrales de interferencia que un sistema está dispuesto a aceptar también vienen marcados por la voluntad política de dejar entrar a un nuevo jugador.

¿Cuándo operará al completo?

A día de hoy, tenemos 18 satélites en órbita. En diciembre, mandaremos otros cuatro con un cohete Ariane 5 y, en 2018, otros cuatro. El resto, se volarán en 2020. Acabamos de adquirir otros ocho satélites adicionales, con la opción de adquirir más si se necesitan. Asegurar un servicio requiere tomar márgenes y cubrir posibles contingencias.

¿Qué le ha supuesto el premio recibido recientemente?

Personalmente, un reconocimiento a mi familia, por el tiempo que les he 'robado' en estos años de

trabajo. Profesionalmente, un reconocimiento a la ingeniería europea en general, a todos los ingenieros que hay detrás, al programa Galileo y sus instituciones –Comisión Europea, Agencia Espacial Europea y GSA–, y a los ingenieros de España. En Galileo han participado todos los países de la Unión Europea, pero se puede decir que es un proyecto significativamente español.

Se habla ya de una segunda generación de Galileo...

Desde que se concibe una idea y se da forma a un desarrollo hasta que se vuela pueden pasar fácilmente entre 15 y 20 años. De ahí el trabajar con tanta antelación para adaptarse a necesidades que ni siquiera somos capaces de predecir hoy. Por eso, estamos trabajando en la segunda generación, contando con que la sensibilidad, robustez y versatilidad serán fundamentales para que el programa se acomode a lo que pueda ir llegando, tanto en tecnología como en amenazas físicas o electrónicas que surjan.

Galileo es un gran paso, pero ¿en qué punto está Europa en el desarrollo científico y tecnológico?

Personalmente, percibo falta de ambición o de visión a largo plazo. Europa ha hecho grandes contribuciones a la humanidad, pero la base del éxito es avanzar y sólo se puede hacer invirtiendo en educación, investigación y desarrollo. No son costes, sino inversiones que, al final, siempre revierten. Tenemos que preguntarnos qué va a pasar dentro de 20 años, qué necesidades tendremos... Hay muchas preguntas que no podemos esperar a que sean planteadas, hay que empezar a responderlas ya, aunque no sepamos el enunciado. ■



© Eye of Science

Vista al microscopio del tardígrado oso de agua, el ser vivo más resistente del planeta, capaz de suspender sus procesos metabólicos más de cien años.

El estudio de los extremófilos es una de las prioridades para detectar vida en otros planetas

VIDA INSOSPECHADA Y ADAPTADA A AMBIENTES HOSTILES

Existen microorganismos que habitan en los lugares más hostiles del planeta, sin agua apenas, sin luz, sin oxígeno, a más de cien grados de temperatura o a menos de cero, que soportan altas dosis de radiación y que aprovechan y transforman la materia de su alrededor —aún cuando se trate de rocas— para convertirla en nutrientes. El estudio de estos seres llamados extremófilos, además de ampliar el conocimiento básico ha permitido grandes avances en biomedicina, y se considera indispensable en astrobiología de cara a detectar vida en otros mundos.

Texto: **PABLO ALMERA**

Hasta hace relativamente poco, la ciencia se movía en torno a una visión antropocéntrica de la vida y todo lo que se salía de los parámetros térmicos, hídricos o químicos que hacían posible la existencia de los seres superiores se aplicaba, por defecto, al resto de la diversidad biológica.

Sin embargo, la capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos es posible. Se trata de la resiliencia. En las fosas marinas más profundas, en las cumbres más altas, en las bocas de los volcanes, en los desiertos calientes, helados o salados y con una humedad casi nula, o a mil metros bajo tierra, la vida se ha abierto camino con los llamados extremófilos, los microorganismos que habitan los ambientes más hostiles del planeta.

Ante esta nueva concepción, y junto a la labor de los investigadores en ciencia fundamental, en el campo de los extremófilos ya se han dado pasos decisivos en ciencia aplicada, y el futuro apunta prometedor.

“El aislamiento de nuevos microorganismos de ambientes extremos y su caracterización fisiológica, genética y metabólica permitirán el diseño de nuevas tecnologías y productos de aplicación en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética, química, petroquímica, etc.”, explica Amparo Zavaleta, doctora en Medicina, adscrita al programa de Biotecnología de la Universidad de Alicante, en su estudio *Potencial biotecnológico de los microorganismos extremófilos*.

SAL Y BACTERIAS

A más de 45 grados centígrados, y en un ambiente de gran acidez (en un pH muy bajo), vive uno de los extremófilos más populares, el *Lactobacillus acidophilus*. Se trata de una bacteria acidófila que se encuentra en los intestinos del ser humano y protege del efecto nocivo de otros microorganismos. Es sabido que favorece la digestión y se puede encontrar en yogures y productos probióticos. No obstante, hay muchos más y también son muchos los investigadores que trabajan en su estudio y definición.

En España, el equipo formado por Ramón Roselló Mora, director del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA) del CSIC, y Josefa Antón Botella, profesora titular del Departamento de Fisiología, Genética y Microbiología de la División de Microbiología de la Universidad de Alicante, descubrieron en las salinas de Mallorca y Alicante, hace 18 años, la *Halobacterium salinarum*. El hallazgo se produjo por serendipia, como recuerda Roselló: “Josefa Antón estaba trabajando con una archaia y contactó conmigo para tratar de identificar una estructura concreta. Mientras hacíamos un control

negativo en el laboratorio, descubrimos estas bacterias, abundantes y muy activas”. Los investigadores no daban crédito. Tras las pertinentes comprobaciones para descartar contaminación u otros errores, rompieron un dogma: en ambientes hipersalinos y semiartificiales existía una bacteria halófila (vive en una salina); algo que se suponía imposible.

Desde entonces, Roselló y Antón han trabajado en la definición de su ecología, fisiología y metabolismo. Su siguiente paso es investigar la posibilidad de que exista especiación dependiendo de la ubicación de sus hábitats.

VIDA EXTRATERRESTRE

“El descubrimiento de los organismos extremófilos a mediados de los años setenta ha impulsado el fortalecimiento de proyectos orientados hacia la búsqueda de vida fuera de nuestro planeta; ha abonado en la teoría de la panspermia como una posible explicación del origen de la vida en la Tierra; ha impulsado el desarrollo de la industria biotecnológica, y ha permitido un mejor entendimiento de los factores que sustentan la vida tal

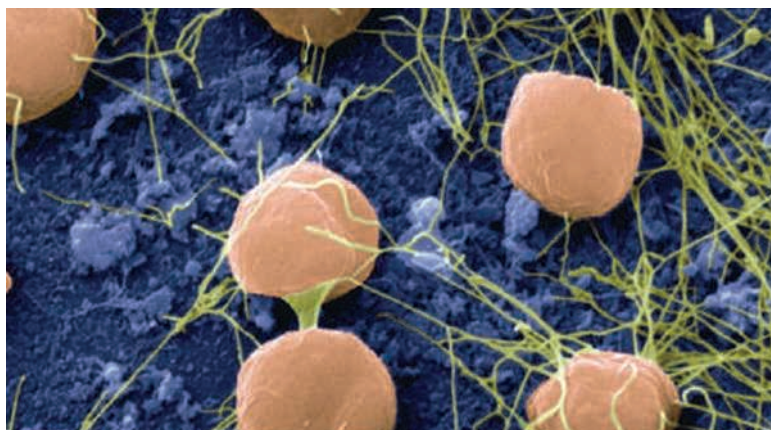


Imagen microscópica del *pyrococcus-furiosus*, un microorganismo que se alimenta de carbohidratos y vive en aguas extremadamente calientes o en barro volcánico marino.

© Universidad de Georgia.

como la conocemos”, dice Sandra Ignacia Ramírez, doctora en Química Analítica y en Química de la Contaminación y Física del Ambiente, además de experta en simulación de atmósferas planetarias, en *Las fronteras de la vida desde la perspectiva de los extremófilos*.

En este ámbito de estudio, Río Tinto (Huelva) es uno de los grandes laboratorios naturales para el estudio de extremófilos. Ricardo Amils, profesor de Microbiología de la Universidad Autónoma de Madrid e investigador del Centro de Astrobiología del CSIC, es el responsable de las investigaciones más importantes que, desde hace varios años, se están llevando a cabo en el hábitat onubense por su similitud con las condiciones de vida del planeta Marte. Proyectos como Snorkel o M.A.R.T.E han contado con científicos de la NASA y del Centro de Astrobiología (INTA/CSIC) de España para desarrollar sistemas de perforación del subsuelo con el objetivo de dotar de las herramientas y

Por su hábitat los conocerás

Dependiendo de las características del hábitat en el que viven los microorganismos extremófilos se conocen como:

- Acidófilos: ambientes con ph bajo (Río Tinto)
- Alcalófilos: con ph elevado (lagos salados)
- Barófilos: con presiones muy altas (fondos marinos profundos)
- Criptoendolitos: en suelos muy profundos (hasta 2.800 metros)
- Halófilos: en ambientes hipersalinos (salinas)
- Hipertermófilos: soportan temperaturas mayores a 80 °C (Yellowstone)
- Hipolitos: sobreviven en el interior de las rocas de los desiertos fríos
- Litoautótrofos: obtienen energía por reducción de compuestos minerales
- Metalotolerantes: toleran altas concentraciones de metales pesados
- Oligotrofos: sobreviven con escasos nutrientes
- Osmófilos: en ambientes con alta concentración de azúcares
- Poliextremófilos: extremófilos para más de una de las categorías citadas, como los tardígrados.
- Psicrófilos: soportan temperaturas muy bajas (Antártida)
- Quimiolitótrofos: se encuentran en sedimentos profundos y obtienen energía de los minerales (Río Tinto)
- Radiófilos: viven con elevada radiación ionizante (área de Chernóbil)
- Termófilos: soportan temperaturas entre 60-80 °C (fumarolas)
- Xerófilos: necesitan muy poca humedad (estepas y desiertos)

metodología a las futuras misiones al planeta rojo para la búsqueda de vida, de microorganismos extremófilos.

“No hemos resuelto el origen de la vida, estamos huérfanos, pero de lo que no hay duda es de que con el estudio de los extremó-



Aguas de Río Tinto, en Huelva, con unas características similares a las condiciones de vida del planeta Marte.

© NASA.

Revolución genética

En 1969, Thomas Brock descubrió en una fuente hidrotermal del Parque Nacional de Yellowstone la *thermusaquaticus*. Esta bacteria utiliza una enzima para la replicación de su ADN que es utilizada por su termorresistencia en las reacciones en cadena de la polimerasa (PCR), un proceso clave en el desarrollo de la ingeniería genética. La PCR es una técnica de laboratorio que permite amplificar pequeños fragmentos de ADN para identificar gérmenes microscópicos que causan enfermedades, cadenas genéticas de plantas, animales y, sobre todo, microorganismos.

En 1993, el español Francis Mojica descubrió en las salinas de Santa Pola unas secuencias repetidas en microorganismos halófilos. En 2005, las relacionó con la inmunidad de las bacterias a la infección por determinados virus y acuñó el término CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*), una forma de edición genética que permite modificar el ADN de cualquier organismo.

filos sabemos que la vida tiene capacidad para adaptarse a las condiciones más extremas; esto es muy interesante para plantearse la posibilidad de vida en otros planetas, sin ir más lejos, en Marte”, asegura Amils.

Sobre las hipótesis, ya abandonada, de que el ecosistema de Río Tinto era producto de la industria minera, Amils aclara: “El hombre lleva tres mil años trabajando en Río Tinto, pero la zona es como



© CSIC

Las minas de Río Tinto, cuya explotación se remonta a la Edad del Cobre, se desarrollan con los romanos y se consolidan en el siglo XIX gracias a un consorcio británico.

es debido a la actividad biológica que precede en varios millones de años a la actividad humana que, sí, ha contaminado, pero no ha sido responsable de que hayan surgido esos organismos; simplemente los ha expuesto al aire y eso ha acelerado el proceso, nada más”. Río Tinto es considerado un ambiente extremo por la gran acidez (un pH muy bajo) y la alta concentración de metales pesados. Un pH que hoy se sabe que, precisamente, está producido por estos microorganismos capaces de obtener energía a partir de sulfuros metálicos, produciendo el ácido sulfúrico que acidifica el medio.

MARTE EN LA TIERRA

La comunidad científica coincide al señalar que Río Tinto es lo más parecido a Marte en la Tierra y la extrapolación es sencilla: si hay vida en Río Tinto, también podría haber vida en el subsuelo marciano. Curiosity, en operación en Marte desde 2012, no está preparado para perforar y obtener muestras subterráneas. Exomars, el astrovehículo, cuyo envío a Marte está previsto para 2020, podrá perforar a una profundidad de uno o dos metros de la superficie, pero en el futuro habrá que conseguir perforar a mayor profundidad. La única forma de conseguirlo es aumentar el cono-

cimiento de la biosfera terrestre oscura y profunda, desarrollar metodologías y herramientas de estudio y, después, idear cómo se pueden disminuir de tamaño y de peso para llevarlas al planeta rojo.

No obstante, la zona sobre la que se lleva investigando desde hace treinta años, la más cercana a las minas, es muy extrema, pero no la más extrema de Río Tinto; allí las condiciones son constantes y la vida se ha adaptado a esa ácida estabilidad. Todavía están pendientes de estudio los extremófilos que habitan en la zona de San Juan del Puerto, cerca de Huelva. Un hábitat que con las mareas atlánticas y su influencia en el cauce fluvial, cambia su pH dos veces al día y, no obstante, los microorganismos resisten estos cambios.

Las propiedades de los microorganismos quimiolitótrofos –los que se estudian en esta zona– son de los que más incógnitas plantean. Descubrir vida a 600 metros de profundidad –y más– obliga a preguntarse si la vida pudo comenzar en el interior de la tierra, pues, hace millones de años, la superficie, por los impactos meteoríticos, las altas dosis de radiación solar y la falta de oxígeno, fue el ambiente más extremo imaginable. ■



Alcornocal ubicado en Andalucía, una formación vegetal en forma de bosque –aunque también se encuentra en paisajes ‘humanizados’– cuyo árbol predominante es el alcornoque.

Aunque la extensión de bosque aumenta, los científicos analizan su estado para frenar cualquier posible tipo de degradación

RETOS A LOS QUE SE ENFRENTA EL BOSQUE MEDITERRÁNEO

Los datos del Inventario Forestal Nacional señalan que la superficie forestal aumenta, en cierta medida no sólo por la reforestación sino por la regeneración natural. En cualquier caso, los especialistas están investigando cómo la variación en la temperatura podría hacer variar el paisaje, sobre todo el del bosque mediterráneo. Un estudio de la Universidad de Córdoba (UCO) apunta que si los terrenos se ven sometidos a acidificación y aridez habría un avance considerable de los matorrales frente a la merma de los árboles característicos de este tipo de hábitat. Las propuestas para que no se de esta situación pasan por reforestar con otras especies más resistentes, reducir la densidad de ejemplares de algunas zonas para que el resto incremente sus posibilidades de supervivencia o hacer hincapié en preservar la cubierta del suelo para evitar su erosión.

Texto: **BRUNO DÍAZ**



© Junta de Andalucía

Entre los años 1990 y 2010, el aumento de superficie forestal en España fue de un 31%, según el último informe *Criterios e Indicadores de Gestión Forestal Sostenible en los Bosques Españoles*, publicado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Esta ganancia, como ha explicado recientemente Miguel A. Ortega, presidente de la Asociación Reforesta, resulta significativa si se contrapone a la desertificación, ya que la regeneración natural de árboles –es decir, cuando estas especies ocupan tierras de cultivo y pasto abandonados– supuso por ejemplo que en la década pasada se alcanzara en apenas cuatro ejercicios un incremento de 48.000 hectáreas al año de media.

En cualquier caso, los investigadores están analizando cómo las variaciones en el clima –una temperatura más alta y escasez de agua– podrían influir en el bosque, sobre todo el mediterráneo, ya que si se produce una situación de esas características las especies vegetales pueden durante la mayor parte del día modificar su proceso vital –sobre todo en verano y época de sequía– para retener ‘líquido’. Con ello, la apertura de lo que son los estomas de las hojas de las plantas –las células oclusivas que tiene su epidermis– para absorber el CO₂ puede reducirse como apunta Rafael Villar, profesor de Ecología de la Universidad de Córdoba, hasta prácticamente a sólo dos horas al principio de la mañana.

El problema es que este ‘ponerse a dieta’, en opinión de este investigador, no lo aplican todas las especies del mismo modo. La capacidad o plasticidad fenotípica –lo que permite modificar las características para adaptarse a las condiciones medioambientales de cada momento– es más moldeable en unas que en otras. Mientras los matorrales sufren en exceso la sequía perdiendo muchas hojas pero recuperándose fácilmente con la llegada de las lluvias, los árboles del bosque mediterráneo se mantienen más estables ante la sequedad pero

tardan mucho en recuperarse. Además, los primeros colonizan rápidamente el terreno para luchar por su supervivencia y los segundos necesitan tener 20 y 30 años para producir sus semillas; semillas muy vulnerables al ser alimento de especies animales.

El resultado, la expansión del matorral y la retrotracción del árbol. Esta es la principal conclusión a la que ha llegado una investigación liderada por Villar sobre el futuro del bosque mediterráneo realizada por la Universidad de Córdoba (UCO) en colaboración con la Universidad de Wageningen en Países Bajos, y que buscaba conocer de forma minuciosa cómo reaccionan las plantas, cómo responden ante la sequía y cómo se recuperan. Un trabajo de campo que ha consistido en medir de forma periódica –cada veinte días y durante nueve meses– la concentración de CO₂ y la pérdida de agua que experimentan los mismos ejemplares, seleccionados por los investigadores, de especies de matorral y árbol, como la jara o el alcornoque, mediante pruebas *in situ*.

“Los árboles del bosque mediterráneo son más sensibles a la sequía. No hay más que mirar el paisaje en Almería, una de las zonas más áridas de Andalucía. Allí la forma de vegetación predominante es el



© Junta de Andalucía

Las encinas pueden vivir en lugares secos y con gran exposición al sol, como es el caso de la ribera mediterránea.

matorral y pastos, y muy pocos bosques. Por tanto, actualmente a lo que estamos asistiendo es a una sustitución progresiva de zonas de bosque por matorral de-

bido al incremento de la aridez”, según Villar, quien afirma que, aunque a priori pudiese parecer una contradicción, desde el siglo pasado a la actualidad el bosque

mediterráneo se ha recuperado mucho: “Esto es debido principalmente al abandono del uso del bosque por las poblaciones rurales, de donde se obtenía madera,

Xerófilas y esclerófilas

El bosque mediterráneo dispone de lo que se conoce como una vegetación ‘dividida’. Por una parte, existen especies xerófilas (es el caso de la encina) que no sufren en exceso la sequía, se mantienen constantes ante los cambios, pero se recuperan de forma lenta. Por otra, están las esclerófilas (sobre todo matorrales), que sufren más la sequía, pero se recuperan con rapidez.

Junto con los cantuesos, brezos, retamas, durillos o cornicabras, éstas son las especies más significativas:

• **Jara:** También conocida como estepa. Son los dos nombres comunes de diversos tipos de plantas, principalmente del género *Cistus* o *Halimium*. Se trata de plantas perennifolias, arbustivas y leñosas, y con flores de formas regulares compuestas por grandes pétalos que caen con facilidad. Sus estambres producen una gran cantidad



© Carsten Niehaus

de polen que atrae a un gran número de insectos, sobre todo abejas que producen la conocida como miel de jara. La dureza de su madera es empleada como leña o para la construcción de herramientas. Su hábitat son las garrigas y los sotobosques, en zonas de clima mediterráneo, y pueden formar masas compactas que llegan a cubrir totalmente un terreno formando un matorral espeso.

• **Alcornoque:** Originario de Europa y del norte de África, el *quercus suber*, o alcornoque mediterráneo, tiene un porte medio y con hoja perenne de 4 a 7 centímetros de longitud y de un color verde oscuro. Está muy extendido, ya que de la explotación de su corteza –gruesa y rugosa– se obtiene el corcho. Una actividad que no resulta perjudicial para este espécimen, ya que vuelve a producir una nueva capa. De sus bellotas se alimenta una gran



© Joergsam

se pastoreaba, se extraía carbón, o se cultivaba. Esto se ve muy claro en las fotografías aéreas de Almería captadas en el año 50 en las que se aprecian muchas zonas calvas que ahora están cubiertas de vegetación”.

GESTIONAR TERRENOS

Otro de los retos a los que se enfrenta el bosque mediterráneo es el que se refiere a la acumulación en sus dominios de material altamente inflamable, situación que eleva de forma notable el riesgo de que se produzcan incendios. En este contexto, se está valorando si algunas antiguas actividades rurales –como el pastoreo, los cultivos o la creación de terrazas para los olivos– deberían ser reto-

radas de forma sostenible para ayudar a gestionar los terrenos de este tipo de bosque.

“La acumulación de combustible que se da en muchas zonas de matorral y bosque es un gran problema, ya que determina un gran riesgo de incendio. Con un pastoreo sostenible se podría paliar este problema. De hecho, existe una iniciativa en la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en la que se incentiva la acción de pastores en zonas de cortafuegos para que el pastoreo por estas zonas sirva para mantenerlo sin vegetación y cumpla su función de cortafuego”, comenta Villar.

También las dehesas y, por tanto, a quienes viven de ellas, podrían

verse afectadas, aunque, como aclara el investigador, éstas ya no se consideran como bosque mediterráneo, sino como un bosque simplificado al que se le ha eliminado gran parte de la vegetación no productiva, el matorral: “Una acidificación de la zona mediterránea, como está predicho por los modelos climáticos, podría dar lugar a la pérdida de zonas de dehesa, con la consiguiente pérdida económica que ello ocasionaría al no poder obtener los recursos que de ella se obtienen, como corcho, bellota, cerdo, pasto, etc...”.

SOLUCIONES

Ante esta posible degradación del bosque mediterráneo, han surgido ya algunas propuestas,

variedad de animales, incluyendo los que migran. Su promedio de vida se sitúa entre los 150 y 250 años. Necesita, en comparación por ejemplo con la encina, más humedad y soporta menos el frío.

• **Madroño:** el *arbutus unedo* –más conocido como madroño– es un tipo de arbusto que pertenece al género *arbutus*, de la familia Ericaceae. Alcanza una altura de entre cuatro y siete metros, su tronco tiene un tono rojizo y está cubierto por largas escamas grisáceas. De ramas grises, sus hojas de un tamaño de entre 3 y 8 centímetros, son de un verde brillante. Suele crecer sin dificultad en suelos limosos y bien drenados, y en zonas donde el clima sea cálido, tanto en estado de penumbra como soleado. Las heladas son sus grandes enemigas. El dulzor de sus frutos les hace comestibles y permite que se usen para



© Chrischan

obtener bebidas alcohólicas, mermeladas o confituras.

• **Encina:** el *querqus ilex* es un árbol de talla media y baja, aunque puede lograr una altura de entre 16 y 25 metros. También puede quedarse en estado de arbusto según las condiciones climáticas. Su copa es al principio ovalada, pero que se va redondeando con el paso del tiempo. Pertenece a la familia de las Fagáceas y es perennifolio. Sus hojas, de color verde oscuro, tienen espinas en su contorno y permanecen en el árbol hasta un máximo de cuatro años. El tronco es muy oscuro y su madera muy dura, tanto que hasta se usa como vigas. Puede vivir en lugares secos y con gran exposición al sol, como es el caso de la ribera mediterránea. Unas grandes bellotas son los frutos que da y que se emplean para alimentar al ganado, mientras que su leña se usa para hacer carbón vegetal.



© M.P.F.

Mientras los matorrales resisten la sequía perdiendo muchas hojas pero recuperándose fácilmente con las lluvias, los árboles del bosque mediterráneo se mantienen más estables pero tardan más en recuperarse

como la que plantean los responsables del programa forestal de la organización conservacionista *World Wildlife Fund*: adecuarlo con una reforestación muy concreta para que se convierta en un 'bosque mosaico', diverso, que esté formado por diferentes hábitats, porque esa diversificación le permitirá ser mucho más re-

sistente y resiliente a los cambios. Y no sólo que las especies sean distintas entre sí, sino que los ejemplares también lo sean, poseyendo diferentes fenotipos, traídos de variadas poblaciones geográficamente distintas.

Ante esta apuesta por la reforestación con más especies arbóreas

para asegurar la supervivencia del bosque, Villar muestra su coincidencia, pero con un matiz: "Me parece una buena idea siempre que la zona sea la adecuada. Por ejemplo, en zonas del bosque que hayan sufrido algún incendio, reforestar haría que se llegara a la vegetación madura de forma más rápida".

Junto a la fórmula de la repoblación, Francisco Lloret, profesor de Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona, cree que también es muy importante preservar la cubierta del suelo, para evitar con ello la erosión y, por tanto, la influencia que puede tener en las especies vegetales.

Frenar la variación que se está produciendo en el clima global sería la mejor solución para que el bosque mediterráneo no entrase en ese estado de transformación ni acelerase sus cambios, pero, como afirma el investigador de la Universidad de Córdoba, es posible desarrollar políticas de adaptación al cambio en el clima: "Hay que prever esos efectos en una zona y proponer especies que puedan resistir esas condiciones o bien ecotipos con unas características más adecuadas. Por otro lado, se podría incidir en la densidad. Por ejemplo, en zonas de Almería, la alta densidad de pino está ocasionando una alta mortalidad, por ello una reducción de la misma determinaría un aumento de la supervivencia al tener una mayor disponibilidad de agua en el suelo. Además, el hecho de tener grandes extensiones de bosque limitaría el efecto del cambio climático, ya que los bosques retienen grandes cantidades de CO₂ y por tanto se limitaría el efecto invernadero". ■



El madroño crece sin dificultad en suelos limosos y bien drenados, y en zonas donde el clima sea cálido.

© Emilio J. Orvengua

REALIDAD VIRTUAL PARA MOSTRAR EL PASADO ROMANO DEL ALTO GUADIATO

Dentro del proyecto *Ager Mellariensis* se ha puesto en marcha una iniciativa para diseñar miradores virtuales, entre los que estará el que permite ver la recreación de la ciudad de Mellaria.

Pág. 40

XXXII CONCURSO NACIONAL CANTE DE LAS MINAS

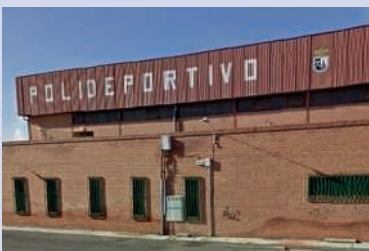


© Ayo. Peñarroya.

Del 28 de octubre al 2 de diciembre, Peñarroya-Pueblonuevo acoge una nueva edición de este concurso –patrocinado por la Diputación de Córdoba y organizado por el Ayuntamiento de la localidad– que busca apoyar el arte flamenco y a la vez supone un dinamizador turístico.

Pág 43

SIETE ESCUELAS DEPORTIVAS MUNICIPALES



© ICMV

Con el objetivo de fomentar el deporte entre los niños, el Ayuntamiento de Peñarroya-Pueblonuevo, en colaboración con distintos clubes, va a poner en marcha escuelas de fútbol, baloncesto, fútbol sala y atletismo, entre otras disciplinas.

Pág 43

SIERRA ALBARRANA

El Cabril y su entorno



EL ALMACÉN CENTRAL DE PEÑARROYA-PUEBLONUEVO CELEBRA SU CENTENARIO

© Antonio Manuel Sanz Muñoz

El municipio cordobés de Peñarroya-Pueblonuevo fue a finales del siglo XIX uno de los centros de minería más importantes de España gracias a la explotación de las minas de carbón y su conexión con las minas de plomo de Badajoz. En ese contexto, se instaló en la zona la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya, que encargó al estudio del ingeniero francés Gustave Eiffel el diseño del Almacén Central. Un edificio de 12.000 metros cuadrados, de una sola planta cuadrada y una sola altura, que recientemente ha hecho un siglo de su inauguración. Para conmemorar este acontecimiento, se han organizado diversas iniciativas en torno a esta instalación.

Pág 38

LA NAVE FUE DISEÑADA POR EL ESTUDIO DE EIFFEL EN PARÍS

EL ALMACÉN CENTRAL DE PEÑARROYA-PUEBLONUEVO CUMPLE UN SIGLO



Hace cien años, en el límite nordeste del cerco industrial de Peñarroya-Pueblonuevo (Córdoba), finalizaron las obras del Almacén Central. Este edificio de 12.000 metros cuadrados, de una sola planta cuadrada y una sola altura, se caracteriza por la rigurosidad de sus líneas. Un símbolo para la localidad por su grandiosidad y por la abundante dotación de sus anaqueles y estantes, repletos de repuestos, tornillería, maquinaria y todo lo necesario para el buen funcionamiento de las industrias de la antigua Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya.

Texto: **JOSÉ SÁNCHEZ**

Fotos: **ANTONIO MANUEL SANZ MUÑOZ**

El Almacén Central alberga un museo del ferrocarril, con piezas recuperadas de la Fundación Cuenca Minera del Guadiato.



A finales del siglo XIX, Peñarroya y Pueblo-nuevo del Terrible se segregaron de Belmez y se convirtieron en el centro de la minería española gracias a la conexión férrea Córdoba-Almorchón con las minas de plomo de Badajoz y Ciudad Real y la explotación de los yacimientos de carbón. Allí se asentó la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya (SMMP), que confiaría el diseño de su almacén central al estudio del ingeniero civil francés Gustave Alexander Eiffel, que dejó su impronta en una instalación compuesta por pilares y estructuras metálicas de grandes proporciones –no soldadas sino roblonadas– y una gran luminosidad natural.

A principios del siglo XX, el complejo industrial, que se levantaba



Imagen en la que se aprecian las grandes dimensiones del Almacén y su cubierta de dientes de sierra que permite una gran luminosidad.

sobre una superficie de 660.000 metros cuadrados, era el más importante en la producción de carbón de toda España e, internacionalmente, el primer foco de fundición de plomo. Cien años después, los muchos edificios que hoy quedan en pie están considerados como el mayor patrimonio industrial del norte de Córdoba.

CENTENARIO

Desde hace siete años, la Asociación Cultural y Patrimonial *Desde la Cima* trabaja para recuperar el emplazamiento y dotarlo de visibilidad. “El Almacén Central alberga ya lo que es el inicio de un importante museo del ferrocarril, con piezas recuperadas de la Fundación Cuenca Minera del Guadiato, en colaboración con la Asociación Cordobesa del Ferrocarril, que también está aportando piezas de maquinaria y máquinas que ya se están rehabilitando”, comenta Ricardo Villarreal Jurado, ingeniero de Minas y Obras Públicas y presidente de la asociación, quien incide en potenciar en la actualidad su uso turístico, aunque por las dimensiones de la nave sea posible en el futuro delimitar más espacios con distintas finalidades.

ACTIVIDADES

Para la conmemoración del centenario se creó una comisión de patrimonio en el seno de la concejalía de Cultura del Ayuntamien-

to de Peñarroya-Pueblonuevo con representación de todas las entidades relacionadas directa o indirectamente con el patrimonio industrial. Durante este año, se han realizado varias actividades encaminadas a dar a conocer la importancia de este patrimonio. La asociación *La Maquinilla*, por ejemplo, ha realizado en colegios de la zona un ‘trivial’ de preguntas sobre el patrimonio y la historia del almacén y todo el cerco industrial.

Esta actividad coincidió con la presentación del concurso de logotipos para conmemorar el centenario. También el Circuito de carreras populares *Running Series* se celebró en la Vía Verde la Maquinilla, donde cientos de corredores recorrieron sus nueve kilómetros, entre Belmez y Peñarroya-Pueblonuevo, hasta finalizar en el Almacén Central. “Por parte de nuestra asociación *Desde la Cima* hemos recogido más de 350 fotografías de la memoria de nuestro pasado industrial, ferroviario y minero, que se publicarán, en colaboración con la Diputación de Córdoba y el Ayuntamiento de Peñarroya-Pueblonuevo, en la revista *Retratos*”, cuenta Villareal. Queda pendiente todavía la celebración de *El Día del Cerco*, organizado por la Asociación la Maquinilla en colaboración con el Ayuntamiento.

Más información: Para visitar esta instalación diseñada por el estudio de Eiffel, los interesados deben ponerse en contacto con el Ayuntamiento o a través del email desdelacima@hotmail.es ■

EJEMPLO ARQUITECTÓNICO

El Almacén Central es un ejemplo de los edificios industriales de finales del siglo XIX y principios del XX. Su estructura está basada en la unión longitudinal de la nave a dos aguas, sobre pilares que forman una gran sección de empotrados en muros de cerramiento y exentos en el interior. De esa forma recorren todo el perímetro con dos naves en un sentido y otras dos en el otro hasta cerrar el espacio, y otra en la zona central dejando dos espacios interiores intercalados, que se resuelven con cubierta en dientes de sierra. La luminosidad natural se logró gracias a ese tipo de cubierta, donde la parte vertical, orientada a Levante, está acristalada y la horizontal de teja plana sevillana está sujeta y clavada sobre parecillos de madera.



La realidad virtual permite recrear cómo era el paisaje en el mismo enclave arqueológico.

LA REALIDAD VIRTUAL MUESTRA EL PASADO ROMANO DEL ALTO GUADIATO

UN MIRADOR PARA VER LA CIUDAD DE MELLARIA

Dentro del proyecto Ager Mellariensis —financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y coordinado por la Universidad de Córdoba— se ha puesto en marcha una iniciativa denominada ‘Miradores virtuales’, cuyo fin es difundir —adelantándose a los trabajos arqueológicos que sacarán a luz los restos de la antigua urbe de Mellaria— una recreación virtual de aquel enclave y sus inmediaciones en la época del Imperio Romano. Los datos obtenidos con las investigaciones arqueológicas servirán para ‘dibujar’ entornos en ese tiempo pasado y de recurso formativo y turístico.

Texto: **RICARDO TAPIA**

Fotos: **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA (UCO) Y LITHODOMOS (LVR)**

i Es posible ver levantarse de la nada y ante nuestros ojos toda una antigua ciudad romana? Sí, es factible, gracias a las posibilidades que ofrece la realidad virtual. Sólo habrá que subir al Cerro del Castillo del municipio de Belmez, ubicarse en el mirador y observar a través de unas gafas de realidad virtual. Allí donde se dirija la vista se podrá ver fijado en el paisaje del Valle del Alto Guadiato la antigua ciudad romana de Mellaria y todas las construcciones e infraestructuras –como por ejemplo calzadas romanas– que había en sus cercanías, y así tener un panorama histórico de otro tiempo.

Para Antonio Monterroso, coordinador del grupo de arqueología de la Universidad de Córdoba (UCO), la idea de la construcción de esta serie de miradores es parte importante del proyecto global de *Ager Mellariensis*, un estudio liderado por UCO y financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad para sacar a la luz la ciudad de Mellaria: “Lo que buscamos es recrear de forma virtual una serie de paisajes gracias a lo que ya conocemos con los datos que hemos obtenidos de todos los estudios llevados a cabo hasta la fecha, para no tener que esperar a que dentro de tres o cuatro años se empiecen a ver los frutos de los trabajos arqueológicos”.



Vista del Cerro del Castillo de Belmez, donde se ha ubicado el primer mirador virtual de Mellaria.

EL PRIMER MIRADOR

El primero de los miradores virtuales que se diseñarán será el ubicado en el Castillo del Belmez –un proyecto que cuenta con la participación del Ayuntamiento del municipio y del Grupo de Desarrollo Rural del Alto Guadiato– un enclave que ofrece una panorámica de todo el valle. Desde allí se podrá ‘viajar en el tiempo’ y contemplar cómo era la zona hace miles de años: los asentamientos a pie del Cerro del Castillo de Belmez, los poblados de Sierra Palacios, las vías romanas construidas en el siglo II a. C y en el siglo IV d. C y, por supuesto, toda la antigua ciudad de Mellaria (siglo II a. C al siglo IV d. C); una urbe que era una de las más importantes de la Beturia, un antiguo y amplio territorio de la Península Ibérica situado entre los cursos medios e inferiores de los ríos Guadiana (en latín, *Ana*) y Guadalquivir (*Baetis*).

Esta ciudad, a medio camino entre *Corduba* (Córdoba) y *Emerita Augusta* (Mérida), estaba enclavada en el que se conoce como Cerro de Masatriego (en el término municipal de Fuente Obejuna), un territorio que ocupaba más de 2.200 kilómetros cuadrados entre el Alto Guadiato y Los Pedroches.

LA TECNOLOGÍA

Para esta iniciativa, se ha contactado con Lithodomos VR, una

¿POR QUÉ JUSTO AHÍ?

Un lugar donde resultasen fáciles las comunicaciones y con riqueza agrícola, ganadera y minera era donde los antiguos romanos fundaban o establecían sus ciudades. Mellaria cumplía con todos los requisitos y por eso fue la única a la que otorgaron el título de ‘municipio’ en todo el Valle del Guadiato. Lo que todavía no se sabe a ciencia cierta es si ya existía un núcleo anterior y los romanos vieron sus grandes posibilidades para administrar desde ahí las riquezas de toda la zona. En cualquier caso, su existencia va desde el siglo I, la etapa alto-imperial, hasta el siglo V, momento en el que es abandonada.



Tipo de gafas de realidad virtual que se usan en los miradores.

empresa especializada en la reconstrucción digital de antiguos paisajes urbanos. Con los datos aportados por los arqueólogos, sus diseñadores dibujarán Mellaria para que, con la ayuda de unas gafas de realidad virtual, el usuario pueda interactuar con el paisaje según dirija la vista en una u otra dirección.

Todo este trabajo humano y tecnológico permitirá poner en valor los vestigios romanos desperdigados –en su mayoría todavía ocultos– por el Valle del Alto Guadiato, y servirá para crear nuevos recursos culturales y turísticos que reviertan en la economía de la zona. ■

HORNACHUELOS

LA JUNTA ESTUDIA CONVERTIR EN PARQUE NATURAL LA SIERRA DE CÓRDOBA



© Junta de Andalucía

Fauna habitual en el paisaje de Sierra Morena.

A iniciativa de un colectivo formado, entre otros, por catedráticos e investigadores de la Universidad de Córdoba e historiadores, el Parlamento de Andalucía ha aprobado que se inicien los trabajos técnicos para que los parques de Cardeña-Montoro y Hornachuelos estén

‘unidos’. Eso supondría que la parte central, Sierra Morena, contaría con ese grado de protección. Por su parte, la asociación profesional agraria Asaja cree que hay que valorar bien la propuesta y determinar si compensaría las posibles pérdidas que pudieran tener los

agricultores o si se compensarían los servicios especiales que llevan a cabo para conservar esos espacios. En este sentido, se ha abierto un proceso de participación y diálogo entre todos los agentes sociales y económicos de la zona para valorar globalmente el proyecto. Desde la Delegación de Medio Ambiente de la Junta, se recuerda que muchos de los espacios de Sierra Morena cordobesa ya cuentan con figuras de protección, como las Zonas Especiales de Conservación y Parques Naturales (Sierra Cardeña-Montoro y Sierra de Hornachuelos), incluidas todas en la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, Red Natura 2000. ■

HORNACHUELOS

LA TALLA DE LA VIRGEN DE LOS DOLORES CUMPLE TRES SIGLOS



© Siervos de tus Dolores

Talla de la Virgen de los Dolores.

La talla con la imagen de la Virgen de los Dolores de Hornachuelos fue esculpida por el cordobés Juan Prieto en 1717. Fue la primera imagen bajo dicha advocación de la capital.

Desde hace 300 años, se encuentra en una parroquia del municipio cuyo Ayuntamiento organizó una serie de eventos –entre ellos un pasacalles– para conmemorar el evento. ■

FUENTE OBEJUNA

CIEN MIL VISITANTES EN LA 35 EDICIÓN DE FAGA

Del 15 al 17 de septiembre se celebró en Fuente Obejuna la XXXV Feria Agrícola y Ganadera y XVII Feria Agroalimentaria (FAGA) que en esta edición superó las 10.000 visitas. En la jornada de clausura se celebró la subasta de ganado ovino, en la que se vendió el 100% del ganado merino presentado y el 95% de ovinos precoces. En esta edición participaron, además, 250 especies de aves, y una treintena de equinos de pura raza española, de tipo español cruzado y de anglo-hispano. Por su parte, la demostración gastronómica

contó con los platos de un conocido chef de la comarca, Braulio García: cordero a la miel, suprema de rabo de toro y solomillo al oloroso con frutos secos. La muestra contó con 51 expositores y los resultados de este escaparate del sector han vuelto



Exposición de ganado en la muestra.

© I Cuadrato

a poner en valor el potencial del sector ganadero y agroalimentario de la zona. ■

PEÑARROYA-PUEBLONUEVO

XXXII EDICIÓN DEL CANTE DE LAS MINAS



Cartel de la XXXII edición del concurso.

Del 28 de octubre al 2 de diciembre, Peñarroya-Pueblonuevo acoge la XXXII edición de su Concurso Nacional Cante de las Minas. Patrocinado por la Diputación de Córdoba y organizado por el Ayuntamiento de la localidad, se trata de un evento singular que busca apoyar el arte flamenco, pero que a la vez supone un dinamizador turístico, por la llegada de aficionados al flamenco de todos los rincones de España. Al concurso se han presentado 25 artistas seleccionados por la Peña Flamenca y Literaria Peñarriblense, de los que sólo cinco pasarán a la fase final. El primer premio está dotado con una lámpara

minera y 3.000 euros, el segundo con un castillete minero y 2.000 euros, y un tercero con carbón con escudo y 1.000 euros. ■

ALANÍS



© Telegram.

NUEVO CANAL DE COMUNICACIÓN

El Ayuntamiento de Alanís abre un nuevo canal de comunicación para móviles, a través de la aplicación de mensajería gratuita Telegram. El objetivo es que la información municipal llegue de manera más directa y transparente a todos los vecinos. La app está disponible para móviles Android (Google Play) y iPhone, y ordenadores (Windows). Una vez descargada esta app solo hay que unirse al canal @ayuntamientoalanis. ■

PEÑARROYA-PUEBLONUEVO

SE PONEN EN MARCHA SIETE ESCUELAS DEPORTIVAS MUNICIPALES



Juveniles de la Escuela de Atletismo Municipal Peñarroya-Pueblonuevo.

El Ayuntamiento de Peñarroya-Pueblonuevo ha firmado una serie de convenios con los representantes de clubes deportivos para poner en marcha siete escuelas deportivas, que estarán en funcionamiento hasta mayo de 2018 y están dirigidas a los niños de la localidad. Las disciplinas de estas escuelas engloban fútbol, baloncesto, fútbol sala, atletis-

mo, pesca deportiva, gimnasia rítmica y ajedrez. El objetivo primordial de esta iniciativa es fomentar el deporte en la localidad entre aquellos niños que estén en edad escolar y puedan ocupar con ello su tiempo de ocio o el tiempo libre extraescolar del que disponen. Las actividades de las escuelas estarán orientadas hacia la diversión y, sobre todo, a favorecer la convivencia, la realización de prácticas saludables y la incorporación de hábitos positivos. Desde el Ayuntamiento se hace hincapié en la necesidad de este tipo de escuelas deportivas municipales no sólo por el ejercicio físico que llevan a cabo los más pequeños y que beneficia a su salud, también por inculcarles una serie de valores que defiende la igualdad y el compañerismo, y que reconocen el esfuerzo, el trabajo en equipo y el talento. ■

AZUAGA

LA UE PERMITE EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE 'TERNERA DE EXTREMADURA'

La Unión Europea ha aprobado una modificación del pliego de condiciones de la Indicación Geográfica Protegida (IGP) 'Ternera de Extremadura' que permitirá incrementar, según la Junta de Extremadura, la producción de este producto.

En la actualidad, el Consejo Regulador de la IGP 'Ternera de Extremadura' cuenta con cinco mataderos y más de 300 explotaciones ganaderas inscritas, con un total de aproximadamente 10.000 animales. En el año 2016 se

comercializaron 1.346 toneladas de carne protegida, lo que ha supuesto un incremento en relación con los datos de los años anteriores. Azuaga es uno de los principales ámbitos geográficos para esta denominación de origen. ■

Recreación de la pista de operaciones para los vehículos de despegue y aterrizaje vertical.

Iniciativas visionarias de 'taxis aéreos' revolucionarán el transporte en las ciudades

LA MOVILIDAD DEL FUTURO SE QUEDA 'EN EL AIRE'

El hombre lleva soñando desde hace mucho tiempo con un coche volador, realmente operativo, para trasladarse por las grandes urbes. Son innumerables los artilugios que desde el siglo pasado se han diseñado con este fin pero que, a la postre, nunca han sido totalmente viables. Esta vez parece que el 'sueño' puede cumplirse. Inventores e inversores se han aliado para construir todo tipo de coches aéreos, de los que ya existen prototipos, y ponerlos en circulación a corto plazo. Eléctricos, autónomos o movidos por energía solar o helio. Todos ellos iniciativas futuristas muy del presente que revolucionarán el transporte.

Texto: **PATRICIA MÁRMOL**



El transporte, ya sea de mercancías o de personas, es uno de los sectores que más influye en la economía y el bienestar de los habitantes de un país. Tener una buena red de carreteras, aeropuertos que conecten con los cinco continentes, trenes de alta velocidad para desplazarse entre ciudades en el menor tiempo posible, y grandes puertos que permitan recibir mercancía de puntos remotos del mundo contribuyen al crecimiento de otros sectores, como la industria, el comercio o el turismo.

En las metrópolis, estas infraestructuras se combinan además con servicios de transporte público (metros, autobuses y trenes) para dotar de gran movilidad a sus ciudadanos. Sólo en el pasado mes de julio, el transporte urbano creció en España un 4,5%, según un estudio de la Asociación de Empresas Gestoras de Transporte Urbano Colectivo (ATUC), que integra a los operadores de transporte público del país. Unas cifras que crecen año tras año, y por las que resulta vital seguir buscando alternativas que faciliten el transporte diario.

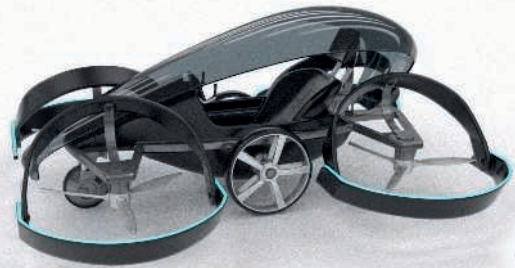
Ya existen trenes bala que alcanzan más de 600 km/h, metros automatizados que no necesi-

tan conductores, aviones capaces de transportar a 900 pasajeros, taxis que se piden a través de aplicaciones, pero ahora empresas europeas, asiáticas y norteamericanas han puesto su punto de mira en la aviación como medio de transporte urbano a corto plazo. Su objetivo es crear 'taxis voladores' que permitan desplazarse por la ciudad, evitando cualquier atasco y reduciendo el tiempo que se tarda en llegar al trabajo, al colegio o a una reunión.

TAXIS AÉREOS VTOL

Esta idea de automóviles voladores, que ya aparecía reflejada en películas de ciencia ficción como Blade Runner –basada en una novela del escritor Philip K. Dick–, está atrayendo a inversores y a grandes compañías de todo el mundo, en una carrera por ser los primeros en conseguir poner en circulación su diseño. Éste es el caso de Uber, la compañía de transporte privado, fundada por Garrett Camp y Travis Kalanick, que pretende implantar su prototipo –denominado UberElevate– en Dallas y Dubai en el año 2020, para posteriormente aplicar el proyecto a otras

Vehículo de Toyota que está previsto esté operativo en 2020.



© Lillium / ESA

ciudades del mundo. “Estos dispositivos tienen el potencial para mejorar la movilidad urbana en ciudades con una tecnología avanzada, como es el caso de Dubai, un socio innovador donde podremos hacer pruebas en el mundo real. Nuestra idea es sorprender al mundo en la Expo Mundial de Dubai en 2020”, apunta Chris Free, gerente general de Uber en los Emiratos Árabes.

El diseño de su prototipo, en el que han colaborado empresas del sector, como Aurora, Bell Helicopter, Mooney, Embraer y Pipistrel, está basado en un VTOL, es decir, una especie de helicóptero capaz de transportar a un grupo de personas gracias a un sistema de despegue y aterrizaje en vertical, por sus siglas en inglés (Vertical Take Off and Landing). La aeronave estará alimentada por energía eléctrica y será pilotada por personal cualificado.

Un paso más allá ha dado la compañía Lillium que, en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Universidad Técnica de Múnich, ha desarrollado Lillium Jet, otro VTOL completamente eléctrico que puede pilotarse tanto de forma automática como manual. La aeronave ya ha superado con éxito



Lillium Jet, VTOL eléctrico que puede pilotarse de forma automática o manual.

© Lillium / ESA



© Daimler-Benz

Volocopter 2x, un prototipo autónomo con capacidad para dos personas.

su primera prueba de vuelo sin piloto en Alemania.

Entre sus características, el prototipo está compuesto por un ala de 10 metros de largo, que incluye 36 pequeñas turbinas, encargadas de los despegues y aterrizajes en vertical. Además, es capaz de alcanzar los 300 km/h y sus baterías tienen una autonomía de vuelo de hasta 300 kilómetros. Su primera versión tiene capacidad para dos personas, pero la firma espera ampliar su espacio a cinco pasajeros. En cuanto a la seguridad, el dispositivo incluirá distintos sistemas, como paracaídas para casos de emergencia y un sistema de vuelo con maniobras restringidas.

Al igual que UberElevate, este servicio pretende ser asequible a todos los bolsillos, tal y como afirma Daniel Wiegand, cofundador y CEO de la firma: “El dispositivo, que no requiere de gran infraestructura para su implementación, ofrecerá servicios de transporte de alta velocidad a ciudades y pueblos a un precio igual o incluso menor que lo que cuesta un trayecto por carretera”. La idea es que los usuarios puedan pedir su ‘taxi volador’ a través de una aplicación de móvil (app),

del mismo modo que se solicita un taxi convencional hoy en día.

Y éstas no son las únicas empresas que están desarrollando sus prototipos. Airbus ha abierto una división en Silicon Valley para diseñar Vahana, un VTOL de ocho hélices totalmente autónomo. Del mismo modo, Daimler, la empresa matriz de Mercedes, ha apostado por Volocopter 2x, un prototipo autónomo con capacidad para dos personas, compuesto por 18 hélices y capaz de recorrer 27 kilómetros a 70 km/h. Una ambición similar la tiene Toyota, que espera que su proyecto Skydrive –un vehículo aéreo capaz de alcanzar una velocidad de 100 km/h y pensado para una altura de 10 metros– sea totalmente viable en 2020 y hasta sea el encargado de encender la antorcha olímpica en los Juegos Olímpicos de Tokio de ese año.

DE LARGA DISTANCIA

Estas innovaciones también están llegando a vehículos para trayectos de larga distancia. Ejemplo de ello es Solar Impulse II, un avión monoplaza hecho de fibra de carbono que mide 72 metros y pesa 2,3 toneladas.

Prioridad: la sostenibilidad

Todos estos prototipos tienen un objetivo en común: su preocupación por el medioambiente. Así, para evitar la emisión de humos a la atmósfera utilizan energía eléctrica, solar o incluso gases como el helio que no contaminan. Todo esto se enmarca dentro del compromiso de los países por inculcar conductas que respeten el medioambiente. Por ejemplo, grandes ciudades como París, Berlín, Londres, Ámsterdam o, en cierta medida, Madrid, ya están llevando a cabo iniciativas para fomentar el día sin coche, la utilización del transporte público y las bicicletas para moverse por la ciudad o un sistema de control por pegatinas que indican el nivel de contaminación de cada vehículo, los días que puede circular y las sanciones a las que deben hacer frente si se saltan las normas.

En muchos casos se busca diseñar unas aeronaves de despegue vertical para evitar la necesidad de que tengan que acudir a aeropuertos

Su principal característica es que no necesita combustible para moverse, sino que utiliza la energía solar. Esto es gracias a las más de 17.000 células solares que componen sus alas y las cuatro baterías que incorpora, encargadas de almacenar la energía y de propulsar las hélices. Este sistema, que logra una altitud de alrededor de 8.500 metros y una velocidad

de entre 45 y 55 km/h, otorga al avión una autonomía de vuelo ilimitada, ya que no necesita parar para repostar.

La nave consiguió el año pasado superar el reto de dar la vuelta al mundo para demostrar que “cualquiera puede emplear las mismas tecnologías en la Tierra para reducir el consumo de energía a la mitad, ahorrar re-

ursos naturales y mejorar así la calidad de vida”, comentan responsables de esta compañía. El desafío, que duró 505 días –junio 2014/junio 2017– y recorrió 35.000 kilómetros, se dividió en 17 etapas. El vuelo récord en solitario fue de Nagoya a Hawaii, que se tradujo en 5 días y 5 noches sin combustible, sólo utilizando energía solar. Y el vuelo inicial, que partía del aeropuerto JFK de Nueva York, tardó 71 horas y 8 minutos en realizar los 6.300 kilómetros que separan la ciudad neoyorkina de Sevilla. Ésta fue una de las etapas más duras por el intenso tráfico aéreo de la zona y las condiciones meteorológicas que se encontró.

En esta línea, se encuentra también Aeroscraft, un híbrido entre dirigible y avión, fabricado por la compañía Aeros Corporation. Hecho con aluminio y fibra de carbono, utiliza cámaras llenas de helio para flotar y turbinas y turbohélices que impulsan y controlan su movimiento. La idea era crear una aeronave capaz de despegar y aterrizar en vertical, evitando así la necesidad de utilizar aeropuertos o pistas de aterrizaje para ponerla en marcha. El vehículo está pensado tanto para un uso turístico, con habitaciones y restaurantes, como para todo tipo de desplazamientos. “Diseñado para superar los retos de la infraestructura y abordar las barreras logísticas, Aeroscraft apoyará diversas misiones de ayuda humanitaria en regiones afectadas por desastres naturales. Esto incluye transporte de mercancías, servicios de logística, búsqueda y rescate, evacuación en caso de huracanes y asistencia médica, entre otros”, afirma Ganna Strzheimchyna, ingeniero aeroespacial de la firma.



VTOL de ocho hélices totalmente autónomo diseñado por Airbus.



Uno de los modelos VTOL de la empresa Uber.

Vuelos de prueba con éxito

El pasado septiembre, la ciudad de Dubái, en los Emiratos Árabes Unidos, fue testigo del vuelo de prueba del aparato de transporte autónomo alemán Volocopter, que será empleado para que la ciudad emiratí disponga de un servicio de taxi aéreo. Durante la prueba, presenciada por el príncipe de la Corona de Dubái, Hamdam bin Mohammed, el taxi aéreo voló con éxito durante cinco minutos y a una altura próxima a los 200 metros, haciendo círculos alrededor de un punto señalizado en la arena cerca de la costa.

Por su parte, la compañía estadounidense Amazon realizó a finales del año pasado la primera entrega a domicilio a un cliente de Cambridgeshire, en Reino Unido, empleando el servicio de mensajería con drones Prime Air, un sistema de entrega desde el aire pensado para zonas donde existan impedimentos para aterrizar en tierra firme. El objetivo es que sea el paquete el que aterrice y no el dron. Para ello, se está ideando una especie de paracaídas formado por telas que rodee al paquete, dirigiéndolo hacia su destino y frenando la caída. Esto supone también una seguridad para el dron, que, al no aterrizar, impide que alguien pueda interceptarlo. Además, evita la contaminación acústica que puedan generar estos aparatos.

El primer prototipo, llamado Pelikan, mide 60 metros y es capaz de transportar 66 toneladas de peso. Sin embargo, esperan

construir otros modelos con el doble de metros de largo y capaces de llevar cargas de entre 250 y 500 toneladas.

LA MAYOR DIFICULTAD, LA LEGISLACIÓN

A pesar de todos los avances que se están consiguiendo en los distintos prototipos, el principal problema que todavía se encuentran los operadores es la legislación de los países, que no contempla leyes regulatorias para poner en circulación este tipo de aparatos. “La normativa no refleja las posibilidades técnicas, por lo que no permite expresar todo su potencial ni el despegue de este prometedor sector”, comenta Salvador Bellver Escrihuela, presidente de la Asociación Española de Drones y Afines (Aedron). “Técnicamente, la sociedad podría estar lista en breve, pero normativamente no”, añade. A esto se le suma la actitud de los gobiernos y agencias internacionales para garantizar de forma estricta cualquier cuestión de seguridad.

Queda por tanto ver cómo será la regulación de este tipo de vehículos voladores, pero la transformación de la movilidad aérea ya no es algo que esté en el aire, es una realidad a punto de despegar. ■



Skydrive, un vehículo aéreo que será capaz de alcanzar los 100 km/h y una altura de 10 metros.

© Toyota



Recreación por ordenador en 3D de la ubicación en el cerro del yacimiento arqueológico.

Una urbe romana oculta en la provincia de Guadalajara bajo los campos de cebada durante más de dos milenios

HALLADA LA CIUDAD PERDIDA DE CARACA

Desde hace muchos años, un gran número de investigadores ha buscado la ubicación de una ciudad de la provincia romana de Hispania que los libros de Historia de la Antigua Roma denominaban Caraca. A mediados de los años 40, se hallaron más de mil piezas romanas de plata cerca de Driebes, en Guadalajara. Se había sembrado —nunca mejor dicho— la primera pista sobre la desaparecida urbe del Imperio Romano, habitada durante 12 siglos. Casi ochenta años después, dos jóvenes arqueólogos la han encontrado bajo un cerro cultivado de cereales en los alrededores de ese pueblo alcarreño.

Texto: **ROSA M. TRISTÁN**

Fotos: **GRUPO DE ARQUEOLOGÍA DEL YACIMIENTO DE DRIEBES**

En el municipio de Driebes emerge desde hace unos meses la misteriosa ciudad romana de Caraca, oculta durante dos largos milenios bajo campos de cebada. El enclave de esta urbe imperial, objeto de mil y una conjeturas a lo largo del tiempo, ha salido a la luz gracias al trabajo de dos jóvenes profesores y arqueólogos de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), convencidos de que el llamado Cerro de la Virgen de la Muela –donde antaño hubo una ermita– era el enclave de aquella población de la que ya hablara el historiador griego Plutarco.



Vista aérea del llamado Cerro de la Virgen de la Muela –donde antaño hubo una ermita– y que era el enclave de la ciudad de Caraca.

Cimientos de viviendas, enseres, cerámicas, una calzada romana o un acueducto han confirmado que unos 1.800 romanos vivieron en aquel agreste lugar. “Esto puede cambiar la Historia”, asegura Pedro Rincón, el alcalde de Driebes. Tras 12 intensos siglos de historia, Caraca desapareció por causas que aún no están claras y tiñen de misterio su existencia.

Las pistas sobre la ciudad eran confusas. Contaba Plutarco que durante la conquista de la Península por el Imperio Romano, allá por el año 78, el general Sertorio tomó Caraca, una población indígena carpetana que vivía en grutas en lo alto de un cerro. Según la crónica del evento, recogida en un libro del historiador Juan Manuel Abascal, “los caballos levantaron tales nubes de polvo que, al ser impulsadas por el viento, se metieron en las cuevas y obligaron a rendirse a sus moradores”. También en el siglo II d. C., el sabio greco-egipcio Claudio Ptolomeo citaba a Caraca y definía a los caracitanos como “gente incivil y salvaje que vivían de la rapiña” hasta que llegó Sertorio. Todo indica que Caraca, una vez conquistada, llegó a ser una

gran ciudad y una parada importante en la vía que llevaba desde Cartago Novo (Cartagena) hasta Complutum (Alcalá de Henares), en plena meseta.

EL TESORO DE PLATA

El tesoro de plata que se encontró en Driebes, hoy expuesto en el Museo Arqueológico Nacional, se atribuye al intento de algún indígena por salvar sus pertenencias de la rapiña de aquella guerra, un ‘tesorillo’ de 13,8 kilogramos de metales preciosos en orfebrería, sortijas, torques y pesos que salieron a la luz durante la obra de construcción del canal de Extremera, en el año 1945.

Fueron el profesor Abascal, catedrático en la Universidad de Alicante, y su compañero Jorge Sánchez-Lafuente los primeros en señalar hace más de tres décadas que aquella Caraca perdida estaba en un pedregoso cerro cercano al Tajo, en Driebes. Allí llegaron a hacer algunas catas y prospecciones, pero su hipótesis no prosperó y otros colegas siguieron apostando por situar a la esquivada Caraca en Carabaña,

Almoguera, Taracena, Tarancón o en la misma ciudad de Guadalajara.

El cerro, por su parte, no daba más que problemas a los dos hermanos agricultores, Angel y Pedro Zorita, que lo habían comprado a unas monjas en los años 70 para tierra de cultivo. Su arado se tropezaba a cada paso con grandes piedras y restos de vasijas que eliminaban sin grandes miramientos, desconocedores de lo que se ocultaba bajo las espigas, a escasos centímetros de la superficie. Sólo rescataron algunas piezas en las que vieron una utilidad o por su especial belleza. Entre ellas, dos columnas de piedra, que bien pudieron formar parte de la plaza del foro de Caraca o de uno de los templos de la ciudad a los que acudían los habitantes de la ciudad y alrededores.

ESTUDIO DEL TERRENO

Por allí aparecieron en noviembre del año pasado dos jóvenes arqueólogos, Emilo Gamo y Javier Fernández, ambos profesores en la UNED, dispuestos a comprobar si la intuición de Abascal y Lafuente

era certera. Gamo había hecho su tesis doctoral sobre la romanización de Guadalajara y no le habían pasado desapercibidas las pistas que señalaban a Driebes como posible Caraca. Con el fin de averiguarlo, consiguieron una ayuda de la Junta de Castilla-La Mancha, el apoyo del Ayuntamiento de Driebes y donativos de la Asociación de Amigos del Museo de Guadalajara, en total cerca de 6.000 euros que les permitieron trabajar en el cerro recogiendo lo que encontraban en la superficie, y realizar estudios con un georradar 3D del CAI de Arqueometría de la Universidad Complutense y con un dron.

En primer lugar, se decidieron por probar en una única hectárea, donde el georradar profundizó hasta metro y medio con un resultado concluyente: el Cerro de

la Virgen de la Muela ocultaba una ciudad, muy posiblemente la ‘ciudad perdida’ del Imperio Romano en su provincia tarraconense: Caraca. El georradar detectó dos calles principales (el cardo, con orientación norte-sur y el decumano, con orientación este-oeste), un foro, lo que parecen unas termas y un macellum (mercado).

Reveló también una tupida malla de manzanas de viviendas, muchas de ellas sobrepuestas a lo largo de los años en que Caraca estuvo habitada, y un sistema de alcantarillado. Además, en aquella prospección los arqueólogos encontraron grandes sillares con decoración almohadillada y documentaron un acueducto de tres kilómetros de largo, del que localizaron 130 metros, una canalización idéntica a la que hay

en la romana Segóbriga (situada en Saelices, Cuenca).

Todo evidenciaba que aquel lugar fue una urbe y no una finca con parada de paso. “Utilizando la capacidad de conducción de agua del acueducto, el consumo habitual en aquella época y la media de habitantes por hectárea, hemos estimado que allí vivían unas 1.800 personas. Era una ciudad media que tuvo gran relevancia en la romanización de Guadalajara”, apunta Emilio Gamo. En total, se cree que pudo ocupar hasta entre 10 y 12 hectáreas.

PROCESO DE EXCAVACIÓN

Tras los hallazgos preliminares del otoño pasado, la excavación sistemática del cerro de Driebes era el paso inevitable. De nuevo se recurrió a la Junta de Castilla-La Mancha en busca de fondos, a los que se sumó una implicación de los vecinos y colectivos manchegos que superó las expectativas, y que permitió trabajar durante un mes, entre julio y agosto pasados, en el Cerro de la Virgen de la Muela. “Todos nos volcamos. La Junta puso 16.000 euros y otros 10.000 salieron de donaciones de la gente del pueblo, de la Asociación de Mujeres de Brea del Tajo y de la Asociación de Amigos del Museo de Guadalajara. Así se pudo tener a 14 personas trabajando. Para este pequeño municipio es un acontecimiento”, asegura el primer edil.

Gracias a las cerámicas recuperadas por los arqueólogos, se ha podido saber el tiempo que se mantuvo ocupado el Cerro de la Virgen de la Muela. Los restos más antiguos son del final de la Edad de Bronce, a comienzos del primer milenio antes de Cristo; luego los



Uno de los miembros del equipo de arqueólogos empleando el georradar.



Los investigadores usaron un dron para delimitar el perímetro de la ciudad y hallar otra serie de hitos.

¿Por qué desapareció esta ciudad romana?

La vía Complutum-Cartago Novo era una calzada importante para el Imperio, pues comunicaba su puerto de mar con la meseta castellana. Se había consolidado gracias a la explotación y transporte del lapiss specularis (el espejuelo), un mineral semitransparente que era muy demandado por los romanos para usarlo en las ventanas a falta de cristales. Su comercio y su exportación cayó en picado con la expansión del vidrio en el siglo II d.C., lo que pudo provocar el fin fulminante de Caraca, si bien se sabe que la ciudad también vivía del esparto y de la fértil vega del Tajo. "Averiguar por qué desapareció es la pregunta que aún no podemos contestar. No parece que fuera un fin catastrófico", apunta Gamo. Lo que sí es cierto es que la calzada siguió activa mucho tiempo y sus viandantes pasaban junto a las ruinas de la ciudad abandonada, que acabó por desaparecer del paisaje bajo los campos de cultivo.

Por otro lado, dos especialistas del Instituto Geológico y Minero de España, Miguel Ángel Rodríguez y María Ángeles Peruch, van a analizar la posición de la caída de los derrumbes para determinar o descartar definitivamente si existió algún fenómeno sísmico que propició el abandono de Caraca.

carpetanos lo convirtieron en un poblado de grandes dimensiones que controlaba la vega del Tajo. Tras la conquista romana, se convertiría en ciudad, con categoría de municipio, y continuó habitada hasta el siglo II d.C. Total, 12 siglos. Mucho más que la mayoría de las ciudades actuales. "Nos



Análisis a pie de campo de referencias arqueológicas.



Vitrina de una de las salas del Museo Arqueológico Nacional con las piezas romanas halladas en Driebes.

llevará meses estudiar el material conseguido en la campaña del verano, antes de poder hacer públicos los hallazgos, pero sí que podemos confirmar que se trata de una ciudad romana, que los objetivos se han cumplido y estamos muy contentos", señala el arqueólogo Gamo.

VOLVER A SER VISITABLE

Los primeros hallazgos ya han sido trasladados a una nave en Driebes y al Museo de Guadalajara para ser analizados. Los planes pasan porque en el futuro los restos de la ciudad de Caraca sean visitables. "Somos un pueblo pequeño, de 400 habitantes, pero confiamos plenamente en que el gobierno regional apoyará este proyecto por su importancia", comenta el alcalde.

Por lo pronto, los dos codirectores de la investigación, Emilio Gamo y Javier Fernández, están configurando un equipo multidisciplinar formado por los doctores Jerónimo Sánchez Velasco, David Álvarez Jiménez y Saúl Martín González.

Además, se va a contar con el CAI de Arqueometría y Análisis Arqueológico de la Complutense y con la colaboración del Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I de la Facultad de Matemáticas de la misma universidad.

Por su parte, la doctora Alicia Castillo, investigadora de la UCM, tiene previsto hacer un estudio sobre la percepción social del yacimiento arqueológico en la comunidad local. Mientras que Daniel Méndez, de la productora audiovisual Revives, está realizando fotografías de las estructuras desenterradas para poder contar con documentación gráfica del yacimiento, de cara a su posterior virtualización.

Todos estos esfuerzos para mejorar la comprensión de cómo fue aquella urbe romana que ha costado tanto tiempo situar en el mapa. ■



Detalle de una de las piezas de plata del 'tesoro de Driebes'.

Un equipo de investigadores señala la ruta genética para recuperar el sabor tradicional del tomate

A LA BÚSQUEDA DEL SABOR PERDIDO

Devolver el sabor de los frutos, primero el de los tomates tradicionales, es el reto que se ha propuesto un grupo de científicos ante la evidencia de que se ha ido degradando con el paso del tiempo. La cosecha mundial de tomates es de 170 millones de toneladas en todo el mundo, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y es un alimento fundamental en todo tipo de dietas. Por ello, los científicos creen que sus cualidades tienen que ser preservadas. No sólo el tamaño o el aspecto, sobre todo algo fundamental, su sabor.

Texto: **PURA C. ROY**

Fotos: **INSTITUTO DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y CELULAR DE PLANTAS. CSIC-UPV**

Ejemplares de tomates obtenidos en el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas.CSIC-UPV.



Para comprender –y corregir– las razones de la falta de sabor del tomate que se comercializa en la actualidad, un grupo de científicos de Estados Unidos, China e Israel junto con investigadores del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas de Valencia (España) ha analizado los compuestos químicos de 398 variedades de tomates silvestres, tradicionales y modernos para identificar cuáles son los que más contribuyen a mejorar su sabor y los han evaluado mediante una serie de test con consumidores. Una investigación, publicada recientemente en la revista Science,

“Esta pérdida de sabor es un efecto colateral de la búsqueda de cualidades comerciales, como su resistencia a plagas, su color vistoso, tamaño homogéneo y firme para poderlos transportar y almacenar sin que se estropeen”, explica Antonio Granell, investigador del Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas de Valencia y coautor del informe.

El tomate ‘moderno’ es un producto proveniente de múltiples cruces a lo largo de su historia. La memoria que se tiene de su sabor también puede variar en quienes los consumen y, aparte, el gusto además es muy personal. “Por ello, además de realizar catas de tomates con adultos, también se han hecho catas dirigidas a niños de 8 a 10 años. Lo curioso es que los niños preferían un tomate con menos sabor”, comenta Granell.

SECUENCIA COMPLETA

En 2012, un consorcio internacional de científicos descifró la secuencia completa de ADN de la planta, un trabajo de ocho

Las variedades modernas de tomates contienen menos de los 13 compuestos volátiles –los encargados de activar los receptores olfativos– que solían tener, y es esta cantidad y proporción lo que es esencial para el buen sabor

años y que puso a disposición de los investigadores el mapa de sus genes. La secuenciación del genoma de estas 398 variedades ha permitido identificar los marcadores genéticos que afectan a la mayoría de los compuestos químicos que tienen relación con el sabor, incluidos azúcares, ácidos y compuestos volátiles. También saber que la diferencia genética entre tomates modernos y tradicionales es mínima. En cambio, la divergencia entre el genoma de la patata originaria y la actual, por ejemplo, es mucho mayor.

¿Entonces qué ha variado para que el sabor del tomate comercial moderno no tenga nada que ver con el de las variedades tradicionales? Aquí deben entrar en escena la química y la genética para averiguarlo, algo que Granell sintetiza en “saber la suma de las interacciones que luego se producen entre el gusto y el olfato. Los azúcares y ácidos del tomate son los encargados de activar los receptores del gusto, mientras que un conjunto de compuestos volátiles se encarga de activar los receptores olfativos, y es precisamente la cantidad y proporción relativa de estos compuestos volátiles lo que es esencial para un buen sabor”.

Las variedades modernas contienen menos cantidad de los 13 compuestos volátiles o moléculas que solían tener. “Creemos que es mejor modificar la mejora de

estas moléculas pequeñas que por ejemplo los azúcares, ya que esto último conllevaría que fueran más pequeños y su producción más baja”, explica Granell, quien afirma que, además, “se han identificado los marcadores genéticos que afectan a esos compuestos relacionados con el sabor. En algunos casos, incluso podemos predecir cuál es el gen responsable de la alteración en los niveles de determinados compuestos volátiles”.

“Las moléculas perdidas pueden restituirse sin perjudicar otras características de los tomates. Sabemos dónde están exactamente en el genoma las versiones de los genes que producen buen sabor, podemos diseñar programas de mejora incorporando compuestos volátiles que contribuyen al mismo”, asegura Granell. En la última fase de la investigación, el equipo descubrió 100 genes clave para el sabor del tomate, que tiene cerca de 35.000 genes.

CRUZAR LAS VARIEDADES

Con toda esta información, los productores podrán cruzar las variedades modernas y tradicionales para obtener tomates más sabrosos y con las ventajas de resistencia a enfermedades, durabilidad e incluso buena forma y color de los que se venden ahora. “Identificar las variedades y cruzarlas es un trabajo exhaustivo,

pero a partir de estos resultados hay información para hacerlo". También comenta el investigador que no todo es genético y que hay ciertas prácticas agrícolas que van en contra del sabor: "Si se abona o se riega mucho, el tomate crece, pero pierde sabor. Además, los tomates tradicionales, esos que conservan el sabor, aún existen y sus semillas están disponibles para los que lo soliciten". Entonces, ¿por qué no están más presentes en el mercado? La respuesta es simple, porque hay variedades más productivas que hacen que los tomates duren más después de recolectarlos. Estos estudios para recuperar el sabor son aplicables a otras frutas, como la fresa o el melocotón o incluso el azafrán.

NUEVA TECNOLOGÍA

Por otro lado, la tecnología CRISPR –siglas de *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*–, cuya traducción sería: cortas repeticiones palindrómicas agrupa-

La manipulación genética y la legislación

Generalmente, la manipulación genética se realiza mediante la inserción de un gen en posiciones aleatorias del genoma, junto con secuencias de bacterias, virus u otras especies que dirigen la expresión del gen. Pero el proceso es ineficiente y ha sido criticado por implicar la mezcla de ADN de diferentes especies y por la posibilidad de que la inserción interrumpiera otros genes. Por eso, obtener cultivos modificados genéticamente aprobados para su uso es tan complejo y costoso que la mayoría son grandes cultivos de productos básicos, como el maíz y la soja.

Con CRISPR, la situación podría cambiar: la facilidad y bajo coste pueden hacer de la edición genómica una opción viable para cultivos especializados más pequeños. "Las herramientas de editado génico son una estupenda solución para no introducir un transgen, pero en España no hay una legislación clara sobre esta tecnología. Eso sí, creo en esta revolución para la mejora vegetal sin afectar a otros caracteres. Uno puede cambiar una letra y no variar el resto del texto. Con CRISPR el periodo de mejora sería más corto", comenta Granell, quien prosigue afirmando que la técnica de edición genética produce los mismos resultados que en la naturaleza se dan de forma espontánea: "Con CRISPR no hay razón para que haya ADN ajeno, por lo que no habría forma de identificar si una variedad es manipulada o espontánea. Hay hasta ocho variedades de tomates que, sin la intervención de nadie, han modificado un único gen. Así tenemos los tomates amarillos, anaranjados o los achocolatados. En cualquier caso, la UE no ha tomado todavía ninguna decisión sobre esta nueva herramienta de corta-pega genético, pero se está reflexionando sobre si debe ser evaluada bajo los mismos parámetros de seguridad y directrices ya existentes para los transgénicos, China y Estados Unidos lo permiten.



Diferentes pigmentaciones en función del nivel de GLK2, un gen que no desarrolla su potencial fotosintético.

Hay semillas de tomates tradicionales para quien las solicite, pero si no están más presentes en el mercado es porque hay variedades más productivas, que duran más después de recolectarlas

das y espaciadas regularmente abre la posibilidad de reescribir el ADN. Lo que ha suscitado un debate en la comunidad científica internacional, sobre todo después de que se publicara en abril un artículo en el que un grupo de investigadores chinos informaba de haber editado genomas de embriones mediante esta técnica.

Jennifer Doudna, (Universidad de California) y Emmanuelle Charpentier (Instituto Max Planck) publicaron en la revista Science un trabajo en el que demostraban el potencial del sistema CRISPR-Cas9 para editar genes, por el que recibieron el Premio Princesa de Asturias. Pero el hallazgo de las secuencias de repeticiones de

CRISPR corresponde a un investigador español, Francisco Mojica, de la universidad de Alicante, quien cree que el uso de CRISPR-Cas9 también permitiría crear plantas resistentes a virus. Su empleo, además, podría generar una menor controversia, ya que, en palabras del microbiólogo alicantino, la edición genómica no deja huellas. Desde la aparición en 2012 de esta técnica de edición génica su uso se ha expandido rápidamente.

Lluís Montolíu, investigador del Centro Nacional de Biotecnología del CISC, lleva investigando hace años con esta técnica: “La llevamos usando prácticamente desde que salió en experimentación ani-



Portada de la revista Science con el artículo sobre el análisis de los compuestos químicos de 398 variedades de tomates silvestres, tradicionales y modernos.

mal con ratones”. Este especialista pone el énfasis sobre todo en la posibilidad de poder curar muchas de las enfermedades raras que afectan a las personas y se muestra cauteloso ante el revuelo y sus expectativas: “Hay mucho que estudiar y comprobar”. Su uso en líneas germinales humanas ha desatado tanto el debate ético como legislativo. Montolíu recuerda que esta práctica está prohibida en España. ■



El investigador Antonio Granell en la Universidad Politécnica de Valencia.

Terapia con perros, gatos, caballos o delfines para personas con discapacidades mentales o problemas de aprendizaje

ANIMALES CAPACES DE SANAR A LOS HUMANOS

Conocida también como zooterapia, la terapia en la que se emplean animales busca —a través del contacto y la interacción con ellos— tratar casos de ancianos, niños con problemas de aprendizaje o personas que sufren algún tipo de discapacidad mental o intelectual: síndrome de Down, parálisis cerebral, autismo o depresión. Perros, caballos, delfines, gatos o, incluso, aves y conejos son algunas de las especies a las que más se acude, y su objetivo es que, con esa relación, mejore la calidad emocional del ser humano, que se muestre más amistoso y cariñoso. Porque hay animales capaces de ayudar a motivar a enfermos, para que se comuniquen, adquieran confianza o tengan menos temores.

Texto: **ELENA GARCÍA Y BÁRBARA GORDO**

Las terapias con perros hacen posible disminuir el estrés, mejorar el estado de ánimo, ejercitar la memoria o que la capacidad de atención sea mayor.

© CR. H





Ani ladra la tabla del dos con los enfermos de alzheimer. Como son personas que no quieren recordar digo: ¿Va a saber más un perro que vosotros? ¿Cuántos son dos por cuatro? Y Ani ladra ocho. Después seguimos con la tabla o contando las letras que componen un nombre, porque Ani también sabe contar eso y los enfermos suelen animarse a participar”, cuenta Olga Costa, directora del refugio de perros de Cambados (Pontevedra), donde trabaja como voluntaria desde hace dieciocho años.

“Ani es una perra que tiene muy desarrollado el don de cuidar. Cuando vamos a trabajar nos sale a despedir y nos mira como diciendo que desea acompañarnos. Ella fue la primera perra abandonada con la que trabajamos en terapia, a lo largo de los años vinieron muchos más. Pero ella demostró que los perros abandonados pueden tener un gran don para ayudar a las personas”, añade Costa, que cuenta con títulos tan diversos como adiestradora de perros de terapia, terapeuta o responsable de adopciones.

Este tipo de instituciones apuesta por la terapia con animales para tratar de ayudar a ancianos, niños o, incluso, enfermos, en especial los que tienen que ver con la mente y las emociones. Perros, gatos y caballos suelen ser los animales más utilizados, pero también hay quien emplea delfines, entre otras muchas especies. “La base es la empatía que se establece con el animal”, recalca la terapeuta.

SIMBIOSIS DE VIDA

La terapia con animales no es nueva, la simbiosis sanadora existe desde que unos y otros comenzaron a convivir en el paleolítico. En Grecia, el acompañamiento canino se usó como apoyo con

enfermos de difícil curación. La simbiosis entre animal y personas, para los especialistas, terapéutica en sí misma como lo puede ser la amistad entre personas. Ya Sigmund Freud, el padre del psicoanálisis, realizaba algunas consultas acompañado de su perro.

A partir de los años setenta comenzaron a evaluarse empíricamente los beneficios de los animales en los hospitales. Hoy es común en Estados Unidos, Francia, Alemania, Italia, Canadá o Reino Unido, entre otros países. En España comienza a serlo. Lo que no es tan común es hacerlo con animales que también han sufrido y que han estado a punto de ser sacrificados. Pero sus propias heridas son un valor.

Los perros con los que trabajan algunas asociaciones o fundaciones proceden en ocasiones de la calle; perros abandonados o, incluso, rescatados cuando iban a ser sacrificados pero que los responsables o voluntarios de esas instituciones vieron sus cualidades para llevar a cabo determinado tipo de terapias. “Cuando vemos esa capacidad en un animal, lo educamos para que surja plenamente y sea de utilidad”.

MULTIDISCIPLINAR Y GESTIÓN DE EMOCIONES

Estas instituciones pueden trabajar con los pacientes de forma individual o de forma conjunta con un grupo de personas que se encuentren en situaciones similares. Hay especialistas de todo tipo: profesores, psicólogos, fisioterapeutas, amaestradores, voluntarios e incluso algunos que han vivido en propias carnes los beneficios de contar con un animal para superar ellos mis-

mos momentos difíciles. Es el caso de Olga Cuesta, cuya apuesta por la terapia animal es su propia vida. Hace años enfermó y ser parte de un refugio de animales fue vital para luchar y afrontar la situación: “Yo no quería ni salir de casa, pero mis perros me ayudaron a curarme a través de la comunicación que establecíamos. El lenguaje corporal es importante para que ellos entiendan lo que les expresamos y nosotros entender lo que ellos expresan”.

La terapia con animales también es empleada en personas con dificultades para la sociabilidad. María Rodríguez Lago es coordinadora del proyecto *Itinere*, cuyo objetivo es que los canes sean parte de la terapia en la rehabilitación de los jóvenes presos de un centro penitenciario de Galicia: “Los perros ayudan a desarrollar más calma y seguridad. El proceso para aprender a gestionar emociones es más fácil y rápido con terapia canina. Los jóvenes aprenden a gestionar emociones, como la ira, cuando se ve el objetivo claro. Al superar la prueba uno comienza a creer en sí mismo y aumenta su autoestima. No es igual que te den la receta para hacer el pan a poner los ingredientes, amasar, hornear y cortarlo. Cuando lo has hecho sabes que eres capaz”. Esta terapeuta cree que cada animal tiene un instinto: “Unos tienen el instinto de guiar, otros de ser guardianes, algunos de hacer compañía o de ayudar a personas impedidas o mayores. En la terapia se aprovecha el don de cada perro para las necesidades de las personas”.

‘PATRULLA CANINA’

En prácticamente todas las comunidades autónomas de España, ya sea a través de organi-

zaciones privadas o públicas, se apuesta por la terapia con animales. En Madrid, por ejemplo, el gobierno regional ha puesto en marcha una iniciativa a la que se denomina *Patrulla canina* donde los perros se ponen al servicio de pacientes y ancianos de residencias y hospitales. Buena Pata es una de las empresas – con dos años de experiencia en esta materia– que trabajan en el proyecto. “Con los animales trabajamos la discapacidad, los problemas sociales, cognitivos, psicológicos y físicos”, dice Amara Venyas Rodriguez, terapeuta y una de las dos fundadoras de dicha compañía. Los perros mejoran el estado anímico, relajan, disminuyen la tensión cardíaca y reducen la sensación de soledad. “Ayudan especialmente en el tratamiento de la enfermedad mental y a abrirse a las personas más cerradas para que mejoren sus relaciones sociales”, asegura Venyas, quien trabaja acompañada de su perra labradora para comunicarse con niños autistas, con ancianos ingresados en residencias y, en el futuro, con niños hiperactivos.



Iniciativa denominada Patrulla Canina, donde los perros se ponen al servicio de pacientes y ancianos de residencias y hospitales.

Modalidades

- **Actividades Asistidas con Animales (AAA):**

Se llevan a cabo con varios participantes y uno o más animales entrenados para una actividad concreta. Mediante la organización de actividades desenfadadas se busca que haya una participación de los pacientes y cuyas sensaciones les ayuden a obtener beneficios en el campo emocional, educativo o a la hora de relacionarse con el mundo. Las muestras de afecto de los animales genera un ambiente sin tensión que favorece el que las personas sean más sociables. .

- **Terapias Asistidas con Animales (TAA):**

Estas actividades de terapias están enfocadas a tratar a una persona concreta con un problema específico. En ellas se diseñan una serie de ejercicios terapéuticos que se realizan en un número fijado de sesiones. Su objetivo es claro, obtener un resultado curativo o que la calidad de vida del individuo tratado mejore.

- **Programas de visitas:**

Este tipo de programas consiste en contar con propietarios de animales para que, acompañados por sus animales, acudan a los centros o domicilios a visitar a pacientes para generar una relación social.

Se ha comprobado que con la interacción con los perros es también posible disminuir el

nivel de estrés, la capacidad de atención para llevar a cabo una tarea aumenta o que sea posible ejercitar la memoria. La terapia con canes es también usada para fortalecer los músculos de los pacientes o mejorar su destreza motora o la coordinación motriz. También los sentidos se desarrollan gracias a los estímulos táctiles, visuales o auditivos; animan a llevar a cabo actividades de carácter lúdico.

OTROS ANIMALES ‘ENFERMEROS’

A la terapia canina se unen las de otras especies animales. Los caballos son habituales en este tipo de prácticas, ya que el solo contacto con ellos transforma al

paciente. “Los caballos tranquilizan, relajan, suben la autoestima y ayudan a los niños a conectarse con la naturaleza. Está muy claro que Los animales no hacen magia, pero sin duda ayudan a que los enfermos mejoren de sus dolencias”, comenta Venyas.

El contacto con un equino ayuda a mejorar el equilibrio, el control muscular o el movi-

Los caballos tranquilizan, relajan, suben la autoestima y ayudan a los niños a conectarse con la naturaleza

miento de las articulaciones. También motiva o modifica la conducta de los niños con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDA-H)

o, mediante algunos ejercicios practicados con los animales, incrementa la confianza en sí mismos o el que sean precavidos. En el caso concreto de las personas autistas, el caballo les permite la posibilidad de relacionarse con el mundo exterior y enfrentarse a sus miedos. Quienes tienen problemas cognitivos pueden verse beneficiados al mejorar su estado de ánimo o su autoestima.

Los gatos, por su parte, son ‘reclutados’ en muchos geriátricos para el tratamiento con personas mayores, ya que ofrecen tranquilidad, relajación y permiten combatir depresiones. Los especialistas recomiendan la terapia con ellos en caso de sufrir accidente cerebrovascular, en tratamientos largos de quimioterapia o para niños con problemas de habla o audición.

A veces no hay una fuerte base científica que demuestre la ventaja de entrar en contacto con determinado animal, pero quienes trabajan en ello ven claras mejoras cuando un paciente se apunta a la terapia. Es el caso de la que se lleva a cabo con los delfines, quienes según estas terapeutas, ayudan a disminuir el estrés o mitigar depresiones.

De cualquier manera, se ha comprobado que la terapia con animales ha ofrecido a un gran número de pacientes beneficios, ya sean psicológicos, psicomotores, educativos o sensoriales. ■



El contacto con caballos puede mejorar el estado de ánimo o la autoestima de las personas tratadas.

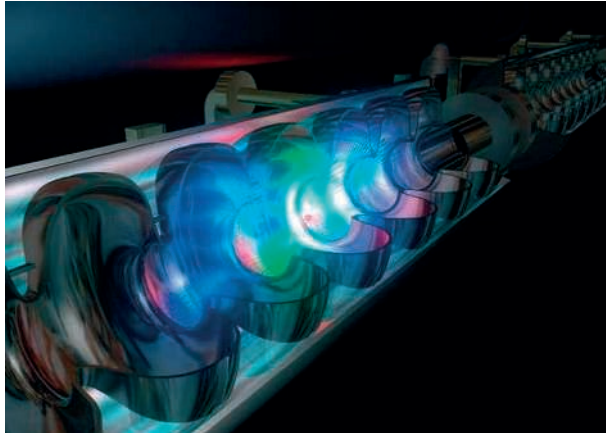


Interacción con delfines cuyo objeto es ayudar a disminuir el estrés o mitigar la depresión.

© Fundación Espiga

© Aqualand/J. Serradilla

LA MÁQUINA DE RAYOS X MÁS POTENTE DEL MUNDO



Recreación del funcionamiento de la máquina.

© DESY

El proyecto European X-ray Free Electron Laser (XFEL) –en el que han participado once países europeos, entre ellos España– ha logrado diseñar la máquina más potente de rayos X, un dispositivo capaz de tomar imágenes individuales de los átomos en una millonésima de segundo, gracias a un haz láser cien veces más intenso que si toda la luz del Sol que llega a la Tierra en un instante se focalizase en un solo punto. Ubicada en Alemania a una profundidad de 38 metros y en el interior de un túnel de cuatro kilómetros de longitud, esta instalación puede enviar 27.000 pulsos por segundo, frente a los 100 que permiten las máquinas actuales. Su uso permitirá el estudio

de procesos que sirvan para ayudar a producir o mejorar medicamentos o, por ejemplo, el análisis de cómo las moléculas capturan la luz y la convierten en energía durante la fotosíntesis. ■

EL CSIC ANALIZA EL PATRÓN DE CRECIMIENTO DEL NEANDERTAL



Esqueleto de un niño neandertal.

© CSIC

A través de los restos fósiles del esqueleto de un niño *neandertal* hallado en el yacimiento de El Sidrón (Asturias), un equipo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), dirigido por el paleontólogo Antonio Rosas, ha establecido las diferencias en el crecimiento del cerebro y la columna vertebral en un *sapiens* y un *neandertal*. La conclusión principal ha sido que cada especie regulaba su crecimiento de una forma específica para adaptar el consumo de energía a sus características físicas. El patrón de maduración vertebral y el crecimiento del cerebro, así como

las restricciones de kilocalorías durante el desarrollo, podría haber marcado la forma anatómica de los neandertales, con mayor capacidad craneal que la del hombre moderno. Desarrollar un cerebro grande tiene un gran gasto energético, por lo que dificulta el crecimiento de otras partes del cuerpo. En los *sapiens*, el desarrollo del cerebro durante la niñez supone un alto consumo de kilocalorías, por lo que el desarrollo del resto del cuerpo se ralentiza. ■

DETECTADOS ELEMENTOS PESADOS EN UN EXOPLANETA

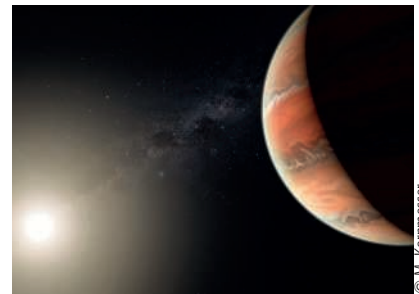


Ilustración del exoplaneta.

© M. Kormmesser

Por primera vez se han detectado elementos pesados en la atmósfera del exoplaneta masivo WASP-19b y muy próximo a su estrella, WASP-19, en la constelación de Vela. Mediante telescopios de alta precisión, investigadores europeos, entre ellos miembros del CSIC, han realizado observaciones de la luz que atraviesa la atmósfera del exoplaneta que han permitido aislar la huella de sus elementos químicos, hallando pequeñas cantidades de agua, sodio y óxido de titanio. Este último absorbe calor e impide que se disperse a través de la atmósfera, dando lugar a una inversión térmica: la temperatura es más alta en la atmósfera superior, lo opuesto a la situación normal. De modo que la presencia de este elemento puede tener efectos sustanciales en la estructura y circulación de la temperatura atmosférica. ■

Suscríbese a **ESTRATOS**



Nombre y apellidos:

Domicilio:

Población:

Cp:

Provincia:

E-mail:

De conformidad con lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de carácter personal, consiento que mis datos sean incorporados a un fichero responsabilidad de Enresa y que sean tratados con la finalidad de gestionar la suscripción a la publicación Estratos. Puede ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición mediante escrito, acompañado de copia de documento oficial que le identifique dirigido a Enresa en calle Emilio Vargas nº7, 28043 Madrid; o bien remitiendo un mensaje a la dirección de correo electrónico registro@enresa.es



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